نشریه علمی
علـوم باغبـانی
(علوم و صنایع کشاورزی)

دانشگاه فردوسی مشهد
Ferdowsi University of Mashhad

جلد ۳۷ شماره ۱
سال ۱۴۰۲

Vol. 37 No. 1
2023

Journal of Horticultural Science
(Agricultural Science and Technology)

شماره پیاپی ۵۷

شاپا: ۲۰۰۸-۴۷۳۰

ISSN:2008-4730

عنوان مقالات

تاثیر کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی' ۳
محمود حسن آبادی- مجید عزیزی- غلامحسین داوری نژاد- حجت اله یداقی- حسین حکم آبادی

بررسی صفات رشدی گیاه سیندآپسوس (*Scindapsus* spp.) تحت تاثیر مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت کودآبیاری ۱۵
رسول عباس زاده فاروجی- محمود شور- علی تهرانی فر- بهرام عابدی

اثر گلوکز، فروکتوز و ساکارز بر عمر گلجای، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' ۳۱
آمنه شرفشاه رستمی- بهزاد کاویانی

تاثیرات آللوپاتیک زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد چمن لولیوم و فستوکا ۴۹
نرمین علوی- سید حسین نعمتی- سید مجید زرگریان

اثر پراکسید هیدروژن بر کاهش بار میکروبی انواع کشمش منطقه بوانات فارس ۶۵
محمدجواد کرمی- مجید راحمی- محسن یاسایی- اشکان کرمی

بررسی شاخص‌های رشدی و تبادلات گازی دو رقم قرنفل (*Dianthus barbatus*) تحت تنش شوری ۷۷
وحید قاسمی- عبداله احتشام نیا- عبدالحسین رضایی نژاد- حسن مومیوند

ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و ساکارز بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. Styriaca) ۹۱
منصوره فدایی- وحید اکبرپور - سیدجواد موسوی‌زاده- کامران قاسمی

ارزیابی عملکرد و کیفیت میوه هلو (*Prunus persica* var *red top*) در کشت ریشه منقسم تلقیح شده با قارچ و سطوح مختلف آبیاری ۱۰۷
مسعود ناظری- سید جلال طباطبایی- یاور شرفی

ارزیابی اثر نوسانات دمایی شب و روز در فصول مختلف سال بر تشکیل میوه لاین‌های فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) ۱۲۳
هرا رودباری - جواد سرحدی - مهدی آزادوار - سیدمحمد علوی سینی - امیر جلالی

تأثیر آرژینین بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم محلول‌دهی ۱۳۷
صلاح الدین مصلحتی‌فرد- حمید حسن‌پور

افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت ظاهری میوه گیلاس در زمان پس از برداشت تحت تأثیر اسانس مرزنجوش ۱۵۳
چنور حسینی- محمدرضا اصغری- مریم خضری

تأثیر محلول‌پاشی اسید فولویک و هورمون تریاکانتانول بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و مواد مؤثره گیاه دارویی گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*) ۱۶۹
هدیه تقی زاده باغچه جوقی- سعیده علیزاده سالطه- منصور مطلوبی

بررسی هرس تعادلی و هرس سبز بر صفات کمی انگور 'یاقوتی' در منطقه سیستان ۱۸۳
منصور فاضلی رستم پور- حسن محمودزاده

تهیه و تولید نانو کپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی *Ziziphora tenuior* L. ۱۹۵
طیبه یاارادە- حسین آرویی- محبوبه ناصری- مجتبی ممرآبادی

ادامه فهرست داخل جلد

نشریه علمی علوم باغبانی | جلد ۳۷ | شماره ۱ | سال ۱۴۰۲ | Journal of Horticultural Science | Vol. 37 | No. 1 | 2023

Contents

Effect of different Concentrations of Salicylic acid on some Physicochemical Properties of Grape cv. Shahroodi 1
M. Hassanabadi, M. Azizi, Gh. Davarynegad, H. Bodaghi, H. Hokmabadi

Study of Growth Traits of *Scindapsus* spp. as Influenced by Fertigation of Humic Acid and Folvic Acid 13
R. Abaszadeh Faruji, M. Shoor, A. TehraniFar, B. Abedi

Effect of Glucose, Fructose, and Sucrose on Vase Life, Antioxidants Enzymes, and Some Physiologic Parameters of Carnation cv. 'Yellow Candy' Cut Flower 29
A. Sharafshah Rostami, B. Kaviani

Allelopathic Effects of Chinaberry, Silk Tree and Iranian Pine on some Growth Traits of *Lolium prene* and *Festuca arundinaceae* 47
N. Alavi Dehkharghani, S.H. Nemati, S.M. Zargarian

Effects of Hydrogen Peroxide on Decreasing Microbial Contaminations in Raisins of Bavanat Region 63
M.J. Karami, M. Rahemi, M. Yassaie, A. Karami

Investigation of Growth Indices and Gas Exchanges in Two Cultivars of Sweet William (*Dianthus barbatus*) under Salinity Stress 75
V. Ghasemi, A. Ehtesham Nia, A. RezaeiNejad, H. Mumivand

Evaluation of the Effect of Ascorbic Acid and Sucrose Foliar Application on some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Cucurbita pepo* var. Styriaca 89
M. Fadaei, V. Akbarpour, S.J. Mousavizadeh, K. Ghasemi

Evaluation of Yield and Quality of Peach Fruit (*Prunus persica* var Red Top) Cultivated under Split Roots System, Inoculated with Fungi and Irrigated with different Levels 105
M. Nazeri, S.J. Tabatabaei, Y. Sharafi

Evaluation of the Effect of Day and Night Temperature Fluctuations in different Seasons of the Year on the Fruit Formation of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Lines 121
Z. Roudbari, J. Sarhadi, M. Azadvar, S.M. Alavi-Siney, A. Jalali

The Effect of Arginine on some Biochemical Attributes Strawberry Fruit (*Fragaria× ananassa* cv. Albion) under Deficit Fertigation 135
S. Maslahati fard, H. Hassanpour

Increasing Antioxidant Compounds and Maintaining the Appearance Quality of Cherry Fruit after Harvest under the Influence of Marjoram Essential Oil 151
C. Hosseini, M.R. Asghari, M. Khezri

The Effect of Fulvic Acid and Triacantanol Foliar Application on some Biochemical and Physiological Properties and Active Ingredients of *Calendula officinalis* 167
H. Taghizadeh, S. Alizadeh Salteh, M. Matloobi

Estimation of Balance Pruning and Green Pruning on Quantitative Tratis in Table Grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghooti) in Sistan Region 181
M. Fazeli Rostampour, H. Mahmoudzadeh

Preparation and Production of Nano Capsules of *Aloe vera* Gel Containing *Ziziphora tenuior* L. Essential Oil 193
T. Baeradeh, H. Arouiee, M. Naseri, M. Mamarabadi

Continue Content in cover

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه ــــــــ و درجه علمی – پژوهشی شماره ــــــــ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

21/2015 **26524** **68/4/11** **73/10/19**

جلد 37 شماره1 بهار 1402

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال 1398، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: رضا ولی زاده — استاد – تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)

سردبیر: علی تهرانی فر — استاد- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیئت تحریریه:

آرویی، حسین — دانشیار- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)

توکل افشاری، رضا — استاد- فیزیولوژی بذر(دانشگاه فردوسی مشهد)

تهرانی فر، علی — استاد- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)

شور، محمود — دانشیار- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)

حقیقی، مریم — دانشیار- علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)

حسن زاده مبینی، سعید — استاد- بخش بیولوژی (دانشگاه کوین کانادا)

خانی زاده، شاهرخ — پژوهشگر - موسسه کشاورزی و غذا اوتاوا کانادا

خزاعی، حمید — پژوهشگر مرکز جهانی اصلاح و تولید بذر سبزی تایوان

داوری نژاد، غلامحسین — استاد- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)

راحمی، مجید — استاد - علوم باغبانی (دانشگاه شیراز)

زمانی، ذبیح اله — استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)

شریفانی، محمد مهدی — دانشیار- علوم باغبانی (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)

عزیزی، مجید — استاد- گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)

عبادی، علی — استاد- علوم باغبانی (دانشگاه تهران)

فلاحی، اسماعیل — استاد- گروه علوم باغبانی دانشگاه آیداهوی آمریکا

فارسی، محمد — استاد- ژنتیک واصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

کافی، محسن — استاد- گلکاری ومهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)

لاهوتی، مهرداد — استاد- فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

فوجی، یوشی هارو — استاد- دانشگاه کشاورزی و فناوری توکیو ژاپن

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد- کد پستی 91775 صندوق پستی 1163دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی- نشریه علوم باغبانی نمابر: 8787430

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت https://jhs.um.ac.ir به صورت مقاله کامل نمایه شده است .

این نشریه به صورت فصلنامه (4 شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

HORTICULTURAL SCIENCES

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

تاثیر کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی' 3
محمود حسن آبادی- مجید عزیزی- غلامحسین داوری نژاد- حجت اله بداقی- حسین حکم آبادی

بررسی صفات رشدی گیاه سینداپسوس (*Scindapsus* spp.) تحت تاثیر مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت کودآبیاری 15
رسول عباس زاده فاروجی- محمود شور- علی تهرانی فر- بهرام عابدی

اثر گلوکز، فروکتوز و ساکارز بر عمر گلجای، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' 31
آمنه شرفشاه رستمی- بهزاد کاویانی

تاثیرات آللوپاتیک زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد چمن لولیوم و فستوکا 49
نرمین علوی- سید حسین نعمتی- سید مجید زرگریان

اثر پراکسید هیدروژن بر کاهش بار میکروبی انواع کشمش منطقه بوانات فارس 65
محمدجواد کرمی- مجید راحمی- محسن یاسایی- اشکان کرمی

بررسی شاخص‌های رشدی و تبادلات گازی دو رقم قرنفل (*Dianthus barbatus*) تحت تنش شوری 77
وحید قاسمی- عبداله احتشام نیا- عبدالحسین رضایی نژاد- حسن مومیوند

ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و ساکارز بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کدوی پوست کاغـذی (*Cucurbita pepo* var. Styriaca) 91
منصوره فدایی- وحید اکبرپور - سیدجواد موسوی‌زاده- کامران قاسمی

ارزیابی عملکرد و کیفیت میوه هلو (*Prunus persica* var *red top*) در کشت ریشه منقسم تلقیح شده با قارچ و سطوح مختلف آبیاری 107
مسعود ناظری- سید جلال طباطبایی- یاور شرفی

ارزیابی اثر نوسانات دمایی شب و روز در فصول مختلف سال بر تشکیل میوه لاین‌های فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) 123
هرا رودباری - جواد سرحدی - مهدی آزادوار - سیدمحمد علوی سینی - امیر جلالی

تأثیر آرژینین بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم محلول‌دهی 137
صلاح الدین مصلحتی‌فرد- حمید حسن‌پور

افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت ظاهری میوه گیلاس در زمان پس از برداشت تحت تأثیر اسانس مرزنجوش 153
چنور حسینی- محمدرضا اصغری- مریم خضری

تأثیر محلول‌پاشی اسید فولویک و هورمون تریاکانتانول بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و مواد مؤثره گیاه دارویی گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*) 169
هدیه تقی زاده باغچه جوقی- سعیده علیزاده سالطه- منصور مطلوبی

بررسی هرس تعادلی و هرس سبز بر صفات کمی انگور 'یاقوتی' در منطقه سیستان 183
منصور فاضلی رستم پور- حسن محمودزاده

تهیه و تولید نانو کپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی *Ziziphora tenuior* L. 195
طیبه بااراده- حسین آرویی- محبوبه ناصری- مجتبی ممرآبادی

بررسی برهم کنش ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی (*Tomato spotted wilt virus*) و آهن روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه 207
نیلوفر حارث آبادی- سیده عاطفه حسینی- محمدحسین امینی فرد

مهندسی متابولیت ثانویه در کشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* (L). Schrad.) با حضور محرک زیستی و غیر زیستی 221
معصومه سهرابی- داود صمصام پور- عبدالنبی باقری

بررسی عوامل بازدارنده افراد جامعه از حضور در پارک‌های شهری در دوران پاندمی کووید19 233
داود وفاداری کمار علیا- محسن کافی- مهدی خان سفید

اثر جلبک‌های اسپیرولینا و قهوه‌ای و سطوح سرب بر برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه کلم زینتی 247
افسانه هوشمند- میترا اعلائی- مسعود ارغوانی- فهیمه صالحی

افزایش ماندگاری گل بریدنی ژربرا رقم 'Rosalin' با استفاده از نانوکامپوزیت‌ها به عنوان محلول نگهدارنده 263
سیمین گراوند[1]- سیده فرزانه موسوی- سیده هدی حکمت آرا

بررسی اثر کود زیستی و اسید سالیسیلیک بر صفات کمی و کیفی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط تنش خشکی 279
محمود قجاوند- پورنگ کسرایی- حمیدرضا توحیدی‌مقدم- محمد نصری- حمیدرضا لاریجانی

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 1-12

Effect of different Concentrations of Salicylic acid on some Physicochemical Properties of Grape cv. Shahroodi

M. Hassanabadi[1], M. Azizi[2*], Gh. Davarynegad[3], H. Bodaghi[4], H. Hokmabadi[5]

Received: 11-10-2016
Revised: 08-07-2017
Accepted: 08-07-2017
Available Online: 05-04-2021

How to cite this article:
Hassanabadi, M., Azizi, M., Davarynegad, Gh., Bodaghi, H., & Hokmabadi, H. (2023). Effect of different concentrations of salicylic acid on some physicochemical properties of grape cv. Shahroodi. *Journal of Horticultural Science* *37*(1): 1-12. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.59037.0

Introduction

Grape (*Vitis vinifera* L.) is one of the most important fruits cultivated in many areas with different climates all over the world. Grape, which is rich in antioxidants, flavonoids, anthocyanins and phenolic acids, is highly regarded in terms of economic value. Salicylic acid is one of the compounds which have been used in recent years for improving the physicochemical properties of many fruits. The application of salicylic acid increases the shelf life of crops by inhibiting ethylene production and respiration, as well as by reducing the activity of some enzymes which are responsible for softening the cell wall. Furthermore, salicylic acid results in the enhancement of phenolic compound production by increasing the activity of some enzymes such as phenylalanine ammonia-lyase.

Materials and Methods

The present study was conducted in 2014 on 13-year-old Shahroodi grapes that were grown using a head-training system with a spacing of 2m × 2m in "Shahrood" County, Semnan Province. A total of 60 grapevines with uniform age and growth characteristics were selected for the experiment. Salicylic acid was obtained from Merck and solutions were prepared using a small amount of organic solvent and surfactant to reduce the surface tension of the solutions. For the purpose, the Salicylic acid powder was dissolved in a few drops of ethanol and a few drops of Tween 20 for improving solution penetration to the plants, The solution was prepared at concentrations of 0 (control), 1, 2, 3 mM. Then the plants were sprayed two weeks after the fruit set stage (when berries were at the pea-sized stage with a diameter of 4 to 5 mm). The experimental design used in this experiment was a randomized complete block design (RCBD) with three replications. After harvesting and transporting of fruits to the laboratory, different characteristics were measured:

Chlorophyll and carotenoid Content

Chlorophyll a, b, and total Chlorophyll and carotenoid content measured according to Arnon (1967) method in grape leaves. The extraction steps were carried out with full precision to minimize contact with heat and light. In order to stabilize the pigments, the samples taken from the central part of the mature leaves were immediately ground in liquid nitrogen. The samples were vortexed two times with an interval of one minute and stored for 1.5 hours at a temperature of 4 degrees Celsius in order to dissolve the pigments in cold acetone solvent. After that, they were centrifuged for 15 minutes at a speed of 6000 rpm. The supernatant after centrifugation of the samples was used to measure chlorophyll and total carotenoids. The absorbance of the samples was read at three wavelengths of 470, 645, and 663 nm using a Shimadzu UV (160) spectrophotometer. Using the absorbance of

1, 2 and 3- Former Ph.D. Student and Professors, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)
4- Assistant Professor, Department of Horticultural, Shahroud University, Shahroud, Iran
5- Assistant Professor, Pistachio Research Center of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.59037.0

the samples in these three wavelengths and the equations below, the amounts of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and total carotenoids were calculated in terms of milligrams per gram of tissue sample weight.

Fruit characteristics

Fruit characteristics such as fruit yield, fruit firmness (with magnets-Taylor device), sugar and acid content, and content of phenolic compounds were also measured. The fruit tissue firmness was measured using a firmness tester (model FDKA 32, Wagner) and expressed in Newtons per square centimeter. The characteristics of soluble solids (TSS) were expressed using a handheld refractometer (Ataga, Japan) and expressed in terms of Brix, the pH of the extract was measured using a digital pH meter (Sartorius PP-20, Germany). Titratable acidity or TA was done through the titration of the extract using 0.1 normal sodium until pH 1.8-2.8 and its results were reported using the following formula and under the title of tartaric acid percentage.

Total phenol content

The amount of total phenol was measured by Folin-Ciocalteu method and spectrophotometry. The absorbance of the reaction mixture was measured after 120 minutes of storage in the absence of light at a wavelength of 765 nm using a Shimadzu UV spectrophotometer (160). The amount of total phenol was expressed from the standard curve in terms of mg of gallic acid per 100 grams of extract in three replicates for each sample and standard.

Total flavonoid

The amount of total flavonoid was measured by aluminum chloride calorimetric method. In this experiment, 50 microliters of methanolic extract from the flesh and fruit skin were combined with 10 microliters of 10% aluminum chloride and 10 microliters of 1 M potassium acetate. Then, 280 microliters of double distilled water were added to the mixture. After the samples were mixed, they were left at room temperature for 40 minutes. The absorbance of the reaction mixture was measured at a wavelength of 415 nm using a Shimadzu UV spectrophotometer (160) in three replicates. A blank containing double distilled water was used for comparison. The amount of total flavonoids was determined based on the standard curve of quercetin and the results were expressed in micrograms of quercetin per gram of fruit skin and flesh weight.

Total anthocyanin

The amount of total anthocyanin was measured using the difference in pH method. In this method, the absorbance was measured using a spectrophotometer at wavelengths of 520 and 700 nm along with potassium chloride and sodium acetate buffers with different pH values of 1 and 4.5.

Results

The results of the data analysis of variance showed that the application of salicylic acid resulted in significant differences in the measured characteristics. Therefore, the use of this compound improved the physical and biochemical quality of the treated grape clusters.Comparison of treatments means showed that using 2 mM salicylic acid brought about a significant effect on the amount of chlorophyll (a, b and total) and carotenoids compared to other treatments, especially control. Salicylic acid application caused a reduction in pH and soluble solids, and an increase in firmness, 100-berry weight and yield. The results of the study indicated a significant increase in organic acids and a decrease in reducing sugars in the grape clusters treated with salicylic acid. The highest amount of tartaric acid was found in the treatment with 2 mM salicylic acid, with an average of 0.66, while the control treatment had the lowest amount of tartaric acid, with an average of 0.52. This suggests that the use of salicylic acid led to a reduction in transpiration and consumption of organic acids. In terms of reducing sugars, the highest and lowest amounts were observed in the control treatment (14%/74) and the treatment with 2 mM salicylic acid (13%/60), respectively. Increasing the concentration of salicylic acid up to 2 mM resulted in the enhancement of anthocyanins and phenolic compounds contents, but higher concentrations (more than 2 mM) reduced the amounts of these compounds in treated fruits.

Conclusion

Pre-harvest use of salicylic acid could have a positive effect on the improvement of qualitative and quantitative characteristics of grape cv. Shahroodi. However, further comprehensive studies are needed to be conducted to recommend this compound to the growers of fruit trees.

Keywords: Berry fruit, Fruit yield, Phenolic contents, Spraying, TSS

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص.۱۲-۱

تاثیر کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی'

محمود حسن آبادی[۱]- مجید عزیزی[۲*]- غلامحسین داوری نژاد[۳]- حجت اله بداقی[۴]- حسین حکم آبادی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷

چکیده

در این مطالعه، تاثیر غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک بر برخی از خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی' طی سال ۱۳۹۳ مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایش بر روی بوته‌های ۱۳ ساله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. بوته‌ها و خوشه‌ها دو هفته پس از تشکیل میوه با محلول اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار به صورت یکنواخت محلول‌پاشی شدند. ارزیابی صفات کمی و کیفی پس از برداشت میوه‌ها صورت گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر بلوک به جزء در مورد صفت فنل کل و فلاونوئید در سایر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در مورد صفات کلرفیلa، b، کل و کارتنوئیدها تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بهترین تیمار بود. در مورد صفات pH، نسبت قند به اسید و TSS تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. بیشترین میزان عملکرد به میزان ۳۱/۳ کیلوگرم به ازای هر بوته در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار در تیمار شاهد به میزان ۲۱ کیلوگرم به ازای هر بوته مشاهده شد. در مورد مقدار ترکیبات فنلی بیشترین میزان در تیمار ۲ میلی‌مولار بر لیتر اسید سالیسیلیک (۱۳۷/۲۰ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه تازه) و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار شاهد (۱۸/۳۴ درصد بریکس) و کمترین آن در تیمار ۲ میلی‌مولار در لیتر اسید سالیسیلیک (۱۶/۹۵درصد بریکس) مشاهده شد. بر این اساس کاربرد غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بهترین غلظت بوده و شاهد کمترین تاثیر را در بهبود صفات ثبت شده داشت. بنابراین کاربرد اسید سالیسیلیک دو هفته پس از تشکیل میوه با غلظت ۲ میلی‌مولار می تواند بعنوان تیمار مناسبی جهت افزایش خصوصیات کمی و کیفی انگور رقم 'شاهرودی' بکار برده شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی، عملکرد میوه، محلول پاشی، مواد جامد محلول، میوه‌های ریز

مقدمه

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* L. یکی از مهم‌ترین میوه‌هایی است که در بسیاری از مناطق با آب و هوای مختلف مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. انگور به جهت غنی بودن از ترکیبات فنلی نقش مهمی در سلامتی بشر دارد و از نظر اقتصادی بسیار مورد توجه است. صنعت میوه‌کاری نیز یکی از صنایع عمده و مهم باغبانی در جهان محسوب می‌شود به طوری که سطح زیر کشت جهانی انگور بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۱۳ برابر با ۶۹۶۹۳۷۳ هکتار با تولید سالیانه حدود هفت میلیون تن می‌باشد (www.fao.org). مهمترین کشورهای تولید کننده انگور طبق آمار سال ۲۰۱۳ در سطح جهان بر اساس سطح زیرکشت و عملکرد به ترتیب کشورهای چین، آمریکا،ایتالیا، فرانسه و اسپانیا می‌باشند که بیش از ۶۰ درصد تولید جهانی را به‌خود اختصاص

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری سابق و استادان، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: azizi@um.ac.ir
۴- عضو هیات علمی دانشگاه شاهرود
۵- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود
DOI: 10.22067/jhs.2021.59037.0

داده‌اند. طبق آمار سال ۲۰۱۳ ایران نهمین کشور تولید کننده انگور در جهان محسوب می‌شود که فقط ۴ درصد تولید جهانی را به‌خود اختصاص داده است. از کل تولیدات انگور در جهان حدود ۷۱ درصد در صنعت شراب سازی، ۲۷ درصد تازه خوری و حدود ۲ درصد به صورت خشک و فراوری شده مصرف می‌شود. این در حالی است که در ایران بیش از ۹۲ درصد از تولید انگور به‌صورت تازه خوری و ۸ درصد آن به صورت خشک و فرآوری شده به مصرف می‌رسد (www.fao.org).

بسیاری از میوه‌ها از جمله انگور منابع سرشار از ترکیبات فنلی می‌باشند که به عنوان آنتی‌اکسیدانت‌های فوق العاده توانمند قادرند سیستم‌های بیولوژیکی را از گزند رادیکال‌های آزاد حفظ کنند. از جمله آنتی‌اکسیدانت‌های طبیعی به ویژه با منشاء گیاهی فلاونوییدها، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای فنولیک هستند واین ترکیبات به مقادیر فراوانی در پوسته،گوشت و هسته انگور یافت می‌شوند (Einbond *et al.*, 2004). به‌خاطر تمام دلایل فوق به منظور بهبود کیفیت این ترکیبات مهم در انگور، تیمارهای قبل از برداشت و بعد از برداشت فراوانی صورت می‌گیرد که شامل انتخاب محل مناسب کاشت از نظر شرایط آب و هوایی، ارتفاع از سطح دریا، نور، سیستم‌های مختلف هرس و تربیت، هرس وتنک خوشه‌ها، حلقه برداری،کاهش و دقت در میزان آبیاری، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد از جمله برازینو استروئیدها[1]، جیبرلین‌ها[2]، متیل جاسمونات[3]و اسید سالیسیلیک[4]می‌باشد (Yolanda and Encarn, 2013).

اسیدسالیسیلیک (ارتو هیدروکسی بنزوئیک اسید) یک ترکیب فنلی ساده با خواص گوناگون است که به طور طبیعی توسط گیاهان مختلف تولید می‌شود.دارای یک گروه هیدروکسیل و یک گروه کربوکسیل در ساختمان خود می‌باشد که این گروه‌ها مانند سایر ترکیبات فنلی تعیین کننده خواص آن هستند. سالیسیلات‌ها از منابع گیاهی از زمان‌های قدیم در پزشکی مصرف شده‌اند. این ترکیب درساختار بسیاری از قرص‌های مسکن، ضد التهاب، داروها، نگهدارنده‌های مواد غذایی و مواد آرایشی و بهداشتی به کار می‌رود (Raskin *et al.*, 1990; Raskin, 1992a). اسید سالیسیلیک به دلیل تاثیر بر روی تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی رشدی گیاهان به عنوان یک تنظیم کننده رشدگیاهی به رسمیت شناخته شده است (Raskin, 1992b). کاربرد این ماده نتایج مهمی مانند کنترل فرایندهای رشد و نمو،افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها، کاهش تولید اتیلن، تاخیر در رسیدن میوه و افزایش عمر محصولات انباری را در پی دارد. در موارد بسیار اثر اسید سالیسیلیک بر فعالیت‌های گیاهی و همچنین بر عمر انباری محصولات باغبانی مورد بررسی قرار گرفته است.

یو و همکاران (Yu *et al.*, 2005) با کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی درختان سیب گزارش کردندکه این ترکیب در غلظت‌های ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش سفتی میوه و تاخیر در زمان رسیدن میوه می‌شود. یائو و تیان (Yao and Tian, 2005) نشان دادند که تیمار قبل از برداشت گیلاس با اسید سالیسیلیک شیوع بیماری را کاهش می‌دهد. تیمار اسید سالیسیلیک در نارنگی باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی انباری و جلوگیری از کاهش وزن (Zheng and Zhang, 2004)، در هلو باعث کاهش آسیب سرمازدگی، پوسیدگی‌های قارچی و حفظ یا کاهش سرعت نرم شدن (Wang *et al.*, 2006)، در موز باعث تاخیر در رسیدن میوه،کاهش در سرعت نرم شدگی،میزان تنفس، فعالیت آنزیم اینورتاز و همچنین فعالیت آنزیم‌های اصلی دیواره یاخته‌ای مانند سلولاز، پلی‌گالاکتروناز و زیلوناز شده است (Srivastava and Dwivedi, 2000). همچنین در بررسی‌های انجام شده روی توت فرنگی رقم سلوا باعث کاهش تولید اتیلن و پوسیدگی قارچی گردیده است (Babalar *et al.*, 2007). افزون بر این اسید سالیسیلیک با تاثیر بر فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز، تغییر رنگ و سیاه شدن را در گلابی و کاهو به تاخیر انداخته و کیفیت خوراکی آن‌ها را حفظ می‌کند (Peng and Jiang, 2006) و در انگور باعث افزایش ترکیب‌های فنلی گردیده است (Wen *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2006).

درمحلول‌پاشی قبل از برداشت پرتقال "ناول" با اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری باعث افزایش مقدار کارتنوئیدها (لیکوپن و الفا-کاروتن)، اسید آسکوربیک، گلوتاتیون، فنل کل و فلاونوئیدهای کل در پوست و گوشت میوه در طی دوران انباری شد. علاوه بر این، بالاترین مقدار این ترکیبات آنتی‌اکسیدانت در میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک (۱ و ۲ میلی‌مول بر لیتر) بود (Huang *et al.*, 2008). براساس گزارشات سیریواستاوا و دیویدی (Srivastava and Dwivedi, 2000) و زهنگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2003)، اثرات اسید سالیسیلیک برگشت‌پذیر می‌باشد و تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک را در همه مراحل مختلف رشد مثل مرحله رویشی، توسعه میوه و پس از برداشت پیشنهاد کردند. در محلول‌پاشی قبل از برداشت غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک بر روی زرد آلو، ارقام" نوری" و"لاسجردی" بطور معناداری باعث سفتی بافت، فنل کل، اسید اسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی میوه گردید.

اگر چه کاربرد پس از برداشت اسیدسالیسیلیک بر عمر و کیفیت پس از برداشت میوه‌های زیادی مورد آزمایش قرار گرفته است ولی تاکنون کاربرد قبل از برداشت آن و پیامدهای کاربرد آن بر انگورهای تازه‌خوری کشت و کار شده در داخل کشور مورد بررسی قرار نگرفته

1- Brassinosteroids
2- Gibberellins
3- Jasmonates
4- Salicylic Acid

است.

انگور رقم شاهرودی دارای خوشه بزرگ، حبه بزرگ ودانه دار، شکل حبه بیضی کشیده و طویل، وزن خوشه زیاد، درصد قند بالا، میوه دیرس و مناسب جهت تازه خوری و نگهداری در سردخانه می‌باشد و بیش از ۹۳ ٪ از سطح زیر کشت انگور در شهرستان شاهرود استان سمنان که بالغ بر ۴۰۰۰ هکتار می‌باشد، به این رقم اختصاص دارد. بنابراین در پژوهش حاضر تاثیر کاربرد قبل از برداشت غلظت‌های مختلفاسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی انگور رقم "شاهرودی" مورد آزمایش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: آزمایش بر روی بوته‌های۱۳ ساله یکنواخت از نظر رشد و خصوصیات زراعی یکسان انگور رقم "شاهرودی" با فاصله کاشت ۲×۲ متر و سیستم تربیت پاچراغی در یک تاکستان شخصی در شهرستان شاهرود، استان سمنان در سال زراعی ۱۳۹۳ صورت گرفت. آبیاری باغ بصورت نشتی و تغذیه بوته‌های تاکستان مطابق با عرف معمول منطقه و بصورت ۳۰ تن کود دامی زمستانه به همراه سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم به میزان ۱۵۰ کیلو در هکتار به تاکستان اضافه شد. تعداد ۶۰ بوته انگور تا حد امکان یکسان با قطر تنه ۱/۰۲ ±۸/۴۵ سانتی‌مترکه دارای۷-۵ بازو و حدود ۱۶-۱۵ شاخه یکساله و ۴ جوانه بر هر شاخه انتخاب شد. اسید سالیسیلیک با نشان مرک ساخت کشور آلمان تهیه کردید و محلول سالیسیلیک اسید با غلظت‌های صفر (شاهد) ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار با حل کردن آن در مقدار کمی اتانول و استفاده از یک مویان (توئین۲۰) به منظور پخش، نگهداری و نفوذ بهتر آماده شد. محلول آماده شده، بلافاصله توسط یک سمپاش بادی پشتی بر روی بوته‌های انتخاب شده، دو هفته بعد از تشکیل میوه‌ها (در مرحله نخودی شدن میوه‌ها و ۴ تا ۵ میلی‌متر قطر اندازه حبه‌ها) در یک صبح آرام و بدون باد در حالی که کاملاً سطح درختان و خوشه‌ها را بپوشاند محلولپاشی شدند. طرح آزمایش مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. پس از برداشت میوه‌ها و انتقال به آزمایشگاه، صفات مختلف میوه اندازه‌گیری شد (شکل ۱). اندازه‌گیری میزان کلروفیل (a، b و کل) و کاروتنویید برگ بوته‌ها نیز همزمان با برداشت میوه‌ها انجام گرفت.

محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید: برای سنجش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل و همچنین کاروتنوئید کل در برگ درختان انگور از روش آرنون (Arnon, 1967) استفاده شد. مراحل استخراج با دقت کامل جهت به حداقل رساندن تماس با گرما و نور انجام شد. با هدف پایداری رنگدانه‌ها، بلافاصله نمونه‌های گرفته شده از بخش مرکزی برگ‌های بالغ در نیتروژن مایع آسیاب شدند. نمونه‌ها دو بار و به فاصله یک دقیقه ورتکس شدند و به مدت ۱/۵ ساعت در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به منظور حل شدن رنگدانه‌ها در حلال استون سرد ذخیره شدند. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. روشناور نمونه‌ها برای سنجش کلروفیل و کارتنویید کل بکار رفت.

میزان جذب نمونه‌ها در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu uv (160) قرائت شد. با استفاده از میزان جذب نمونه‌ها در این سه طول موج و معادلات زیر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه بافت محاسبه شد.

$$Chla_{mg/g\ FW}=\frac{(19.3\times A_{663})-(0.86\times A_{645})\times v}{100\times W}$$

$$Chlb_{\ mg/g\ FW}=\frac{(19.3\times A_{645})-(3.6\times A_{663\times})\times v}{100\times W}$$

$$Chl_{\ mg/g\ FW}=Chla+ChlbT$$

$$Car_{mg/g\ FW}=\frac{(100\times A_{470})-3.27 mgchla-104\ mgchlb}{227}$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

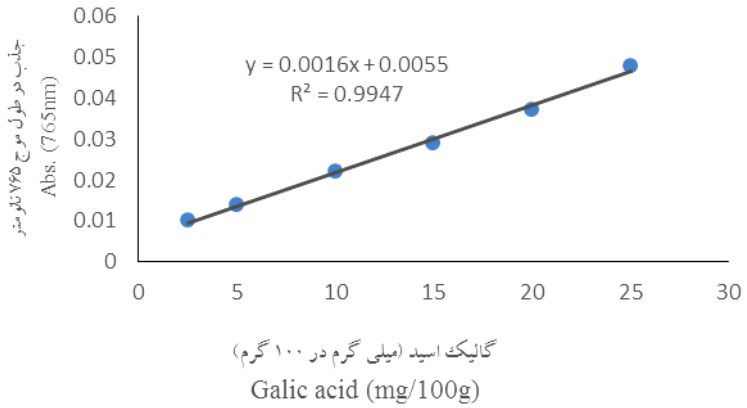
W= وزن تر نمونه بر حسب گرم



شکل ۱- مراحل اندازه گیری صفات فیزیکوشیمیایی انگور رقم 'شاهرودی' در آزمایشگاه

Figure 1- Laboratory measurements of the physicochemical properties of grape cv. 'Shahroodi'

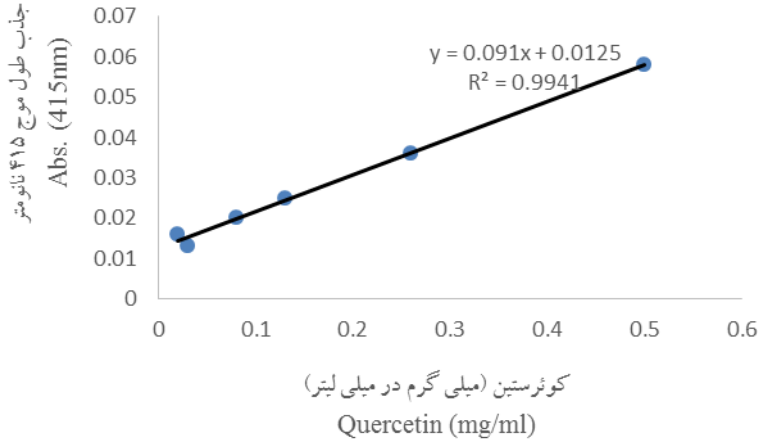
محتوای فنل کل: مقدار فنل کل با روش Folin–Ciocalteu و اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد (Meyers *et al.*, 2003). میزان جذب مخلوط واکنش بعد از ۱۲۰ دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور، در طول موج ۷۶۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu uv (160) اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل از روی منحنی استاندارد (شکل ۲) بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم عصاره در سه تکرار برای هر نمونه و استاندارد بیان شد.



شکل ۲- منحنی و معادله‌ی جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد گالیک اسید

Figure 2- Curve and equation uptake for different concentrations of standard solution of Gallic acid

فلاونوئید کل: مقدار فلاونوئید کل با روش کالریمتری آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد (Bor *et al.*, 2006). ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی گوشت و پوست میوه با ۱۰ میکرولیتر آلومینیوم کلراید (۱۰٪)، ۱۰ میکرولیتر پتاسیم استات (۱ مولار) و ۲۸۰ میکرولیتر آب دوبار تقطیر مخلوط شد. نمونه‌ها پس از همزدن و سرو ته کردن در دمای اتاق به مدت ۴۰ دقیقه نگهداری شدند. جذب مخلوط واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر در مقابل بلانک شامل آب دوبار تقطیر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu uv (160) در سه تکرار خوانده شد. میزان فلاونوئید کل بر اساس منحنی استاندارد (شکل ۳) کوئرستین تعیین و نتایج بر حسب میکروگرم کوئرستین در گرم وزن‌تر پوست و گوشت میوه بیان شد.



شکل ۳- منحنی و معادله‌ی خط جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد کوئرستین

Figure 3- Curve and equation uptake for different concentrations of standard solution of Quercetin

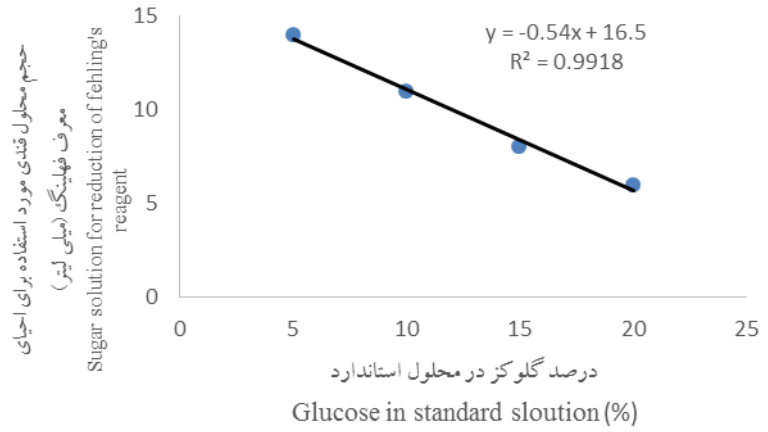
آنتوسیانین کل: میزان آنتوسیانین کل با استفاده از روش تفاوت pH اندازه‌گیری شد (Slinkard and Singleton, 1997). در این روش میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهای کلرید پتاسیم و سدیم استات با pH

متفاوت ۱ و ۴/۵ اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول زیر میزان آنتوسیانین کل بر حسب میلی‌گرم مالویدین ۳-گلوکوزاید در لیتر محاسبه شد.

Absorbance (A) = (A_{520} pH1- A_{700} pH1) – (A_{520}pH 4.5- A_{700} pH4.5)

Total anthocyanin (mg/L) = (A/28000)× (10^3)×(493.5)×(5)

محتوای قندهای احیاگر: برای اندازه‌گیری میزان کل قندهای احیاگر از روش کلی لن-اینان استفاده شد (Mosayyebzadeh *et al.*, 2009). ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۷۰°C حرارت داده شده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. ۵ میلی‌لیتر محلول فهلینگ A و ۵ میلی‌لیتر محلول فهلینگ B با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر آمیخته شد. محلول فوق تا جوشیدن کامل حرارت داده شد و پس از افزودن چند قطره معرف متیلن بلو با محلول قندی تیتر شد. نقطه پایان تیتر مشاهده رنگ سفید و رسوب آجری رنگ می‌باشد مقدار کل قندهای احیاگر بر اساس نمودار استاندارد (شکل ۴) تهیه شده با گلوکز استاندارد محاسبه گردید.



شکل ٤- منحنی و معادله‌ی خط جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد گلوگز

Figure 4- Curve and equation uptake for different concentrations of standard solution of Glucose

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (مدل اف دی کا ۳۲، واگنر) اندازه‌گیری و بر اساس نیوتن برسانتی‌متر مربع بیان شد. ویژگی‌های مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از رفرکتومتر دستی (آتاگا، ژاپن) و بر اساس درجه بریکس بیان شد، pH عصاره با استفاده از pH متر دیجیتال (Sartorius PP-20, Germany) اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون یا TA از طریق تیتراسیون عصاره با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا میزان pH۸/۱-۸/۲ انجام و نتایج آن با استفاده از فرمول زیر و تحت عنوان درصد اسید تارتاریک گزارش شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون=[(وزن اکی والان اسید غالب)×۱۰۰(٪)]/(حجم سود مصرفی×نرمالیته سود×وزن نمونه تیتر شده×۱۰۰۰)

وزن اکی‌والان اسید تارتاریک = ۷۷/۵

تجزیه‌آماری

این مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس نتایج حاصل بوسیله نرم افزار آماری SAS، مقایسه میانگین‌ها بوسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

بر اساس نتایج تجزیه واریانس نوع غلظت اسید سالیسیلیک مورد استفاده تاثیر معنی‌داری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده داشت (p<۰/۰۱) (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها در مورد تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر روی کلروفیل نشان می‌دهد میزان کلروفیل a، b و کل در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد داشته و بیشترین مقدار کلروفیل a با میانگین (۱۱/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) بیشترین میزان کلروفیل b با میانگین (۴/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار محلولپاشی دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۱). همچنین کمترین میزان کلروفیل a، b و کل مربوط به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) بود (جدول ۲). بنابراین افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک تا ۲ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش سطح کلروفیل و فتوسنتز شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد بررسی انگور رقم 'شاهرودی' در اثر استفاده از غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید

Table1- ANOVA for some parameters of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi' due to the use of salicylic acid in different concentrations

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square							
		کلرفیل a Chlorophyll a	کلرفیل b Chlorophyll b	کلرفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoids	وزن ۱۰۰ حبه 100 berry weight	عملکرد Yield	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA
بلوک Block	2	0.037^{ns}	0.074^{ns}	0.045^{ns}	1.401^{ns}	66.260^{ns}	0.845^{ns}	0.143^{ns}	0.0006^{ns}
غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid consentration	3	12.64**	1.14**	21.32**	300.35**	47179.8**	67.30**	1.08**	0.01**
خطا (Error)	6	0.06	0.04	0.03	2.16	946.7	1.48	0.08	0.001

** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

**, ns significant at 1 % of probability level and non-significant, respectively.

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد بررسی انگور رقم 'شاهرودی' در اثر استفاده از غلظت¬های مختلف سالیسیلیک اسید

Continued Table 1- ANOVA for some parameters of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi' due to the use of salicylic acid in different concentrations

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square						
		TSS/TA	pH	سفتی Firmness	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total Flavonoid	آنتوسیانین کل Total Anthocyanin	قندهای احیاگر Reducing sugars
بلوک Block	2	5.845^{ns}	0.012^{ns}	0.005^{ns}	206.33**	36.98*	0.960^{ns}	**0.035^{ns}**
غلظت اسید سالیسیلیک Salicylic acid consentration	3	53.57**	0.05**	**0.08**	2602.2**	262.2**	28.57**	**0.66****
خطا Error	6	4.38	0.01	0.002	14.93	5.32	0.64	**0.03**

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: significant at 1 % and 5% of probability levels, and non-significant, respectively.

بیات و همکاران (Bayat *et al*., 2012) گزارش کردند اسید سالیسیلیک از طریق افزایش کلروفیل کل و فعالیت آنزیم روبیسکو، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. همچنین گای و ستیا (Ghai and Setia, 2002) گزارش کردند استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به شاخه و برگ گیاه کلزا باعث بهبود کلروفیل کل در این گیاه می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مورد کارتنوئید برگ جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که میزان کارتنوئید در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد (محلول‌پاشی با آب) داشته است. بدین صورت که بیشترین میزان کارتنوئید (۶۴/۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار ۲ میلی‌مولار و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد.

جدول ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید انگور رقم 'شاهرودی'

Table 2- Effect of different salicylic acid concentrations on Chlorophyll and Carotenoids Content of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi'

سالیسیلیک اسید Salicyli cacid (mM)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیلb Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.g^{-1}$ fw)	کاروتنوئید ها Carotenoids ($mg.g^{-1}$ fw)
0	7.14c	3.21b	10.36c	**42.20c**
1	7.33c	3.15b	10.48c	**53.03b**
2	11.58a	4.47a	16.05a	**64.15a**
3	8.46b	3.41b	11.87b	**64.04a**

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.01$) با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($p<0.01$) based on Duncan's multiple range test.

این نتایج با نتایج مظاهری و کلانتری (Mazaheri tirani and Kalantari, 2007) که اظهار داشتند محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در گیاهان تحت تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام بر روی کلزا مقدار کارتنوئید را افزایش می‌دهد، مطابقت دارد. مطالعات انجام شده توسط ژو و همکاران (Zhao *et al*., 1995) نشان داد مقدار رنگیزه‌ها در گیاهان سویای تیمار شده با اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد. همچنین مقدار کلروفیل و کارتنوئید در برگ‌های ذرت با استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد (Sinha *et al*., 1993).

سفتی بافت میوه، وزن صد حبه، مواد جامد محلول، شاخص طعم و مزه و pH

جدول مقایسه میانگین‌ها بر روی صفت سفتی بافت میوه حاکی از آن دارد که تیمار اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری ($p<0/01$) باعث افزایش سفتی بافت میوه گردید (جدول ۱) به طوری که بیشترین سفتی بافت میوه مربوط به غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین سفتی مربوط به تیمار شاهد بود. اثر افزایشی کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی سفتی بافت میوه در طی انبارداری سیب نیز در غلطت ۲ میلی‌مولار مشاهده شده است (Babalar *et al*., 2015).

مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک اثر معنی داری در افزایش عملکرد و وزن صد حبه انگور داشت ($p<0/01$). بیشترین عملکرد و وزن صد حبه در تیمار حاوی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهد شد. کاربرد غلظت بیش از ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث کاهش وزن حبه‌ها و در نهایت عملکرد شد (جدول ۳).

جدول ۳- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر خصوصیات عملکردی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انگور رقم 'شاهرودی'

Table 3- Effect of different salicylic acid concentrations on yield components and some physical and biochemical properties of *Vitis vinifera* cv. 'Shahrodi'

سالیسیلیک اسید Salicylic acid (mM)	pH	سفتی Firmness ($N.cm^{-2}$)	TSS/TA	مواد جامد محلول TSS (Brix%)	وزن ۱۰۰ حبه 100 berry weight (g)	عملکرد Yield ($Kg.tree^{-1}$)
0	4.00a	2.73c	35.61a	18.34a	567.77c	21.00c
1	3.89ab	2.90b	31.48ab	17.76b	636.10b	22.79c
2	3.70c	3.13a	25.73c	16.95c	860.00a	31.30a
3	3.77bc	2.87b	28.55bc	17.31bc	663.57b	28.54b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.01$) با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($p<0.01$) based on Duncan's multiple range test.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بر روی صفات مواد جامد محلول و pH حاکی از آن است که تیمارهای اسید سالیسیلیک درغلظت‌های مختلف باعث کاهش مواد جامد محلول و pH در میوه‌های تیمار شده شد (جدول ۳). غالبا تیمار میوه‌ها با اسید سالیسیلیک با جلوگیری از سنتز اتیلن و کاهش تنفس موجب حفظ مواد جامد محلول در میوه‌ها می‌گردد (Hadian-Deljou and Sarikhan, 2012). به‌نظر می‌رسد در این تحقیق کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب کاهش نرمی بافت میوه شده است اما از طرفی نتوانسته باعث حفظ مواد جامد محلول گردد و نسبت به تیمار شاهد کاهش این ترکیبات مشاهده شد. کاهش مواد جامد محلول در میوه‌های مانند سیب به دلیل جلوگیری از تبدیل

نشاسته به قندهای ساده‌تر بوده و از این طریق باعث افزایش ماندگاری میوه می‌گردد (Kazemi *et al*., 2011). کاهش pH در تیمارهای اسید سالیسیلیک به دلیل افزایش اسید غالب میوه در این تیمارها می‌باشد.

اسیدهای آلی و میزان قندهای احیاگر

اسید قابل تیتراسیون میزان اسیدهای آلی میوه‌ها را شامل می‌شود که در میوه انگور اسیدیته غالب اسید تارتاریک می‌باشد. اسیدهای آلی در مشخص کردن طعم میوه‌ها نقش بسزایی دارند و هر چه میزان اسیدیته در میوه‌ها بیشتر باشد طعم میوه ترش‌تر می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بر روی صفات اسیدهای آلی و قندهای احیاگر حاکی از آن است که تیمارهای اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۱ درصد باعث افزایشاسیدهای آلی و کاهش قندهای احیاگر شده است به‌طوری که بیشترین میزان اسید تارتاریک میوه با میانگین ۰/۶۶ مربوط به تیمار غلظتی ۲ میلی‌مولار و کمترین میزان اسید تارتاریک با میانگین ۰/۵۲ مربوط به تیمار شاهد بود که نشان دهنده کاهش تنفس و مصرف اسیدهای آلی در تیمار فوق می‌باشد (جدول ۴). بیشترین میزان قندهای احیاگر در تیمار شاهد (۱۴/۷۴ درصد) و کمترین میزان قندهای احیاگر در تیمار غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۱۳/۶۰ درصد) مشاهده شد. افزایش مقدار اسیدهای آلی در نتیجه کاربرد اسید سالیسیلیک در مورد میوه‌های سیب نیز مشاهده شده است (Babalar *et al*., 2015).

ترکیبات فنلی (فنل کل،فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل)

بررسی و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها بر روی اثر اسید سالیسیلیک بر ترکیبات فنلی (فنل کل، فلاونوئیدکل و آنتوسیانین کل) حاکی از آن است که تمامی غلظت‌های اسید سالیسیلیک بکار برده شده تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی ترکیبات فنلی داشته است و ترکیبات فنلی میوه را افزایش داده است (جدول ۱) به طوری‌که در تمامی صفات بیشترین ترکیبات فنلی در غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار ترکیبات فنلی در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ٤- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر اسیدیته، قندهای احیاگر، آنتوسیانین و فلاونوئید انگور رقم 'شاهرودی'

Table 4- Effect of different salicylic acid concentrations on acidity, reduced sugars, anthocyanine and flavonoid content of *Vitis vinifera* cv. 'Shahroodi'

سالیسیلیک اسید Salicylic acid (mM)	اسیدیته اسید تارتاریک Acidity Tartaric acid (%)	قندهایی احیاگر Reducing sugars (%)	آنتوسیانین کل Total anthocyanine (mg.l^{-1})	فلاونوئید کل Total flavonoids (µg Qu.$^{g-1}$ FW)	فنل کل Total phenol (mg GA.100 g^{-1} FW)
0	0.52c	14.74a	3.03c	19.37d	65.95d
1	0.57bc	14.2b	8.37b	34.87b	107.84b
2	0.66a	13.60c	10.33a	41.87a	137.20a
3	0.61ab	14.02b	7.47d	29.27c	96.57c

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.01$) با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p<0.01$) based on Duncan's multiple range test.

اسیدسالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده که تنظیم‌کننده تعدادی از فرایندها در گیاهان است. این ترکیب بازدارنده بیوسنتز اتیلن است. بنابراین گزارش شده است که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک باعث تاخیر در رسیدن می‌شود در این پژوهش نیز سفتی بافت میوه و همین‌طور کاهش در میزان قندهای احیاگر و مواد جامد محلول نسبت به تیمار شاهد مربوط به اثرات ضد اتیلنی اسید سالیسیلیک است که از نرم شدن دیواره سلول‌ها و از عمل اتیلن جلوگیری می‌کند.

تاثیر اسید سالیسیلیک بر حفظ سفتی بافت میوه به نقش آن بر تولید و اثر اتیلن مربوط می‌شود که با جلوگیری از بیان ژن‌های مسئول تولید آنزیم آمینو سیکلو پروپان ۱ کربوکسیلیک اسید سنتتاز از یک طرف و کلاته کردن آهن موجود در ACC اکسیداز به دلیل داشتن هیدرواکسیل آزاد باعث کاهش تولید اتیلن شده و از فعالیت خود تنظیمی مثبت اتیلن جلوگیری می‌کند (Babalar *et al*., 2015). گزارش شده است سفتی بافت میوه به میزان اسید سالیسیلیک داخلی بستگی دارد و با بالا بودن آن سفتی بافت بیشتر می‌شود (Zhang *et al*., 2003). گزارش شده است که تیمار میوه‌های توت‌فرنگی بااسید سالیسیلیک منجر به حفظ سفتی بافت میوه شد. در بررسی‌های انجام شده روی کیوی (Zhang *et al*., 2003)، توت فرنگی (Babalar *et al*., 2007) موز (Srivastava and Dwivedi, 2000) و هلو (Wang *et al*., 2006) مشاهده شده است که سالیسیلیک اسید باعث سفتی بافت میوه می‌گردد. به نظر می‌رسد مکانیزم عمل اسید سالیسیلیک در حفظ سفتی بافت به اثر جلوگیری کنندگی اسید سالیسییک از عمل و تولید اتیلن،کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم کننده دیواره یاخته‌ای و همچنین غشاء یاخته‌ای بر می‌گردد که در این

پژوهش به وضوح مشاهده می‌شود.

معمولاً اسیدهای آلی هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابد و کاهش آنها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. کاربرد اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدهای آلی داشته و حفظ آن در مقایسه با شاهد بود که می‌تواند به دلیل تاثیر این ماده در کاهش استفاده اسیدهای آلی بعنوان ماده‌ی تنفسی باشد، بطوری‌که گزارش شده است اسید سالیسیلیک میزان تنفس را در بافت میوه‌های موز (Srivastava and Dwivedi, 2000) و هلو (Wang *et al*., 2006) کاهش داده و بروز نقطه اوج فراز گرایی را به تاخیر می‌اندازد در نتیجه باعث حفظ اسیدهای آلی در سطح بالاتری نسبت به شاهد می‌شود که با نتایج این تحقیق کاملاً مشابهت دارد.

اسید سالیسیلیک خود به عنوان ترکیبی فنلی، تحریک کننده تولید ترکیب‌های فنلی در گیاه است. با اثربر روی آنزیم‌های موثر درساخت ترکیب‌های فنلی از جمله فنیل آلانین آمونیالیاز باعث افزایش تولید ترکیبات فنلی می‌گردد. با افزایش اسید سالیسیلیک میزان ترکیب‌های فنلی تولید شده نیز افزایش یافت (Chan and Tian, 2006).

افزایش در میزان ساکارز میوه‌ها طی رسیدن، بیو سنتز و تولید ساکارز تحت تاثیر دو آنزیم فسفات ساکارز سینتتاز و ساکارز فسفاتاز است. ساکارز معمول‌ترین و بیشترین کربوهیدرات تولید شده حین فتوسنتز است که از محل تولید (برگ‌ها) به مخازن (میوه‌ها) منتقل می‌شود که نتیجه آن افزایش درمیزان مواد جامد محلول و قندهای محلول در میوه‌ها است. حین رسیدن، کاهش در قندهای غیرکاهنده به طور عمده ساکارز در ارتباط با افزایش در قندهای کاهنده (فروکتوز و گلوکز) میوه‌ها می‌باشد و این فرایندنیز بستگی به فعالیت آنزیم اینورتاز دارد. فعالیت هر دو آنزیم ساکارز فسفات سینتاز و اینورتاز بستگی به مقدار فعالیت هورمون اتیلن حین رسیدن میوه دارد. استفاده از بازدارنده‌های تولید و عمل اتیلن از جمله اسید سالیسیلیک می‌تواند باعث تاخیر در افزایش میزان قندهای کاهنده و غیرکاهنده و در پی آن مقدار پایین مواد جامد محلول گردد (Hayat and Ahmad, 2007) که با نتایج این تحقیق کاملاً مشابهت دارد. همان‌طور که در بحث مربوط به کلروفیل توضیح داده شد اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ درختان که منابع عمده تولید مواد قندی و در پی آن عملکرد می‌باشد شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به جمیع نتایج بدست آمده می‌توان اظهار نمود که کاربرد اسید سالیسیلیک دو هفته پس از تشکیل میوه با غلظت ۲ میلی‌مولار می‌تواند بعنوان تیمار مناسبی جهت افزایش خصوصیات کمی و کیفی انگور رقم 'شاهرودی' بکار برده شود.

منابع

1. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
2. Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry* 105 449-453.
3. Babalar, M., Asgarpour, A., & Asgari, M.A. (2015). Effect of harvest and postharvest treatments of salicylic acid and Putrescine on some qualitative factors of Apple cv. Granni smith. *Journal of Horticultural Science 28*(4): 479-486. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.45084.
4. Bayat, H., Nemati, H., Tehranifar, A., Vahdati, N., & Salahvarzi, Y. (2012). Effect of salicylic acid on growth and ornamental features of *Petunia hybrida* under salt stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 3*(11): 43-50. (In Persian)
5. Bor, J.Y., Chen, H.Y., & Yen, G.Ch. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 1680-1686.
6. Chan, Z.L., & Tian, S.P. (2006). Induction of H_2O_2-metabolizing enzymes and total protein synthesis in sweet cherry fruit by *Pichia membranefaciens* and salicylic acid treatment. *Postharvest Biology and Technology* 39: 314-320.
7. Chen, J.Y., Wen, P.F., Kong, W.F., Pan, Q.H., Zhan, J.C., Li, J.M., Wan, S.B., & Huang, W.D. (2006). Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 64-72.
8. Einbond, L.S., Reynertson, K.A., Lue, X.D., Basil, M.J., & Kennally, E.J. (2004). Anthocyanin antioxidants from edible fruits. *Food Chemistry* 84: 23-28. http://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00162-6.
9. Ghai, R.C., & Setia, N. (2002). Effect of paclobutazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill and components in *Brssica napus*. *Phytomorph* 52: 83-87.
10. Hadian-Deljou, M., & Sarikhan, H. (2012). Effect of salicylic acid on maintaining post-harvest quality of apple cv. ،Golabe-Kohanz. *Journal of Crops Improvement 14*(2):71-82. (In Persian with English abstract)

11. Hayat, S., & Ahmad, A. (2007). *Salicylic acid: A Plant Hormone*. Springer, PP. 401-443.
12. Huang, R., Xia, R., Lu, Y., Hu, L., & Xu, Y. (2008). Effect of pre-harvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of 'Cara cara' navel orange (*Citrus sinenisis* L. Osbeck). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 227-306.
13. Kazemi, M., Aran, M., & Zamani, S. (2011). Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal of Plant Physiology 6*(2): 113-119.
14. Mazaheri Tirani, M., & Kalantari, Kh.M. (2007). Effects of the role of salicylic acid, drought stress, ethylene and interaction of three factors on seed germination of *Brassica napus. Iranian Journal of Biology 19*(4): 23-35. (In Persian with English abstract)
15. Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P., & Liu, R.H. (2003). Antioxidant and anti-proliferativeof strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 6887-6892.
16. Mosayyebzadeh, A., Mostofi, Y., Javan Nikkhah, M., & Emam Jome, Z. (2009). Evaluation of biochemical changes and gray mold during storage of Shahroodi table grapes under modified atmosphere packaging. *Journal of Horticultural Sciences 23*(2): 68-77. (In Persian with English abstract)
17. Peng, I., & Jiang, Y. (2006). Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 94: 535-540.
18. Raskin, I. (1992a.) Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Biology* 43: 439–463.
19. Raskin, I. (1992b). Salicylate, a new plant hormone, *Plant Physiology* 99: 799–803.
20. Raskin, I., Skubatz, H., Tang, W., & Meeuse, B.J.D. (1990). Salicylic acid levels in thermogenic and nonthermogenic. *Annals of Botany* 66: 376–383.
21. Sinha S.K., Srivastava, S.H., & Tripath, R.D. (1993). Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 51: 241-246.
22. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture 28*(1): 49-55.
23. Srivastava, M.K., & Dwivedi, U.N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science* 158: 87-96
24. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., & Archbold, D.D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the anti-oxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 244-251.
25. Wen, P.F., Chen, J., Wan, S., Kong, W., Zhang, P., Wang Zhan, J., Pan, Q., & Huang, W. (2005). Salicylic acid activates phenylalanine ammonia-lyase in grape berry in response to high temperature stress. *Plant Growth Regulatore* 55: 1-10.
26. Yao, H.J., & Tian, S.P. (2005). Effect of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology* 35: 253-262. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.09.001.
27. Yolanda, R.G., & Encarn, G.P. (2013). Elicitors: A tool for improving fruit phenolic content. *Agriculture* 3: 33-53.
28. Yu, T., & Zheng, X.D. (2005). Salicylic acid enhances biocontrol efficacy of the antagonist *Cryptococcus laurentii* in apple fruit. *Plant Growth Regulation 25*(2): 166-174.
29. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, Sh., & Ferguson, I. (2003).The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 28: 67-74.
30. Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z., & Chang, S.M. (1995). The regulating effect of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. *Acta Scientiarum Agronomy* 21: 351-355.
31. Zheng, Y., & Zhang, Q. (2004). *Effects of polyamines and salicylic acid postharvest storage of 'Ponkan' mandarin*. In XXVI International Horticultural Congress: Citrus and Other Subtropical and Tropical Fruit Crops: Issues, Advances and 632 (pp. 317-320).

http://www.fao.org/home/en/

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 13-27

Study of Growth Traits of *Scindapsus* spp. as Influenced by Fertigation of Humic Acid and Folvic Acid

R. Abaszadeh Faruji[1], M. Shoor[2*], A. TehraniFar[3], B. Abedi[4]

Received: 17-03-2019
Revised: 24-10-2019
Accepted: 04-04-2020
Available Online: 04-04-2020

How to cite this article:
Abaszadeh Faruji, R., Shoor, M., TehraniFar, A., & Abedi, B. (2023). Study of growth traits of *Scindapsus* spp. as influenced by fertigation of humic acid and folvic acid. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 13-27. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.61456.0

Introduction

Unbalanced and frequent use of chemical fertilizers and pesticides results in the degradation of soil physicochemical properties, loss of soil-born organisms, reduction of quality of produced crops and reduction of yield plant. Nowadays, due to environmental considerations of chemical fertilizers, use of organic acids for quantitative and qualitative improvement of crops has been increased. Humic materials are natural organic compounds that contain 50 to 90% of organic matters of peat, wood coal and rotten material, as well as non-living organic matters of aquatic and terrestrial ecosystems. Humic compounds indirectly increase soil fertility by providing micro- and macro-elements for root, improving soil structure, increasing medium permeability to water and air, increasing soil microbial population and beneficial microorganisms, increasing cation exchange capacity and the ability to buffer pH of medium or nutrient solution, and providing some special substances for plant roots such as nucleic acids and acetamides.

Materials and Methods

In order to investigate the influence of humic and fulvic acids on some growth characteristics in ornamental plant of *Scindapsus* spp., an experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications at greenhouse in Ferdowsi University of Mashhad during 2014-2015. The first factor was humic acid in four levels of 0, 0.2, 0.5, 1 g/l, and the second factor was fulvic acid in four levels of 0, 0.2, 0.5, 1 g/l. Cuttings were taken from the plant in late March. Two weeks after transferring the rooted cuttings to pot, the treatments were applied on plants via fertigation. The traits measured in the experiment included plant height, mean number of nodes, internode length, leaf number, leaf length, leaf width, leaf area, root length, root fresh weight, leaf fresh weight, shoot fresh weight, aerial organ fresh weight, root volume, aerial organ volume, root dry weight, leaf dry weight, shoot dry weight, aerial organ dry weight, fresh and dry weights ratios of aerial organ to fresh weight. Statistical analysis of data was performed by 8-JMP software. LSD test was used to compare the means of the data.

Results and Discussion

Based on the results obtained, the combined use of humic acid and fulvic acid had a significant effect on height, fresh and dry weights of leaf, shoot, aerial organ and root, number of node and leaf and volume of aerial organ, fresh and dry weights of root, length and volume of root and the ratio of fresh and dry weights of aerial organ to root. Thus, combined use of humic acid and fulvic acid caused an increase in all the measured traits compared to the control treatment. Furthermore, an increase was observed in the length, width, and area of leaf, and internode length as the result of application of humic substances when compared to the control treatment.

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Gratuate, Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Shoor@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61456.0

Organic fertilizers increase plant growth by improving soil conditions and increasing availability of plant to nutrients. Humic compounds cause changes in the specific distribution of cytokinins, polyamines and ATP by affecting the activity of root H^+-ATPase and the distribution of root nitrate in the stem, thus affecting the growth of the plant stem. Humic materials increase plant growth by using different mechanisms such as hormonal effects, direct effect on plant cell metabolism, increase of cell division, chelating power and nutrient uptake, increase of soil ventilation and enhancement of plant photosynthesis by increasing Rubisco enzyme activity. Increasing nitrogen uptake leads to the increase in the growth of shoots and aerial organs. It also increases the number of branches in plants and increases the production of dry matter by increasing the production of photosynthetic materials.

Conclusion

In general, according to the results of this experiment, it can be concluded that application of humic substances (humic acid and fulvic acid) together, improved the growth characteristics of the plant and led to the better growth of the plant; therefore, these materials can be a good alternative to plant growth-stimulating chemical fertilizers.

Keywords: Houseplants, Morphological traits, Organic materials, Soil fertility

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۷-۱۳

بررسی صفات رشدی گیاه سینداپسوس (*Scindapsus* spp.) تحت تاثیر مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت کودآبیاری

رسول عباس زاده فاروجی[۱]- محمود شور[۲*]- علی تهرانی فر[۳]- بهرام عابدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۶

چکیده

به منظور بررسی برخی صفات رشدی در گیاه زینتی سینداپسوس (*Scindapsus* spp.) تحت تاثیر اسید هیومیک و اسید فولویک بصورت کود آبیاری، آزمایشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول اسید هیومیک در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۵، ۱ گرم بر لیتر و عامل دوم اسید فولویک نیز در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۵، ۱ گرم بر لیتر بود. بر اساس نتایج بدست آمده تیمار مصرف توام اسید هیومیک و اسید فولویک اثر معنی‌داری بر ارتفاع، وزن تر و خشک برگ، ساقه، اندام هوایی و ریشه، تعداد گره و برگ و حجم اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول و حجم ریشه و نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه داشت؛ بدین صورت که با کاربرد توام اسید هیومیک و اسید فولویک تمامی صفات ارزیابی شده در گیاه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. همچنین طول و عرض و سطح برگ و طول میانگره نیز با مصرف مواد هیومیکی در گیاه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. در مجموع با توجه به نتایج مشخص شده از آزمایش می‌توان بیان کرد که مصرف مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) به صورت توام با یکدیگر صفات رشدی در گیاه را بهبود بخشیده و سبب رشد بهتر گیاه شده‌اند؛ در نتیجه این مواد می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی محرک رشد گیاه باشند.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، صفات مورفولوژیک، گیاهان آپارتمانی، مواد آلی

مقدمه

حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه با توجه به اصول کشاورزی اکولوژیک نقش مهمی در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارد (Khoram *et al.*, 2007). آلودگی محیطزیست در سال‌های اخیر در اثر کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی رو به افزایش است (Piraste *et al.*, 2010; Kochaki, 1996) استفاده بی‌رویه و نامتعادل از کودها و سموم شیمیایی تخریب خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از بین رفتن موجودات خاکزی، کاهش کیفیت محصولات تولیدی و کاهش عملکرد گیاهان را در پی دارد (Adediran *et al.*, 2004; Cavender *et al.*, 2003; Saleh Rastin, 1999) امروزه با توجه به ملاحظات زیست محیطی استفاده از اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج یافته است (Golchin *et al.*, 2010; Sabzevari *et al.*, 2009). مواد آلی بدلیل بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث کاهش رواناب، بهبود نفوذ پذیری آب و سهولت توسعه ریشه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی شده و همچنین نقش تنظیم کنندگی در برابر تغییرات pH دارند (Bellapart, 1996; Bollo, 1999; Guerrero, 1996; Honorato, 1993). مواد هیومیکی ترکیبات طبیعی آلی هستند که حاوی ۵۰ تا ۹۰ درصد از مواد ارگانیک پیت، ذغال چوب، مواد پوسیده و همچنین مواد ارگانیک غیر زنده اکوسیستم‌های آبی و خاکی می‌باشند (Clapp *et al.*, 1993). ترکیبات هوموسی به صورت غیرمستقیم از طریق فراهم آوردن عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف برای ریشه، بهبود ساختار خاک، افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، افزایش جمعیت

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورز ، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: Shoor@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2021.61456.0

میکروبی خاک و میکروارگانیسم‌های مفید، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و توانایی بافر کردن pH بستر یا محلول غذایی، فراهم کردن بعضی مواد خاص برای ریشه گیاه مانند نوکلئیک اسیدها، استامیدها و فراهم آوردن هیومیک و فولویک اسیدها به عنوان ناقلان عناصر کم مصرف، حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهند (Chen and Aviad, 1990; Sharif *et al*., 2002). شواهد زیادی نشان می‌دهد که اسیدهای فولیک و هیومیک می‌توانند با عناصر مغذی خاک برهمکنش داشته و باعث واکنش‌های فیزیولوژیک در گیاهان شوند که منجر به افزایش رشد گیاه شده و در برخی موارد اثرات تنش‌های غیرزنده را بهبود می‌بخشد (Calvo *et al*., 2014) . اسید هومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ دالتن و اسید فولیک با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ دالتن به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردند (Michael Karr, 2001). اسید هیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی را درکل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد (Dursun *et al*., 2002). علاوه بر این با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نقش دارد (Sharif *et al*., 2002). مولکول های اسید فولویک (بخش ریز مولکول از اسید هیومیک) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند، با پیوند شدن به مولکول‌های آب تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کند (Bronick and Lai, 2005). اسید هیومیک و اسید فولویک در غلظت‌های ۲۵ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی قادر به تحریک رشد ساقه گیاهان مختلف می‌شوند (Chen and Aviad, 1990). کاربرد اسید هیومیک در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) میزان اسانس، شاخص‌های رشد و بیوماس را افزایش داد (Khazaie *et al*., 2011). در گیاه لیزیانتوس کاربرد اسید هیومیک تأثیر به‌سزایی بر جذب عناصر غذایی، اجزای عملکرد و کیفیت لیزیانتوس داشت (Bahalu *et al*., 2018). کاربرد اسید هیومیک منجر به بهبود ویژگی‌های رویشی و عمر گل جایی گل رز رقم دولسویتا در سیستم کشت بدون خاک (Dastyaran and Farahi, 2014) و افزایش وزن تر ریشه همیشه بهار و شمعدانی گردید (Jack and Evans, 2000). مصرف توام اسید هیومیک و اسید فولویک نیز توانست صفات رشدی گیاه شمعدانی را بهبود بخشد (AbaszadehFaruji *et al*., 2018). در پژوهشی که توسط ال-گنوای انجام گرفت، مشخص گردید که استفاده از اسید فولویک طول ساقه، سطح برگ و عملکرد گیاه انگور را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (El-Kenawy, 2017)). کاربرد اسید فولویک در گل حنا منجر به ثبت بیشترین ارتفاع، تعداد گل، تعداد جوانه‌ها، قطر گیاه، وزن تر و خشک گیاه و ریشه و وزن تر و خشک برگ نسبت به تیمار شاهد شد(Esringu *et al*., 2015).

همچنین کاربرد اسید فولویک در محلول نگهدارنده در گیاه ژربرا (*Gerbera jamesonnii* L.) منجر به افزایش عمر پس از برداشت آن گردید (Nikbakht *et al*., 2010). استفاده از اسید فولویک به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار به صورت محلول پاشی در گیاه آفتابگردان منجر به افزایش شاخص‌های رشدی، شاخص عملکرد و درصد روغن در مقایسه با شاهد گردید (Moradi *et al*., 2017). گیاه سینداپسوس (پتوس) با نام علمی *Scindapsus* spp. متعلق به خانواده Araceae می‌باشد. جذابیت این گیاه به دلیل برگ‌هایی با رنگ سبز تا سبز ابلق با مخلوطی از رنگ‌های زرد و سفید و کرمی است که آن را به گیاهی آپارتمانی زیبا تبدیل کرده است. این گیاه نیاز آبی متوسطی دارد و دماهای گرم همراه با سایه – آفتاب را می‌پسندد (Ghasemi ghahsareh and Kafi, 2010). این گیاه بالارونده و همیشه‌سبز مناسب برای سبدهای آویز و روییدن روی دیرک خزه است. برای حفظ زیبایی ظاهری و رنگ برگ‌ها نیاز به آبیاری و تغذیه مناسب است و در صورت فقیر بودن خاک و نامناسب بودن شرایط محیطی رشد، کیفیت و زیبایی ظاهری برگ‌های گیاه کاهش می‌یابد (Ghasemi ghahsareh and Kafi, 2010). هدف از انجام این پژوهش شناسایی راهکاری جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و امکان کاربرد کودهای آلی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی در گیاهان زینتی آپارتمانی است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی صفات رشدی گیاه سینداپسوس (*Scindapsus* spp.)، آزمایشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. عامل اول اسید هیومیک در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۵، ۱ گرم بر لیتر و عامل دوم اسید فولویک نیز در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۵، ۱ گرم بر لیتر بود. قلمه‌گیری از قسمت انتهایی گیاه به همراه دو برگ در انتها در اواخر اسفند از گیاه مادری صورت گرفت. ریشه‌زایی قلمه‌ها در بستر حاوی ماسه سیاه شسته شده و شلتوک به نسبت ۱:۲ صورت گرفت. دو هفته پس از انتقال قلمه‌های ریشه‌دار شده به گلدان، اعمال تیمارها همراه با آب آبیاری به گیاهان صورت گرفت. از هیومیک اسید ساخت کشور ایتالیا، به صورت گرانوله، قابلیت ۸۵ درصدی حلالیت در آب و درجه خلوص ۸۵ درصدی استفاده شد. همچنین از فولویک اسید پودری ساخت کشور آلمان، با درجه خلوص ۷۰ درصد و قابلیت ۸۵ درصد حلالیت در آب در آزمایش استفاده گردید. صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش شامل: ارتفاع گیاه، میانگین تعداد گره، طول میانگره، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، سطح برگ، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن تر برگ،

وزن تر ساقه، وزن تر اندام هوایی، حجم ریشه، حجم اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به وزن تر ریشه بود. ارتفاع گیاه با استفاده ازخط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن تر قسمت‌های مختلف گیاه پس از انتقال گیاه به آزمایشگاه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری گردید. وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاه نیز پس از قرارگیری نمونه‌های گیاهی در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و ثبت شد. طول ریشه و میانگره، طول و عرض برگ گیاه نیز با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (Model Li-COR1300, USA) اندازه‌گیری گردید. پس از شست شوی ریشه‌ها، حجم ریشه و اندام‌های هوایی توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حجم اولیه برحسب سانتی‌متر مکعب (قانون ارشمیدس) اندازه گیری شد (Kamali *et al.*, 2012). پس از ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده، آنالیز آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار JMP-8 انجام شد. همچنین از آزمون LSD جهت مقایسه میانگین داده‌ها استفاده گردید. رسم نمودار با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ صورت گرفت.

نتایج

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده در گیاه سینداپسوس مشخص گردید که اثر متقابل اسید هیومیک و اسیدفولویک در صفات تعداد گره، طول ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال ۵٪ و در صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن تر و خشک ریشه، ساقه، برگ و اندام هوایی، حجم ریشه، حجم اندام هوایی و نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱).

ارتفاع

با توجه به نتایج مشخص گردید که ارتفاع گیاه تحت تاثیر کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک قرار گرفت. بدین ترتیب که با افزایش سطوح مصرف کاربرد کودهای هیومیکی ارتفاع گیاه افزایش یافت. کمترین ارتفاع گیاه (۴۱/۳۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) ثبت گردید. کاربرد اسید هیومیک در تمامی سطوح توانست ارتفاع گیاه را نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) افزایش دهد. همچنین کاربرد اسید فولویک نیز منجر به افزایش ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) گردید. کاربرد توام اسید هیومیک و اسید فولویک منجر به افزایش ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک برگ

با توجه به نتایج بدست آمده از داده‌های مرتبط با وزن تر برگ مشخص گردید که با کاربرد مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) به صورت کود آبیاری، وزن تر برگ، نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) افزایش یافت. کمترین وزن تر برگ در تیمار شاهد (۴۰/۳۹ گرم) و بیشترین وزن تر برگ در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (۰/۵ گرم بر لیتر) و اسید فولویک (۰/۲ گرم بر لیتر) مشاهده گردید (۷۱/۰۱ گرم). علاوه براین در سایر تیمارهای کاربرد توام اسید هیومیک و اسید فولویک وزن تر گیاه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. علاوه بر این وزن خشک برگ نیز با کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک نیز، نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با افزایش سطح مصرف کاربرد اسید هیومیک وزن تر خشک برگ، روند افزایشی نشان داد (جدول ۲).

وزن تر و خشک ساقه

با توجه به نتایج آنالیز واریانس داده‌های مرتبط با وزن تر و خشک ساقه مشخص گردید که این صفات تحت تاثیر سطوح مختلف مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک قرار گرفت. بیشترین وزن تر ساقه در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (۰/۵ گرم در لیتر) و اسید فولویک (۰/۵ گرم در لیتر) مشاهده شد. وزن تر ساقه در تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) ۴۴/۸۶ گرم بود. با افزایش سطح مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک وزن تر ساقه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۲). وزن خشک ساقه نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت؛ بدین صورت که بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (۱ گرم در لیتر) و اسید فولویک (۰/۵ گرم در لیتر) مشاهده گردید (۱۵/۰۸ گرم). وزن خشک ساقه در تیمار شاهد ۸/۳۶ گرم ثبت شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک اندام هوایی

در ارتباط با وزن تر و خشک اندام هوایی مشخص شد که با افزایش سطح مصرف مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) به صورت کود آبیاری وزن تر و خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) افزایش یافت. بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (۰/۵ گرم در لیتر) و اسید فولویک (۰/۵ گرم در لیتر) مشاهد گردید (۱۴۹/۰۰ گرم). وزن تر اندام هوایی در تیمار شاهد ۸۵/۲۵ گرم مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که وزن خشک گیاه نیز تحت تاثیر کاربرد مواد هیومیکی قرار گرفت. با افزایش سطح مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک، وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورفولوژیک گیاه سینداپسوس

Table 1- ANOVA (Mean square) for some morphological traits of *Scindapsus* spp.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سطح برگ Leaf area	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	تعداد برگ Leaf number	تعداد گره Node number	ارتفاع گیاه Plant height	طول میانگره Internode length
اسید هیومیک Humic acid (HA)	3	254.39 *	362.41 **	86.11 ns	5.42 **	5.97 ns	1543.40 **	772.52 **
اسید فولویک Fulvic acid (FA)	3	649.71 **	636.39 **	427.74 **	0.80 ns	4.38 ns	413.59 ns	204.30 **
HA ×FH	9	108.37 ns	144.97 ns	61.26 ns	5.67 **	6.10 *	608.85 **	67.85 ns
خطا Error	32	68.41	69.80	41.93	0.94	2.29	167.69	41.83

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حجم اندام هوایی Shoot volume	حجم ریشه Root volume	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	طول ریشه Root length
اسید هیومیک Humic acid (HA)	3	2036.68 **	1507.57 **	2368.89 **	217.44 **	888.24**	1736.17 **	248.56 **
اسید فولویک Fulvic acid (FA)	3	272.18 ns	815.35 **	917.60 **	120.63 *	637.01 **	814.43 **	148.41 **
HA×FA	9	797.35 **	446.89 **	851.03 **	160.18 **	366.02 **	616.82 **	31.65 *
خطا Error	32	145.83	55.646	131.47	32.13	32.10	74.70	12.56

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت وزن تر اندام هوایی به تر ریشه Shoot/Root fresh weight	نسبت وزن خشک اندام هوایی به خشک ریشه Shoot/Root dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
اسید هیومیک Humic acid (HA)	3	0.36 **	4.04 **	32.28 **	31.45 **	19.21 **	3.03 *
اسید فولویک Fulvic acid (FA)	3	0.07 ns	3.18 **	3.02 ns	13.09 **	8.52 **	2.48 *
HA×FA	9	0.19 **	1.11 *	22.09 **	9.43 **	12.44 **	2.89 **
خطا Error	32	0.05	0.44	2.83	2.79	1.23	0.76

ns، * و ** به ترتیب نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

*, **, ns: significant at 1% of probability level, significant at 5% of probability level and Non-significant, respectively.

تعداد برگ و گره

استفاده از ترکیب اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت کود آبیاری در تمامی غلظت‌ها، تعداد برگ و تعداد گره در گیاه را نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) افزایش داد (جدول ۲).

حجم اندام هوایی

حجم اندام هوایی به هنگام استفاده از ترکیب اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت کود آبیاری در تمامی غلظت‌ها، نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) افزایش یافت (جدول ۲).

جدول ۲- اثر متقابل کاربرد اسید هیومیک × اسید فولویک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه سینداپسوس

Table 2- The interaction effect of humic acid ×folvic acid application on some morphological traits of *Scindapsus* spp.

اسیدهیومیک Humic acid ($g.l^{-1}$)	اسیدفولویک Fulvic acid ($g.l^{-1}$)	تعداد برگ Leaf number	تعداد گره Node number	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	ارتفاع گیاه Height (cm)	حجم اندام هوایی Shoot volum (cm^3)
0	0	9.33 f	12.66 c	13.67 h	85.25 h	8.36 gh	44.86 j	5.31 f	40.39 f	41.33 g	86.33 e
	0.2	12.55 abcd	16.67 ab	19.91 abcde	139.54 abc	12.44 bc	27.18 cde	7.46 abcd	67.35 abc	83.00 abcdef	144.33 a
	0.5	12.11 bcde	16.33 ab	14.22 h	102.75 g	8.22 h	49.56 ij	6.00 ef	53.18 e	69.73 def	110.66 d
	1	12.00 cde	16.00 ab	14.93 gh	108.14 fg	8.74 fgh	55.68 ghi	6.19 def	52.46 e	66.94 ef	112.33 d
0.2	0	13.11 abc	15.89 ab	18.19 cdef	128.76 cde	10.42 def	59.78 fgh	7.77 abc	68.98 ab	73.88 bcdef	152.66 a
	0.2	11.88 cde	16.77 ab	20.61 abcd	136.66 abc	13.91 ab	76.98 bc	6.70 bcdef	59.68 bcde	87.38 abcde	139.66 abc
	0.2	13.22 abc	18.00 a	18.22 cdef	131.85 bcd	11.99 cd	73.25 cd	6.22 def	58.60 cde	94.64 ab	137.33 abc
	1	11.00 de	15.00 bc	14.85 gh	115.90 efg	8.17 h	52.18 hij	6.68 cdef	63.72 abcd	72.89 cdef	122.00 bcd
0.5	0	13.66 ab	16.00 ab	17.98 def	118.30 def	9.83 efgh	58.84 fghi	8.15 ab	59.45 cde	82.37 abcdef	135.00 abc
	0.2	13.88 a	18.33 a	17.48 efg	144.96 ab	10.96 cde	73.95 bcd	6.52 cdef	71.01 a	103.28 a	148.33 a
	0.5	12.77 abc	16.99 ab	18.47 bcdef	149.00 a	11.70 cd	94.57 a	6.77 bcde	54.43 de	85.83 abcdef	146.00 a
	1	12.00 cde	16.66 ab	20.87 abc	129.74 cde	12.45 bc	66.85 def	8.41 a	62.89 abcd	91.22 abcd	140.33 abc
1	0	14.00 a	18.00 a	21.22 ab	138.67 abc	12.45 bc	75.64 bcd	8.77 a	63.03 abcd	93.52 abc	148.00 a
	0.2	10.78 ef	15.11 bc	16.05 fgh	119.69 def	10.15 defg	62.80 efg	5.90 ef	56.98 de	64.66 f	121.66 cd
	0.5	12.55 abcd	16.78 ab	21.91 a	141.89 abc	15.08 a	82.68 b	6.82 bcde	59.21 cde	91.83 abc	142.00 ab
	1	13.33 abc	17.33 ab	18.82 bcdef	131.30 bcd	12.42 bc	74.15 bcd	6.40 cdef	57.15 de	100.33 a	135.00 abc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD نمی باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability level of 5%.

طول میانگره

با توجه به نتایج مشخص گردید که طول میانگره تحت تاثیر سطوح مختلف کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک قرار گرفت. کاربرد اسید هیومیک در سطوح مختلف مصرف منجر به افزایش طول میانگره نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) گردید. سطوح مختلف اسید هیومیک از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۳).

طول، عرض و سطح برگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با طول و عرض برگ مشخص گردید که این صفات تحت تاثیر سطوح مختلف کودهای هیومیکی قرار گرفتند. بیشترین طول برگ در بالاترین سطح مصرف اسید فولویک (۱ گرم بر لیتر) (۱۱۷/۵۹ سانتی‌متر) در مقایسه با تیمار شاهد (۹۹/۸۱ سانتی‌متر) مشاهده شد. مصرف اسید هیومیک نیز طول برگ در گیاه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۳). مصرف سطوح مختلف اسید فولویک به صورت کود آبیاری عرض برگ در گیاه را نسبت به تیمار شاهد (۶۰/۹۴ سانتی‌متر) افزایش داد. سطوح مختلف اسید هیومیک از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی-داری نداشتند (جدول ۳). کاربرد اسید فولویک در سطوح مختلف سطح برگ گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد (۳۹/۹۵ سانتی‌متر مربع) افزایش داد. همچنین مصرف اسید هیومیک در غلظت ۰/۲ گرم در لیتر (۵۵/۱۵ سانتی‌متر مربع) سطح برگ گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد (۴۶/۱۶ سانتی‌متر مربع) افزایش داد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر ساده اسید هیومیک و اسید فولویک بر طول، عرض و سطح برگ و طول میانگره گیاه سینداپسوس

Table 3- The effect of humic and fulvic acid on the leaf area, leaf length, leaf width and internode length of *Scindapsus* spp. plant

اسید فولویک Fulvic acid ($g.l^{-1}$)	عرض برگ Leaf width (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	طول برگ Leaf length (cm)	طول میانگره Internode length (cm)
0	60.94 b	39.95 b	99.81 c	49.29 b
0.2	72.03 a	50.79 a	108.65 b	58.35 a
0.5	70.96 a	51.65 a	107.53 b	56.89 a
1	74.52 a	57.63 a	117.59 a	57.09 a
اسید هیومیک Humic acid ($g.l^{-1}$)	**سطح برگ Leaf area (cm^2)**	**طول برگ Leaf length (cm)**	**طول میانگره Internode length (cm)**	
0	46.16 b	104.88 bc	43.68 b	
0.2	55.15 a	115.22 a	56.89 a	
0.5	52.62 ab	110.36 ab	59.80 a	
1	46.08 b	103.12 c	61.24 a	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD نمی باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability level of 5%.

وزن تر و خشک ریشه

با توجه به نتایج مشخص گردید که وزن تر ریشه با کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) افزایش یافت. بیشترین وزن تر ریشه در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (گرم در لیتر) و اسید فولویک (۰/۵ گرم در لیتر) مشاهده شد (۱۰۸/۳۲ گرم). این در حالی است که کمترین وزن تر ریشه در تیمار شاهد (۴۰/۹۵ گرم) ثبت گردید. کاربرد مواد هیومیکی منجر به افزایش دو برابری وزن تر ریشه نسبت به تیمار شاهد گردید. وزن خشک ریشه نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار کرفت. کمترین وزن خشک ریشه در تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید فولویک در غلظت‌های (۰، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) مشاهده شد (به ترتیب ۲/۷۲، ۴/۲۷ و ۳/۴۳ گرم). بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (۱ گرم در لیتر) و اسید فولویک (۱ گرم در لیتر) ثبت گردید (۱۱/۰۶ گرم) (جدول ۴).

طول ریشه

استفاده از کودهای هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) منجر به افزایش طول ریشه در گیاه، نسبت به تیمار شاهد (عدم

کاربرد کودهای هیومیکی) شد. بیشترین مقدار طول ریشه در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک (۰/۲ گرم در لیتر) و اسید فولویک (۱ گرم در لیتر) (۵۲/۶۰ سانتی‌متر) و پس از آن و بدون اختلاف معنی‌دار در تیمار کاربرد توام اسید هیومیک و اسید فولویک هر دو در غلظت ۰/۲ گرم در لیتر (۴۸/۷۶ سانتی‌متر) و تیمار ترکیبی اسید هیومیک در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر و ۱ گرم در لیتر (۴۸/۳۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴).

حجم ریشه

حجم ریشه در اثر استفاده از مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) افزایش یافت. علاوه بر این با افزایش غلظت کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک در تیمارهای ترکیبی حجم ریشه نیز نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد ترکیبات هیومیکی) افزایش یافت (جدول ۴).

نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه

همچنین نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به وزن تر و خشک ریشه به هنگام کاربرد کودهای هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک) کاهش یافت (جدول ۴).

بحث

تعداد بیشماری از تحقیقات در ارتباط با توانایی مواد هیومیکی در افزایش رشد ساقه در ارقام مختلف گیاهی در شرایط متفاوت ارائه گردیده است. کودهای آلی با بهبود وضعیت خاک و افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند (El-Ghamry *et al*., 2009). احتمالا وجود ترکیبات شبه جیبرلینی در مواد هیومیکی یکی از دلایل مهم و تاثیرگذار در افزایش رشد طولی گیاه می‌باشد (Nardi *et al*., 2002)). مواد هیومیکی با تاثیر بر فعالیت H+-ATPase ریشه و توزیع نیترات ریشه در ساقه منجر به تغییرات در توزیع مشخص سایتوکنین‌ها، پلی‌آمین‌ها و ATP شده و در نتیجه بر رشد ساقه گیاه تاثیر می‌گذارند (Rubio *et al*., 2009). افزایش ارتفاع گیاه در خیار (Veronica *et al*., 2010)، *Cassia angustifolia* (Balakumbahan and Rajamani, 2010) و سیاهدانه (Rubio *et al*., 2009) در اثر کاربرد مواد هومیکی تایید شده است. علاوه بر این، مواد هیومیکی روند جذب عناصر غذایی در گیاه را از طریق تحرک بخشیدن یون‌ها و نیز متابولیسم فیزیولوژی گیاه سرعت می‌بخشند (Ghorbani *et al*., 2010)؛ که این عمل رشد بهتر گیاه را در پی خواهد داشت. افزایش سطح برگ تحت تاثیر کاربرد مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) از طریق افزایش میزان فتوسنتز در گیاه توسط محققین تایید شده است (Balakumbahan and Rajamani, 2010). مواد هیومیکی با استفاده از مکانیسم‌های متفاوتی از جمله: اثرات هورمونی، تاثیر مستقیم بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش تقسیم سلولی، قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش تهویه خاک (Samavat and Malakoti, 2006) و افزایش فتوسنتز گیاه از طریق افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو (Delfine *et al*., 2005) بر افزایش رشد گیاه موثر می‌باشند. با افزایش جذب نیتروژن، رشد شاخساره و اندام‌های هوایی نیز افزایش می‌یابد. همچنین این ترکیب با افزایش تولید مواد فتوسنتزی سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه و تولید ماده خشک بیشتر می‌گردد. همچنین بررسی خرمدل و همکاران (Khoramdel *et al*., 2008) نشان داد که کاربرد کودهای آلی در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa L.*) شاخص‌های رشد نسبت به تیمار شاهد را افزایش داد. این ترکیبات با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و هم چنین ایفای نقش بر نفوذپذیری غشاء به عنوان ناقل پروتئین، فعال کردن تنفس، چرخه کربس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین‌تری فسفات باعث افزایش رشد گیاهان می‌شوند (Sidari *et al*., 2008). مواد هیومیکی با تامین عناصر غذایی گیاه سیاهدانه، با بهبود نیتروژن برگ و افزایش سرعت فتوسنتز این گیاه، سرعت رشد و بیوماس گیاه را افزایش داده است (Azizi and Safai, 2016). خزاعی و همکاران (Khazaie *et al*., 2011 گزارش کردند اسید هیومیک موجب افزایش اندام هوایی و رشد تعداد شاخه در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) شده است (Khazaie *et al*., 2011)). تاثیر مثبت مواد هیومیکی بر صفات کمی و کیفی گیاهان توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (Kamari Shahmaleki *et al*., 2012; Tattini *et al*., 1991; Valdrighi *et al*., 1996; Youssef *et al*., 2004). با مصرف کود، گیاهان آسانتر به عناصر غذایی دسترسی پیدا می‌کنند و بهتر استقرار می‌یابند (Bahalu *et al*., 2018). این احتمال وجود دارد که مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) سبب دوام بافت‌های فتوسنتز کننده شده است (Wolf *et al*., 1988). این ترکیبات با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه، میزان ساخت رنگیزه‌ها را افزایش داده و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر می‌نماید (Koram Ghe-Farokhi *et al*., 2015)) و در نتیجه آن طول میانگره افزایش می‌یابد. مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند (Nardi *et al*., 2002). در مرحله ساقه رفتن که مرحله رشد سریع گیاه است و شرایط محیطی نیز در آن زمان مناسب می‌باشد، گیاه نیاز بیشتری به عناصر غذایی داشته و ترکیبات هیومیکی از طریق فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی سبب

افزایش شاخص سطح برگ می‌شوند (Albayrak and Camas, 2005; Azarpou, 2012; Chen *et al*., 2004; Terzi *et al*., 2010). با افزایش مقدار مصرف ترکیبات هیومیکی جذب عناصر مورد نیاز گیاه همچون ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس نیز افزایش می‌یابد (Harper et al., 2000). در حقیقت قابلیت‌های ترکیبات هیومیکی توانایی ایجاد کمپلکس‌های پایدار با یون‌های فلزی می‌باشد (David *et al*., 1994). کاربرد اسید هیومیک سطح برگ ریحان (*Ocimum basilicum*) را افزایش داد (Befrozfar *et al*., 2013). ترکیبات هیومیکی با تاثیر بر ساختار خاک، هوادهی و ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش می‌دهند که این موضوع بر pH خاک و جذب عناصر تاثیر گذار است. اسید فولویک با افزایش حلالیت یون‌های فلزی در خاک دسترسی ریشه به آن‌ها را افزایش می‌دهد. اسید فولویک توانایی جدب و انتقال آب را دارا می‌باشد. این ترکیب به این شیوه و از طریق حفظ رطوبت، دسترسی ریشه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. سایز کوچک مولکول‌های این ترکیب توانایی ورود به سیستم انتقال گیاه را دارا می‌باشد. اسید فولویک به راحتی یون‌هایی همچون: آهن، کلسیم، مس، روی و منگنز را به صورت باند شده یا کلات شده تبدیل می‌کند. این ترکیب به راحتی از طریق ریشه، برگ و ساقه جذب شده و عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Yamauchi *et al*., 1984).

تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و اسید فولویک با یون‌های معدنی، تأثیر بر تنفس و فتوسنتز، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک (Samavat and Malakouti, 2005; Youssef *et al*., 2004) و فعالیت هورمونی (Adani *et al*., 1998; Atiyeh *et al*., 2002; Shahbazi *et al*., 2012; Soleimani Aghdam *et al*., 2012; Taghizadeh *et al*., 2013; Turkmen *et al*., 2004)؛ تقویت دیواره سلولی (Aiken *et al*., 1985) و تأخیر در تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها در برگ به دلیل خاصیت سایتوکینینی (Arteca, 1996; Nadi *et al*., 2002)، آن‌ها از جمله فرضیات مؤثر برای بیان مکانیسم اثر آن‌ها بر پارامترهای رشدی گیاهان است. افزایش تعداد برگ در گیاه، احتمالاً به دلیل گسترش سریع سیستم ریشه ای گیاه در غلظت های زیاد اسید هیومیک و همچنین اسید فولویک می‌باشد که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی، رشد بهتر گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد برگ می‌شود (Atiyeh *et al*., 2002; Fazel Tehrani *et al*., 2017). همانطور که قبلا ذکر گردید این ترکیبات از طریق تأمین و در اختیارگذاری عناصر کم مصرف و پُرمصرف و بهبود وضعیت فتوسنتزی در گیاه سبب بهبود شرایط رشدی می‌گردد (Astaraei and Ivani, 2008). مواد هیومیکی دسترسی به عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و خصوصا عناصر غذایی با غلظت پایین در خاک را افزایش می‌دهند (Cooper *et al*., 1998; Stevenson, 1994; Vermeer, 1996). برخی تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبات هیومیکی دارای فعالیت شبه‌اکسینی می‌باشند (Marschner, 2002). استفاده از مواد هیومیکی رشد ریشه را در سیستم‌های بدون خاک تحریک کرده و باعث افزایش حجم ریشه می‌شود، که این ممکن است به دلیل جذب آسانتر و کارآیی بیشتر مواد غذایی باشد. این احتمال وجود دارد که افزایش جذب مواد غذایی به وسیله‌ی گیاهان به طور ویژه ای موجب افزایش رشد ریشه شده باشد. همچنین، گسترش ریشه می تواند در اثر فعالیت شبه‌هورمونی این ترکیبات باشد (David *et al*., 1994). به دلیل خاصیت هورمونی و افزایش دسترسی ریشه به نیترات و افزایش جذب عناصر غذایی ناشی از مصرف اسید هیومیک رشد ریشه در گیاه بهبود می‌یابد (AbaszadehFaruji *et al*., 2018; Reynolds *et al*., 1995; Roohani *et al*., 2014). فولویک‌اسید با قابلیت حل در آب به میزان بالا و در تمامی pHها می‌باشد. فولویک اسید پلی- الکترولیت بوده و تنها کلوئیدی است که به راحتی از طریق غشا منتشر شده و به راحتی توسط ریشه و برگ جذب می‌گردد (Yamauchi *et al*., 1984). در نتیجه این ترکیب به طور مستقیم بر جذب عناصرغذایی و بهره‌وری آن از خاک موثر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش مشخص گردید که کاربرد مواد هیومیکی (اسید هیومیک و اسید فولویک) بر صفات رشدی مورد مطالعه در گیاه تاثیر مثبت داشته و سبب بهبود رشد در گیاه شده است. در اغلب صفات اندازه‌گیری شده در گیاه از قبیل: ارتفاع، وزن تر و خشک برگ، ساقه، اندام هوایی و ریشه، تعداد گره و برگ و حجم اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول و حجم ریشه و نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه مصرف توام اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت کودآبیاری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کودهای هیومیکی) افزایش یافت. مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک به تنهایی نیز طول، عرض و سطح برگ و طول میانگره در گیاه را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشید. ترکیبات هیومیکی نقش مهمی در حاصلخیزی خاک، فیزیولوژی گیاه و کنترل آلودگی خاک بازی می‌کنند. این ترکیبات به تولید و کشاورزی سالم و ایمن کمک کرده و منجر به تحقق کشاورزی پایدار می‌شوند. علاوه بر این، این ترکیبات شرایط زیست‌محیطی را بهبود بخشیده و برخی مسایل آلودگی زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی را از بین می‌برند. این ترکیبات سبب بهبود ساختار و شیمی خاک، بهبود بیولوژی خاک، افزایش بهره‌وری عناصر مغذی موجود در خاک، افزایش بهره‌وری مصرف آب، افزایش عملکرد و کیفیت گیاه می‌شوند.

جدول ٤- اثر متقابل اسید هیومیک × اسید فولویک بر برخی از صفات مورفولوژیک گیاه سینداپسوس

Table 4-The interaction effect of humic acid ×folvic acid on some morphological traits of *Scindapsus* spp. plant

اسید هیومیک Humic acid ($g.l^{-1}$)	اسید فولویک Fulvic acid ($g.l^{-1}$)	نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه Shoot/Root dry weight	نسبت وزن تر اندام هوایی به تر ریشه Shoot/Root fersh weight	حجم ریشه Root volum (cm^3)	طول ریشه Root length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
0	0	5.17 a	2.09 a	35.66 g	33.70 fg	40.95 g	2.72 f
	0.2	2.82 cdef	1.46 def	76.66 ab	39.43 def	96.13 bc	7.09 bcd
	0.5	3.35 bcd	1.67 bcd	51.66 def	35.50 fg	61.40 f	4.27 ef
	1	4.39 ab	1.78 abcd	49.33 f	31.90 g	60.59 f	3.43 f
0.2	0	3.31 bcde	1.66 bcd	50.33 ef	38.73 def	77.23 cdef	5.50 def
	0.2	3.28 cde	1.57 cdef	52.66 def	48.76 ab	88.32 cd	6.28 cde
	0.5	1.97 f	1.21 f	74.33 bc	44.00 bcd	109.12 ab	9.21 ab
	1	3.32 bcde	1.85 abc	50.33 ef	52.60 a	64.28 ef	4.51 def
0.5	0	3.31 bcde	1.46 def	57.00 def	35.53 fg	81.16 cde	5.47 def
	0.2	3.30 bcde	1.82 abcd	62.33 cde	44.13 bcd	82.10 cde	5.45 def
	0.5	2.22 ef	2.00 ab	79.33 ab	42.50 cde	78.45 def	8.46 abc
	1	3.48 bc	1.70 bcd	63.66 cd	48.30 abc	78.04 cdef	6.54 bcde
1	0	3.25 cde	1.60 cde	73.66 bc	37.73 efg	86.37 cd	6.66 bcde
	0.2	2.31 def	1.44 def	62.00 cde	42.90 bcde	83.83 cd	7.02 bcde
	0.5	2.65 cdef	1.23 ef	89.00 a	42.53 cde	116.24 a	8.62 abc
	1	1.97 f	1.26 ef	87.33 a	43.00 bcde	108.32 ab	11.06 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD نمی باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5%.

منابع

1. AbaszadehFaruji, R., Shoor, M., Tehranifar, A., Abedi, B., & Safari, N. (2018). Effects of humic acid and fulvic acid on some morphological characteristics of geranium. *Journal of Horticultural Science 32*(1): 35-50. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V31I3.57849.
2. Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P., & Zocchi, G. (1998). The effect of humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal Plant Nutrition* 21: 561-575. https://doi.org/10.1080/01904169809365424.
3. Adediran, J.A., Taiwa, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., & Idown, O.J. (2004). Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and coupea yield in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1163-1181. https://doi.org/10.1081/PLN-120038542.
4. Aiken, G.R., Mcknight, D.M., Wershaw, R.L., & Mccarthy, P. (1985). *Humic substances in soil, sediment and water*. Wiley-Interscience. New York. U.S.A. https://doi.org/10.1002/gj.3350210213.
5. Albayrak, S., & Camas, N. (2005). Effect of different levels and application times of humic acid on root and leafyield and yield component of Forage turnip (*Brassica rapa* L.). *Journal of Agronomy* 42: 130-133. https://doi.org/10.3923/ja.2005.130.133.
6. Arteca, R.N. (1996). *Plant growth substances: Principles and applications*. Chapman and Hall. New York. pp. 250- 283.
7. Astaraei, A.R., & Ivani, R. (2008). Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition if cowpea plant. Am.-Euras. *Journal. Agriculture Environment Science 3*(3): 352-356.
8. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., & Metzger, J.D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology 84*(1): 7-14. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2.
9. Azarpou, A. (2012). Evaluation and determination of the best time of priming and priming solution levels for germination indexes of fenugreek (*Trigonella foenumgracum* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science 7*(3): 141-146.
10. Azizi, M., & Safa, Z. (2016). Effect of humic acid and nanocardopharmes spraying on morphological traits, yield and essential oil of *Nigella sativa* L. *Journal of Horticulture Science 30*(3): 671-680. https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.41136.
11. Bahalu, Z., Rizi, S., Rabi, Gh., & Saedi, K. (2018). Effect of vermicompost and humic acid on qualitative and quantitative traits of *Eustoma grandiflorum* after transfer of transmission. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture -Isfahan University of Technology 8*(4): 17-24.
12. Balakumbahan, R., & Rajamani, K. (2010). Effectof bio stimulants on growth and yield of Senna *(Cassia angustifolia* L.). *Journal of Horticultural Sciences 2*(1): 16-18.
13. Barghmadi, K., & Najafi, Sh. (2015). Effect of different levels of nitroxin and humic acid on some quantitative characteristics and essential oil of *Carum copticum* (L.). C .B . Clarke. *Journal of Horticultural Science 29*(3): 332-341. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.22523.
14. Befrozfar, M.R., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Sadeghi-Shoae, M., & Tookalloo, M.R. (2013). Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Annals of Biological Research 4*(2): 8-12. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1897.4882.
15. Bellapart, C. (1996). *New biological agriculture in equilibrium with chemical agriculture*. Barcelona, Spain: Editions Mundi–Press.
16. Bollo, E. (1999). *Earthworm culture, a recycling alternative*. Barcelona, Spain: Editions Mundi–Press.
17. Bronick, E.J., & Lai, R. (2005). Soil structure and management: A review. *Geoderma* 124: 3-22. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005.
18. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 3-41. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8.
19. Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., & Knee, M. (2003). Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* L. at the expense of plant growth. *Pedobiologia* 47: 85-89. https://doi.org/10.1078/0031-4056-00172.
20. Chen, Y., Clapp, C.E., & Magen, H. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrition* 50: 1089-109. https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579.
21. Chen, Y., & Aviad, T. (1990). *Effects of humic substances on plant growth*. PP. 161-186. *In:* MacCarthy et al. (Eds.), Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings. SSSA and ASA. Madison. WI. USA. https://doi.org/10.2136/1990.humicsubstances.c7.
22. Clapp, CE., Hayes, MHB., & Swift, RS. (1993). I*solation, fractionation, functionalities, and concepts of structure of soil organic macromolecules*, in A J. Beck, K.C. Jones, M.B.H. Hayes, and U. Mingelgrin (eds.), Organic substances in soil and water. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
23. Cooper, R., Chunhua liu, J., & Fisher, D.S. (1998). Influence of humic substances on rooting and nutrient content

of creeping bentgrass. *Crop Science 38*(6): 1639. https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800060037x.
24. Dastyaran, M., & Farahi, M.H. (2014). The effect of humic acid and putrescine on vegetative properties and flower life of roses in soil culture system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. Soilless Culture Research Center 5*(20): 243-252.
25. David, P.P., Nelson, P.V., & Sanders, C.D. (1994). A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition* 17: 173-184. https://doi.org/10.1080/01904169409364717.
26. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids ongrowth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 183-191. https://doi.org/10.1051/agro:2005017.
27. Dursun, A., Guvenc, I., & Turan, M. (2002). Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agrobotanica* 56: 81-88. https://doi.org/10.5586/aa.2002.046.
28. El-Ghamry, A., Kamar, M., El- Hai, A., & Khalid, G. (2009). Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of Broad bean (*Faba vulgaris* L.) cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3*(2): 731-739.
29. El-Kenawy, M.A. (2017). Effect of chitosan, salicylic acid and fulvic acid on vegetative growth, yield and fruit quality of Thompson seedless grapevines. *Egyption Journal Horticulture 44*(1): 45-59. https://doi.org/10.21608/EJOH.2017.1104.1007.
30. Esringu, A., Sezen, I., Aytatli, B., & Ercisli, S. (2015). Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. *Akademik Ziraat 4*(1): 37-42.
31. Fazel Tehrani, H., Ilkai, M.N., & Mostafavi, Kh. (2017). Study of the effect of humic acid and tea compost on leaf basil characteristics. *Journal of Agronomy and Plant Breeding 13*(4): 65-73.
32. Ghasemi Ghahsareh, M., & Kafi, M. (2010). *Scientific and Practical Floriculture*. V.1. 310 p
33. Ghorbani, S., Khazayi, H.M, Kafi, M., & Banayanaval, M. (2010). Effect of humic acid in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Ecology 2*(1):131-123. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v2i1.7608.
34. Golchin, A., Besharati, H., & Shafiyi, S. (2010). *Factors affecting the dynamics of organic materials and its effect on soil properties*. The first congress of fertilizer challenges in Iran.
35. Guerrero, A. (1996). *Soil fertilizers and crop fertilization*. Bilbao, Spain: Editions Mundi–Press.
36. Harper, S.M., Kerven, G.L., Edwards, D.G., & Ostatek Boczyski, Z. (2000). Characterizyion on fulvic and humic acid from leavesof eucalyptus comaldulensis and from decomposed hey. *Soil Biochemistry* 32: 1331-1336. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00021-3.
37. Honorato, R. (1993). *Edaphology manual.* Santiago, Chile: Editorial Universitaria S.A.
38. Jack, AH., & Evans, MR. (2000). Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Horticultural Science 35*(7): 1231-1233. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.7.1231.
39. Kamali, M., Shoor, M., & Salahvarzi, Y. (2012). *Studying the effect of salt stress on physio-morphological characteristics of C_4 plants of tuberculate (Gomphrena globosa L.) and Amaranthus tricolor (Amaranthus tricolor. L.) under different levels of carbon dioxide*. Ferdowsi University of Mashhad. M.Sc Thesis.
40. Kamari Shahmaleki, S., Peyvast, Gh., & Ghasemnazhad, M. (2012). Effect of humic acid on growth and yield of tomato cv. Isabela. *Horticultural Sciences (Agriculture Science and Technology) 26*(4): 358-363. https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.18148.
41. Khazaie, H.R., EyshiRezaie, E., & Bannayan, M. (2011). Application times and concentration of humic acid impact on above ground biomass and oil production of hyssop *(Hyssopus officinalis). Medicinal Plants Research 5*(20): 5148-5154.
42. Khoram Del, S., Koochaki, A., Nassiri Mahalati, M., & Ghorbani, R. (2007). Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Iranian Field Crop Research 2*(6): 285-294. https://doi.org/10.22067/GSC.V6I2.2435.
43. Khoramdel, S., Kuchaki, A., Nasiri Mahalati, M., & Ghorbani, R. (2008). Effect of biofertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agriculture Research* 6: 294-285. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v6i2.2435.
44. Kochaki, A. (1996). *From the Green Revolution to the Cost of the Revolution*. Conflict or Understanding. The 4th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. In Persian.
45. Koram Ghe-Farokhi, A., Rahimi, A., Torabi, B., & Madah Hoseini, Sh. (2015). The effect of application of humic acid, spraying leaves of compost tea and vermicelli on the adsorption of chlorophyll elements and content of *Cartamus tinctorius* L. *Journal of Oil Plants Production 2*(1): 71-84.
46. Malan, CH. No year. Review: *Humic and Fulvic Acids*. A Practical Approach.
47. Marschner, H. (2002). Mineral nutrition of higher plants under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B— Soil & Plant Science* 54: 168-174.
48. Michael Karr, M. (2001). Oxidized lignites and extracts from oxidized lignites in agriculture. Available online at:

http://humates.com/Humates.Agriculture.Karr.pdf.
49. Moradi, M., Pasari, B., & Fayyaz, F. (2017). The effects of fulvic acid application on seed and oil yield of safflower cultivars. *Journal of Central European Agriculture 18*(3): 584-597. https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.3.1933.
50. Nadi, S., Pizzegheloo Musolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effect of humic substances on higher plants. *Soil Biology Biochemical* 34: 1527-1536. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8.
51. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527–1536. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8.
52. Nikbakht, A., Etemadi, N., & Yazdani, B. (2010). Application of humic and flvic acids in nutrient solution affects postharvest characteristics of *Gerbera jamesonnii* L. *Acta Horticulturae 934*(934): 495-499. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.65.
53. Piraste Anoshe, H., Emam, Y., & Jamali Ramin, F. (2010). Comparison of the effect of bio-fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield of sunflower oil in different levels of drought stress. *Agroecology Journal 2*(3): 492-501. https://doi.org/10.22067/JAG.V2I3.7663.
54. Reynolds, A.G., Wardle, D.A., Drought, B., & Cantwell, R. (1995). Gro-mate soil amendment improves growth of greenhouse-grown 'Chardonnay' grapevines. *Horticulture Science* 30: 539-554.
55. Roohani, N.S., Nemati, S.H., Moghadam, M., & Ardakanian, V. (2014). *The role of humic acid on morphological, physiological and biochemical characteristics of three varieties of radish (Raphanus sativus L.) under salt stress*. Ferdowsi University of Mashhad. M.Sc Thesis.
56. Rubio, V., Bustos, R., Irigoyen, M.L., Cardona-Lopez, X., Rojas-Triana, M., & Paz-Ares, J. (2009). Plant hormones and nutrient signaling. *Plant Molecular Biolojy 69*(4): 361–73. https://doi.org/10.1007/s11103-008-9380-y.
57. Sabzevari, S., Khazai, H.R., & Kafi, M. (2009). The effect of humic acid on root and shoot growth of Sayonez and Sabalan cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology) 23*(2): 87-94. https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.1731.
58. Saleh Rastin, N. (1999). Biological fertilizers. *Journal of Soil and Water Special Publication Research Institute. Agricultural Extension and Education 12*(3): 17-26.
59. Samavat, S., & Malakoti, M. (2006). *Necessitates the use of organic acids (humic and Fulvic) to increase the quantity and quality of agricultural products*. Technical Bulletin No. 463. Senate Publications. Tehran. Iran. (In Persian with English abstract)
60. Samavat, S., & Malakouti, M.J. (2005). *Necessity of production and utilization of organic acids to increase quality and quantity of agricultural products*. Sana Publisher, Tehran. (In Persian with English abstract)
61. Shahbazi, M., Chamani, A., Shahbazi, M., Mostafavi, M., & Poorbirami, H.I.Y. (2012). Investigating the effect of different substrates of vermicompost, peat, and coconut cultivation on the carnation growth and flowering characteristics. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 22*(3): 127-136.
62. Sharif, M., Khattak, R.A., & Sarir, M.S. (2002). Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33: 3567-3580. https://doi.org/10.1081/CSS-120015906.
63. Sidari, M., Ronzello, G., Vecchio, G., & Muscolo, A. (2008). Influence of slope aspects on soil chemical and biochemical properties in a *Pinus laricio* forest ecosystem of Aspromonte (Southern Italy). *European Journal of Soil Biology 44*(4): 364-372. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.05.001.
64. Soleimani Aghdam, M., Hassanpour-Aghdam, M., Paliyat, G., & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Science Horticulture* 144: 102-115. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.007.
65. Stevenson, F.J. (1994). *Organic forms of soil nitrogen*. In: wiley john, editor. Humic chemistry: genesis, composition, reaction. New york: 59–95.
66. Taghizadeh, M., Ahsani Iravani, V., & Asadi, L. (2013). *Investigating the effects of vermicompost application on improving quality and quantity of horticultural products*. 1st Symposium on New Discussion in Horticultural Science. Scientific Association of Horticultural Engineering. Jahrom University.
67. Tattini, M., Bertoni, P., Landi, A., & Traversi, M.L. (1991). Effect of humic acids on growth and biomass partitioning of container-grown olive plants. *Acta Horticulture* 294: 75-80. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.294.7.
68. Terzi, A., Coban, S., Yildiz, F., Ates, M., Bitiren, M., Taskin, A., & Aksoy, N. (2010). Protective effects of black cumin (*Nigella sativa* L.) on intestinal ischemia-reperfusion injury in rats. *Journal of Investigative Surgery 23*(1): 21. https://doi.org/10.3109/08941930903469375.
69. Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M., & Erdinc, C. (2004). Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B—Soil and Plant Science* 54: 168-174. https://doi.org/10.1080/09064710310022014.
70. Valdrighi, M.M., Pear, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., & Vallini, G. (1996). Effects of compost-

derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: A comparative study. *Agriculture Ecosystem Environmental* 58: 133-144. https://doi.org/10.1016/0167-8809(96)01031-6.

71. Vermeer, A.W.P. (1996). *Interactions between humic acid and hematite and their effects on metal ion speciation*. The Netherlands: Wageningen University. (phd thesis).
72. Veronica, M., Eva, B., Angel-Maria, Z., Elena, A., Maria, G., Marta, F., & Jose´-Maria, GM. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology* 167: 633-642. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.11.018.
73. Wolf, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T.C., & Alvino, A. (1988). Interactive water and nitrogen effects onsenescence of maize. I. Leaf area duration nitrogen distribution and yield. *Agronomy Journal* 80: 859-864. https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000060004x.
74. Yamauchi, M., Katayama, S., Todoroki, T., & Watanable, T. (1984). "Total synthesis of fulvic acid". *Journal of the Chemical Society. Chemical Communications* 23: 1565-6. https://doi.org/10.1039/C39840001565.
75. Youssef, A.A., Mahgoub, M.H., & Talaat, I.M. (2004). Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. *Egyptian Journal of Applied Science. 19*(9B): 492-510.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 29-46

Effect of Glucose, Fructose, and Sucrose on Vase Life, Antioxidants Enzymes, and Some Physiologic Parameters of Carnation cv. 'Yellow Candy' Cut Flower

A. Sharafshah Rostami[1], B. Kaviani[2*]

Received: 18-02-2021
Revised: 26-05-2021
Accepted: 09-06-2021
Available Online: 09-06-2021

How to cite this article:
Sharafshah Rostami, A., & Kaviani, B. (2023). Effect of glucose, fructose, and sucrose on vase life, antioxidants enzymes, and some physiologic parameters of carnation cv. 'Yellow Candy' cut flower. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 29-46. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.68976.1023

Introduction

Carnation (*Dianthus caryphyllus* L.), from Caryophyllaceae family, is one of the most important cut flowers in the world that its short vase life reduces the economic value. Postharvest longevity of cut flowers can be prolonged using carbohydrates (sugars) in a vase jar. Cut flowers undergo some physiological and biochemical changes that often lead to an early senescence. To delay the aging process in cut flowers, it is necessary to evaluate many aspects of preparation for storage conditions, especially preservative solutions that affect the quality and longevity of these flowers. Many flowers are harvested before they are fully developed, to ensure a long postharvest life and to minimize mechanical damages that might occur during handling. The growth and development of flower buds on cut flowers require food (especially carbohydrates), which is stored in the leaves and stems. These stored carbohydrates can be mobilized for the flower bud to use but maybe they are insufficient when the buds are harvested at a tight-bud stage. To maintain metabolic activities, including respiration, even for cut flowers that have reached full development, it is necessary to provide adequate reserves to achieve acceptable postharvest life. When stored materials are low, leaves and flowers age faster and the petals fade. Under these conditions, supplements can be provided to the flowers by adding sugars such as glucose, fructose and sucrose to the vase solutions. However, it is important to note that a sugar solution is also suitable for the growth of microorganisms, so that an antimicrobial agent should be added to the vase solution as well. Many researches were carried out on prolonging the vase life of cut carnation flowers with different preservative solutions together with an antimicrobial agent. Studies on postharvest longevity of cut carnation flowers using sugars as preservative solutions is low. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the effect of sugars (glucose, fructose and sucrose) and application time on vase life and some physiological parameters of carnation cv. 'Yellow Candy' cut flowers.

Materials and Methods

A factorial experiment based on completely randomized design in three replicates was performed in order to investigate the effect of different levels (0, 50 and 100 g/L) of three types of sugars (glucose, fructose, and sucrose) and two sugar application times (the first and second 24 h, on 2019) on vase life of carnation cv. 'Yellow Candy' cut flowers. Some other traits such as water uptake, dry mater, relative fresh weight, protein and carotenoid of petal, leaf chlorophyll, POD and SOD enzymes activity and MDA were also measured. The statistical analysis of data was performed using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) v 16.0. Least significant difference (LSD) test at $P < 0.05$ was used to find out the significance of differences among the mean values.

1 and 2- M.Sc. and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.68976.1023

Results and Discussion

Results showed that the effect of different levels of sugars on all evaluated traits was significant. Each three levels of sugars at each two applied times caused to increase vase life and relative traits. Maximum vase life (18 days) was obtained in 50 g/L glucose at the first 24 h with no statistically significant differences with the 100 g/L sucrose and fructose at the first 24 h. The highest water uptakes and dry matter, the lowest POD and SOD activity and minimum MDA were obtained in treatment of 50 g/L glucose at the first 24 h. The study found that the highest levels of petal protein content, chlorophyll a, b, and total chlorophyll were achieved in carnation "Yellow Candy" cut flowers treated with 50 g/L glucose after 24 hours of harvesting. The application of sugars at the first 24 hours after harvesting had a greater impact on improving the vase life of the flowers compared to the second 24 hours. Therefore, the use of glucose as an external holding solution, preferably within the early hours of harvesting, is recommended to prolong the postharvest life of carnation "Yellow Candy" cut flowers. The study also revealed that the use of external holding solutions, particularly sugars combined with antimicrobial agents, can have a positive effect on prolonging the vase life of cut flowers. The concentration of sugar required in the holding solution varies depending on the type of flower being treated, with most flowers requiring a concentration of 2% sugar. However, some flowers may require higher concentrations, up to 4-6%, while others may be damaged if treated with concentrations higher than 1%. The application of sucrose has been shown to increase glucose and fructose levels in petals, further supporting the use of external holding solutions containing sugars for extending the vase life of cut flowers. Therefore, it is important to examine each flower before treating it to determine the optimal concentration of sugars. Sugars are a source of energy and carbon for cut flowers and play an important role in decreasing the protein degradation and ethylene production, maintenance of osmotic balance, increasing water uptake, and finally delaying in senescence process

Keywords: Postharvest life, Sugars, Vase solution, Water relations

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص.۴۶-۲۹

اثر گلوکز، فروکتوز و ساکارز بر عمر گلجای، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی'

آمنه شرفشاه رستمی[۱]- بهزاد کاویانی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹

چکیده

میخک یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده جهان است که ماندگاری کوتاه آن موجب کاهش بازارپسندی این گیاه شده است. استفاده از قندها در محلول گلجای، عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده را افزایش می‌دهد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر) سه نوع قند (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) و دو زمان کاربرد قند (۲۴ ساعت اول و ۲۴ ساعت دوم پس از برداشت، سال ۱۳۹۸) بر عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی'، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف قندها روی همه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. هر سه سطح قندها در هر دو زمان کاربرد، باعث افزایش عمر گلجای و بهبود صفات وابسته به آن شدند. بیشترین عمر گلجای (۱۸ روز) در گل‌های شاخه‌بریده تیمارشده با ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول به دست آمد که با تیمارهای ۱۰۰ گرم بر لیتر گلوکز، فروکتوز و ساکارز در ۲۴ ساعت اول تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین جذب آب، بیشترین ماده خشک، کمترین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و کمترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید در تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول حاصل شد. بیشترین مقدار پروتئین گلبرگ، کلروفیل a، b و کلروفیل کل با کاربرد ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت دوم به دست آمد. کاربرد قندها در ۲۴ ساعت اول در بهبود عمر گلجای مؤثرتر از کاربرد این ترکیبات در ۲۴ ساعت دوم بود. بنابراین، کاربرد گلوکز ترجیحاً در ساعات اولیه برداشت به‌عنوان ترکیب افزایش‌دهنده ماندگاری پس از برداشت گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: روابط آبی، عمر پس از برداشت، قندها، محلول گلجای

مقدمه

میخک (*Dianthus caryphyllus* L.) از خانواده Caryophyllaceae، جزء ۱۰ گل شاخه‌بریده برتر جهان است که با رنگ‌ها و شکل‌های متنوع گل، سهم بسزایی در تولید و تجارت گل‌های شاخه‌بریده دارد (Naing *et al.*, 2017). جنس *Dianthus* بیش از ۳۰۰ گونه دارد که همگی جزء گیاهان چند ساله علفی هستند و به عنوان گیاه باغچه‌ای، گلدانی و شاخه‌بریده پرورش داده می‌شوند. میخک از گیاهان حساس به اتیلن است که پژمردگی زودرس گلبرگ‌های آن از معضلات عرضه این گیاه به بازار می‌باشد (Naing *et al.*, 2017).

برای افزایش عمر پس از برداشت گل شاخه‌بریده میخک، پژوهش‌های زیادی انجام شده است و محلول‌های نگهدارنده مختلفی معرفی شده‌اند که در اکثر این محلول‌ها، قندها جزء اصلی هستند و همراه با مواد ضد عفونی کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Sindhu and Jose, 2004; Pun *et al.*, and Pathania, 2003 ;

۱ و ۲- به‌ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: kaviani@iaurasht.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2021.68976.1023

2005; Tanazad *et al.*, 2016). کاربرد مواد ضد عفونی کننده به همراه مواد قندی در محلول نگهدارنده گل‌های شاخه‌بریده جهت جلوگیری از رشد میکروب‌ها و انسداد ساقه ضروری می‌باشد (Knee, 2000; Nair *et al.*, 2003; Lukaszewska, 1995; Gupta and Dubey, 2018). تنش آبی یا کاهش هدایت آبی در ساقه که عموماً در اثر انسداد آوندها طی حباب‌دار شدن یا افزایش و تجمع میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات شیمیایی توسط آنها ایجاد می‌شود، عامل اصلی پایان عمر گل‌های شاخه‌بریده است (Reid, 2009). استفاده از منبع قند خارجی در محلول نگهدارنده گل‌های شاخه‌بریده، به‌عنوان منبع تغذیه، موجب حفظ و جایگزینی کربوهیدرات‌های مورد استفاده در فرآیند رشد و تنفس می‌شود و با به تأخیر انداختن تجزیه پروتئین‌ها و RNA، تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با پیری، حفظ سلامت غشای پلاسمایی و میتوکندری، ایجاد توازن و تعادل آبی، سنتز دیواره سلولی، تأثیر بر میزان باز و بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان تعرق، موجب افزایش ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده می‌شود (Geng *et al.*, Van Meetern *et al.*, 2000; 2009). قندها علاوه بر منبع تغذیه، نقش بسزایی در کاهش از دست دادن آب، تعادل اسمزی (Geng *et al.*, 2009)، شکوفایی بهتر گل‌ها، افزایش اندازه و بهبود رنگ گل (Van der Meulen-Muisers *et al.*, 1995) و کاهش تولید اتیلن (Gibson *et al.*, Seven and Jose, 2004; Geng *et al.*, 20092002) در گل‌های شاخه‌بریده دارند. ساکارز، فروکتوز و گلوکز از قندهای ساده‌ای هستند که می‌توان از آن‌ها در فرمولاسیون محلول‌های نگهدارنده‌ی گل‌های شاخه‌بریده استفاده کرد. از بین این قندها، ساکارز معمول‌ترین نوع قند است که در ترکیب محلول‌های گلجای استفاده می‌شود و اثر مثبت آن به‌عنوان منبع تأمین‌کننده کربوهیدرات مورد نیاز گل‌های شاخه‌بریده، کاهش تجزیه پروتئین‌ها، حفظ تعادل اسمزی، افزایش جذب آب، حفظ وظایف میتوکندری، کاهش تولید اتیلن و به طور کلی تأخیر در فرآیند پیری گزارش شده است (Park *et al.*, 2017). همچنین گزارش شده است که تیمار گل‌های شاخه‌بریده با محلول‌های نگهدارنده حاوی ساکارز موجب افزایش غلظت گلوکز و فروکتوز در گلبرگ‌ها شده است (Reid, 2009).

پیری در گل‌های فرازگرا مانند میخک معمولاً با افزایش ناگهانی و موقتی تنفس و تولید اتیلن همراه است. اتیلن درون‌زا و برون‌زا در گل‌های شاخه‌بریده موجب باز شدن گل‌ها، ریزش اندام‌های گل، خشک شدن کاسبرگ‌ها و بدشکلی گلبرگ‌ها می‌شود که این امر تجارت این محصولات را محدود می‌نماید (Gupta and Dubey, 2018). استفاده از محلول‌های قندی در محلول گلجای سبب کاهش تولید اتیلن و افزایش خصوصیات کیفی و ماندگاری پس از برداشت در گل شاخه‌بریده میخک شدند (Verlinden and Garcia, 2004; Seven and Jose, 2004; Pun *et al.*, 2005; Zadeh Bagheri *et al.*, 2011; Tanazad *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2017). کاربرد ساکارز، با کاهش فعالیت ACC اکسیداز، پیری پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده میخک را به تاخیر می‌اندازد (Mayak and Dilley, 1976). اثر مثبت ساکارز در افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده دیگر از جمله رز (Mortazavi *et* Kuiper *et al.*, 1995; 2007)، مریم (Gowda, 1990)، گل میمون (Ichimura and Hisamatsu, 1999)، گل مومی (Dung *et al.*, 2017)، اطلسی (O'Donoghue *et al.*, 2008)، لیسیانتوس (Geng *et al.*, 2009)، صد تومانی (Chuang and Chang, 2013Zhang *et al.*, 2012;)، آلسترومریا (Mohammadi and Hashemabadi, 2016) و گلایول (Geng *et al.*, 2009Arora and Singh, 2006;) نشان داده شد.

پژوهش‌های اندکی در خصوص تأثیر فروکتوز و گلوکز بر عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده انجام شده است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف سه نوع قند ساکارز، گلوکز و فروکتوز در دو زمان کاربرد به صورت کوتاه‌مدت بر ماندگاری پس از برداشت و صفات وابسته به آن در گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط محیطی محل آزمایش

در این آزمایش از گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' (*Dianthus caryphyllus* L. cv. 'Yellow Candy') استفاده شد (شکل ۱A). این گل‌ها از یک تولیدکننده تجاری خریداری و داخل بسته‌بندی تجاری استاندارد در کوتاه‌ترین زمان ممکن به محل آزمایش منتقل شدند. پس از انتقال، گل‌های شاخه‌بریده از بسته‌بندی خارج و از لحاظ اندازه و سلامت یکسان‌سازی شدند. گل‌ها پس از یکسان‌سازی و توزین، جهت جلوگیری از انسداد آوندی، زیر آب باز برش شدند و بلافاصله داخل گلجاهای حاوی مواد آزمایشی که از قبل آماده شده بودند، قرار گرفتند و تا انتهای عمر گلجای در آنها نگهداری شدن (شکل ۱B). این آزمایش در آزمایشگاه پس از برداشت (شکل ۱C) دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت با میانگین دمای ۳ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۵-۷۰ درصد و فتوپریود ۱۲ ساعت روشنایی با شدت نور ۱۵ میکرومول بر متر مربع در ثانیه انجام شد.

تیمارها و طرح آزمایشی

در این پژوهش، تأثیر غلظت‌های مختلف قندهای مختلف شامل ساکارز (۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر)، فروکتوز (۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر) و گلوکز (۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر) همراه با شاهد و ۲ زمان کاربرد تیمارهای قندی به صورت پالس (۲۴ ساعت اول و ۲۴ ساعت دوم

پس از برداشت) بر عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده میخک به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، ۴۲ پلات و در هر پلات ۴ شاخه گل، مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد نظر قبل از ورود گل‌ها به محل آزمایش، تهیه و به مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر در گلجاهای پلاستیکی ریخته شدند. در تهیه تیمارهای قندی جهت جلوگیری از رشد میکروب‌ها از ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ۸-هیدروکسی کینولین سولفات نیز استفاده شد. گل‌ها بر اساس نقشه طرح به صورت کاملاً تصادفی روی میز چیده شدند. سپس در مدت زمان‌های مورد نظر داخل محلول‌های گلجای قرار گرفتند. پس از پایان تیمارهای پالس، این گل‌ها تا پایان آزمایش در گلجاهای پلاستیکی حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر نگهداری شدند.

ارزیابی صفات

عمر گلجای

عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک با شمارش روزها از زمان شروع آزمایش تا پیچیدگی گلبرگ‌ها به طرف داخل و پژمردگی ظاهری گل‌ها اندازه‌گیری شد (شکل ۱B) (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).



شکل ۱- گل‌های میخک رقم 'یلو کندی'. (A): گل شاخه‌بریده سالم، (B): گل شاخه‌بریده پژمرده، (C): اتاق پس از برداشت حاوی گل‌های شاخه‌بریده قرار داده شده در ظروف گلجای حاوی محلول ضدعفونی‌کننده و تیمارهای قندی

Figure 1- Carnation cv. 'Yellow Candy' flowers. (A): fresh cut flower, (B): wilting cut flower, (C): vase room with cut flowers put into the vase jars containing antiseptic solution and sugars treatments

جذب آب

جهت اندازه‌گیری مقدار تبخیر از سطح محلول نگهدارنده، از چند گلجای حاوی آب مقطر در محل آزمایش استفاده شد. جهت اندازه‌گیری جذب آب یا محلول گلجای، میزان تبخیر و کاهش مقدار آب درون گلجاها با استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به میانگین وزن تر شاخه‌های گل در روز اول آزمایش و به کمک فرمول زیر جذب آب گل‌های شاخه‌بریده محاسبه شد.

$$\text{جذب آب} = \frac{Vt0 - (Et + Vt1)}{F.W.} \times 100$$

که در آن؛ Vt0: حجم اولیه محلول گلجا (۵۰۰ میلی‌لیتر)، Et: میانگین تبخیر از سطح محلول، Vt1: حجم محلول باقیمانده در روز آخر و FW: وزن تر گل‌ها در روز اول هستند.

وزن تر نسبی

وزن تر گل‌های شاخه‌بریده در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ آزمایش توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۵ گرم اندازه‌گیری و وزن تر نسبی برای این روزها با کمک فرمول زیر به دست آمد (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

$$\text{وزن تر نسبی} = \frac{\text{وزن تر در روز اندازه گیری}}{\text{وزن تر روز صفر}} \times 100$$

ماده‌ی خشک

وزن خشک شاخه‌های گل بریده در پایان عمر گلجای با خشک-کردن گل‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۵ گرم به دست آمد. درصد ماده خشک با کمک فرمول زیر محاسبه شد (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

$$\text{درصد ماده خشک} = \frac{\text{وزن خشک}}{\text{وزن تر}} \times 100$$

کلروفیل a، b و کل

به منظور اندازه‌گیری مقدار کلروفیل برگ، با مشاهده پژمردگی اولین گل در اتاق گلجای، نمونه‌گیری از برگ‌های سالم هر تیمار به صورت تصادفی انجام شد. سپس ۰/۵ گرم از برگ‌های نمونه‌گیری شده با استفاده از استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شدند. مقدار جذب عصاره‌های صاف شده در طول موج‌های ۶۶۰ و ۶۴۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (JASCO Model V-530 Spectrophotometer) قرائت گردید. با کمک فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a، b و کل بر حسب میلی‌گرم در هر گرم وزن تر محاسبه شد (Mazumdar and Majumdar, 2003).

$$\text{کلروفیل } a = 9.93\ (A660) - 0.777\ (A642.5)$$
$$\text{کلروفیل } b = 17.60\ (A642.5) - 2.81\ (A660)$$
$$\text{کلروفیل کل} = 7.12\ (A660) - 16.80\ (A642.5)$$

که در آن؛ A: مقدار جذب در طول موج مورد نظر است.

کاروتنوئید گلبرگ

نمونه‌گیری از گلبرگ‌های گل‌های شاخه‌بریده جهت اندازه‌گیری کاروتنوئید گلبرگ در روز پنجم آزمایش انجام شد. به این منظور، ۰/۵ گرم از گلبرگ‌های جدا شده با استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شدند. از عصاره صاف شده جهت قرائت جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۴۴۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. در نهایت مقدار کاروتنوئید گلبرگ‌ها با کمک فرمول زیر محاسبه شد (Mazumdar and Majumdar, 2003).

$$\text{کاروتنوئید گلبرگ (میکروگرم در هر گرم وزن تر)} = 4.69 \times A440 - 0.269 \times (20.2)\ A645 + (8.02)\ A663$$

که در آن؛ A: مقدار جذب در طول موج مورد نظر است.

پروتئین گلبرگ

بدین‌منظور، نمونه‌گیری از گلبرگ‌ها با مشاهده پژمردگی اولین گل در اتاق گلجای انجام شد. برای عصاره‌گیری از ۰/۵ گرم بافت گلبرگ استفاده شد. نمونه‌های گلبرگ به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به مدت ۲۴ ساعت داخل مخلوط اسیدها (۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک + ۶ گرم اسید سالسیلیک + ۱۸ میلی‌لیتر آب اکسیژنه) نگهداری شدند. پس از آن عمل هضم نمونه‌ها تا زمان بی‌رنگ شدن نمونه‌ها انجام شد. نمونه‌های بی‌رنگ شده پس از صاف شدن با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. از این نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری ازت به کمک دستگاه کجلدال استفاده شد. پس از اتمام عمل کجلدال (تغییر رنگ نمونه‌ها از ارغوانی به زرد) تیتر نمونه‌ها با اسید سولفوریک نیم نرمال تا زمان ارغوانی شدن نمونه‌ها انجام شد. سپس از عدد حاصل جهت اندازه‌گیری ازت و سپس پروتئین به کمک فرمول‌های زیر استفاده گردید (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

$$\text{ازت (درصد)} = 0.56 \times t \times (a - b) \times \frac{V}{W} \times \frac{100}{D.M}$$

که در آن؛ t: غلظت اسید مصرفی جهت تیتراسیون بر حسب مول در لیتر، a: میزان اسید مصرفی جهت نمونه بر حسب میلی‌لیتر، b: میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب میلی‌لیتر، v: حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب میلی‌لیتر، w: وزن نمونه گیاهی جهت هضم بر حسب گرم و D.M: درصد ماده خشک گیاه هستند.

$$\text{پروتئین (درصد)} = \text{ازت} \times 6.25$$

مالون دی آلدئید (MDA)

برای اندازه‌گیری مالون دی آلدئید، ۰/۵ گرم بافت گلبرگ در روز پنجم آزمایش از شاخه گل جدا و به کمک نیتروژن مایع عصاره‌گیری شد. به عصاره حاصل، یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار اضافه شد و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی نمونه‌ها توسط سمپلر جدا و مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد عمل سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه) انجام شد. پس از آن به محلول رویی ۱۰۰۰ میکرولیتر تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰ درصد و ۰/۵ درصد تیوباربوتیریک اسید (TBA) اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه داخل حمام آب جوش (۹۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و سپس به یخ منتقل شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه)

شدند. مادهٔ قرمز رنگ رویی جدا شد و میزان جذب ماده قرمز رنگ مالون دی آلدئید – تیوباربیوتیک اسید (MDA-TBA) تولید شده به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید (Heath and Parker, 1968).

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

مقدار ۵ گرم بافت گلبرگ با نیتروژن مایع آسیاب و به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. سپس ۰/۵ گرم از نمونه منجمد شده با بافر فسفات پتاسیم و پلی وینیل پولی پیرولیدین در اسیدیته ۷ رقیق شد. پس از همسان کردن، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی به آرامی برداشته شد و تا زمان اندازه‌گیری فعالیت SOD در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های شاهد که فاقد آنزیم بودند نیز تهیه شدند. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها بر حسب واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Giannopolitis and Ries, 1997).

آنزیم پراکسیداز (POD)

نمونه‌گیری از گلبرگ‌های میخک در روز پنجم آزمایش و عصاره‌گیری از آن‌ها توسط بافر فسفات پتاسیم و پلی وینیل پولی پیرولیدین انجام شد. سپس به ۱۰۰ میکرولیتر از محلول حاصل، ۴۵۰ میکرولیتر محلول آب اکسیژنه و ۴۵۰ میکرولیتر محلول گایاکول اضافه گردید. جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز بر حسب نانومول در هر گرم وزن تر در دقیقه گزارش شد (In *et al*., 2007).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پایان آزمایش، داده‌های حاصل از بازدید روزانه گل‌ها و همچنین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی توسط نرم-افزار آماری SPSS آنالیز شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

عمر گلجای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف قند، زمان‌های مختلف کاربرد قندها و اثر متقابل سطوح مختلف قند و زمان کاربرد قند بر عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) آشکار کرد که کاربرد قندها در ۲۴ ساعت اول نسبت به ۲۴ ساعت دوم در بهبود ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده میخک مؤثرتر بود. بیشترین عمر گلجای (۱۸ روز) با کاربرد ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول به دست آمد که نسبت به شاهد در ۲۴ ساعت اول، ۳ روز عمر گلجای را افزایش داد. بین تیمارهای ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول و تیمارهای ۱۰۰ گرم بر لیتر فروکتوز و گلوکز (با عمر گلجای ۱۷/۳۳ روز) همچنین ۱۰۰ گرم بر لیتر ساکارز (با عمر گلجای ۱۷/۶۶ روز) در ۲۴ ساعت اول اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت. کاربرد قندها در ۲۴ ساعت دوم، اگرچه موجب افزایش عمر گلجای نسبت به شاهد (۱۴/۶۶ روز) شد اما در اکثر موارد اختلاف بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جذب آب

اثر سطوح مختلف قندها، زمان کاربرد قندها و اثر متقابل این دو عامل روی جذب آب گل‌های شاخه‌بریده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر متقابل سطوح مختلف قندها و زمان کاربرد قندها روی جذب آب نشان داد که مصرف قندها در ۲۴ ساعت اول به طور معنی‌داری توانایی جذب آب در گل‌های شاخه‌بریده را نسبت به مصرف قندها در ۲۴ ساعت دوم افزایش داد. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود کاربرد قندها در هر دو زمان نسبت به شاهد موجب افزایش جذب آب شد که این تفاوت‌ها در ۲۴ ساعت اول مشهود بود. در ۲۴ ساعت اول تیمار گل‌های شاخه‌بریده با محلول‌های قندی، شاهد با ۰/۳۴ میلی‌لیتر در هر گرم وزن تر کمترین مقدار جذب آب را داشت. تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول که بالاترین عمر گلجای را داشت دارای بیشترین جذب آب (۰/۵۶ میلی‌لیتر در هر گرم وزن تر) در بین تمامی تیمارها نیز بود (جدول ۲).

وزن تر نسبی

وزن تر گل‌های شاخه‌بریده میخک در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ آزمایش اندازه‌گیری شد (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف قندها و زمان کاربرد آنها در روزهای صفر، ۳، ۶ و ۱۲ در سطح احتمال یک درصد و در روز ۹ آزمایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). وزن تر گل‌ها تا روز سوم با کاربرد ترکیبات قندی حفظ شده است. جهش قابل توجهی در کاهش وزن تر از روز سوم اتفاق افتاده است. در هر دو زمان کاربرد قندها، شاهد کمترین وزن تر را داشت. بیشترین وزن تر نسبی در همه روزها متعلق به تیمار ۵۰ گرم در لیتر گلوکز در هر دو زمان کاربرد قندها بود (جدول ۲، شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر عمر گلجای و برخی شاخص‌های کمی و کیفی گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی'

Table 1- ANOVA for the effect of different treatments on the vase life and some quantitative and qualitative parameters of carnation cv. 'Yellow Candy' cut flowers

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عمر گلجای Vase life	جذب آب Water uptake	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 12)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 9)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 6)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 3)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 0)
تکرار Replicate	2	1.595^{*}	0.000695^{ns}	11.14^{ns}	4.071^{ns}	1.595^{ns}	1.595^{ns}	4.023^{ns}
زمان کاربرد قندها Sugars application time (T)	1	20.02^{**}	0.57634^{**}	106^{**}	20.02^{*}	74.6^{**}	46.09^{*}	7.714^{ns}
سطوح مختلف قندها Different levels of sugars (S)	6	3.428^{**}	0.00675^{**}	143.9^{**}	41.1^{**}	37.1^{**}	48.7^{**}	33.277^{**}
T × S	6	1.968^{**}	0.01517^{**}	74.38^{**}	17.4^{*}	17.6^{**}	36.9^{**}	18.769^{**}
خطا Error	26	0.338	0.000567	4.0659	5.9176	4.9029	6.1593	4.7418
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		3.665	9.834	4.121	4.475	4.040	2.347	1.986

^{ns}: عدم معنی‌داری و *، **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}: Non-significant; ** and *: significant at of 1% and 5% of the probability levels, respectively

ادامه جدول ۱ – تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر عمر گلجای و برخی شاخص‌های کمی و کیفی گل شاخه‌بریده میخک رقم 'لو کندی'

Continued Table 1- ANOVA for the effect of different treatments on the vase life and some quantitative and qualitative parameters of carnation cv. 'Yellow Candy' cut flowers

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سوپراکسید دیسموتاز SOD	پراکسیداز POD	مالون دی آلدئید MDA	پروتئین گلبرگ Petal protein	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid	کلروفیل کل Total chloroph yll	کلروفیل b Chlorop hyll b	کلروفیل a Chlorop hyll a	ماده خشک Dry matter
تکرار Replicate	2	2.571^{ns}	0.0004^{ns}	0.642^{ns}	0.00069^{ns}	0.642^{ns}	1.785^{ns}	0.2857^{ns}	0.642^{ns}	0.452^{ns}
زمان کاربرد قندها Sugars application time (T)	1	24.6**	0.0454*	1.2036^{ns}	0.0521**	7.158**	2.85^{ns}	0.972^{ns}	3.99*	0.3809^{ns}
سطوح مختلف قندها Different levels of sugars (S)	6	123.0**	0.057**	1.792**	0.0244**	1.818*	6.30**	0.823*	1.025^{ns}	3.379*
T × S	6	112.2**	0.072**	1.3603**	0.0061*	4.523**	4.73**	0.804*	3.55**	2.492*
خطا Error	26	2.57143	0.01080	0.33516	0.00265	0.6429	0.8626	0.2857	0.6429	0.7908
		19.513	76.061	18.096	14.896	23.317	17.031	28.705	23.641	7.771

^{ns}: عدم معنی‌داری و **، *: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}: Non-significant; ** and *: significant at the 1% and 5% of the probability levels, respectively.

جدول ۲- اثر متقابل سطوح مختلف قندها × زمان کاربرد قند بر عمر گلجای و برخی شاخص‌های کمی و کیفی گل شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی'

Table 2- The interaction effect of the different levels of sugars× sugars application time on the vase life and some quantitative and qualitative parameters of carnation cv. 'Yellow Candy' cut flowers

سطوح مختلف قندها Different levels of sugars (g l^{-1})	زمان کاربرد قند Sugars application time (h)	عمر گلجای Vase life (day)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 12)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 9)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 6)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 3)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (day 0)	ماده خشک Dry weight (%)	جذب آب Water uptake (mg g^{-1} F.W)
شاهد Control	۲۴ اول first 24	15.00b	36.3g	50.66ef	52.3de	101.0gh	108.6d-f	12.00b	0.34e
۵۰ فروکتوز 50 Fructose	۲۴ اول first 24	15.33bc	49.6de	52.66c-f	54.3b-e	104.6d-g	109.3b-e	12.33b	0.38cd
۱۰۰ فروکتوز 100 Fructose	۲۴ اول first 24	17.33a	52.0cd	54.00c-f	54.6b-e	107.0b-f	109.0c-f	13.66ab	0.39cd
۵۰ گلوکز 50 Glucose	۲۴ اول first 24	18.00a	58.0a	59.3a	61.0a	111.0ab	112.6ab	14.33a	0.56a
۱۰۰ گلوکز 100 Glucose	۲۴ اول first 24	17.33a	53.0cd	54.66b-e	53.3cde	107.6a-e	108.0ef	12.33b	0.45b
۵۰ ساکارز 50 Sucrose	۲۴ اول first 24	15.66bc	47.6e	55.33abc	56.3bc	106.3c-f	110.6a-e	12.66ab	0.38de
۱۰۰ ساکارز 100 Sucrose	۲۴ اول first 24	17.66a	57.0ab	58.66ab	61.0a	110.0abc	112.3abc	13.66ab	0.42bc
شاهد Control	۲۴ دوم second 24	14.66c	41.3f	50.00f	51.0e	99.3h	108.6d-f	12.00b	0.13h
۵۰ فروکتوز 50 Fructose	۲۴ دوم second 24	15.00bc	50.0de	55.00bcd	53.0cde	108.3a-d	112.0a-d	12.66ab	0.14h
۱۰۰ فروکتوز 100 Fructose	۲۴ دوم second 24	15.33bc	50.0de	51.66c-f	51.6de	103.3fgh	108.3ef	12.33b	0.16h
۵۰ گلوکز 50 Glucose	۲۴ دوم second 24	15.66b	54.0bc	59.3a	58.0ab	111.6a	113.6a	13.66ab	0.20g
۱۰۰ گلوکز 100 Glucose	۲۴ دوم second 24	15.33bc	48.3e	54.66b-e	53.6cde	105.0d-g	103.6g	13.00ab	0.16h
۵۰ ساکارز 50 Sucrose	۲۴ دوم second 24	15.00bc	44.0f	54.00c-f	52.0de	101.3gh	112.6ab	12.20b	0.26f
۱۰۰ ساکارز 100 Sucrose	۲۴ دوم second 24	15.00bc	43.6f	51.00def	55.0bcd	104.0efg	105.6fg	12.66ab	0.21g

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% of the probability levels by LSD test.

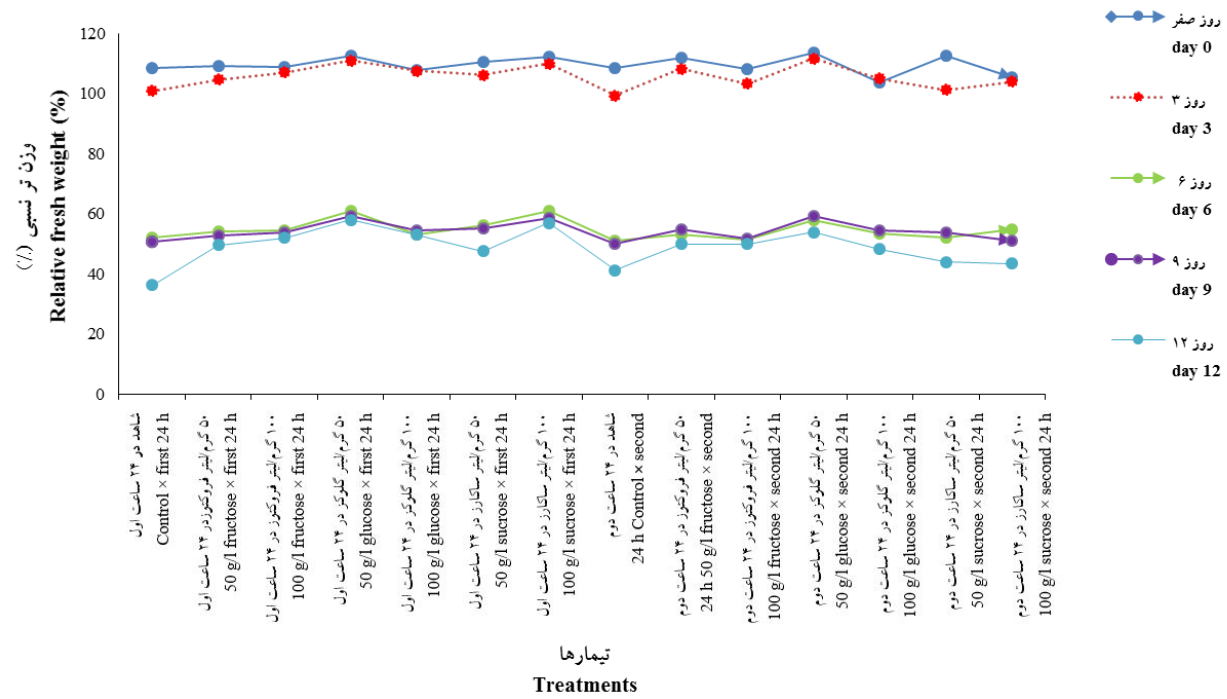
جدول ۲- ادامه

Table 2. Continued

سطوح مختلف قندها Different levels of sugars (g l^{-1})	زمان کاربرد قند Sugars application time (h)	سوپراکسید دیسموتاز SOD (IU g^{-1} F.W. min^{-1})	پراکسیداز POD (nmol g^{-1} F.W. min^{-1})	مالون دی آلدئید MDA (nmol g^{-1} F.W)	کلروفیل کل Totall chlrophyll (mg g^{-1} F.W)	کلروفیل b Chlrophyll b (mg g^{-1} F.W)	کلروفیل a Chlrophyll a (mg g^{-1} F.W)	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid (µg g^{-1} F.W)	پروتئین گلبرگ Petal protein (%)
شاهد Control	۲۴ اول first 24	15.24b	0.49a	4.39a	3.97de	1.53bc	2.40de	2.16fg	0.23f
۵۰ فروکتوز 50 Fructose	۲۴ اول first 24	1.90f	0.23bc	3.77abc	4.29de	1.84b	2.47de	2.51d-g	0.32de
۱۰۰ فروکتوز 100 Fructose	۲۴ اول first 24	10.16cd	0.08cd	2.89cde	5.14cd	1.97b	3.17cde	2.51d-g	0.32de
۵۰ گلوکز 50 Glucose	۲۴ اول first 24	1.27f	0.02d	1.75f	6.61abc	2.44a	4.16abc	4.42abc	0.35cd
۱۰۰ گلوکز 100 Glucose	۲۴ اول first 24	2.00f	0.13cd	2.63def	4.88d	1.56bc	3.32b-e	3.53c-e	0.26ef
۵۰ ساکارز 50 Sucrose	۲۴ اول first 24	12.70bc	0.07cd	3.30b-e	4.91d	1.91b	3.00cde	3.20c-g	0.34cde
۱۰۰ ساکارز 100 Sucrose	۲۴ اول first 24	8.89d	0. 08cd	2.48ef	5.55bc	2.33a	3.22cde	2.85d-g	0.35cd
شاهد Control	۲۴ دوم second 24	19.05a	0.37ab	4.23ab	3.30e	1.26cd	2.04e	1.96g	0.23f
۵۰ فروکتوز 50 Fructose	۲۴ دوم second 24	13.33b	0.20bc	3.72abc	4.81de	1.7bc	3.11cde	2.99d-g	0.32de
۱۰۰ فروکتوز 100 Fructose	۲۴ دوم second 24	15.24b	0.11cd	3.51a-d	4.62de	1.48c	3.14cde	5.54a	0.41bc
۵۰ گلوکز 50 Glucose	۲۴ دوم second 24	1.70f	0. 04cd	2.84cde	7.68a	2.48a	5.20a	5.08ab	0.50a
۱۰۰ گلوکز 100 Glucose	۲۴ دوم second 24	3.93ef	0. 06cd	3.30b-e	6.82ab	2.19ab	4.63ab	4.29a-d	0.35cd
۵۰ ساکارز 50 Sucrose	۲۴ دوم second 24	3.93ef	0.09cd	3.35a-e	5.41bcd	1.86b	3.55bcd	3.76b-e	0.44ab
۱۰۰ ساکارز 100 Sucrose	۲۴ دوم second 24	5.71e	0.06cd	2.63def	6.36abc	2.13ab	4.23abc	3.34c-f	0.41bc

در هر ستون حروف مشترک عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 5% of the probability level by LSD test.



شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف قندها × زمان کاربرد قندها بر وزن تر نسبی گل شاخه‌بریده میخک در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲

Figure 2- The interaction effect of different levels of sugars × application time of sugars on relative fresh weight of carnation cut flower in days 0, 3, 6, 9, and 12 (LSD, $p \leq 0.05$)

درصد ماده خشک

اثر متقابل غلظت‌های مختلف قندهای گلوکز، فروکتوز و ساکارز و زمان کاربرد این قندها روی درصد ماده خشک گل‌های شاخه‌بریده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر زمان کاربرد قندها روی درصد ماده‌خشک گل‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱). درصد ماده‌خشک با کاربرد قندها در ۲۴ ساعت اول و دوم نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین درصد ماده‌خشک (۱۴/۳۳ درصد) گل‌های شاخه‌بریده با کاربرد تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول محاسبه شد که از لحاظ آماری با تیمارهای ۱۰۰ گرم بر لیتر فروکتوز و ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر ساکارز در ۲۴ ساعت اول تفاوت معنی‌داری نداشت. در ۲۴ ساعت دوم نیز بیشترین درصد ماده‌خشک (۱۳/۶۶ درصد) به تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز تعلق داشت که از لحاظ آماری با تیمارهای ۱۰۰ گرم بر لیتر گلوکز و ساکارز و ۵۰ گرم بر لیتر فروکتوز تفاوت معناداری نداشت (جدول ۲).

کلروفیل برگ

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل عوامل روی مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل برگ‌های میخک رقم 'یلو کندی' در سطح احتمال یک درصد و روی کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین‌های اثر متقابل عوامل نشان داد که مقدار کلروفیل با کاربرد قندها در هر دو زمان کاربرد نسبت به شاهد افزایش یافت. در هر دو زمان کاربرد قندها، کمترین مقدار کلروفیل برای تیمار شاهد ثبت شد. بیشترین مقدار کلروفیل a (۵/۲۰ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر)، b (۲/۴۸ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر) و کل (۷/۶۸ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر)، با کاربرد ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت دوم در برگ‌ها تولید شد (جدول ۲).

کاروتنوئید گلبرگ

نتایج جدول ۱ نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف قندها و زمان کاربرد قندها روی مقدار کاروتنوئید گلبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بررسی مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که در هر دو زمان کاربرد قندها، کمترین مقدار کاروتنوئید در گلبرگ‌های تیمار شاهد تولید شد. بیشترین مقدار کاروتنوئید (۵/۵۴ میکروگرم در هر گرم وزن تر) برای تیمار ۱۰۰ گرم بر لیتر فروکتوز در ۲۴ ساعت دوم ثبت شد. تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت دوم و ۵۰ گرم در لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با تیمار ۱۰۰ گرم بر لیتر فروکتوز در ۲۴ ساعت دوم نداشتند.

پروتئین گلبرگ

اثر متقابل عوامل روی مقدار پروتئین گلبرگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین مقدار پروتئین گلبرگ (۰/۵ درصد) متعلق به تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت دوم بود که از لحاظ آماری با تیمار ۵۰ گرم بر لیتر ساکارز در ۲۴ ساعت دوم (۰/۴۴ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار پروتئین گلبرگ (۰/۲۳ درصد) متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۲).

مالون دی آلدئید (MDA)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف قندها و اثر متقابل سطوح مختلف قندها و زمان کاربرد قندها روی عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود. اثر زمان کاربرد قندها روی تجمع MDA در بافت گلبرگ معنی‌دار نبود (جدول ۱). تجمع MDA در هر دو زمان کاربرد قندها، نسبت به شاهد کاهش یافته است. تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول با ۱/۷۵ نانومول در هر گرم وزن تر، مناسب‌ترین تیمار جهت کاهش تجمع MDA بود. بیشترین مقدار MDA (۴/۳۹ نانومول در هر گرم وزن تر) متعلق به تیمار شاهد در ۲۴ ساعت اول بود که از لحاظ آماری با تیمارهای شاهد در ۲۴ ساعت دوم، ۵۰ گرم بر لیتر فروکتوز در ۲۴ ساعت اول، ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر فروکتوز در ۲۴ ساعت دوم و ۵۰ گرم بر لیتر ساکارز در ۲۴ ساعت دوم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD)

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین زمان‌های مختلف کاربرد قندها در سطح احتمال ۵ درصد و بین سطوح مختلف قندها همچنین اثر متقابل سطوح مختلف قندها و زمان کاربرد قندها در سطح احتمال یک درصد روی فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود داشت (جدول ۱). فعالیت POD تحت تأثیر تیمارها کاهش یافت. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، شاهد در ۲۴ ساعت اول و شاهد در ۲۴ ساعت دوم، دارای بیشترین (به ترتیب با ۰/۴۹ و ۰/۳۷ نانومول در هر گرم وزن تر در دقیقه) فعالیت آنزیم POD بودند. کمترین (۰/۰۲ نانومول در هر گرم وزن تر در دقیقه) فعالیت POD با تیمار ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول محاسبه شد که مناسب‌ترین تیمار در صفت فوق بود (جدول ۲).

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)

اثر ساده و متقابل سطوح و زمان‌های مختلف کاربرد قندها روی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). فعالیت این آنزیم آنتی‌اکسیدانی با کاربرد قندها در هر دو زمان کاربرد کاهش یافت. تفاوت مشهودی در فعالیت آنزیم SOD در تیمارهای مختلف وجود دارد. در تیمارهای ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز در ۲۴ ساعت اول و دوم، کمترین (به ترتیب با ۱/۲۷ و ۱/۷۰ واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه) فعالیت SOD مشاهده شد. تیمار شاهد در ۲۴ ساعت دوم با ۱۹/۰۵ واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه دارای بیشترین فعالیت SOD در بین تیمارها بود (جدول ۲).

بحث

کاربرد قندها موجب افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' نسبت به شاهد شد. گل‌های شاخه‌بریده پس از برداشت، از منبع تغذیه و انرژی خود جدا می‌شوند، اما همچنان فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن‌ها همانند زمان اتصال به پایه مادری ادامه می‌یابد. بنابراین، تأمین انرژی مورد نیاز گل‌ها جهت زنده‌مانی آن‌ها ضرورت دارد. از گذشته، قندها به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تغذیه گل‌های شاخه‌بریده، جزء اصلی محلول‌های تمدید کننده عمر پس از برداشت بوده‌اند (Nair Halevy and Mayak, 1981 ; *et al.*, 2003). قندها نقش بسزایی در تنفس و ساخت دیواره سلولی دارند، همچنین نقش قندها به عنوان اسمولیت و ضد اتیلن نیز گزارش شده است (Nair *et al.*, Ichimura and Hisamatsu, 1999 ; 2003). افزودن منبع قندی به محلول نگهدارنده گل‌های شاخه‌بریده، موجب افزایش میزان قند در بافت گل شده و با تأمین انرژی مورد نیاز گیاه و مهار تولید اتیلن، موجب افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریدنی می‌شود (Ichimura Halevy and Mayak, 1981 ; and Hisamatsu, 1999). علاوه بر این، قندها با بهبود پتانسیل اسمزی و حفظ تعادل آبی موجب حفظ تورژسانس سلولی در گلبرگ‌ها شده و شادابی گل‌ها را برای مدت زمان بیشتری حفظ می‌نمایند (Nair *et al.*, 2003). بنابراین، می‌توان بهبود ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' نسبت به شاهد را در پژوهش حاضر به اثر اسمولیتی قندها و تأثیر آن‌ها بر بهبود جذب آب نسبت داد که در نهایت موجب حفظ وزن تر و شادابی گل‌های شاخه‌بریده برای مدت زمان بیشتری شده‌اند.

میزان تولید اتیلن در گلبرگ‌ها تا حدود زیادی به غلظت قند در این حلقه‌گل وابسته است (Ichimura and Hisamatsu, 1999). از آنجا که میخک گیاهی فرازگراست به نظر می‌رسد که افزایش غلظت قند محلول در گلبرگ‌های آن می‌تواند از طریق تأخیر در تولید اتیلن فرازگرایی موجب حفظ ماندگاری پس از برداشت این گل شاخه‌بریده شود (; Sacalis and Lee, 1987Dilley and Carpenter, 1975). در پژوهش حاضر، کاربرد قندها در ۲۴ ساعت اول نسبت به ۲۴

ساعت دوم موجب بهبود عمر گلجای و صفات وابسته به آن شد که با نتایج تحقیقات ایچیمورا و هیساماتسو (Ichimura and Hisamatsu, 1999) روی گیاه گل میمون مطابق است. این محققان معتقدند که کاربرد قندها در ۲۴ ساعت اول در کنترل روند پیری از طریق مهار تولید اتیلن و جلوگیری از خروج قندها از گل‌ها مؤثر است. توانایی گلبرگ‌های میخک در جذب قندها با تأخیر در زمان قنددهی کاهش یافته و به همین علت در پژوهش حاضر تیمار گل‌های شاخه‌بریده با قندها در ۲۴ ساعت دوم در بهبود ماندگاری میخک تأثیر کمتری داشته است.

قندها علاوه بر نقش تغذیه‌ای، موجب بهبود تعادل و جذب آب در گل‌های شاخه‌بریده می‌شوند. در واقع قندها از طریق تأثیر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق، از هدر رفت آب در این گل‌ها جلوگیری می‌کنند و بدین ترتیب موجب حفظ وزن تر و خشک در گل‌ها می‌شوند (Marousky, 1969). در پژوهش حاضر نیز جذب آب، وزن تر و ماده خشک گل‌های شاخه‌بریده میخک با کاربرد قندها افزایش یافت. کاربرد قندها به ویژه در ۲۴ ساعت اول با فراهم نمودن منبع تغذیه در زمان اندکی پس از جدا شدن گل‌ها از پایه مادری، گیاه را از مواجه شدن با تنش‌ها محافظت می‌کند و از طریق فراهم نمودن آب و کربوهیدرات‌ها، روند طبیعی فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه را حفظ می‌کند و بدین‌ترتیب موجب بهبود روند زنده‌مانی گل شاخه‌بریده میخک شده است. افزایش جذب آب در گل‌های شاخه‌بریده به افزایش غلظت اسمزی ایجاد شده توسط قندها در برگ و گلبرگ گل‌های شاخه‌بریده نسبت داده شده است (Pun and Ichimura, 2003). ساکارز ۵ درصد، جذب آب، وزن تر و کیفیت ظاهری گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' را افزایش داد (Zadeh Bagheri *et al*., 2011). نقش ساکارز در باز و بسته شدن روزنه‌ها و حفظ تعادل آبی در گل‌های شاخه‌بریده نشان داده شد (Liao *et al*., 2000). ترکیبات ضد عفونی کننده به تنهایی اثری روی عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده نداشتند اما وقتی با ساکارز ترکیب شدند به طور قابل توجهی موجب کاهش پژمردگی گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'پینک کاستلارو' شدند (Shahsavar and Azarakhsh, 2009). افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده مختلف مانند میخک (Khalighi and Shafie, 2000)، دندروبیوم رقم 'خائو سانان' (Lerslerwonga *et al*., 2009)، میخک رقم 'آستور' (Menguc and Usta, 1993) و میخک رقم 'وایت سیم' (Verlinden and Garcia, 2004) با کاربرد ساکارز و مواد ضد عفونی کننده در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است. تیمار گل‌های شاخه‌بریده میخک با ساکارز موجب بهبود جذب آب، وزن تر و عمر پس از برداشت شد (Chandrashekar and Gopinath, 2001). کاربرد ساکارز به همراه کلرید کلسیم موجب افزایش جذب آب و کاهش پژمردگی گل‌های شاخه‌بریده رز رقم 'وارلون' (Mortazavi *et al*., 2011) و مریم (Joz Ghasemi *et al*., 2011) گردید. بیشترین عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'باربارا' با کاربرد ۵ درصد ساکارز به دست آمد (Pun *et al*., 2005). کاربرد ۳ درصد ساکارز به همراه ماده ضد عفونی کننده به طور معنی‌داری موجب افزایش وزن تر و خشک و عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده گلایول شد (Manzoor *et al*., 2018).

کاربرد قندها در بهبود ماندگاری و صفات وابسته به آن در گل‌های شاخه‌بریده آلسترومریا (Jahanifar *et al*., 2016)، گل میمون (Ichimura and Hisamatsu, 1999)، مریم (Borji *et al*., 2016) و رز رقم 'سونیا' (Stigter, 1981) گزارش شد. استفاده از ساکارز، فروکتوز و گلوکز موجب بهبود عمر و صفات وابسته به عمر گلجای در گل شاخه‌بریده لیسیانتوس شد (Chuang and Chang, 2013). ترکیب گلوکز، ساکارز و یک الیگوساکارید باعث افزایش عمر گلجایی و برخی صفات مرتبط دیگر در گل‌های شاخه‌بریده گل میمون شد (Ichimura *et al*., 2022). به کارگیری ۹۰ گرم بر لیتر گلوکز در افزایش ماندگاری پس از برداشت گل شاخه‌بریده صد تومانی نسبت به ساکارز مناسب‌تر بود (Chuang and Chang, 2013). در پژوهش ما، کاربرد ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز دارای بیشترین تأثیر بر صفات مورد ارزیابی بود که با نتایج این محققان همخوانی دارد. علت تأثیر بهتر و بیشتر گلوکز نسبت به سایر قندهای مورد استفاده این است که گلوکز؛ منوساکارید پایه و یک منبع آماده برای مصرف توسط سلول‌ها است. این قند، ساده‌ترین شکل مورد استفاده برای گیاهان است. فروکتوز بیشتر ذخیره می‌شود و برای استفاده باید ابتدا به گلوکز تبدیل شود. ساکارز نیز برای استفاده باید به گلوکز و فروکتوز شکسته شود. در گل‌های شاخه‌بریده، قند گلوکز نسبت به ساکارز سریع‌تر منتقل می‌گردد. از آنجایی که اسمولالیته ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز نسبت به ۱۰۰ گرم بر لیتر کمتر است، حرکت آن در گیاه به دلیل نزدیک‌تر بودن به اسمولالیته گیاه، بهتر و سریع‌تر انجام می‌شود.

کاربرد قندها در هر دو زمان موجب افزایش رنگدانه‌های کلروفیل برگ و کاروتنوئید گلبرگ شد. یکی از مزایای افزودن قندها به محلول گلجای، تأثیر این ترکیبات بر حفظ رنگدانه‌های گل و برگ است (Verlinden and Garcia, 2004). قندها با تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و حفظ تورژسانس سلولی موجب پایداری رنگدانه‌ها در گیاهان می‌شوند (Liao *et al*., 2000). تخریب رنگدانه‌ها از نشانه‌های پیری در گل‌ها و برگ‌هاست. در پژوهش حاضر، تیمار گل‌های شاخه‌بریده میخک با قندها موجب حفظ رنگدانه‌های برگ و گلبرگ نسبت به شاهد شد که با توجه به نقش قندها در تنظیم تنفس، فشار اسمزی، جذب آب و حفظ تورژسانس سلولی، دستیابی به این نتیجه مورد انتظار بود. قندها همچنین در حفظ ساختار اندامک‌ها و اجزای درون سلولی نقش دارند. نیز حفظ و افزایش کلروفیل با

کاربرد قندها در محلول گلجای گل شاخه‌بریده مریم (Borji *et al.*, 2016)، میمون (Abdul Wasea, 2012)، شیپوری (Ewa *et al.*, 2004) و رز (Elgimabi and Ahmed, 2009) گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر همسو است.

جلوگیری از تنش آبی و حفظ فعالیت سلول‌ها، از تخریب و زوال پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند و روند پیری را در گل‌های شاخه‌بریده از جمله دندروبیوم رقم 'خائو سانان' (Lerslerwonga *et al.*, 2009) و رز (Sood and Nagar, 2003) کند می‌نماید. در پژوهش حاضر، تیمارهای قندی با حفظ جذب آب و وزن تر، موجب حفظ و افزایش پروتئین در گل‌های شاخه‌بریده شدند. تخریب پروتئین‌ها با آغاز پیری در گیاهان مختلف امری طبیعی است و یکی از نشانه‌های پیری و زوال در اندام‌های گیاهی می‌باشد (Callis, 1995). تخریب و تجزیه پروتئین‌ها در گلبرگ‌های در حال پیر شدن همروکالیس مشاهده شده است (Lay-Yee *et al.*, 1992). تیمار گل‌های شاخه‌بریده با ترکیباتی که از تخریب پروتئین‌ها جلوگیری می‌نمایند یا مانع سنتز پروتئین‌های مخرب و تسریع‌کننده پیری می‌شوند، می‌تواند موجب افزایش ماندگاری پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده از جمله زنبق شوند (Van Doorn *et al.*, 2004). قندها بقای ساختاری غشای سلولی را افزایش می‌دهند و تیمار گل‌های شاخه‌بریده با قندها می‌تواند از تخریب پروتئین‌های غشای سلولی سلول‌های گلبرگ و بافت‌های گیاهی جلوگیری کند (Huang *et al.*, 2002). اثر مثبت ساکارز بر افزایش پروتئین در گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده مریم نشان داده شد (Borji *et al.*, 2016).

یکی از دلایل اصلی پیری در سلول‌های گیاهی، پراکسیده شدن لیپیدهای غشا می‌باشد. مالون دی آلدئید ترکیبی است که از پراکسیده شدن لیپیدهای غشا حاصل می‌شود و اندازه‌گیری آن، شدت خسارت و تخریب لیپیدهای غشا را نشان می‌دهد (Geng *et al.*, 2009; Vacca, 2004). MDA جزء ترکیباتی است که در اثر فعالیت اکسیژن‌های فعال و پراکسیده شدن لیپیدهای غشا تولید می‌شود. در واقع MDA ترکیبی آلدئیدی و مخرب است که به طور نامناسبی اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و سایر ترکیبات گیاهی را تخریب می‌کند. تنش‌های اکسیداتیو موجب افزایش MDA در گیاهان از جمله در سوسن رقم 'استارگازر' می‌شوند (Ranwala and Miller, 2000). در پژوهش حاضر مقدار MDA با کاربرد قندها در هر دو زمان کاربرد نسبت به شاهد کاهش یافت که این امر بیانگر نقش مثبت قندها در جلوگیری از تنش‌های فیزیولوژیکی، حفظ توژسانس سلولی و حفظ ساختار غشا در گل شاخه‌بریده میخک است. کاهش فعالیت MDA با کاربرد قندها در گل‌های شاخه‌بریده رز رقم 'رویال کلاس' (Abri *et al.*, 2013)، مریم (Borji *et al.*, 2016) و رز رقم 'یلو آیلند' (Gerailoo and Ghasemnezhad, 2011) گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر همسویی دارد.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در اثر افزایش رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد. رادیکال‌های آزاد با مولکول‌های درون سلولی نظیر لیپیدها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها واکنش می‌دهند و موجب تغییر در ماهیت و ساختار طبیعی آن‌ها می‌شوند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از طریق غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد موجب حفظ ساختار سلول‌ها می‌شوند (Chitra and Pillai, 2002). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز و سوپراکسیداز از سیستم‌های دفاعی آنزیمی و قوی گیاهان در مقابل عوامل مخرب و تنش‌ها هستند (Huang *et al.*, 2007). در پژوهش حاضر کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی POD و SOD در تیمارهای قندی احتمالاً به دلیل تأثیر این ترکیبات در حفظ فعالیت طبیعی سلول‌ها و به تأخیر انداختن پیری است که موجب فعالیت کمتر آنزیم‌های فوق شده است. حضور قندها در محلول گلجای، تنش معمول گل‌های شاخه‌بریده را کاهش داد. اثر مثبت محلول گلجای حاوی قند بر کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، POD و SOD در گل‌های شاخه‌بریده رز رقم 'رویال کلاس' (Abri *et al.*, 2013)، مریم (Borji *et al.*, 2016) و رز رقم 'یلو آیلند' (Gerailoo and Ghasemnezhad, 2011) گزارش شده است. در پژوهش حاضر، کاربرد قندها موجب توقف یا کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تأخیر در فرآیند پیری شد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، قندهای ساکارز، گلوکز و فروکتوز در بهبود ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' مؤثر هستند. بهبود عمر گلجای، جذب آب، ماده خشک، پروتئین گلبرگ، رنگدانه‌ها، کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در پژوهش حاضر با کاربرد سطوح مختلف قندها مشاهده شد. زمان کاربرد قندها در ۲۴ ساعت اول روی عمر گلجای، درصد ماده خشک، وزن تر و جذب آب مؤثرتر بود. اگرچه مقدار رنگدانه‌های کلروفیل، کاروتنوئید و همچنین پروتئین گلبرگ در ۲۴ ساعت دوم بیشتر بود اما از آنجا که عمر گلجای صفت مهم و اقتصادی مورد اندازه‌گیری در مبحث فیزیولوژی پس از برداشت است، افزایش مقادیر فوق با توجه به عمر کوتاه گل‌ها در ۲۴ ساعت دوم فاقد ارزش می‌باشد. هر چند که مقادیر صفات فوق در ۲۴ ساعت اول نیز قابل قبول بود. در کل مناسب‌ترین تیمار جهت بهبود خصوصیات پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'یلو کندی' ۵۰ گرم بر لیتر گلوکز و ترجیحاً در ۲۴ ساعت اول بود. گلوکز یک منوساکارید پایه، یک منبع آماده و ساده‌ترین شکل مورد استفاده برای سلول‌ها است. در گل‌های شاخه‌بریده، قند گلوکز نسبت به ساکارز سریع‌تر منتقل می‌گردد. اسمولالیته کمتر گلوکز، حرکت آن را به دلیل نزدیک‌تر بودن به اسمولالیته گیاه، تسریع می‌کند.

منابع

1. Abdul Wasea, A.A. (2012). Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cut flowers. *Journal of the Saudi Society of Agricaltural Sciences* 11: 29–35. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2011.06.002.
2. Abri, F., Ghasemnezhad, M., Hasansajedi, R., & Bakhshi, D. (2013). Effect of ascorbic acid on vase life and petal senescence in cut rose flowers (*Rosa hybrida*) cv. 'Royal Class'. *American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 13*(1): 38–43. Corpus ID: 55654135.
3. Arora, A., & Singh, V.P. (2006). Polyols regulate the flower senescence by delaying programmed cell death in gladiolus. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 15*(2): 139–142. https://doi.org/10.1007/BF03321918.
4. Borji, N., Hassanpour Asil, M., & Sabouri A. (2016). Effect of accel, sucrose and thyme oil on vase life and postharvest quality of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flower. *Iranian Journal of Horticultural Science 47*(1): 93–104. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2016.58215.
5. Callis, J. (1995). Regulation of protein degradation. *Plant Cell* 7: 845–857. https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.845.
6. Chandrashekar, S.Y., & Gopinath, G. (2001). Influence of chemicals on the post-harvest quality of carnation cut-flowers. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 14: 731–735.
7. Chitra, K.P., & Pillai, K.S. (2002). Antioxidants in health. *Indian Journal Physiology Pharmacology 46*(1): 01–05. PMID: 12024946.
8. Chuang, Y.C., & Chang, Y.C. (2013). The role of soluble sugars in vase solutions during the vase life of *Eustoma grandiflorum*. *HortScience 48*(2): 222–226. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.2.222.
9. Dilley, D.R., & Carpenter, W.J. (1975). The role of chemical adjuvants and ethylene synthesis on cut flower longevity. *Acta Horticulturae* 41: 117–132. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1975.41.11.
10. Dung, C.D., Seaton, K., & Singh, Z. (2017). Influence of type and concentration of sugars, supplemented with 8 hydroxyquinoline sulphate, on the vase life of waxflower. *Folia Horticulturae 29*(1): 39–49. https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0005.
11. Elgimabi, M.N., & Ahmed, O.K. (2009). Effects of bactericide and sucrose pulsing on vase life of rose cut flowers (*Rosa hybrida* L.). *Botany Research International 2*(3): 164–168.
12. Ewa, S., Rabiza Wider, J., Wachowicz, M., & Ukaszewska, A.J. (2004). Senescence of cut leaves of *Zantedeschia aethiopica* and *Z. elliottana*. part 1. chlorophyll degradation. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 3*(2): 57–65. Corpus ID: 15731218.
13. Geng, X.M., Guo, Lu, J., Hu, F.R., & Okubu, H. (2009). Effect of cold storage and different pulsing treatment on postharvest quality of cut OT lilly "Mantissa" flowers. *Faculity of Agriculture, Kyushu University* 54: 41–45. https://doi.org/10.5109/14035.
14. Gerailoo, S., & Ghasemnezhad, M. (2011). Effect of salicylic acid on antioxidant enzyme activity and petal senescence in 'Yellow Island' cut rose flowers. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 19*(1): 183–193. Corpus ID: 83073036.
15. Giannopolitis, C., & Ries, S. (1997). Superoxid desmutase. I: Occurence in higher plant. *Plant Physiology* 59: 309–314. https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309.
16. Gibson, S.I., Laby, R.J., & Kim, D. (2002). The sugar-insensitive (Sis1) mutant of *Arabidopsis* is allelic to Ctr1. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 280: 196–203. https://doi.org/10.1006/bbrc.2000.4062.
17. Gowda, J.V.N. (1990). Effect of sucrose and aluminium sulphate on the postharvest life of tuberose double. *Current Research, University of Agriculture Science (Bangalore) 19*(1): 14–16. Corpus ID: 82489468.
18. Gupta, J., & Dubey, R.K. (2018). Factors affecting post-harvest life of flower crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7*(1): 548–557. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.065.
19. Halevy, A.H., & Mayak, S. (1981). Senescence and post-harvest physiology of cut flowers. Part 1. *Horticultural Reviews* 1: 204–236. https://doi.org/10.1002/9781118060742.ch5.
20. Heath, R.L., & Parker, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stiochiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 125: 189–198 https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1.
21. Huang, K.L., Liao, L.J., Shen, R.S., Chen, W.S., & Lin, Y.H. (2002). The synergetic effect of maleic hydrazide (1.2-dihydro-3,6-pyridazinedione) and sucrose on vase life of cut roses. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42: 637–641. https://doi.org/10.1071/EA01101.
22. Huang, R., Xia, R., Hu, L., Lu, Y., & Wang, M. (2007). Antioxidant activity and oxygen scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. *Science Horticultural* 113: 166–172. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.010.
23. Ichimura, K., & Hisamatsu, T. (1999). Effects of continuous treatment with sucrose on the vase life, soluble carbohydrate concentrations, and ethylene production of cut snapdragon flowers. *Journal of the Japanese Society*

for Horticultural Science 68: 61–66. https://doi.org/10.2503/jjshs.68.61.
24. Ichimura, K., Takada, M., & Ogawa, K. (2022). Effects of treatments with nigerosylmaltooligosaccharide, glucose and sucrose on the vase life of cut snapdragon flowers. *Scientia Horticulturae* 291: 110565. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110565.
25. In, B.C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M., & Mori, G. (2007). Multivariente analysis of relation between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut "Asomi Red" roses. *Japanese Society for Horticultural Science* 76: 66–72. https://doi.org/10.2503/jjshs.76.66.
26. Jahanifar, E., Nazarideljou, M.J., & Aramideh, Sh. (2016). Water relations of flowering stem, microbial activity of preservative solution and postharvest quality of *Alstroemeria* cut flower under peppermint's essential oil and sucrose treatments. *Journal of Crop Production and Processing 5*(8): 221–232. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.18.221.
27. Joz Ghasemi, S., Mortazavi, S.N., & Khodadadi, M. (2011). An investigation of the effect of 2,4-D sucrose, and $CaCl_2$ treatment on some qualitative, and quantitative traits of tuberose cut flower (*Polianthes tuberose*). *Iranian Journal of Horticultural Science 41*(2): 133–142. (In Persian with English abstract). DOR: 20.1001.1.2008482.1389.41.2.4.0.
28. Khalighi, A., & Shafie, M.R. (2000). Effect of chemical and temperature treatments and harvesting stages on cut flower longevity and some other characteristics of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science 31*(1): 119–125. (In Persian with English abstract)
29. Knee, M. (2000). Selection of biocides for use in floral preservatives. *Postharvest Biology and Technology* 18: 227–34. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00074-5.
30. Kuiper, D., Ribot, S., Van Reenen, H.S., & Marissen, N. (1995). The effect of sucrose on the flower bud opening of made ion cut roses. *Science of Horticulture* 60: 325–336. https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)00706-L.
31. Lay-Yee, M., Stead, A.D., & Reid, M.S. (1992). Flower senescence in daylily (*Hemerocallis*). *Physiologia Plantarum* 86: 308–314. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1992.860218.x.
32. Lerslerwonga, L., Ketsa, S., & van Doorn, W.G. (2009). Protein degradation and peptidase activity during petal senescence in *Dendrobium* cv. 'Khao Sanan'. *Postharvest Biology and Technology* 52: 84–90. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.09.009.
33. Liao, L.J., Lin, Y.H., Huang, K.L., & Cheng, Y.M. (2000). Posthavest life of cut rose flowers as affected by silver thiosulfate and sucrose. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41: 299–303. https://doi.org/10.7016/BBAS.200010.0299.
34. Lukaszewska, A.J. (1995). Effect of the preservative solution on keeping qualities of the new "Diana" carnations. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Horticulture* 17: 25–31. Corpus ID: 107247600.
35. Manzoor, A., Rahman, A., Qamar, M., & Ashraf, S. (2018). Evaluation of different preservative solutions and packaging material for improving postharvest quality of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus*) cut spikes. *World Journal of Biology and Biotechnology 3*(3): 215-222. https://doi.org/10.33865/wjb.003.03.0165.
36. Marousky, F.J. (1969). Vascular blockage, water absorption, stomatal opening, and respiration of cut 'Better Times' roses treated with 8-hydroxyquinoline citrate and sucrose. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94: 223–226.
37. Mayak, S., & Dilley, D.R. (1976). Effect of sucrose on response of cut carnation to kinetin, ethylene, and abscisic acid. *Journal of American Society of Horticultural Science* 101: 583–585.
38. Mazumdar, B.C., & Majumdar, K. (2003). Methods on physicochemical analysis of fruits. *www. Sundeepbooks.com*. 187 p.
39. Menguc, A., & Usta, E. (1993). Research on the effects of silver thiosulphate+sucrose pretreatment on the cold storage period and post storage vase life of cut flowers of carnation cv. Astor harvested at different maturities. *Acta Horticulturae* 368: 802–807. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.368.95.
40. Mohammadi, R., & Hashemabadi, D. (2016). Improvement postharvest longevity of alstroemeria (*Alstroemeria hybrida*) by sucrose, honey and citric acid. *Plant Ecophysiology* 204–218. (In Persian with English abstract). DOR: 20.1001.1.20085958.1396.9.29.19.1.
41. Mortazavi, S.N., Naderi, R., Khalighi, A., Babalar, M., & Allizadeh, H. (2007). The effect of cytokinin and calcium on cut flower quality in rose (*Rosa hybrida* cv. Illona). *Journal of Food, Agriculture and Environment 5*(3-4): 1459–0263.
42. Mortazavi, S.N., Rabi Angourani, H.V., & Khodadadi, M. (2011). Effect of sucrose and calcium chloride on the quality and longevity of cut flower of rose cv. Varlon. *Journal of Crop Improvement of Scion and Seed 26*(3): 359–363. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110413.
43. Naing, A.H., Win, N.M., Han, J.S., Lim, K.B., & Kim, C.K. (2017). Role of nano-silver and the bacterial strain *Enterobacter cloacae* in increasing vase life of cut carnation 'Omea'. *Frontiers in Plant Science* 8: 1–12. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01590.
44. Nair, S.A., Singh, V., & Sharma, T.V. (2003). Effect of chemical preservatives on enhancing vaselife of *Gerbera* flowers. *Journal Tropical Agricultre* 41: 56–58.

45. O'Donoghue, E.M., Somerw Eld, S.D., Wat Son, L.M., Brummell, D.A., & Hunter, D.A. (2008). Galactose metabolism in cell walls of opening and senescing petunia petals. *Planta* 229: 709–721. https://doi.org/10.1007/s00425-008-0862-6.
46. Park, D.Y., Aung, H., Naing, T.N., Han, J.S., Kang, I.K., & Kim, C.K. (2017). Synergistic effect of nano-sliver with sucrose on extending vase life of the carnation cv. Edun. *Frontiers in Plant Science* 8: 1–10. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01601.
47. Pun, U.K., & Ichimura, K. (2003). Role of sugars in senescence and biosynthesis of ethylene in cut flowers. *Journal ARQ 37*(4): 219–224.
48. Pun, U.K., Shimizu, H., Tanase, K., & Ichimura, K. (2005). Effect of sucrose on ethylene biosynthesis in cut spray carnation flowers. *Proceeding of VIIIth IS Postharvest Physiology Ornamentals, Acta Horticulturae* 669: 171–174.
49. Ranwala, A.P., & Miller, W.B. (2000). Preventive mechanism of gibberellin4+7 and light on low temperature-induced leaf senescence in *Lilium* cv. Stargazer. *Postharvest Biology and Technology* 19: 85–92. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00072-7.
50. Reid, M.S. (2009). *The commercial storage of fruit, vegetables and florist and nursery stocks*. USDA Handbook 66. pp 36.
51. Sacalis, J.N., & Lee, J.S. (1987). Promotion of floral longevity by the ovary in carnation flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 112: 118–121. https://doi.org/10.21273/JASHS.112.1.118.
52. Seven, V., & Jose, J.V.G. (2004). Sucrose loading decrease ethylene responsiveness in carnation (*Dianthsis caryaphynus* cv. White Sim) petals. *Postharvest Biology and Technology* 31: 305–312. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.010.
53. Shahsavar, A., & Azarakhsh, H. (2009). Interaction of sucrose and some chemical compounds on increasing the vase life of carnation (*Dianthus caryophyllus* L., cv. "Pink Castellaro") flowers. *Journal of Agricultural Science and Industries 6*(19): 41–50. (In Persian with English abstract)
54. Sindhu, S.S., & Pathania, N.S. (2003). Effect of pulsing, holding and low temperature storage on keeping quality on Asiatic lily hybrids. *Acta Horticulturae* 624: 389–394. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.624.54.
55. Sood, S., & Nagar, P.K. (2003). The effect of polyamine on leaf senescence in two diverse rose species. *Plant Growth Regulation* 39: 155–160. https://doi.org/10.1023/A:1022514712295.
56. Stigter, H. (1981). Effects of glucose with 8-hydroxyquinolinesulfate or aluminium sulfate on water balance of cut (Sonia) rose. *Zeitschrift Fur Pflanzen Physiology 101*(2): 95–105. https://doi.org/10.1016/S0044-328X(81)80044-X.
57. Tanazad, M., Sharifi-Sirchi, Gh.R., Mirzaalian-Dastjerdi, A.M., & Yousefzadi, M. (2016). Improvment of stability traits and enzyme activity in Diana carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cut flower in preservative solutions. *Plant Research Journal 29*(1): 43–53. (In Persian with English abstract). DOR: 20.1001.1.23832592.1395.29.1.4.6.
58. Vacca, R.A. (2004). Reactive oxygen species, alteration of sitosolic ascorbat peroxydase and impairment of mitochondrial metabolism are early events in heat shok induced programmed cell death in tobacco bright yellow 2 cells. *Plant Physiology* 134: 100–112. https://doi.org/10.1104/pp.103.035956.
59. Van der Meulen-Muisers, J., van Oeveren, J., Meijkamp, B., & Derks, F. (1995). Effect of floral bud reduction on individual flower longevity in Asiatic hybrid lilies. *Acta Horticulturae* 405: 46–57. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.405.5.
60. Van Doorn, W.G., Monic, A.S., & Tomassen, M. (2004). Daffodil flowers delay senescence in cut *Iris* flowers. *Phytochemistry* 65: 571–577. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2003.12.008.
61. Van Meetern, U., van Gelder, H., & van Leperen, W. (2000). Reconsideration of use of deionized water as vase water, in postharvest experiments of cut flowers. *Postharvest Biology and Technology* 16: 169–181. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00050-2.
62. Verlinden, S., & Garcia, J.J.V. (2004). Sucrose loading decreases ethylene responsiveness in carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. White Sim) petals. *Postharvest Biology and Technology* 31: 305–312. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.010.
63. Zadeh Bagheri, M., Namayandeh, A., Solati, M.R., & Javanmardi, Sh. (2011). Effect of pulse and continuous of chemical preservative solutions on increasing the quality and postharvest longevity of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L., cv. "Yellow Candy") flower. *Journal of Agricultural Modern Science 6*(19): 41–50. (In Persian with English abstract)
64. Zhang, C., Liu, M., Fu, J., Wang, Y., & Dong, L. (2012). Exogenous sugars involvement in senescence and ethylene production of tree peony 'Luoyang Hong' cut flowers. *Horticultural Science and Technology 30*(6): 718–724. https://doi.org/10.7235/hort.2012.12089.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 47-62

Allelopathic Effects of Chinaberry, Silk Tree and Iranian Pine on Some Growth Traits of *Lolium prene* and *Festuca arundinaceae*

N. Alavi Dehkharghani[1], S.H. Nemati[2]*, S.M. Zargarian[3]

Received: 30-05-2021
Revised: 31-01-2022
Accepted: 27-11-2022
Available Online: 27-11-2022

How to cite this article:
Alavi Dehkharghani, N., Nemati, S.H., & Zargarian, S.M. (2023). Allelopathic effects of chinaberry, silk tree and Iranian pine on some growth traits of *Lolium prene* and *Festuca arundinaceae*. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 47-62. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.70688.1057

Introduction

As the population grows and cities expand, the demand for more green spaces has also increased. Grass is widely recognized as one of the most important ground covers in the world. However, the development of green spaces is hindered by a severe shortage of water resources and challenges associated with managing and maintaining grass. The composition of trees and plants may cause to inhibitory or stimulation effects on crops, called allopathic effects. Therefore, understanding the allopathic effects is important to determine appropriate methods of cultivation and product management to prevent interference of allopathic substances in the growth and production of products.

Materials and Methods

This study was performed in two separate experiments as a factorial based on completely randomized design at Ferdowsi University of Mashhad. In the first experiment, the effect of three different levels of plant residue powder (zero, 0.46 and 1 g) of three types of trees (Pine, Silk and Chinaberry) on germination and growth of *Lolium prenne* and *Festuca arundinaceae* grasses with four replications in the greenhouse was investigated. The second experiment, the effect of 5 ml of aqueous extract prepared from plant residues of the mentioned trees on germination and growth of the mentioned grasses in three replications in the laboratory was investigated. At the end of both experiments, some of morophology traits (weight, length, germination index) were measured. Minitab software was used to analyze the data obtained from both experiments.

Results and Discussion

According to the analysis of variance table of the first experiment, the results show that the simple effect of grass treatment on plant and root length, fresh weight, germination percentage and rate are significantly different. In the simple effect of treatment the quantity of plant residues, all traits have a significant difference. Also, in the simple effect of treatment of plant residue kind, plant length, root length, fresh and dry weight, germination percentage and rate were significantly different. Interaction grass and the quantity of plant residues treatment and the interaction of grass and kind of plant residues treatment, all measured traits had a significant difference. The interaction triple treatments plant length, root length, dry weight, germination percentage and rate differences were observed. Therefore, in the interaction triple treatments, the most and least plant lengths were observed related to the treatment of Lolium grass with 0.46 gr of Pine residue powder and the treatment of Festuca with 1 gr of Chinaberry residue powder. Also, the most and least root lengths were related to Lollium grass with 0.46 gr of Pine plant residue powder and Festuca grass with 1 gr of Pine plant residue powder. In the triple of dry weight the most amount was related to Festuca with 1 gr of Chinaberry residue powder and the least was related to Lolium control. The most and least germination percentages belonged to the control Festuca and lollium with 0.46 gr of pine plant residue powder respectively, and in the trait of germination rate, the most amount belonged to the control Festuca and the least to the control lollium has been observed. The results of the

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Associate Professor and Ph.D. in Horticultural Science, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: nemati@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.70688.1057

second experiment demonstrated a significant difference in all measured traits including grass treatment, plant length, fresh and dry weight, germination percentage and rate, and simple effect of plant extract. Moreover, the interaction of grass treatment and plant residue extract showed significant differences in root length, plant length, fresh weight, dry weight, and germination rate and percentage. Comparison of the mean interaction of grass treatment and type of plant residues revealed that the control Festuca had the highest plant length, while Lolium with Silk residue extract had the lowest. The longest and shortest root lengths were observed in control Lolium and Lolium with Silk residues, respectively. The highest and lowest fresh weight were recorded in Lolium control and Lolium grass along with Silk residue extract, respectively. For the dry weight trait, the highest amount was related to the treatment of Lolium grass with pine residue extract, while the lowest dry weight was observed in Festuca grass and Lolium grass with Silk residue extract. In terms of the germination percentage trait, control Festuca and Festuca with pine residue extract had the highest germination percentage, while Lolium with Chinaberry residue extract and Lolium with Silk residue extract had the lowest. The most and least germination rates belonged to Festuca control and Lolium with Chinaberry residue extract. From these discussions, it can be concluded that the allelchemicals in the powder extract of plant residues have had a significant effect on the yield of these two grasses and have reduced growth and germination. Decreased germination due to allelopathic stress can be due to different abnormalities in metabolic activity, seed saturation potential, death of some dividing cells and embryonic abnormalities.

Conclusion

Based on the results of both experiments, it can be concluded that Chinaberry and Silk trees have a stronger allelopathic effect compared to Pine. Additionally, the performance of both grasses in response to residues and extracts containing allelochemicals was slightly different. For instance, in the second experiment, the impact of Chinaberry extract reduced plant length by 28%, root length by 89%, dry weight by 16%, germination percentage by 75%, and germination rate by 85% compared to the Festuca control treatment. Similarly, the effect of Chinaberry extract on Lolium grass resulted in a 96% reduction in plant growth, 97% reduction in root length, 98% reduction in wet weight, 50% reduction in dry weight, 89% reduction in germination percentage, and 89% reduction in germination rate compared to the Lollium control treatment.

Keywords: Aqueous extract, Grass quality, Green space, Index germination, Plant residue powder

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص.۶۲-۴۷

تاثیرات آللوپاتیک زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد چمن لولیوم و فستوکا

نرمین علوی[۱]- سید حسین نعمتی[۲*]- سید مجید زرگریان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶

چکیده

فضای سبز یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هر شهر و مکانی می‌باشد که نیازمند شناخت دقیق ویژگی‌های گیاه مورد استفاده و انتخاب و ترکیب صحیح گونه‌های گیاهی با یکدیگر است. یکی از ویژگی‌هایی که باید مورد توجه قرار گیرد، اثرات آللوپاتیک گیاه بر روی گیاهان مجاور خود می‌باشد. در این پژوهش به بررسی اثرات آللوپاتیک درختان گل‌ابریشم، زیتون‌تلخ و کاج بر جوانه‌زنی و رشد دو گونه چمن لولیوم و فستوکا پرداخته شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. بقایای گیاهی درختان جمع‌آوری و خشک شده و طی دو آزمایش جداگانه به‌صورت پودر بقایای گیاهی و عصاره آبی مورد استفاده قرار گرفت. تیمارهای آزمایش اول شامل دو نوع چمن (فستوکا و لولیوم)، سه سطح پودر بقایای گیاهی (صفر (شاهد)، ۰/۴۶ و ۱ گرم) از سه درخت (زیتون‌تلخ، کاج و گل‌ابریشم) در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل دو نوع چمن (فستوکا و لولیوم) و چهار سطح عصاره آبی بقایای گیاهی (شاهد، زیتون‌تلخ، کاج و گل‌ابریشم) در سه تکرار اجرا شد. در هر دو آزمایش صفات طول گیاه و ریشه، وزن تر و خشک کل گیاهچه، درصد و سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش اول نشان داد که تیمار شاهد در صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاه و ریشه بهترین عملکرد را داشته و در صفات وزن تر و خشک بیشترین عملکرد مربوط به زمانی بوده که از بقایای درخت کاج به میزان ۱ گرم استفاده شده بود. همچنین نتایج آزمایش دوم حاکی از آن است که در همه‌ی صفات اندازه‌گیری شده تیمار شاهد بهترین عملکرد را داشته است به‌نحوی‌که بیشترین وزن تر و خشک، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاه و ریشه در تیمار شاهد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پودر بقایای گیاهی، کیفیت چمن، شاخص جوانه‌زنی، عصاره آبی، فضای سبز

مقدمه

با افزایش جمعیت و گسترش شهرها نیاز به گسترش فضای سبز نیز افزایش یافته است. یکی از ارکان اصلی فضای سبز، گیاهان پوششی می‌باشند و چمن یکی از مهم‌ترین گیاهان پوششی جهان محسوب می‌شود (Rasouli *et al*., 2017). چمن‌ها از گیاهان تک‌لپه و از خانواده گندمیان هستند که دارای طیفی از رنگ‌های سبز و شکل یکنواخت برگ می‌باشند (Sharif *et al*., 1993). چمن‌ها مهم‌ترین گیاهان پوششی با قدرت پاخوری بالا هستند که در زمین‌های ورزشی و فضای سبز کاربرد وسیعی دارند و به‌ندرت می‌توان جایگزینی برای آن‌ها در فضای سبز پیدا کرد (Ashraf *et al*., 2018). این گیاهان بیشترین نقش را در تصفیه و کاهش آلودگی هوا در محیط‌های شهری بر عهده دارد چمن‌ها در کنترل فرسایش بادی و آبی موثرند و سبب جذب گرد و خاک و افزایش اکسیژن هوا می‌گردند. در هیچ‌یک از شهرهای بزرگ کشور امکان توسعه فضای سبز در حد استانداردهای مطلوب جهانی به‌راحتی وجود ندارد. ازجمله عوامل محدودکننده در توسعه فضای سبز کمبود شدید منابع آب و مشکلات مربوط به مدیریت و نگهداری چمن‌ها است (Rasouli *et al*., 2017).

ترکیبات درختان و گیاهان ممکن است منجر به اثرات بازدارندگی یا تحریک در محصولات شود (Paravar *et al*., 2018) که به آن

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دکتری علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: nemati@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.70688.1057

اثرات آللوپاتیک[1] گفته می‌شود. آللوپاتی در گیاهان یا یک برهمکنش مفید یا مضر مبنی بر اثرات متقابل بین گیاهان است که بیشتر به آزادسازی آللوشیمیایی‌ها مربوط می‌شود. پدیده آللوپاتی اغلب تداخل یک گونه گیاهی با جوانه‌زنی، رشد و تکوین سایر گونه‌های گیاهی است (Zheljazkov, Jeliazkova and Astatkie, 2021). ترکیبات آلوپاتیک با ایجاد اختلال در رشد و نمو گیاهان و فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی آن‌ها باعث اختلال در عمل جذب عناصر غذایی، فتوسنتز، تنفس، سنتز پروتئین‌ها، رنگیزه‌ها و ... می‌شود (Saberi, Tavili and Miri, 2015). مشخص شده است که بخش‌های مختلف یک گیاه دارای پتانسیل آللوپاتیک متفاوتی هستند (Ashraf and Ali, 2008)؛ به‌طوری‌که تمام اندام‌های گیاهان حاوی مواد دگرآسیبی است؛ ولی برگ‌ها و ریشه‌ها از مهم‌ترین منابع تولیدکننده ترکیبات دگرآسیبی می‌باشند (Ataei *et al*., 2019). مطالعات نشان می‌دهد که یک گونه گیاهی معرفی شده در یک محیط جدید ممکن است اثرات آللوپاتیک شدیدی روی گونه‌های گیاهی همسایه داشته باشد، حتی اگر این اثرات مشابه را در گونه‌های موجود در محدوده بومی خود نشان ندهد (Ummings, Parker and Gilbert2012 ,). درک اثرات آللوپاتیک برای تعیین روش‌های مناسب پرورش و مدیریت محصولات برای جلوگیری از تداخل مواد آللوپاتیک در رشد و تولید محصولات امری مهم است (Carvalho *et al*., 2015). در مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر آللوپاتیک درخت گردو و درخت صنوبر بر جوانه‌زنی گیاهان دارویی و معطر کشت شده در یک منطقه معتدل بود نتایج نشان داد که اثر آللوپاتیک ممکن است در مراحل اولیه، جوانه‌زنی را دچار مشکل کند. همچنین ثابت شد که خشخاش و گلپر گیاهان حساس به اثرات آللوپاتیک هستند (Zubay *et al*., 2021). در بررسی اثر درخت کاج بر جوانه‌زنی و عملکرد گونه گیاه بوته‌ای مدیترانه‌ای نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذر همه گونه‌ها تحت تاثیر عصاره‌های آبی درخت کاج مهار شدند و در هنگام استفاده از عصاره با غلظت بیشتر، میزان بازدارندگی بیشتر بوده است (Valera and Hua *et* 2012;Barradas and Zunzunegui,). هوا و همکاران (*al*., 2018) گزارش نمودند که عصاره آبی کاه و کلش برنج با غلظت ۴ تا ۱۰ گرم بر لیتر فعالیت متابولیکی سلول‌های جلبکی را کاهش می‌دهد و باعث اختلال در رشد جلبک‌ها می‌شود.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در مورد اثرات مختلف آللوپاتی اما هنوز هم اطلاعات کمی در این مورد در دست است به‌خصوص در زمینه فضای سبز که به این امر مهم خیلی پرداخته نشده است. هدف از این مطالعه تعیین اثرات آللوپاتیک درختان زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد دو گونه چمن *Lolium prene* و *Festuca arundinaceae* بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات آللوپاتیک درختان زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد دو گونه چمن *Lolium prene* و *Festuca arundinaceae* تحقیقی در قالب دو آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

در آزمایش اول تاثیر سه سطح پودر بقایای گیاهی بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌های لیلیوم و فستوکا در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت، تیمارهای نوع بقایای گیاهی شامل زیتون تلخ، گل ابریشم و کاج و تیمارهای مقدار پودر بقایای گیاهی شامل صفر (شاهد)، ۰/۴۶ و ۱ گرم انتخاب شد؛ و در آزمایش دوم تأثیر عصاره آبی تهیه شده از نوع بقایای گیاهی شامل زیتون تلخ، گل ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌های نام‌برده در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت، تیمارهای عصاره آبی شامل صفر (شاهد)، ۵ میلی‌لیتر عصاره آبی درخت کاج، گل ابریشم و زیتون تلخ و دو نوع چمن لولیوم و فستوکا انتخاب شده است.

در آزمایش اول برگ درختان گل‌ابریشم، کاج و برگ و میوه درخت زیتون تلخ جمع‌آوری و خشک شدند. سپس این بقایا پودر و در بسته‌های ۰/۴۶ و ۱ گرمی بسته‌بندی شدند. گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۴ سانتی‌متر با نسبت ۱:۱:۱ ماسه، کود دامی و خاک باغچه برای کشت چمن‌ها آماده شدند. پودر بقایای گیاهی در دو سطح ۰/۴۶ و ۱ گرم در عمق یک سانتی‌متری با خاک مخلوط شده و سپس کاشت بذور صورت گرفت. همچنین تیمار شاهد عاری از هرگونه پودر بقایای گیاهی بود. برای هر گلدان ۱۰۰ عدد بذر در نظر گرفته شد که به‌طور منظم آبیاری می‌شدند. شمارش تعداد بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه انجام گرفت و این روند تا ۲۵ روز ادامه پیدا کرد.

در انتهای آزمایش به‌صورت تصادفی گیاهچه‌هایی انتخاب شده و طول ریشه و ساقه‌ی آن‌ها با استفاده از خط‌کش میلی‌متری و همچنین وزن تر و خشک کل گیاهچه‌های هر گلدان با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در داخل فویل آلومینیومی در دستگاه آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفته و خشک شدند.

در آزمایش دوم از پودر بقایای گیاهی تهیه شده به نسبت ۱:۱۰ به‌منظور عصاره‌گیری استفاده گردید. برای تهیه عصاره آبی از بقایای درختان، ۳۰ گرم پودر با ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل بالن ترکیب شده و به مدت ۲۴ ساعت در داخل دستگاه شیکر قرار گرفت. پس از شیک شدن مواد به مدت لازم، مخلوط مورد نظر با کمک قیف بوخنر و پمپ خلأ صاف گردید. بعد از تهیه عصاره‌ها در داخل هر پتری با قطر ۸ سانتی‌متر ۱۰ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار گرفتند و ۵ میلی-

1- Allelopathic

لیتر عصاره در داخل هر پتری ریخته شد. رونـد شـمارش جوانـه‌زنـی روزانه به مدت ۲۵ روز انجام شد. معیار جوانه‌زنی خـروج ۲ میلـی‌متـر ریشه‌چه از داخل بذر در نظر گرفتـه شـد. در انتهـای آزمـایش طـول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ها به‌وسیله‌ی خط‌کـش میلـی‌متـری انـدازه‌گیـری شدند. وزن تر و خشک هر گیاهچه با کمک ترازوی ۰/۰۰۰۱ به دست آمـد. بـرای انـدازه‌گیـری وزن خشـک، گیاهچـه‌هـا در داخـل فویـل آلومینیومی در دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مـدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند.

درصد جوانه‌زنی (GP) و سرعت جوانـه‌زنـی (GR) بـه ترتیـب از معادله ۱ و ۲ به دست آمد

$$\%GP = \frac{\sum G}{N} \times 100 \quad (1)$$

$$GR = \sum \frac{Ni}{Di} \quad (2)$$

G: تعداد بذور جوانه‌زده، N: تعداد کل بـذور، Ni: تعـداد بـذرهای جوانه‌زده در روزهای شـمارش شـده و Di: تعـداد روز پـس از شـروع آزمایش.

تجزیه آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Minitab و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل تفـاوت معنـی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول: تأثیر پودر بقایای گیاهان بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌ها

طول گیاه

نتایج جدول ۱ نشان داد که اثرات ساده و متقابل (دوگانه و سـه-گانه) تیمارها در سـطح احتمـال ۱ درصـد دارای اخـتلاف معنـی‌داری می‌باشند. در رابطه با اثر ساده چمن، بیشترین و کمترین طول گیاه به ترتیب مربوط تیمار لولیوم و فستوکا بود. همچنین در مـورد اثـر سـاده مقدار بقایای گیاهی، بیشترین طول گیاه در تیمار شاهد و کمتـرین در تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی مشاهده شد. در ارتباط با اثـر سـاده نوع بقایای گیاهی نیز بیشترین طول گیاه مربوط به تیمار زیتون‌تلـخ و کمترین مربوط به تیمار ابریشم بود. در تیمار اثر متقابل چمن و مقـدار بقایای گیاهی، بیشترین طول گیاه مربوط بـه تیمـار شـاهد فسـتوکا و کمترین طول گیاه مربوط به تیمار چمن فستوکا بـا مقـدار یـک گـرم پودر بقایای گیاهی بود (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پودر بقایای گیاهی مختلف بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 1- ANOVA (mean squares) for the effect of different plant residue powder on morphological traits and germination of the two grass species

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	طول گیاه Plant length	طول ریشه Root length	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
چمن Grass (G)	1	3094.22**	3458.35**	0.054ns	0.027**	58824.50**	440.451**
مقدار بقایای گیاهی Quantity of plant residues (Q)	2	1302.76**	853.29**	0.218**	0.024**	340.20**	1.04**
نوع بقایای گیاهی Kind of Plant residue (K)	2	484.43**	281.79*	0.293**	0.133**	469.60**	2.78**
G× Q	2	3835.60**	1323.35**	0.633**	0.168**	840.20**	4.78**
G× K	2	392.01**	324.35**	0.120**	0.007**	373.00**	2.42**
Q×K	4	375.81**	115.27ns	0.086**	0.004*	240.70**	0.87**
G×Q×K	4	221.26**	167.66*	0.043ns	0.008**	127.00**	0.66**
خطای آزمایش Error	54	51.02	62.39	0.020	0.001	22.80	0.11

ns ,*, ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, significant at the 5% and 1% of probability level, respectively. ,**,*

همچنین در بین اثرات متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی بیشترین طول گیاه مربوط به تیمار چمن لولیوم همراه با پودر بقایای درخت گل‌ابریشم و کمترین طول گیاه مربوط به چمن فستوکا به همراه پودر بقایای درخت گل‌ابریشم بوده است (جدول ۳). طبق جدول ۴، بیشترین طول گیاه چمن مربوط به تیمار بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به مقدار ۰/۴۶ گرم و کمترین مربوط به تیمار بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ به مقدار یک گرم نشان داده شد. در بین اثرات متقابل سه‌گانه طبق شکل ۱، بیشترین طول گیاه به میزان ۹۴/۲۵ میلی‌متر مربوط به تیمار چمن لولیوم با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به میزان ۰/۴۶ گرم و کمترین طول گیاه به میزان ۳۲/۵۰ میلی‌متر مربوط به تیمار چمن فستوکا با یک گرم پودر بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ مشاهده شد.

طول ریشه

طبق جدول ۱ نتایج نشان داد که صفت طول ریشه در اثر ساده تیمار چمن، اثر ساده تیمار مقدار بقایای گیاهی، اثر متقابل تیمارهای چمن و مقدار و اثر متقابل چمن و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است و اثر ساده نوع بقایای گیاهی و اثر سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است؛ اما اثر متقابل دوگانه‌ی مقدار و نوع بقایای گیاهی در صفت طول ریشه معنی‌دار نشد. در مورد اثر ساده‌ی چمن، بیشترین و کمترین طول ریشه را در تیمار لولیوم و فستوکا شاهد بودیم. همچنین در ارتباط با اثر ساده مقدار بقایای گیاهی، بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد و کمترین مربوط به تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی بود. در جدول ۲ بیشترین طول ریشه با اختلاف کم به‌طور مشترک مربوط به تیمار شاهد فستوکا و شاهد لولیوم و کمترین طول ریشه مربوط به تیمار چمن فستوکا با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی می‌باشد. همچنین بیشترین طول ریشه در بین تیمارهای چمن و نوع بقایای گیاهی مربوط به تیمار چمن لولیوم با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به طول ۵۵/۳۳ میلی‌متر و کمترین نیز مربوط به چمن فستوکا به همراه پودر بقایای درخت گل‌ابریشم به طول ۳۳/۸۳ میلی‌متر هست (جدول ۳). طبق جدول ۴ بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد بوده و کمترین طول ریشه به تیمار بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ به مقدار یک گرم اختصاص دارد. با توجه به شکل ۱ بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب مربوط به تیمارهای چمن لولیوم با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به میزان ۰/۴۶ گرم به طول ۶۱/۵۰ میلی‌متر و چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به مقدار یک گرم به طول ۲۰/۵۰ شده است.

وزن تر

اثر ساده تیمار مقدار و نوع بقایای گیاهی و اثرات متقابل چمن و مقدار بقایای گیاهی، چمن و نوع بقایای گیاهی، مقدار و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند؛ اما اثر ساده تیمار چمن و اثر متقابل سه‌گانه‌ی تیمارها در این صفت معنی‌دار نشدند (جدول ۱). در اثر ساده‌ی چمن، اختلاف معنی‌داری بین چمن فستوکا و لولیوم مشهود نبود. در مورد مقدار بقایا گیاهی بیشترین وزن تر به تیمار ۰/۴۶ گرم پودر بقایای گیاهی اختصاص داشت؛ اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شاهد و یک گرم پودر بقایای گیاهی وجود نداشت. در اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین وزن تر در تیمار کاج و کمترین در تیمار ابریشم مشاهده شد. در جدول ۲ بیشترین وزن تر مربوط به تیمار چمن لولیوم با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی به میزان ۱/۶۰۵ گرم و کمترین وزن تر نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم به میزان ۱/۱۳۰ گرم بود. با توجه به جدول ۳ در بین اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی بیشترین وزن تر به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج اختصاص داشت و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن فستوکا به همراه پودر بقایای درخت گل‌ابریشم بود. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر چمن در بین اثرات متقابل تیمار مقدار و نوع بقایای گیاهی مربوط به تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک گرم و کمترین نیز مربوط به تیمار بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به مقدار ۰/۴۶ گرم است (جدول ۴).

وزن خشک

در صفت وزن خشک چمن اثر متقابل مقدار و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شد و بقیه‌ی تیمارها در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). در رابطه با اثر ساده‌ی چمن، بیشترین وزن خشک مربوط به فستوکا و کمترین مربوط به لولیوم بود. همچنین در مورد اثر ساده‌ی مقدار بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین وزن خشک مربوط به تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی و شاهد بود. در اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی نیز بیشترین و کمترین وزن خشک به تیمار کاج و ابریشم اختصاص داشت. بیشترین وزن خشک چمن در بین اثر متقابل تیمار چمن و مقدار بقایای گیاهی مربوط به تیمار چمن فستوکا با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی و کمترین وزن خشک نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم بوده است (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج و کمترین نیز مربوط به چمن لولیوم به همراه پودر بقایای زیتون‌تلخ است. بیشترین وزن خشک چمن در بین اثرات متقابل تیمارهای مقدار و نوع بقایای گیاهی به تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک

گرم و کمترین نیز به تیمار شاهد اختصاص دارد (جدول ۴). اثرات سه‌گانه‌ی تیمارها در شکل ۲ نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار چمن فستوکا با یک گرم پودر بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ (۰/۳۲۵ گرم) و کمترین وزن خشک نیز مربوط به تیمار شاهد چمن لولیوم (۰/۱۵۰ گرم) بوده است.

درصد جوانه‌زنی

اثرات ساده و متقابل همه‌ی تیمارها در صفت درصد جوانه‌زنی بذر چمن در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). در مورد اثر ساده‌ی چمن، بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به فستوکا و لولیوم بود. در رابطه با اثر ساده‌ی مقدار بقایای گیاهی نیز بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد و یک گرم پودر بقایای گیاهی اختصاص داشت. همچنین در بررسی اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر چمن در تیمار کاج و کمترین در تیمار ابریشم مشاهده شد. در بین تیمارهای اثر متقابل چمن و مقدار بقایای گیاهی بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد فستوکا به میزان ۹۴ درصد و کمترین نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم به میزان ۲۵ درصد مشاهده شد (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج حاکی از آن است که بیشترین درصد جوانه‌زنی به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج و کمترین به تیمار چمن لولیوم به همراه پودر بقایای زیتون‌تلخ اختصاص دارد. طبق جدول ۴ تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک گرم بیشترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۶۲ درصد و تیمار پودر بقایای ابریشم به مقدار یک گرم کمترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۴۱/۶۲۵درصد را به خود اختصاص داده است. همچنین اثرات سه‌گانه نیز در شکل ۳ نشان می‌دهد که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد فستوکا به میزان ۹۴درصد و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن لولیوم به همراه پود بقایای درخت کاج به مقدار ۰/۴۶ گرم به میزان ۲۴/۷۵٪ بوده است.

سرعت جوانه‌زنی

اثرات ساده و اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه‌ی همه‌ی تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در بررسی اثر ساده‌ی چمن، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در فستوکا و کمترین سرعت در لولیوم مشاهده شد. همچنین در ارتباط با اثر ساده‌ی مقدار بقایای گیاهی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی به تیمار شاهد و کمترین به تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی اختصاص داشت. در مورد اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار کاج و کمترین نیز مربوط به تیمار ابریشم بود. در جدول ۲ نتایج نشان می‌دهد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در بین تیمارهای چمن و مقدار پودر بقایای گیاهی مربوط به تیمار شاهد فستوکا و کمترین نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم می‌باشد. همچنین طبق جدول ۳ بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج به میزان ۶/۶۲۱ (تعداد بذر در روز) و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن لولیوم همراه با پودر بقایای درخت گل‌ابریشم به میزان ۱/۱۹۳ (تعداد بذر در روز) است. در جدول ۴ نتایج نشان داد که تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک گرم بیشترین سرعت جوانه‌زنی و تیمار پودر بقایای ابریشم به مقدار یک گرم کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشته است. در بین اثرات سه‌گانه‌ی تیمارها، تیمار شاهد فستوکا با مقدار ۶/۹ (تعداد بذر در روز) بیشترین سرعت جوانه‌زنی و تیمار شاهد لولیوم با مقدار ۰/۹۶ (تعداد بذر در روز) کمترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴).

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که تیمار شاهد در صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی بهترین عملکرد را داشته و در صفات وزن تر و خشک بیشترین عملکرد مربوط به زمانی بوده که از بقایای درخت کاج به میزان ۱ گرم استفاده شده بود. همچنین در مورد صفات طول ریشه و طول گیاه می‌توان چنین بیان کرد که تیمار شاهد و تیمار ۰/۴۶ گرم اختلاف کمی داشتند و تقریباً در یک سطح قرار می‌گیرند. البته ممکن است با کم و زیاد کردن مقدار بقایای گیاهی و تغییر نوع آن، نتایج نیز تغییر کنند. در بررسی اثرات متقابل، در برخی موارد شاید چنین به نظر آید که خاصیت آللوپاتیک بقایای این درختان اثر چندانی بر رشد و جوانه‌زنی چمن نداشته است، درحالی‌که بررسی اثرات ساده نشان‌دهنده‌ی اثر منفی و بازدارنده‌ی آللوکمیکال‌های موجود در بقایای گیاهی بود. البته ممکن است به دلیل دخالت اثرات محیطی و یا یکسان نبودن آبیاری که منجر به آبشویی پودر بقایای گیاهی شده است، خطاهایی در آزمایش ایجاد شده باشد. در کل می‌توان چنین نتیجه گرفت که آللوکمیکال‌های موجود در پودر بقایای گیاهی درختان گل‌ابریشم، کاج و زیتون‌تلخ منجر به کاهش رشد و جوانه‌زنی این دو گونه چمن شدند و با افزایش مقدار پودر بقایای گیاهی، اثرات آللوپاتیک تشدید شد.

طبق مطالعات والرا–بورگوس و همکاران (Valera *et al.*, 2012) وجود مواد شیمیایی در خاک ممکن است توسط عوامل زیادی ایجاد شود. نوع خاک، تراکم برگ‌ها، میزان تجزیه مواد گیاهی، گونه‌های گیاهی همسایه، میزان بارندگی و pH خاک در تعیین وجود یا عدم وجود مواد آللوپاتیک در خاک و تعیین غلظت آستانه مواد آللوپاتیک تاثیرگذار بر گیاهان مجاور، موثر است. همچنین می‌توان گفت، ترکیبات آللوپاتیک فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و این ترکیبات ممکن است اثرات بازدارنده بر جوانه‌زنی و رشد دیگر گیاهان داشته باشند به‌طوری‌که ممکن است ترکیبات آللوپاتیک توقف شدید میتوزی در سلول‌های مریستمی را به همراه داشته باشد که باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Paravar *et al.*, 2016).

جدول ۲- اثر متقابل چمن×مقدار پودر گیاهی بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 2- The interaction effect of grass × amount of plant powder on the morphological and germination traits of two grass species

تیمارها Treatments		طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
فستوکا Festuca	0	72[a]	50[a]	1.55[a]	0.25[ab]	94[a]	6.90[a]
	0.46	43[d]	29.50[b]	1.311[b]	0.24[b]	82.50[b]	5.90[b]
	1	34.5[e]	24.83[b]	1.40[b]	0.271[a]	75[c]	5.68[b]
لولیوم Lolium	0	56[c]	47[a]	1.13[c]	0.150[c]	25[e]	0.96[d]
	0.46	68.75[ab]	49.08[a]	1.36[b]	0.235[b]	25.33[e]	1.22[cd]
	1	64.08[b]	49.83[a]	1.60[a]	0.26[ab]	29.66[d]	1.47[c]

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability leve based on LSD Test.

جدول ۳- اثر متقابل چمن×نوع بقایای گیاهی بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 3- The interaction effect of grass ×tType of plant residues on the morphological and germination traits of two grass species

تیمارها Treatments		طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
فستوکا Festuca	کاج Pine	50.42[c]	36.00[bc]	1.60[a]	0.28[a]	89.92[a]	6.62[a]
	زیتون‌تلخ Chinaberry	50.33[c]	34.50[c]	1.42[b]	0.27[a]	87.25[a]	6.46[a]
	گل ابریشم Albizia lebbeck	48.75[c]	33.83[c]	1.25[c]	0.21[bc]	74.33[b]	5.41[b]
لولیوم Lolium	کاج Pine	58.25[b]	49.25[a]	1.43[b]	0.24[b]	27.67[c]	1.25[c]
	زیتون‌تلخ Chinaberry	57.83[b]	41.33[b]	1.32[bc]	0.19[c]	26.08[c]	1.21[c]
	گل ابریشم Albizia lebbeck	72.75[a]	55.33[a]	1.35[bc]	0.21[bc]	26.25[c]	1.19[c]

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability leve based on LSD Test.

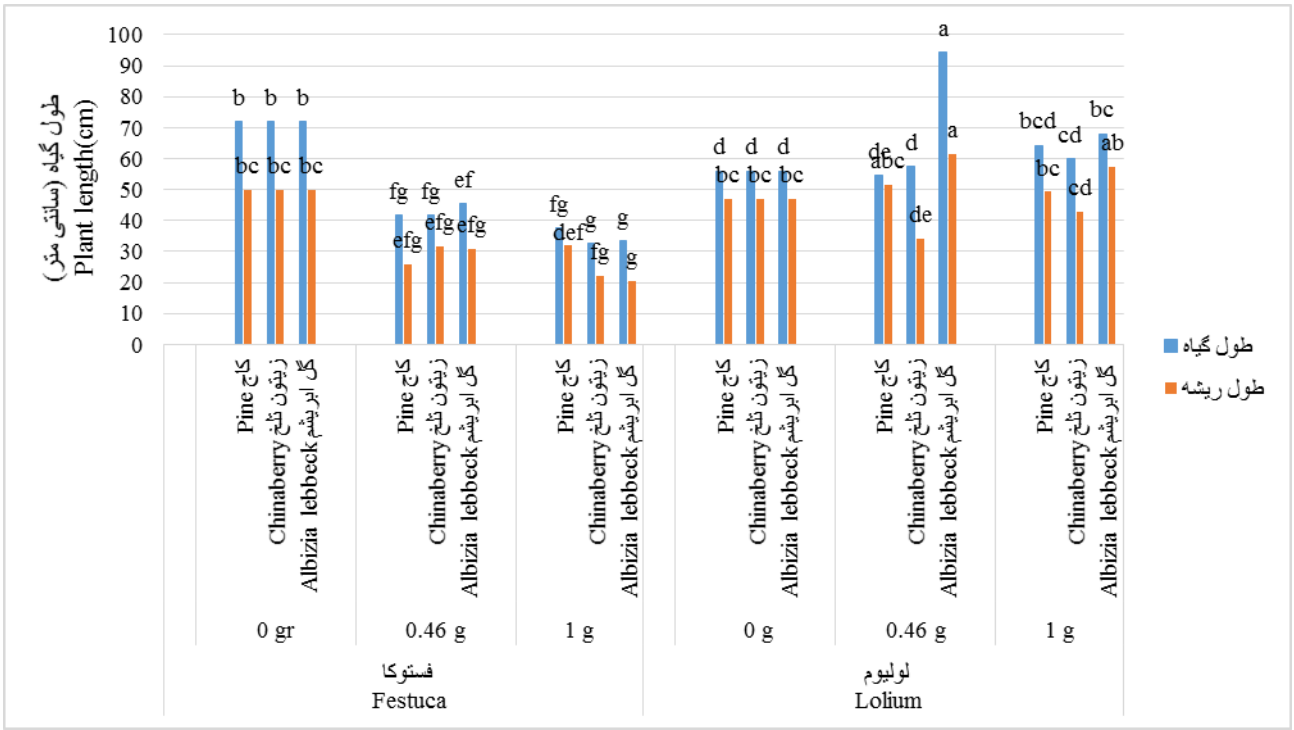
جدول ۴-اثر متقابل مقدار بقایای گیاهی×نوع بقایای گیاهی بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 4- The interaction effect of plant residue amount ×type of plant residue on the morphological and germination traits of two grass species

تیمارها Treatments		طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
شاهد control		64.00^{a}	48.50^{a}	1.34^{c}	0.20^{b}	59.50^{ab}	3.93^{ab}
0.46 g	کاج Pine	48.12^{b}	38.75^{bcd}	1.49^{b}	0.28^{a}	54.87^{bc}	3.76^{b}
	زیتون‌تلخ Chinaberry	49.62^{b}	32.87^{cd}	1.28^{c}	0.22^{b}	57.12^{bc}	3.88^{ab}
	گل ابریشم Albizia lebbeck	69.87^{a}	46.25^{ab}	1.24^{c}	0.21^{b}	49.75^{d}	3.10^{c}
1 g	کاجPine	50.87^{b}	40.62^{abc}	1.71^{a}	0.30^{a}	62.00^{a}	4.11^{a}
	زیتون‌تلخ Chinaberry	46.25^{b}	32.37^{d}	1.49^{b}	0.27^{a}	53.37^{cd}	3.75^{b}
	گل ابریشم Albizia lebbeck	50.75^{b}	39.00^{bcd}	1.31^{c}	0.22^{b}	41.62^{e}	2.88^{c}

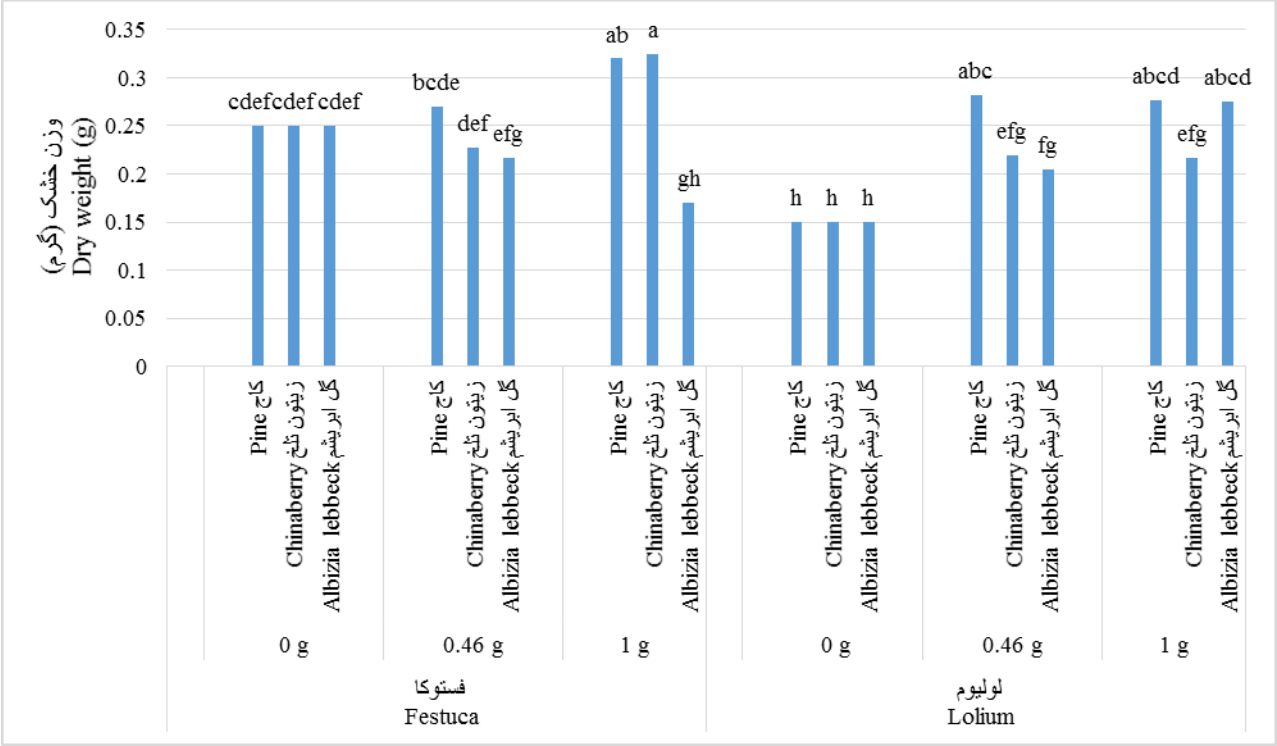
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability leve based on LSD Test.



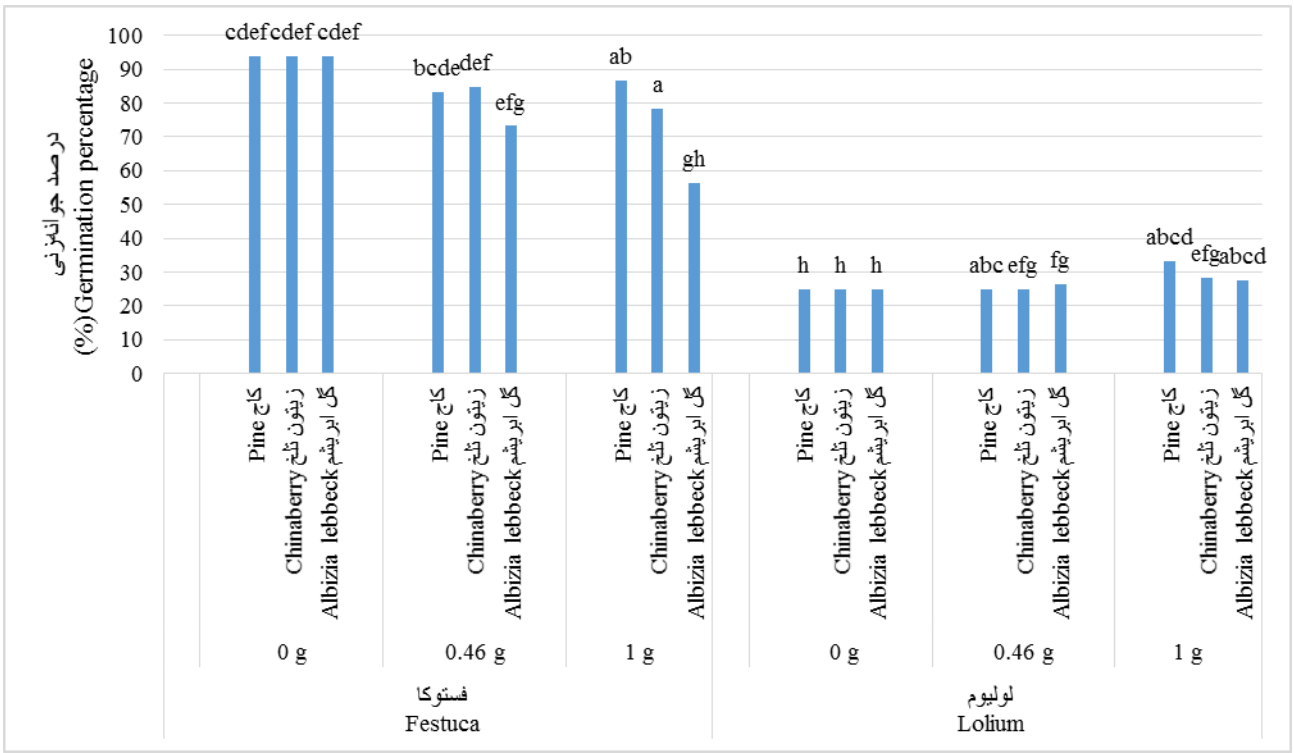
شکل ۱- اثر سه‌گانه تیمارهای مختلف بر صفات طول گیاه و طول ریشه دو گونه چمن

Figure 1- The triple effect of different treatments on plant and root length of two grass species (LSD, $p \leq 0.05$)



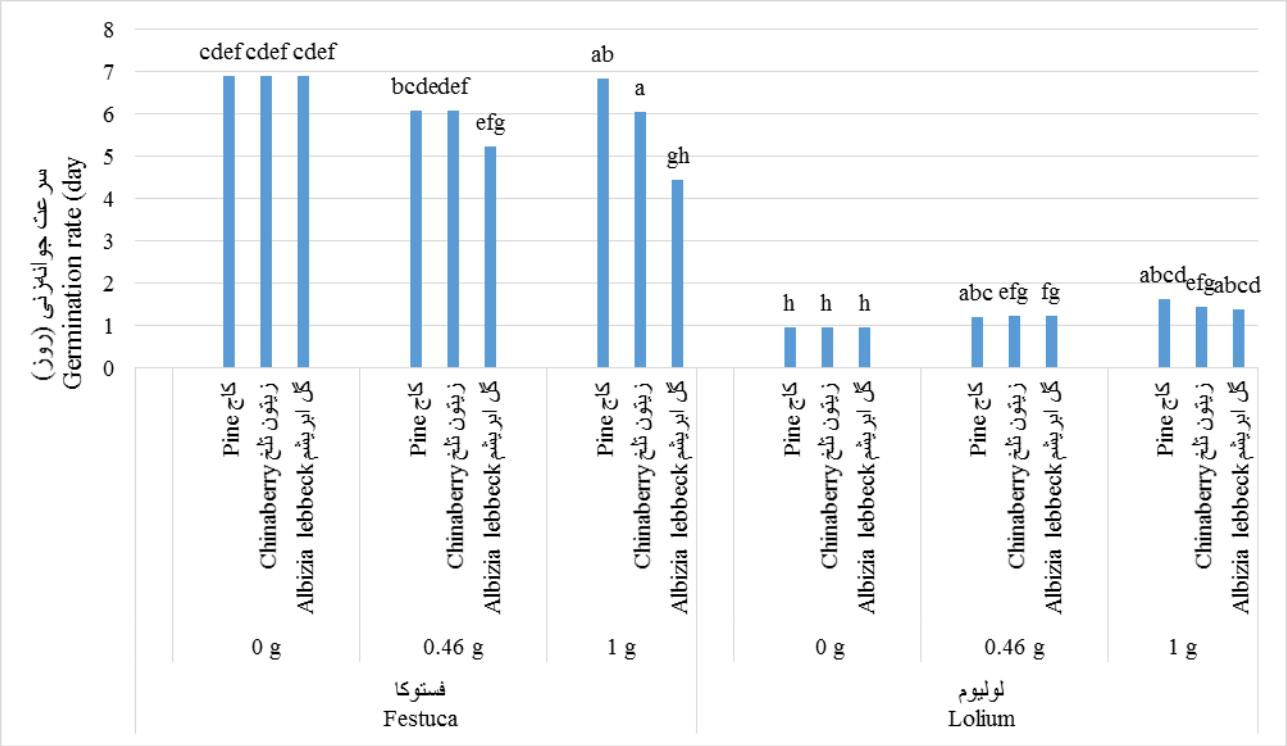
شکل ۲- اثرسه‌گانه تیمارهای مختلف بر صفت وزن خشک کل دو گونه چمن

Figure 2- The triple effect of different treatments on total dry weight of two grass species(LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۳- اثر سه‌گانه تیمارهای مختلف بر درصد جوانه زنی بذر دو گونه چمن

Figure 3- The triple effect of different treatments on seed germination percentage of two grass species (LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۴- اثر سه‌گانه تیمارهای مختلف بر سرعت جوانه زنی بذر دوگونه چمن

Figure 4- The triple effect of different treatments on seed germination rate of two grass species (LSD, $p \leq 0.05$)

صابری و همکاران (Saberi *et al.*, 2015) با بررسی اثر ترکیبات آللوپاتیک اکالیپتوس بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه‌چه‌های *Festuca arundinacea* به این نتیجه رسیدند که عصاره اکالیپتوس اثر آللوپاتیک بازدارنده بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌ها *Festuca arundinacea* دارد. با بررسی اثر مواد آللوپاتیک درخت زبان‌گنجشک بر دو گیاه بارهنگ و منداب نتایج نشان داد که درخت زبان‌گنجشک دارای اثر آللوپاتیک بازدارنده بر هر دو بذر بارهنگ و منداب دارد (Karam, Vaseghi, Davazdahemami and Asadi 2017). گاد الروکیک و همکاران (Gad El-Rokiek *et al.*, 2019) نیز نشان دادند که اثر آللوپاتی پودر گیاه نخود به مقدار ۱۰۰ گرم باعث کنترل ۸۰ تا ۷۰ درصد علف‌های هرز قناری می‌شود. در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر آللوپاتی پودر بذر گیاهان خردل و آب تره به همراه علف‌کش *Basamid* بر گیاه کنجد و سویا نتایج نشان داد که پودر بذر این دو گیاه به دلیل کنترل علف‌های هرز باعث افزایش عملکرد گیاهان کنجد و سویا شده است (Ahmed *et al.*, 2020). طبق مطالعات الدبا و همکاران (El-Dabaa *et al.*, 2019) نیز پودر دانه‌های گیاه منداب باعث کنترل گل جالیز گونه *Orobanche crenata* می‌شود.

آزمایش دوم: تأثیر عصاره آبی بقایای گیاهان بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌ها

طول گیاه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده تیمار چمن و بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل این دو در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). در مورد اثر ساده‌ی چمن، بیشترین طول گیاه در چمن فستوکا و کمترین در چمن لولیوم بود. همچنین در بررسی اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین طول گیاه به تیمار شاهد و کمترین به تیمار گل ابریشم اختصاص داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از شکل ۵a بیشترین میانگین مربوط به اثر متقابل تیمار فستوکا شاهد و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن لولیوم همراه با عصاره بقایای درخت گل‌ابریشم مشاهده شده است. این نتایج نشان می‌دهند که عصاره‌ی بقایای درختان گل‌ابریشم، کاج و زیتون‌تلخ تأثیر منفی در رشد ساقه چمن‌ها داشته است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای عصاره نوع بقایای گیاهی بر صفات مورفولوژی دو گونه چمن

Table 5- ANOVA (mean squares) for the effect of plant residue extract on the morphological traits of two grass species

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
چمن Grass	1	1160.65**	0.28ns	0.0035**	0.000001*	7004.2**	2.45**
نوع بقایای گیاهی Kind of plant residue	3	467.87**	289.77**	0.0033**	0.000001**	3681.9**	1.29**
چمن×نوع بقایای گیاهی Grass × Kind of plant residue	3	176.88*	17.95**	0.0033**	0.000001*	1081.9*	0.78**
خطای آزمایش Erorr	16	34.04	1.10	0.000002	0.0000001	300.0	0.01

ns ,* , به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, significant at 1% and 5% of probability levels, respectively. ,**, *

طول ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده نوع بقایای گیاهی و اثر متقابل چمن و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند اما اثر ساده‌ی تیمار چمن در این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). در رابطه با بررسی اثر ساده‌ی چمن، اختلاف معنی‌داری بین چمن فستوکا و لولیوم وجود نداشت اما در مورد اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد و کمترین مربوط به تیمار ابریشم بود. تیمار چمن لولیوم شاهد با میانگین ۱۶/۱ میلی‌متر دارای بیشترین طول ریشه بود و کمترین طول ریشه مربوط به اثر متقابل تیمار چمن لولیوم همراه با بقایای درخت گل‌ابریشم با میانگین ۰/۴۳۳ میلی‌متر بوده است (شکل ۵b).

وزن تر

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که وزن تر در اثرات ساده تیمارها و اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشته است (جدول ۵). در بررسی اثر ساده‌ی چمن مشاهده کردیم که بیشترین وزن تر مربوط به لولیوم و کمترین مربوط به فستوکا می‌باشد. همچنین در رابطه با اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین وزن تر به تیمار شاهد و کمترین به تیمار ابریشم اختصاص داشت. نتایج مقایسه میانگین شکل ۵c نشان داد که وزن تر شاهد لولیوم با میانگین ۰/۱ گرم بیشتر از وزن تر چمن‌هایی بود که عصاره آبی بقایای گیاهی در آن‌ها استفاده شده بود، وزن تر تیمار چمن لولیوم همراه با عصاره بقایای درخت گل‌ابریشم با میانگین ۰/۰۰۲ گرم کمترین وزن تر را به خود اختصاص داده است.

وزن خشک

نتایج آنالیز واریانس حاکی از این بود که اثرات ساده تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است و اثر متقابل این دو تیمار در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵). در بررسی اثر ساده‌ی چمن مشاهده کردیم که بیشترین وزن خشک مربوط به لولیوم و کمتری مربوط به فستوکا می‌باشد. همچنین در ارتباط با اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین وزن خشک به تیمار کاج و کمترین به تیمار ابریشم اختصاص داشت. با توجه به شکل۵d، اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی بیشترین میانگین مربوط به تیمار چمن لولیوم به همراه عصاره آبی بقایای درخت کاج با میانگین ۰/۰۰۲ گرم است و کمترین وزن خشک به‌طور مشترک مربوط به تیمارهای چمن فستوکا به همراه عصاره آبی بقایای درخت گل‌ابریشم و چمن لولیوم همراه با عصاره بقایای درخت گل‌ابریشم است.

درصد جوانه‌زنی

طبق جدول ۵ اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شده است. در مورد اثر ساده چمن، بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در چمن فستوکا و لولیوم مشاهده شد. همچنین در بررسی اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین

درصد جوانه‌زنی به تیمار شاهد و تیمار ابریشم اختصاص داشت. با توجه به شکل۵e، در بین اثرات متقابل تیمارها بیشترین درصد جوانه-زنی به‌طور مشترک مربوط به تیمارهای فستوکا شاهد و چمن فستوکا با عصاره آبی گیاه درخت کاج با میانگین ۸۰درصد مشاهده شد و کمترین درصد جوانه‌زنی نیز به‌طور مشترک مربوط به تیمارهای چمن لولیوم به همراه عصاره آبی زیتون‌تلخ و چمن لولیوم همراه با عصاره آبی درخت گل‌ابریشم مشاهده شده است.

سرعت جوانه‌زنی

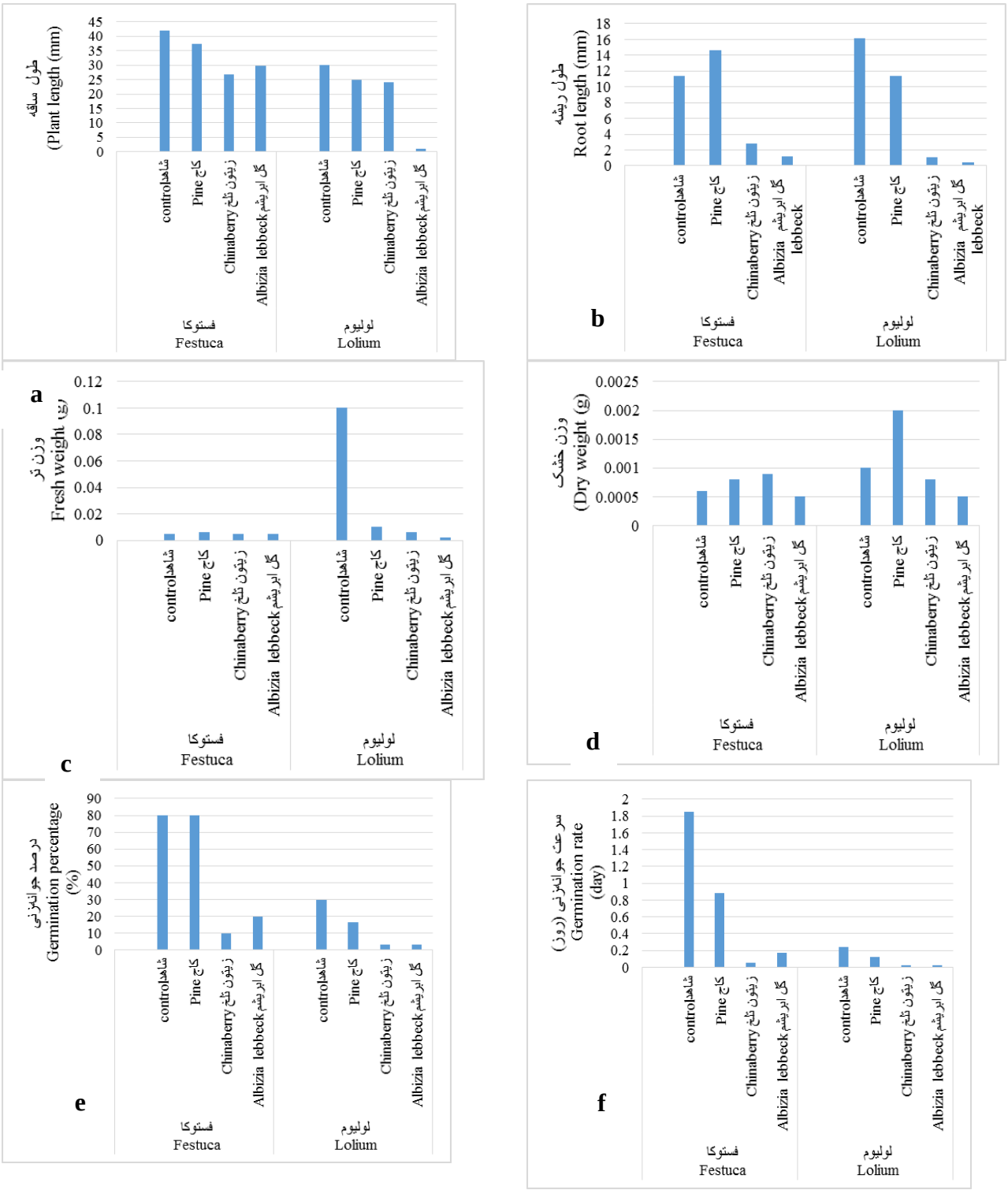
با توجه به نتایج آنالیز واریانس جدول ۵، اثر کلیه تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد داشتند. در بررسی اثر ساده چمن، بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به چمن فستوکا و کمترین مربوط به چمن لولیوم بوده است. همچنین در مورد اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد و ابریشم بود. در اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به تیمار فستوکا شاهد با میانگین ۱/۸۵ و چمن لولیوم به همراه بقایای زیتون‌تلخ با میانگین ۰/۰۲ درصد بوده است (شکل 5f).

نتایج آزمایش دوم حاکی از آن است که در همه‌ی صفات اندازه‌گیری شده تیمار شاهد بهترین عملکرد را داشته است. به‌نحوی‌که بیشترین وزن تر و خشک، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاه و ریشه در تیمار شاهد مشاهده شد. از این نتایج می‌توان چنین برداشت کرد که آللوکمیکال‌های موجود در عصاره‌ی پودر بقایای گیاهی اثر معنی‌داری بر عملکرد این دو گونه چمن داشته‌اند و منجر به کاهش رشد و جوانه‌زنی شده‌اند. کاهش جوانه‌زنی به دلیل تنش آللوپاتیک می‌تواند به دلیل ناهنجاری‌های مختلف در فعالیت‌های متابولیکی، پتانسیل اشباع بذرها، مرگ برخی از سلول‌های تقسیم کننده و ناهنجاری‌های جنینی باشد. اثرات آللوپاتیک باعث مهار شدید میتوز که در هسته و میتوکندری رخ می‌دهد، شده و ساختار سلولی را برهم می‌زند و قدرت جذب مواد معدنی و آب را کاهش می‌دهد که می‌تواند منجر به کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه شود. در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر آللوپاتی عصاره آبی اکالیپتوس بر بذر دو نوع چمن *Urochloa decumbens* و *Panicum maximum* نتایج نشان داد که غلظت ۵۰ و ۱۰۰ درصد عصاره برگ اکالیپتوس به‌شدت مانع جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها شده است (Carvalho *et al*., 2015). ارزیابی اثر عصاره آبی پوسته دانه‌های درخت کاج برزیلی و پوسته میوه درخت پی‌کان بر جوانه‌زنی گیاه کاهو نشان داد که هر دو عصاره آبی توانایی مهمی در مهار جوانه‌زنی بذرهای کاهو نسبت به شاهد، هنگام استفاده در تراکنش‌های حداکثر ۵ کیلوگرم در مترمکعب داشته است (Ismael *et al*., 2017). سیار و همکاران (Siyar *et al*., 2018) با بررسی اثر آللوپاتیک عصاره‌های آبی علف‌های هرز *Avena fatua*، *Melilotus officinalis* و *Polypogon hissaricus* بر عملکرد سه رقم گندم (Ata Habib، Pirsabaq و Serin) نشان دادند که Ata Habib حساس‌ترین رقم به تنش آللوپاتیک است. آزمایشی به‌منظور بررسی اثر آللوپاتی عصاره آبی گیاه سورگوم، اکالیپتوس، آفتابگردان و تنباکو بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی، بیوشیمیایی و آنزیمی دو علف هرز یولاف وحشی و خردل وحشی نتایج نشان داد که غلظت‌های متفاوت عصاره آبی سورگوم نسبت به دیگر عصاره آبی گیاهان اثر مهاری بیشتری بر هر دو علف هرز داشتند (Paravar *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج هردو آزمایش نشان داد که بقایای درختان زیتون‌تلخ، کاج و گل‌ابریشم دارای خواص آللوپاتیک بوده و به نحوی اثرات منفی بر صفات طول گیاه و ریشه، وزن تر و خشک، سرعت و درصد جوانه‌زنی چمن‌های لولیوم و فستوکا دارند. همچنین در اکثر موارد با افزایش مقدار مواد آللوپاتیک اثرات منفی بر روی گیاهان چمن لولیوم و فستوکا تشدید شد.

بر اساس نتایج هر دو آزمایش می‌توان چنین نتیجه گرفت که اثر آللوپاتیک درختان زیتون‌تلخ و گل‌ابریشم بیشتر از کاج بوده است. همچنین به‌طور تقریبی می‌توان این‌طور بیان کرد که عملکرد هر دو چمن در مواجه با بقایا و عصاره‌ی حاوی آللوکمیکال‌ها یکسان بوده و اختلاف کمی داشتند. به طور مثال در آزمایش دوم اثر عصاره آبی زیتون‌تلخ باعث کاهش ۲۸درصد طول گیاه، ۸۹ درصد طول ریشه، ۱۶درصد وزن خشک، ۷۵درصد درصد جوانه‌زنی و ۸۵ درصد سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد چمن فستوکا شده است. همچنین اثر عصاره آبی زیتون‌تلخ بر چمن لولیوم باعث کاهش ۹۶درصد طول گیاه، ۹۷ درصد طول ریشه، ۹۸ درصد وزن تر، ۵۰درصد وزن خشک، ۸۹ درصد درصد جوانه‌زنی و ۸۹ درصد سرعت جوانه‌زنی شده نسبت به تیمار شاهد چمن لولیوم شده است.



شکل ۵- اثرات متقابل چمن×نوع بقایای گیاهی بر طول گیاه (a)، طول ریشه (b)، وزن تر(c)، وزن خشک (d)، درصد جوانه زنی بذر (e) و سرعت جوانه زنی بذر (f) دو گونه چمن

Figure 5- The interaction effects of grass × Type of crop residues on plant length (a), root length (b), fresh weight (c), dry wight (d), seed germnation percentage (e), and seed germination rate (f) of two grass species. (LSD, $p\leq0.05$)

منابع

1. Ahmed, S.A.A., Messiha, N.K., El-Dabaa, M.A.T., & El-Masry, R.R. (2020). The residual allelopathic effects of two brassicaceae seed powder on the following summer plants and associated weeds, Middle East *Journal of Agriculture Research 9*(2): 479-490. http://doi.org/10.36632/mejar/2020.9.2.38.
2. Ashraf, H., Zakizadeh, H., Ehteshami, M.R., & Bigelow, M.H. (2018). Evaluation the symbiosis of three mycorrhizae fungi species on biochemical characteristics of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) and Agropyron (*Agropyron elongatum*) turfgrasses under drought stress conditions, *Journal of Plant Production Research 24*(3): 27-46. (In Persian). https://doi.org/10.22069/jopp.2017.11446.2058.
3. Ashraf, M., & Ali, Q. (2008). Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.), *Environmental* and *Experimental Botany* 63: 266-273. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.11.008.
4. Ataei, A., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., & Rahemi Karizaki, A. (2019). Study of contents of some secondary metabolites and allelopathic effects of various organs of *Fumaria parviflora* weed on Avena ludoviciana, *Journal of Applied Biology 32*(4): 76-96. (In Persian with English abstract)
5. Carvalho, F.P., Melo, C.A.D., Machado, M.S., Dias, D.C.F.S., & Alvarenga, E.M. (2015). The allelopathic effect of eucalyptus leaf extract on grass forage seed, *Planta Daninha 33*(2): 193-201. https://doi.org/10.1590/0100-83582015000200004.
6. El-Dabaa, M.A., Ahmed, S.A., Messiha, N.Kh., & El-Masry, R.R. (2019). The allelopathic efficiency of *Eruca sativa* seed powder in controlling orobanche crenata infected *Vicia faba* cultivars, *Bulletin of the National Research Centre 43*(37): 2-8. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0079-9.
7. Gad El-Rokiek, K., Saad El-Din, S.A., Adel El-Wakeel, M., El-Sayed El-Awadi, M., & Gergis Dawood, M. (2019). Allelopathic potential of the pea seed powder as natural herbicide for controlling weeds infested wheat plants, *Bulletin of the National Research Centre 43*(193): 2-9. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0248-x.
8. Hua Q., Liu Y.G., Yan Z.L., Zeng G.M., Liu Sh.B., Wang W.J., Tan X.F., Deng J.Q., Tang X., and Wang Q.P. 2018. Allelopathic effect of the rice straw aqueous extract on the growth of *Microcystis aeruginosa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 148: 953-959. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.049.
9. Ismael Klein, M., Biondo, E., Kolchinki, E.M., & Sant Anna, V. (2017). Allelopathic effect of aqueous extracts from agro-industrial residues of pecan nut [*Carya illinoinensis*, *Revista Eletrônica Científica da Uergs 3*(3): 495-507. https://doi.org/10.21674/2448-0479.33.495-507.
10. Paravar, A., Maleki Farahani, S., & Rezazadeh, A.R. (2016). Evaluation of the allelopathic properties effect of two medicinal plant, *Lallemantia royleana* and *Echinacea angustifolia* extracts on germination and early seedling growth of *Sinapis arvensis* and *Avena fatua*, *Iranian Journal of Seed Science and Research 3*(2): 41-52. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763780.1395.3.2.4.0.
11. Paravar, A., Maleki Farahani, S., Sadeghi, R., & Eisanejad, N.S. (2018). Effect of plants allelopathic on germination, biochemical and enzymic activity of weeds, *Iranian Journal of Seed Science and Research 7*(1): 15-26. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22124/jms.2020.4268.
12. Rasouli M., Hatamzadeh A., Ghasemnezhad M. and Samizadeh Lahiji H. 2017, The increase of salinity tolerance of three turf grass species using trinexapac-ethyl, *Nova Biologica Reperta 4*(1): 28-37. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.21859/acadpub.nbr.4.1.29.
13. Saberi, M., Tavili, A., & Miri, M. (2015). Investigation the effects of different levels of gibberellic and salicylic acid on improvement of germination indices of *Festuca arundinacea* under stress with allelopathic compound. *Journal of Natural Environment 67*(4): 415-524. (In Persian). https://jne.ut.ac.ir/article_53070_69.
14. Sharif, D., Mazaheri, M., & Zehzad, B. (1993) (ed.) *Ground Covers*, Publications of the Parks and Green Space Organization of the City, Tehran.
15. Siyar S., Majeed A., Muhammad Z., Ali H., and Inayat N. 2018. Allelopathic effect of aqueous extracts of three weed species on the growth and leaf chlorophyll content of bread wheat. *Acta Ecologica Sinica 39*(1): 63-68. https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.05.007.
16. Ummings, J.A., Parker, I.M., & Gilbert, G.S. (2012). Allelopathy: a tool for weed management in forest restoration. *Plant Ecology* 213: 1975-1989. https://doi.org/10.1007/s11258-012-0154-x.
17. Valera-Burgos, J., Dı´az-Barradas, M.C., & Zunzunegui, M. (2012). Effects of *Pinus pinea* litter on seed germination and seedling performance of three Mediterranean shrub species. *Plant Growth Regulation* 66: 285-292. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9652-4.
18. Vaseghi, A., Davazdahemami, S., & Asadi Karam, E. (2017). Investigating the effect of various sources of production and concentration of allelochemical materials of *Fraxinus excelsior* L. on *Plantago lanceolata* and *Eruca sativa* Plants with an emphasis on deterrence index. *Journal of Plant and Ecosystem 13*(50): 79-133. (In Persian with English abstract)
19. Zheljazkov, V.D., Jeliazkova, E.A., & Astatkie, T. 2021. Allelopathic effects of essential oils on seed germination of barley and wheat, *Plant 10*(2728): 1-15. https://doi.org/10.3390/plants10122728.

20. Zubay, p., Kunzelmann, J., Ittze´s, A., Za´mborine´, N., & Szabo, K. (2021). Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on germination of temperate zone cultivated medicinal and aromatic plants, *Agroforest System* 95:43-442. https://doi.org/10.1007/s10457-020-00572-9.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 47-62

Allelopathic Effects of Chinaberry, Silk Tree and Iranian Pine on some Growth Traits of *Lolium prene* and *Festuca arundinaceae*

N. Alavi Dehkharghani[1], S.H. Nemati[2]*, S.M. Zargarian[3]

Received: 30-05-2021
Revised: 31-01-2022
Accepted: 27-11-2022
Available Online: 27-11-2022

How to cite this article:
Alavi Dehkharghani, N., Nemati, S.H., & Zargarian, S.M. (2023). Allelopathic effects of chinaberry, silk tree and Iranian pine on some growth traits of *Lolium prene* and *Festuca arundinaceae*. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 47-62. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.70688.1057

Introduction

As the population grows and cities expand, the demand for more green spaces has also increased. Grass is widely recognized as one of the most important ground covers in the world. However, the development of green spaces is hindered by a severe shortage of water resources and challenges associated with managing and maintaining grass. The composition of trees and plants may cause to inhibitory or stimulation effects on crops, called allopathic effects. Therefore, understanding the allopathic effects is important to determine appropriate methods of cultivation and product management to prevent interference of allopathic substances in the growth and production of products.

Materials and Methods

This study was performed in two separate experiments as a factorial based on completely randomized design at Ferdowsi University of Mashhad. In the first experiment, the effect of three different levels of plant residue powder (zero, 0.46 and 1 g) of three types of trees (Pine, Silk and Chinaberry) on germination and growth of *Lolium prenne* and *Festuca arundinaceae* grasses with four replications in the greenhouse was investigated. The second experiment, the effect of 5 ml of aqueous extract prepared from plant residues of the mentioned trees on germination and growth of the mentioned grasses in three replications in the laboratory was investigated. At the end of both experiments, some of morophology traits (weight, length, germination index) were measured. Minitab software was used to analyze the data obtained from both experiments.

Results and Discussion

According to the analysis of variance table of the first experiment, the results show that the simple effect of grass treatment on plant and root length, fresh weight, germination percentage and rate are significantly different. In the simple effect of treatment the quantity of plant residues, all traits have a significant difference. Also, in the simple effect of treatment of plant residue kind, plant length, root length, fresh and dry weight, germination percentage and rate were significantly different. Interaction grass and the quantity of plant residues treatment and the interaction of grass and kind of plant residues treatment, all measured traits had a significant difference. The interaction triple treatments plant length, root length, dry weight, germination percentage and rate differences were observed. Therefore, in the interaction triple treatments, the most and least plant lengths were observed related to the treatment of Lolium grass with 0.46 gr of Pine residue powder and the treatment of Festuca with 1 gr of Chinaberry residue powder. Also, the most and least root lengths were related to Lollium grass with 0.46 gr of Pine plant residue powder and Festuca grass with 1 gr of Pine plant residue powder. In the triple of dry weight the most amount was related to Festuca with 1 gr of Chinaberry residue powder and the least was related to Lolium control. The most and least germination percentages belonged to the control Festuca and lollium with 0.46 gr of pine plant residue powder respectively, and in the trait of germination rate, the most amount belonged to the control Festuca and the least to the control lollium has been observed. The results of the

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Associate Professor and Ph.D. in Horticultural Science, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: nemati@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.70688.1057

second experiment demonstrated a significant difference in all measured traits including grass treatment, plant length, fresh and dry weight, germination percentage and rate, and simple effect of plant extract. Moreover, the interaction of grass treatment and plant residue extract showed significant differences in root length, plant length, fresh weight, dry weight, and germination rate and percentage. Comparison of the mean interaction of grass treatment and type of plant residues revealed that the control Festuca had the highest plant length, while Lolium with Silk residue extract had the lowest. The longest and shortest root lengths were observed in control Lolium and Lolium with Silk residues, respectively. The highest and lowest fresh weight were recorded in Lolium control and Lolium grass along with Silk residue extract, respectively. For the dry weight trait, the highest amount was related to the treatment of Lolium grass with pine residue extract, while the lowest dry weight was observed in Festuca grass and Lolium grass with Silk residue extract. In terms of the germination percentage trait, control Festuca and Festuca with pine residue extract had the highest germination percentage, while Lolium with Chinaberry residue extract and Lolium with Silk residue extract had the lowest. The most and least germination rates belonged to Festuca control and Lolium with Chinaberry residue extract. From these discussions, it can be concluded that the allelchemicals in the powder extract of plant residues have had a significant effect on the yield of these two grasses and have reduced growth and germination. Decreased germination due to allelopathic stress can be due to different abnormalities in metabolic activity, seed saturation potential, death of some dividing cells and embryonic abnormalities.

Conclusion

Based on the results of both experiments, it can be concluded that Chinaberry and Silk trees have a stronger allelopathic effect compared to Pine. Additionally, the performance of both grasses in response to residues and extracts containing allelochemicals was slightly different. For instance, in the second experiment, the impact of Chinaberry extract reduced plant length by 28%, root length by 89%, dry weight by 16%, germination percentage by 75%, and germination rate by 85% compared to the Festuca control treatment. Similarly, the effect of Chinaberry extract on Lolium grass resulted in a 96% reduction in plant growth, 97% reduction in root length, 98% reduction in wet weight, 50% reduction in dry weight, 89% reduction in germination percentage, and 89% reduction in germination rate compared to the Lollium control treatment.

Keywords: Aqueous extract, Grass quality, Green space, Index germination, Plant residue powder

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص.۶۲-۴۷

تاثیرات آللوپاتیک زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد چمن لولیوم و فستوکا

نرمین علوی[۱]- سید حسین نعمتی[۲*]- سید مجید زرگریان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶

چکیده

فضای سبز یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هر شهر و مکانی می‌باشد که نیازمند شناخت دقیق ویژگی‌های گیاه مورد استفاده و انتخاب و ترکیب صحیح گونه‌های گیاهی با یکدیگر است. یکی از ویژگی‌هایی که باید مورد توجه قرار گیرد، اثرات آللوپاتیک گیاه بر روی گیاهان مجاور خود می‌باشد. در این پژوهش به بررسی اثرات آللوپاتیک درختان گل‌ابریشم، زیتون‌تلخ و کاج بر جوانه‌زنی و رشد دو گونه چمن لولیوم و فستوکا پرداخته شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. بقایای گیاهی درختان جمع‌آوری و خشک شده و طی دو آزمایش جداگانه به‌صورت پودر بقایای گیاهی و عصاره آبی مورد استفاده قرار گرفت. تیمارهای آزمایش اول شامل دو نوع چمن (فستوکا و لولیوم)، سه سطح پودر بقایای گیاهی (صفر (شاهد)، ۰/۴۶ و ۱ گرم) از سه درخت (زیتون‌تلخ، کاج و گل‌ابریشم) در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل دو نوع چمن (فستوکا و لولیوم) و چهار سطح عصاره آبی بقایای گیاهی (شاهد، زیتون‌تلخ، کاج و گل‌ابریشم) در سه تکرار اجرا شد. در هر دو آزمایش صفات طول گیاه و ریشه، وزن تر و خشک کل گیاهچه، درصد و سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش اول نشان داد که تیمار شاهد در صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاه و ریشه بهترین عملکرد را داشته و در صفات وزن تر و خشک بیشترین عملکرد مربوط به زمانی بوده که از بقایای درخت کاج به میزان ۱ گرم استفاده شده بود. همچنین نتایج آزمایش دوم حاکی از آن است که در همه‌ی صفات اندازه‌گیری شده تیمار شاهد بهترین عملکرد را داشته است به‌نحوی‌که بیشترین وزن تر و خشک، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاه و ریشه در تیمار شاهد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پودر بقایای گیاهی، کیفیت چمن، شاخص جوانه‌زنی، عصاره آبی، فضای سبز

مقدمه

با افزایش جمعیت و گسترش شهرها نیاز به گسترش فضای سبز نیز افزایش یافته است. یکی از ارکان اصلی فضای سبز، گیاهان پوششی می‌باشند و چمن یکی از مهم‌ترین گیاهان پوششی جهان محسوب می‌شود (Rasouli *et al*., 2017). چمن‌ها از گیاهان تک‌لپه و از خانواده گندمیان هستند که دارای طیفی از رنگ‌های سبز و شکل یکنواخت برگ می‌باشند (Sharif *et al*., 1993). چمن‌ها مهم‌ترین گیاهان پوششی با قدرت پاخوری بالا هستند که در زمین‌های ورزشی و فضای سبز کاربرد وسیعی دارند و به‌ندرت می‌توان جایگزینی برای آن‌ها در فضای سبز پیدا کرد (Ashraf *et al*., 2018). این گیاهان بیشترین نقش را در تصفیه و کاهش آلودگی هوا در محیط‌های شهری بر عهده دارد چمن‌ها در کنترل فرسایش بادی و آبی موثرند و سبب جذب گرد و خاک و افزایش اکسیژن هوا می‌گردند. در هیچ‌یک از شهرهای بزرگ کشور امکان توسعه فضای سبز در حد استانداردهای مطلوب جهانی به‌راحتی وجود ندارد. ازجمله عوامل محدودکننده در توسعه فضای سبز کمبود شدید منابع آب و مشکلات مربوط به مدیریت و نگهداری چمن‌ها است (Rasouli *et al*., 2017).

ترکیبات درختان و گیاهان ممکن است منجر به اثرات بازدارندگی یا تحریک در محصولات شود (Paravar *et al*., 2018) که به آن

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دکتری علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: nemati@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.70688.1057

اثرات آللوپاتیک[1] گفته می‌شود. آللوپاتی در گیاهان یا یک برهمکنش مفید یا مضر مبنی بر اثرات متقابل بین گیاهان است که بیشتر به آزادسازی آللوشیمیایی‌ها مربوط می‌شود. پدیده آللوپاتی اغلب تداخل یک گونه گیاهی با جوانه‌زنی، رشد و تکوین سایر گونه‌های گیاهی است (Zheljazkov, Jeliazkova and Astatkie, 2021). ترکیبات آلوپاتیک با ایجاد اختلال در رشد و نمو گیاهان و فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی آن‌ها باعث اختلال در عمل جذب عناصر غذایی، فتوسنتز، تنفس، سنتز پروتئین‌ها، رنگیزه‌ها و ... می‌شود (Saberi, Tavili and Miri, 2015). مشخص شده است که بخش‌های مختلف یک گیاه دارای پتانسیل آللوپاتیک متفاوتی هستند (Ashraf and Ali, 2008)؛ به‌طوری‌که تمام اندام‌های گیاهان حاوی مواد دگرآسیبی است؛ ولی برگ‌ها و ریشه‌ها از مهم‌ترین منابع تولیدکننده ترکیبات دگرآسیبی می‌باشند (Ataei *et al*., 2019). مطالعات نشان می‌دهد که یک گونه گیاهی معرفی شده در یک محیط جدید ممکن است اثرات آللوپاتیک شدیدی روی گونه‌های گیاهی همسایه داشته باشد، حتی اگر این اثرات مشابه را در گونه‌های موجود در محدوده بومی خود نشان ندهد (Ummings, Parker and Gilbert2012 ,). درک اثرات آللوپاتیک برای تعیین روش‌های مناسب پرورش و مدیریت محصولات برای جلوگیری از تداخل مواد آللوپاتیک در رشد و تولید محصولات امری مهم است (Carvalho *et al*., 2015). در مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر آللوپاتیک درخت گردو و درخت صنوبر بر جوانه‌زنی گیاهان دارویی و معطر کشت شده در یک منطقه معتدل بود نتایج نشان داد که اثر آللوپاتیک ممکن است در مراحل اولیه، جوانه‌زنی را دچار مشکل کند. همچنین ثابت شد که خشخاش و گلپر گیاهان حساس به اثرات آللوپاتیک هستند (Zubay *et al*., 2021). در بررسی اثر درخت کاج بر جوانه‌زنی و عملکرد گونه گیاه بوته‌ای مدیترانه‌ای نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذر همه گونه‌ها تحت تاثیر عصاره‌های آبی درخت کاج مهار شدند و در هنگام استفاده از عصاره با غلظت بیشتر، میزان بازدارندگی بیشتر بوده است (Valera and Hua *et al*., 2018;Barradas and Zunzunegui, 2012). هوا و همکاران (*al*., 2018) گزارش نمودند که عصاره آبی کاه و کلش برنج با غلظت ۴ تا ۱۰ گرم بر لیتر فعالیت متابولیکی سلول‌های جلبکی را کاهش می‌دهد و باعث اختلال در رشد جلبک‌ها می‌شود.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته در مورد اثرات مختلف آللوپاتی اما هنوز هم اطلاعات کمی در این مورد در دست است به‌خصوص در زمینه فضای سبز که به این امر مهم خیلی پرداخته نشده است. هدف از این مطالعه تعیین اثرات آللوپاتیک درختان زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد دو گونه چمن *Lolium prene* و *Festuca arundinaceae* بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات آللوپاتیک درختان زیتون‌تلخ، گل‌ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد دو گونه چمن *Lolium prene* و *Festuca arundinaceae* تحقیقی در قالب دو آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

در آزمایش اول تاثیر سه سطح پودر بقایای گیاهی بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌های لیلیوم و فستوکا در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت، تیمارهای نوع بقایای گیاهی شامل زیتون تلخ، گل ابریشم و کاج و تیمارهای مقدار پودر بقایای گیاهی شامل صفر (شاهد)، ۰/۴۶ و ۱ گرم انتخاب شد؛ و در آزمایش دوم تأثیر عصاره آبی تهیه شده از نوع بقایای گیاهی شامل زیتون تلخ، گل ابریشم و کاج بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌های نام‌برده در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت، تیمارهای عصاره آبی شامل صفر (شاهد)، ۵ میلی‌لیتر عصاره آبی درخت کاج، گل ابریشم و زیتون تلخ و دو نوع چمن لولیوم و فستوکا انتخاب شده است.

در آزمایش اول برگ درختان گل‌ابریشم، کاج و برگ و میوه درخت زیتون تلخ جمع‌آوری و خشک شدند. سپس این بقایا پودر و در بسته‌های ۰/۴۶ و ۱ گرمی بسته‌بندی شدند. گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۴ سانتی‌متر با نسبت ۱:۱:۱ ماسه، کود دامی و خاک باغچه برای کشت چمن‌ها آماده شدند. پودر بقایای گیاهی در دو سطح ۰/۴۶ و ۱ گرم در عمق یک سانتی‌متری با خاک مخلوط شده و سپس کاشت بذور صورت گرفت. همچنین تیمار شاهد عاری از هرگونه پودر بقایای گیاهی بود. برای هر گلدان ۱۰۰ عدد بذر در نظر گرفته شد که به‌طور منظم آبیاری می‌شدند. شمارش تعداد بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه انجام گرفت و این روند تا ۲۵ روز ادامه پیدا کرد.

در انتهای آزمایش به‌صورت تصادفی گیاهچه‌هایی انتخاب شده و طول ریشه و ساقه‌ی آن‌ها با استفاده از خط‌کش میلی‌متری و همچنین وزن تر و خشک کل گیاهچه‌های هر گلدان با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در داخل فویل آلومینیومی در دستگاه آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفته و خشک شدند.

در آزمایش دوم از پودر بقایای گیاهی تهیه شده به نسبت ۱:۱۰ به‌منظور عصاره‌گیری استفاده گردید. برای تهیه عصاره آبی از بقایای درختان، ۳۰ گرم پودر با ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل بالن ترکیب شده و به مدت ۲۴ ساعت در داخل دستگاه شیکر قرار گرفت. پس از شیک شدن مواد به مدت لازم، مخلوط مورد نظر با کمک قیف بوخنر و پمپ خلأ صاف گردید. بعد از تهیه عصاره‌ها در داخل هر پتری با قطر ۸ سانتی‌متر ۱۰ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار گرفتند و ۵ میلی-

1- Allelopathic

لیتر عصاره در داخل هر پتری ریخته شد. روند شمارش جوانه‌زنی روزانه به مدت ۲۵ روز انجام شد. معیار جوانه‌زنی خروج ۲ میلی‌متر ریشه‌چه از داخل بذر در نظر گرفته شد. در انتهای آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ها به‌وسیله‌ی خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شدند. وزن تر و خشک هر گیاهچه با کمک ترازوی ۰/۰۰۰۱ به دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، گیاهچه‌ها در داخل فویل آلومینیومی در دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند.

درصد جوانه‌زنی (GP) و سرعت جوانه‌زنی (GR) به ترتیب از معادله ۱ و ۲ به دست آمد

$$\%GP = \frac{\sum G}{N} \times 100 \quad (1)$$

$$GR = \sum \frac{Ni}{Di} \quad (2)$$

G: تعداد بذور جوانه‌زده، N: تعداد کل بذور، Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روزهای شمارش شده و Di: تعداد روز پس از شروع آزمایش.

تجزیه آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Minitab و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول: تأثیر پودر بقایای گیاهان بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌ها

طول گیاه

نتایج جدول ۱ نشان داد که اثرات ساده و متقابل (دوگانه و سه‌گانه) تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. در رابطه با اثر ساده چمن، بیشترین و کمترین طول گیاه به ترتیب مربوط تیمار لولیوم و فستوکا بود. همچنین در مورد اثر ساده مقدار بقایای گیاهی، بیشترین طول گیاه در تیمار شاهد و کمترین در تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی مشاهده شد. در ارتباط با اثر ساده نوع بقایای گیاهی نیز بیشترین طول گیاه مربوط به تیمار زیتون‌تلخ و کمترین مربوط به تیمار ابریشم بود. در تیمار اثر متقابل چمن و مقدار بقایای گیاهی، بیشترین طول گیاه مربوط به تیمار شاهد فستوکا و کمترین طول گیاه مربوط به تیمار چمن فستوکا با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی بود (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پودر بقایای گیاهی مختلف بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 1- ANOVA (mean squares) for the effect of different plant residue powder on morphological traits and germination of the two grass species

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	طول گیاه Plant length	طول ریشه Root length	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
چمن Grass (G)	1	3094.22**	3458.35**	0.054ns	0.027**	58824.50**	440.451**
مقدار بقایای گیاهی Quantity of plant residues (Q)	2	1302.76**	853.29**	0.218**	0.024**	340.20**	1.04**
نوع بقایای گیاهی Kind of Plant residue (K)	2	484.43**	281.79*	0.293**	0.133**	469.60**	2.78**
G× Q	2	3835.60**	1323.35**	0.633**	0.168**	840.20**	4.78**
G× K	2	392.01**	324.35**	0.120**	0.007**	373.00**	2.42**
Q×K	4	375.81**	115.27ns	0.086**	0.004*	240.70**	0.87**
G×Q×K	4	221.26**	167.66*	0.043ns	0.008**	127.00**	0.66**
خطای آزمایش Error	54	51.02	62.39	0.020	0.001	22.80	0.11

ns ,*, ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, significant at the 5% and 1% of probability level, respectively. *,**

همچنین در بین اثرات متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی بیشترین طول گیاه مربوط به تیمار چمن لولیوم همراه با پودر بقایای درخت گل‌ابریشم و کمترین طول گیاه مربوط به چمن فستوکا به همراه پودر بقایای درخت گل‌ابریشم بوده است (جدول ۳). طبق جدول ۴، بیشترین طول گیاه چمن مربوط به تیمار بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به مقدار ۰/۴۶ گرم و کمترین مربوط به تیمار بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ به مقدار یک گرم نشان داده شد. در بین اثرات متقابل سه‌گانه طبق شکل ۱، بیشترین طول گیاه به میزان ۹۴/۲۵ میلی‌متر مربوط به تیمار چمن لولیوم با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به میزان ۰/۴۶ گرم و کمترین طول گیاه به میزان ۳۲/۵۰ میلی‌متر مربوط به تیمار چمن فستوکا با یک گرم پودر بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ مشاهده شد.

طول ریشه

طبق جدول ۱ نتایج نشان داد که صفت طول ریشه در اثر ساده تیمار چمن، اثر ساده تیمار مقدار بقایای گیاهی، اثر متقابل تیمارهای چمن و مقدار و اثر متقابل چمن و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است و اثر ساده نوع بقایای گیاهی و اثر سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است؛ اما اثر متقابل دوگانه‌ی مقدار و نوع بقایای گیاهی در صفت طول ریشه معنی‌دار نشد. در مورد اثر ساده‌ی چمن، بیشترین و کمترین طول ریشه را در تیمار لولیوم و فستوکا شاهد بودیم. همچنین در ارتباط با اثر ساده مقدار بقایای گیاهی، بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد و کمترین مربوط به تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی بود. در جدول ۲ بیشترین طول ریشه با اختلاف کم به‌طور مشترک مربوط به تیمار شاهد فستوکا و شاهد لولیوم و کمترین طول ریشه مربوط به تیمار چمن فستوکا با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی می‌باشد. همچنین بیشترین طول ریشه در بین تیمارهای چمن و نوع بقایای گیاهی مربوط به تیمار چمن لولیوم با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به طول ۵۵/۳۳ میلی‌متر و کمترین نیز مربوط به چمن فستوکا به همراه پودر بقایای درخت گل‌ابریشم به طول ۳۳/۸۳ میلی‌متر هست (جدول ۳). طبق جدول ۴ بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد بوده و کمترین طول ریشه به تیمار بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ به مقدار یک گرم اختصاص دارد. با توجه به شکل ۱ بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب مربوط به تیمارهای چمن لولیوم با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به میزان ۰/۴۶ گرم به طول ۶۱/۵۰ میلی‌متر و چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به مقدار یک گرم به طول ۲۰/۵۰ شده است.

وزن تر

اثر ساده تیمار مقدار و نوع بقایای گیاهی و اثرات متقابل چمن و مقدار بقایای گیاهی، چمن و نوع بقایای گیاهی، مقدار و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند؛ اما اثر ساده تیمار چمن و اثر متقابل سه‌گانه‌ی تیمارها در این صفت معنی‌دار نشدند (جدول ۱). در اثر ساده‌ی چمن، اختلاف معنی‌داری بین چمن فستوکا و لولیوم مشهود نبود. در مورد مقدار بقایا گیاهی بیشترین وزن تر به تیمار ۰/۴۶ گرم پودر بقایای گیاهی اختصاص داشت؛ اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شاهد و یک گرم پودر بقایای گیاهی وجود نداشت. در اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین وزن تر در تیمار کاج و کمترین در تیمار ابریشم مشاهده شد. در جدول ۲ بیشترین وزن تر مربوط به تیمار چمن لولیوم با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی به میزان ۱/۶۰۵ گرم و کمترین وزن تر نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم به میزان ۱/۱۳۰ گرم بود. با توجه به جدول ۳ در بین اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی بیشترین وزن تر به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج اختصاص داشت و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن فستوکا به همراه پودر بقایای درخت گل‌ابریشم بود. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر چمن در بین اثرات متقابل تیمار مقدار و نوع بقایای گیاهی مربوط به تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک گرم و کمترین نیز مربوط به تیمار بقایای گیاهی درخت گل‌ابریشم به مقدار ۰/۴۶ گرم است (جدول ۴).

وزن خشک

در صفت وزن خشک چمن اثر متقابل مقدار و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شد و بقیه‌ی تیمارها در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). در رابطه با اثر ساده‌ی چمن، بیشترین وزن خشک مربوط به فستوکا و کمترین مربوط به لولیوم بود. همچنین در مورد اثر ساده‌ی مقدار بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین وزن خشک مربوط به تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی و شاهد بود. در اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی نیز بیشترین و کمترین وزن خشک به تیمار کاج و ابریشم اختصاص داشت. بیشترین وزن خشک چمن در بین اثر متقابل تیمار چمن و مقدار بقایای گیاهی مربوط به تیمار چمن فستوکا با مقدار یک گرم پودر بقایای گیاهی و کمترین وزن خشک نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم بوده است (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج و کمترین نیز مربوط به چمن لولیوم به همراه پودر بقایای زیتون‌تلخ است. بیشترین وزن خشک چمن در بین اثرات متقابل تیمارهای مقدار و نوع بقایای گیاهی به تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک

گرم و کمترین نیز به تیمار شاهد اختصاص دارد (جدول ۴). اثرات سه‌گانه‌ی تیمارها در شکل ۲ نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار چمن فستوکا با یک گرم پودر بقایای گیاهی درخت زیتون‌تلخ (۰/۳۲۵ گرم) و کمترین وزن خشک نیز مربوط به تیمار شاهد چمن لولیوم (۰/۱۵۰ گرم) بوده است.

درصد جوانه‌زنی

اثرات ساده و متقابل همه‌ی تیمارها در صفت درصد جوانه‌زنی بذر چمن در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). در مورد اثر ساده‌ی چمن، بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به فستوکا و لولیوم بود. در رابطه با اثر ساده‌ی مقدار بقایای گیاهی نیز بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد و یک گرم پودر بقایای گیاهی اختصاص داشت. همچنین در بررسی اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر چمن در تیمار کاج و کمترین در تیمار ابریشم مشاهده شد. در بین تیمارهای اثر متقابل چمن و مقدار بقایای گیاهی بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد فستوکا به میزان ۹۴ درصد و کمترین نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم به میزان ۲۵ درصد مشاهده شد (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج حاکی از آن است که بیشترین درصد جوانه‌زنی به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج و کمترین به تیمار چمن لولیوم به همراه پودر بقایای زیتون‌تلخ اختصاص دارد. طبق جدول ۴ تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک گرم بیشترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۶۲ درصد و تیمار پودر بقایای ابریشم به مقدار یک گرم کمترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۴۱/۶۲۵درصد را به خود اختصاص داده است. همچنین اثرات سه‌گانه نیز در شکل ۳ نشان می‌دهد که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد فستوکا به میزان ۹۴درصد و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن لولیوم به همراه پود بقایای درخت کاج به مقدار ۰/۴۶ گرم به میزان ۲۴/۷۵٪ بوده است.

سرعت جوانه‌زنی

اثرات ساده و اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه‌ی همه‌ی تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در بررسی اثر ساده‌ی چمن، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در فستوکا و کمترین سرعت در لولیوم مشاهده شد. همچنین در ارتباط با اثر ساده‌ی مقدار بقایای گیاهی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی به تیمار شاهد و کمترین به تیمار یک گرم پودر بقایای گیاهی اختصاص داشت. در مورد اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار کاج و کمترین نیز مربوط به تیمار ابریشم بود. در جدول ۲ نتایج نشان می‌دهد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در بین تیمارهای چمن و مقدار پودر بقایای گیاهی مربوط به تیمار شاهد فستوکا و کمترین نیز مربوط به تیمار شاهد لولیوم می‌باشد. همچنین طبق جدول ۳ بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار چمن فستوکا با پودر بقایای گیاهی درخت کاج به میزان ۶/۶۲۱ (تعداد بذر در روز) و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن لولیوم همراه با پودر بقایای درخت گل‌ابریشم به میزان ۱/۱۹۳ (تعداد بذر در روز) است. در جدول ۴ نتایج نشان داد که تیمار پودر بقایای درخت کاج به میزان یک گرم بیشترین سرعت جوانه‌زنی و تیمار پودر بقایای ابریشم به مقدار یک گرم کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشته است. در بین اثرات سه‌گانه‌ی تیمارها، تیمار شاهد فستوکا با مقدار ۶/۹ (تعداد بذر در روز) بیشترین سرعت جوانه‌زنی و تیمار شاهد لولیوم با مقدار ۰/۹۶ (تعداد بذر در روز) کمترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴).

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که تیمار شاهد در صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی بهترین عملکرد را داشته و در صفات وزن تر و خشک بیشترین عملکرد مربوط به زمانی بوده که از بقایای درخت کاج به میزان ۱ گرم استفاده شده بود. همچنین در مورد صفات طول ریشه و طول گیاه می‌توان چنین بیان کرد که تیمار شاهد و تیمار ۰/۴۶ گرم اختلاف کمی داشتند و تقریباً در یک سطح قرار می‌گیرند. البته ممکن است با کم و زیاد کردن مقدار بقایای گیاهی و تغییر نوع آن، نتایج نیز تغییر کنند. در بررسی اثرات متقابل، در برخی موارد شاید چنین به نظر آید که خاصیت آللوپاتیک بقایای این درختان اثر چندانی بر رشد و جوانه‌زنی چمن نداشته است، درحالی‌که بررسی اثرات ساده نشان‌دهنده‌ی اثر منفی و بازدارنده‌ی آللوکمیکال‌های موجود در بقایای گیاهی بود. البته ممکن است به دلیل دخالت اثرات محیطی و یا یکسان نبودن آبیاری که منجر به آبشویی پودر بقایای گیاهی شده است، خطاهایی در آزمایش ایجاد شده باشد. در کل می‌توان چنین نتیجه گرفت که آللوکمیکال‌های موجود در پودر بقایای گیاهی درختان گل‌ابریشم، کاج و زیتون‌تلخ منجر به کاهش رشد و جوانه‌زنی این دو گونه چمن شدند و با افزایش مقدار پودر بقایای گیاهی، اثرات آللوپاتیک تشدید شد.

طبق مطالعات والرا–بورگوس و همکاران (Valera *et al.*, 2012) وجود مواد شیمیایی در خاک ممکن است توسط عوامل زیادی ایجاد شود. نوع خاک، تراکم برگ‌ها، میزان تجزیه مواد گیاهی، گونه‌های گیاهی همسایه، میزان بارندگی و pH خاک در تعیین وجود یا عدم وجود مواد آللوپاتیک در خاک و تعیین غلظت آستانه مواد آللوپاتیک تاثیرگذار بر گیاهان مجاور، موثر است. همچنین می‌توان گفت، ترکیبات آللوپاتیک فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و این ترکیبات ممکن است اثرات بازدارنده بر جوانه‌زنی و رشد دیگر گیاهان داشته باشند به‌طوری‌که ممکن است ترکیبات آللوپاتیک توقف شدید میتوزی در سلول‌های مریستمی را به همراه داشته باشد که باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Paravar *et al.*, 2016).

جدول ۲- اثر متقابل چمن×مقدار پودر گیاهی بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 2- The interaction effect of grass × amount of plant powder on the morphological and germination traits of two grass species

تیمارها Treatments		طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
فستوکا Festuca	0	72[a]	50[a]	1.55[a]	0.25[ab]	94[a]	6.90[a]
	0.46	43[d]	29.50[b]	1.311[b]	0.24[b]	82.50[b]	5.90[b]
	1	34.5[e]	24.83[b]	1.40[b]	0.271[a]	75[c]	5.68[b]
لولیوم Lolium	0	56[c]	47[a]	1.13[c]	0.150[c]	25[e]	0.96[d]
	0.46	68.75[ab]	49.08[a]	1.36[b]	0.235[b]	25.33[e]	1.22[cd]
	1	64.08[b]	49.83[a]	1.60[a]	0.26[ab]	29.66[d]	1.47[c]

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability leve based on LSD Test.

جدول ۳- اثر متقابل چمن×نوع بقایای گیاهی بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 3- The interaction effect of grass ×tType of plant residues on the morphological and germination traits of two grass species

تیمارها Treatments		طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
فستوکا Festuca	کاج Pine	50.42[c]	36.00[bc]	1.60[a]	0.28[a]	89.92[a]	6.62[a]
	زیتون‌تلخ Chinaberry	50.33[c]	34.50[c]	1.42[b]	0.27[a]	87.25[a]	6.46[a]
	گل ابریشم Albizia lebbeck	48.75[c]	33.83[c]	1.25[c]	0.21[bc]	74.33[b]	5.41[b]
لولیوم Lolium	کاج Pine	58.25[b]	49.25[a]	1.43[b]	0.24[b]	27.67[c]	1.25[c]
	زیتون‌تلخ Chinaberry	57.83[b]	41.33[b]	1.32[bc]	0.19[c]	26.08[c]	1.21[c]
	گل ابریشم Albizia lebbeck	72.75[a]	55.33[a]	1.35[bc]	0.21[bc]	26.25[c]	1.19[c]

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability leve based on LSD Test.

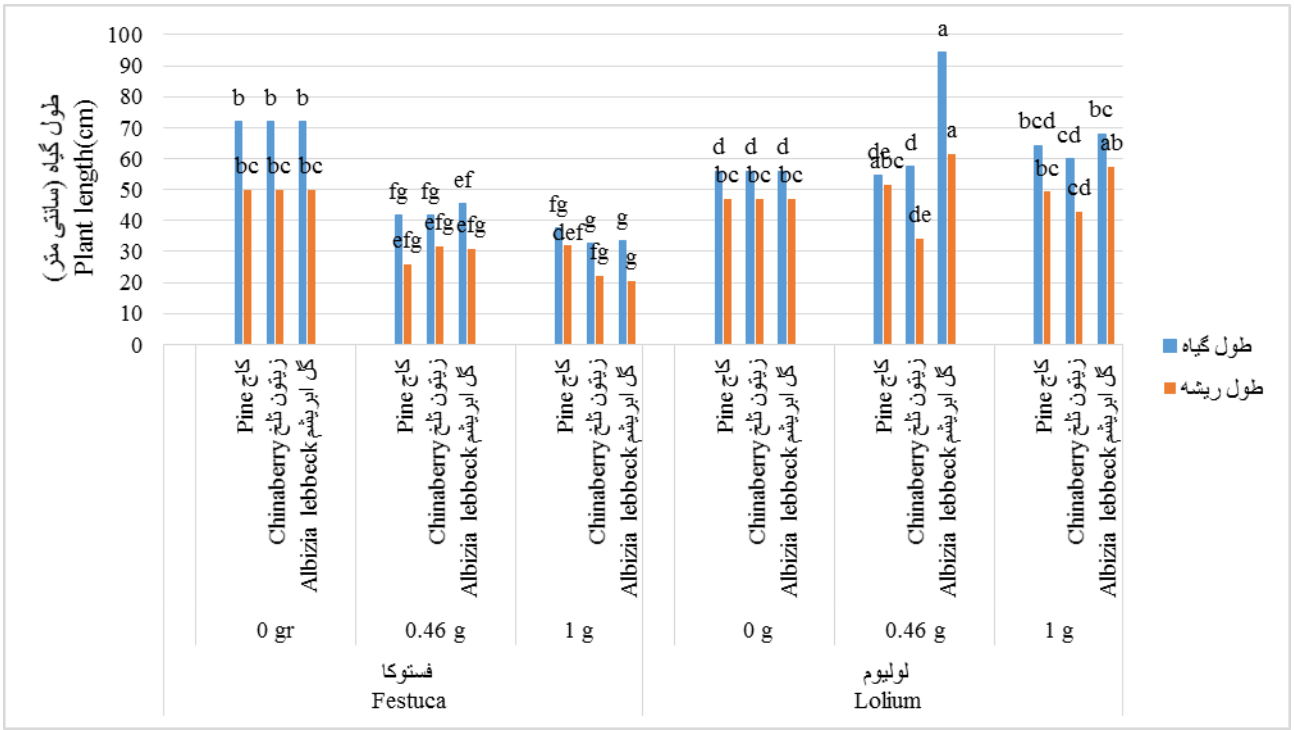
جدول ٤-اثر متقابل مقدار بقایای گیاهی×نوع بقایای گیاهی بر صفات مورفولوژیکی و جوانه‌زنی دو گونه چمن

Table 4- The interaction effect of plant residue amount ×type of plant residue on the morphological and germination traits of two grass species

تیمارها Treatments		طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
شاهد control		64.00^{a}	48.50^{a}	1.34^{c}	0.20^{b}	59.50^{ab}	3.93^{ab}
0.46 g	کاج Pine	48.12^{b}	38.75^{bcd}	1.49^{b}	0.28^{a}	54.87^{bc}	3.76^{b}
	زیتون‌تلخ Chinaberry	49.62^{b}	32.87^{cd}	1.28^{c}	0.22^{b}	57.12^{bc}	3.88^{ab}
	گل ابریشم Albizia lebbeck	69.87^{a}	46.25^{ab}	1.24^{c}	0.21^{b}	49.75^{d}	3.10^{c}
1 g	کاجPine	50.87^{b}	40.62^{abc}	1.71^{a}	0.30^{a}	62.00^{a}	4.11^{a}
	زیتون‌تلخ Chinaberry	46.25^{b}	32.37^{d}	1.49^{b}	0.27^{a}	53.37^{cd}	3.75^{b}
	گل ابریشم Albizia lebbeck	50.75^{b}	39.00^{bcd}	1.31^{c}	0.22^{b}	41.62^{e}	2.88^{c}

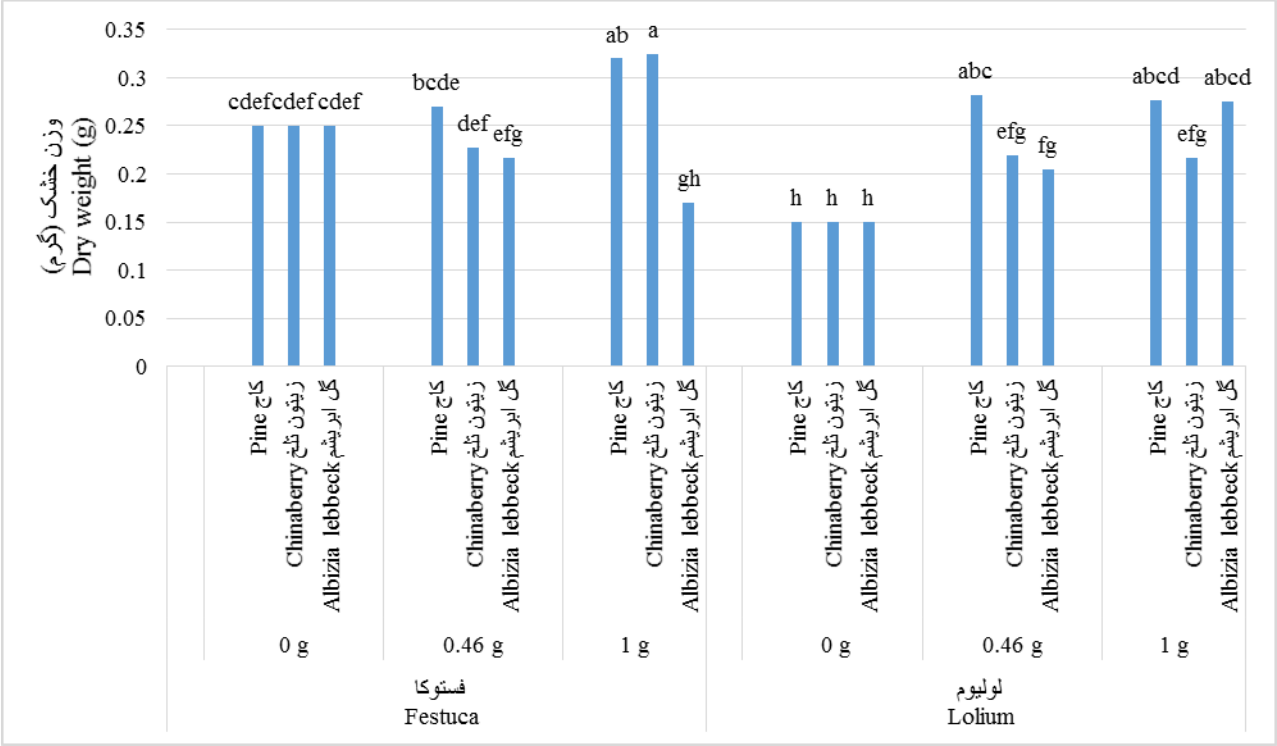
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the 5% of probability leve based on LSD Test.



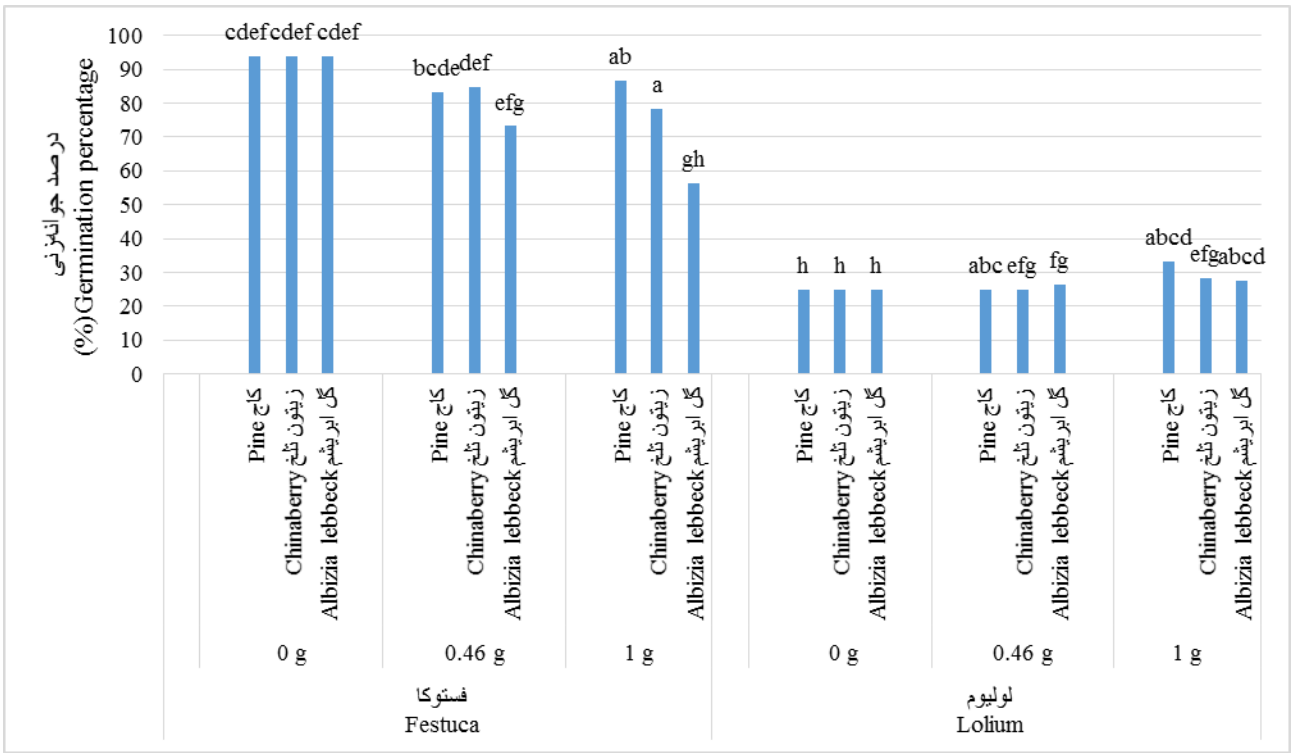
شکل ۱- اثر سه‌گانه تیمارهای مختلف بر صفات طول گیاه و طول ریشه دو گونه چمن

Figure 1- The triple effect of different treatments on plant and root length of two grass species (LSD, $p \leq 0.05$)



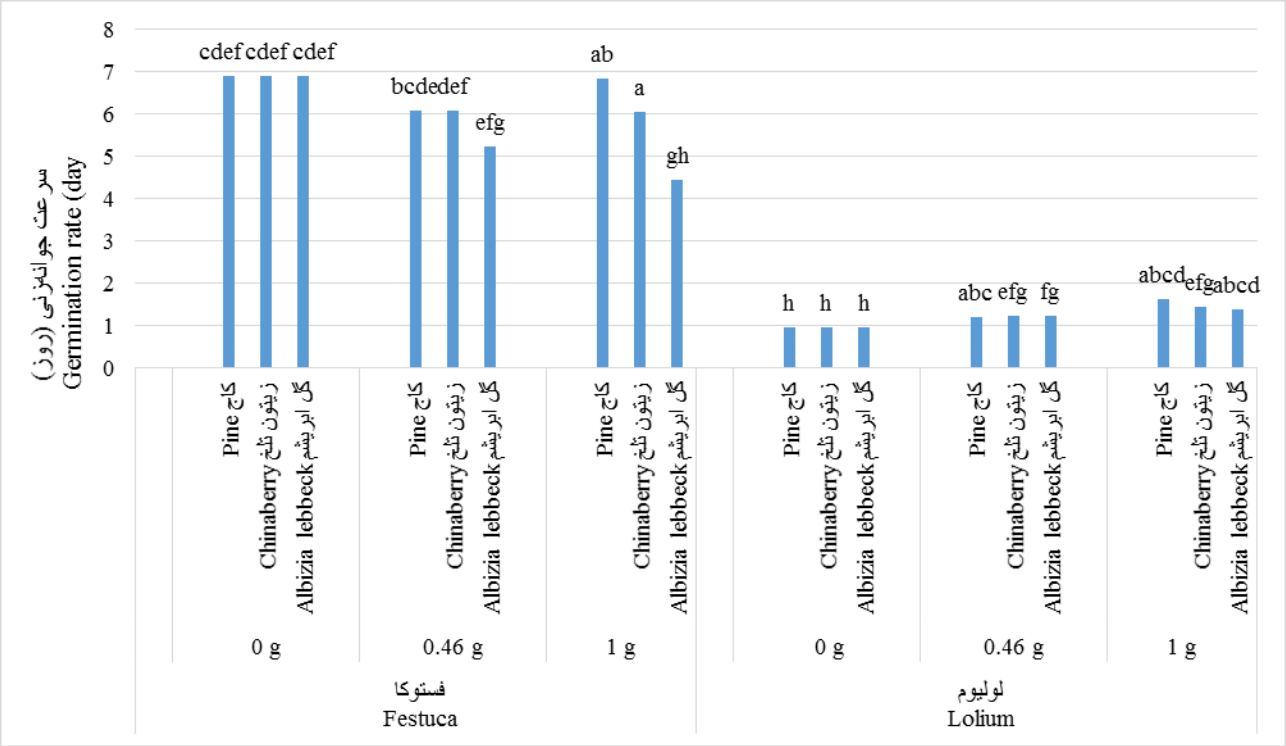
شکل ۲- اثرسه‌گانه تیمارهای مختلف بر صفت وزن خشک کل دو گونه چمن

Figure 2- The triple effect of different treatments on total dry weight of two grass species(LSD, $p\leq0.05$)



شکل ۳- اثر سه‌گانه تیمارهای مختلف بر درصد جوانه زنی بذر دو گونه چمن

Figure 3- The triple effect of different treatments on seed germination percentage of two grass species (LSD, $p\leq0.05$)



شکل ٤- اثر سه‌گانه تیمارهای مختلف بر سرعت جوانه زنی بذر دوگونه چمن

Figure 4- The triple effect of different treatments on seed germination rate of two grass species (LSD, $p \leq 0.05$)

صابری و همکاران (Saberi *et al.*, 2015) با بررسی اثر ترکیبات آللوپاتیک اکالیپتوس بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه‌چه‌های *Festuca arundinacea* به این نتیجه رسیدند که عصاره اکالیپتوس اثر آللوپاتیک بازدارنده بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌ها *Festuca arundinacea* دارد. با بررسی اثر مواد آللوپاتیک درخت زبان‌گنجشک بر دو گیاه بارهنگ و منداب نتایج نشان داد که درخت زبان‌گنجشک دارای اثر آللوپاتیک بازدارنده بر هر دو بذر بارهنگ و منداب دارد (Karam, Vaseghi, Davazdahemami and Asadi 2017). گاد الروکیک و همکاران (Gad El-Rokiek *et al.*, 2019) نیز نشان دادند که اثر آللوپاتی پودر گیاه نخود به مقدار ۱۰۰ گرم باعث کنترل ۸۰ تا ۷۰ درصد علف‌های هرز قناری می‌شود. در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر آللوپاتی پودر بذر گیاهان خردل و آب تره به همراه علف‌کش *Basamid* بر گیاه کنجد و سویا نتایج نشان داد که پودر بذر این دو گیاه به دلیل کنترل علف‌های هرز باعث افزایش عملکرد گیاهان کنجد و سویا شده است (Ahmed *et al.*, 2020). طبق مطالعات الدبا و همکاران (El-Dabaa *et al.*, 2019) نیز پودر دانه‌های گیاه منداب باعث کنترل گل جالیز گونه *Orobanche crenata* می‌شود.

آزمایش دوم: تأثیر عصاره آبی بقایای گیاهان بر جوانه‌زنی و رشد چمن‌ها

طول گیاه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده تیمار چمن و بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل این دو در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). در مورد اثر ساده‌ی چمن، بیشترین طول گیاه در چمن فستوکا و کمترین در چمن لولیوم بود. همچنین در بررسی اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین طول گیاه به تیمار شاهد و کمترین به تیمار گل ابریشم اختصاص داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از شکل ۵a بیشترین میانگین مربوط به اثر متقابل تیمار فستوکا شاهد و کمترین نیز مربوط به تیمار چمن لولیوم همراه با عصاره بقایای درخت گل‌ابریشم مشاهده شده است. این نتایج نشان می‌دهند که عصاره‌ی بقایای درختان گل‌ابریشم، کاج و زیتون‌تلخ تأثیر منفی در رشد ساقه چمن‌ها داشته است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای عصاره نوع بقایای گیاهی بر صفات مورفولوژی دو گونه چمن

Table 5- ANOVA (mean squares) for the effect of plant residue extract on the morphological traits of two grass species

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	طول گیاه Plant length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (day)
چمن Grass	1	1160.65**	0.28ns	0.0035**	0.000001*	7004.2**	2.45**
نوع بقایای گیاهی Kind of plant residue	3	467.87**	289.77**	0.0033**	0.000001**	3681.9**	1.29**
چمن×نوع بقایای گیاهی Grass × Kind of plant residue	3	176.88*	17.95**	0.0033**	0.000001*	1081.9*	0.78**
خطای آزمایش Erorr	16	34.04	1.10	0.000002	0.0000001	300.0	0.01

ns ,*, به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, significant at 1% and 5% of probability levels, respectively. ,**,*

طول ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده نوع بقایای گیاهی و اثر متقابل چمن و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند اما اثر ساده‌ی تیمار چمن در این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). در رابطه با بررسی اثر ساده‌ی چمن، اختلاف معنی‌داری بین چمن فستوکا و لولیوم وجود نداشت اما در مورد اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد و کمترین مربوط به تیمار ابریشم بود. تیمار چمن لولیوم شاهد با میانگین ۱۶/۱ میلی‌متر دارای بیشترین طول ریشه بود و کمترین طول ریشه مربوط به اثر متقابل تیمار چمن لولیوم همراه با بقایای درخت گل‌ابریشم با میانگین ۰/۴۳۳ میلی‌متر بوده است (شکل ۵b).

وزن تر

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که وزن تر در اثرات ساده تیمارها و اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشته است (جدول ۵). در بررسی اثر ساده‌ی چمن مشاهده کردیم که بیشترین وزن تر مربوط به لولیوم و کمترین مربوط به فستوکا می‌باشد. همچنین در رابطه با اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین وزن تر به تیمار شاهد و کمترین به تیمار ابریشم اختصاص داشت. نتایج مقایسه میانگین شکل ۵c نشان داد که وزن تر شاهد لولیوم با میانگین ۰/۱ گرم بیشتر از وزن تر چمن‌هایی بود که عصاره آبی بقایای گیاهی در آن‌ها استفاده شده بود، وزن تر تیمار چمن لولیوم همراه با عصاره بقایای درخت گل‌ابریشم با میانگین ۰/۰۰۲ گرم کمترین وزن تر را به خود اختصاص داده است.

وزن خشک

نتایج آنالیز واریانس حاکی از این بود که اثرات ساده تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است و اثر متقابل این دو تیمار در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵). در بررسی اثر ساده‌ی چمن مشاهده کردیم که بیشترین وزن خشک مربوط به لولیوم و کمتری مربوط به فستوکا می‌باشد. همچنین در ارتباط با اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین وزن خشک به تیمار کاج و کمترین به تیمار ابریشم اختصاص داشت. با توجه به شکل۵d، اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی بیشترین میانگین مربوط به تیمار چمن لولیوم به همراه عصاره آبی بقایای درخت کاج با میانگین ۰/۰۰۲ گرم است و کمترین وزن خشک به‌طور مشترک مربوط به تیمارهای چمن فستوکا به همراه عصاره آبی بقایای درخت گل‌ابریشم و چمن لولیوم همراه با عصاره بقایای درخت گل‌ابریشم است.

درصد جوانه‌زنی

طبق جدول ۵ اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار شده است. در مورد اثر ساده چمن، بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در چمن فستوکا و لولیوم مشاهده شد. همچنین در بررسی اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین

درصد جوانه‌زنی به تیمار شاهد و تیمار ابریشم اختصاص داشت. با توجه به شکل۵e، در بین اثرات متقابل تیمارها بیشترین درصد جوانه-زنی به‌طور مشترک مربوط به تیمارهای فستوکا شاهد و چمن فستوکا با عصاره آبی گیاه درخت کاج با میانگین ۸۰درصد مشاهده شد و کمترین درصد جوانه‌زنی نیز به‌طور مشترک مربوط به تیمارهای چمن لولیوم به همراه عصاره آبی زیتون‌تلخ و چمن لولیوم همراه با عصاره آبی درخت گل‌ابریشم مشاهده شده است.

سرعت جوانه‌زنی

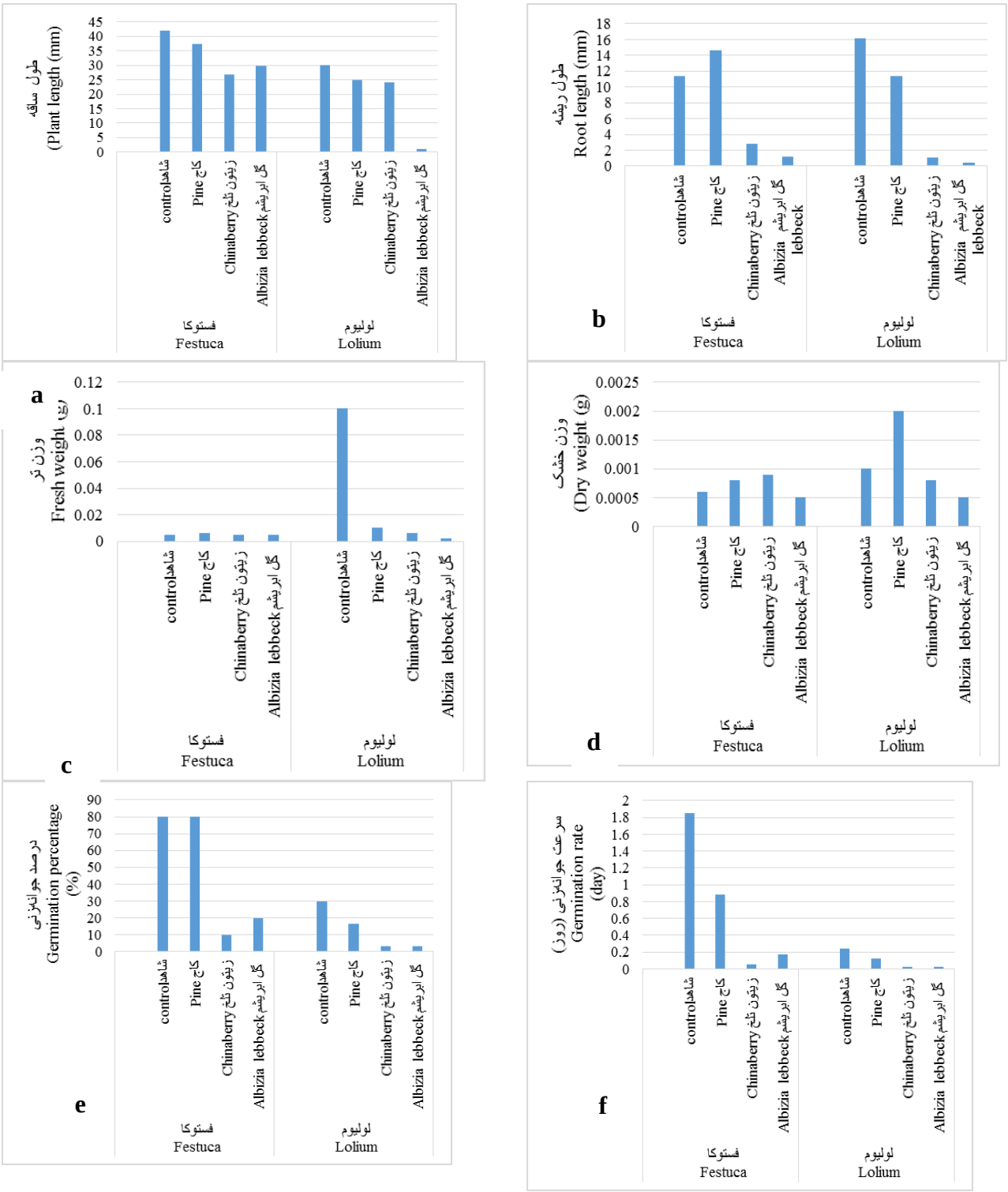
با توجه به نتایج آنالیز واریانس جدول ۵، اثر کلیه تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد داشتند. در بررسی اثر ساده چمن، بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به چمن فستوکا و کمترین مربوط به چمن لولیوم بوده است. همچنین در مورد اثر ساده‌ی نوع بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد و ابریشم بود. در اثر متقابل تیمار چمن و نوع بقایای گیاهی، بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به تیمار فستوکا شاهد با میانگین ۱/۸۵ و چمن لولیوم به همراه بقایای زیتون‌تلخ با میانگین ۰/۰۲ درصد بوده است (شکل 5f).

نتایج آزمایش دوم حاکی از آن است که در همه‌ی صفات اندازه‌گیری شده تیمار شاهد بهترین عملکرد را داشته است. به‌نحوی‌که بیشترین وزن تر و خشک، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول گیاه و ریشه در تیمار شاهد مشاهده شد. از این نتایج می‌توان چنین برداشت کرد که آللوکمیکال‌های موجود در عصاره‌ی پودر بقایای گیاهی اثر معنی‌داری بر عملکرد این دو گونه چمن داشته‌اند و منجر به کاهش رشد و جوانه‌زنی شده‌اند. کاهش جوانه‌زنی به دلیل تنش آللوپاتیک می‌تواند به دلیل ناهنجاری‌های مختلف در فعالیت‌های متابولیکی، پتانسیل اشباع بذرها، مرگ برخی از سلول‌های تقسیم کننده و ناهنجاری‌های جنینی باشد. اثرات آللوپاتیک باعث مهار شدید میتوز که در هسته و میتوکندری رخ می‌دهد، شده و ساختار سلولی را برهم می‌زند و قدرت جذب مواد معدنی و آب را کاهش می‌دهد که می‌تواند منجر به کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه شود. در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر آللوپاتی عصاره آبی اکالیپتوس بر بذر دو نوع چمن *Urochloa decumbens* و *Panicum maximum* نتایج نشان داد که غلظت ۵۰ و ۱۰۰ درصد عصاره برگ اکالیپتوس به‌شدت مانع جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها شده است (Carvalho *et al*., 2015). ارزیابی اثر عصاره آبی پوسته دانه‌های درخت کاج برزیلی و پوسته میوه درخت پی‌کان بر جوانه‌زنی گیاه کاهو نشان داد که هر دو عصاره آبی توانایی مهمی در مهار جوانه‌زنی بذرهای کاهو نسبت به شاهد، هنگام استفاده در تراکنش‌های حداکثر ۵ کیلوگرم در مترمکعب داشته است (Ismael *et al*., 2017). سیار و همکاران (Siyar *et al*., 2018) با بررسی اثر آللوپاتیک عصاره‌های آبی علف‌های هرز *Avena fatua*، *Melilotus officinalis* و *Polypogon hissaricus* بر عملکرد سه رقم گندم (Ata Habib، Pirsabaq و Serin) نشان دادند که Ata Habib حساس‌ترین رقم به تنش آللوپاتیک است. آزمایشی به‌منظور بررسی اثر آللوپاتی عصاره آبی گیاه سورگوم، اکالیپتوس، آفتابگردان و تنباکو بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی، بیوشیمیایی و آنزیمی دو علف هرز یولاف وحشی و خردل وحشی نتایج نشان داد که غلظت‌های متفاوت عصاره آبی سورگوم نسبت به دیگر عصاره آبی گیاهان اثر مهاری بیشتری بر هر دو علف هرز داشتند (Paravar *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج هردو آزمایش نشان داد که بقایای درختان زیتون‌تلخ، کاج و گل‌ابریشم دارای خواص آللوپاتیک بوده و به نحوی اثرات منفی بر صفات طول گیاه و ریشه، وزن تر و خشک، سرعت و درصد جوانه‌زنی چمن‌های لولیوم و فستوکا دارند. همچنین در اکثر موارد با افزایش مقدار مواد آللوپاتیک اثرات منفی بر روی گیاهان چمن لولیوم و فستوکا تشدید شد.

بر اساس نتایج هر دو آزمایش می‌توان چنین نتیجه گرفت که اثر آللوپاتیک درختان زیتون‌تلخ و گل‌ابریشم بیشتر از کاج بوده است. همچنین به‌طور تقریبی می‌توان این‌طور بیان کرد که عملکرد هر دو چمن در مواجه با بقایا و عصاره‌ی حاوی آللوکمیکال‌ها یکسان بوده و اختلاف کمی داشتند. به طور مثال در آزمایش دوم اثر عصاره آبی زیتون‌تلخ باعث کاهش ۲۸درصد طول گیاه، ۸۹ درصد طول ریشه، ۱۶درصد وزن خشک، ۷۵درصد درصد جوانه‌زنی و ۸۵ درصد سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد چمن فستوکا شده است. همچنین اثر عصاره آبی زیتون‌تلخ بر چمن لولیوم باعث کاهش ۹۶درصد طول گیاه، ۹۷ درصد طول ریشه، ۹۸ درصد وزن تر، ۵۰درصد وزن خشک، ۸۹ درصد درصد جوانه‌زنی و ۸۹ درصد سرعت جوانه‌زنی شده نسبت به تیمار شاهد چمن لولیوم شده است.



شکل ۵- اثرات متقابل چمن×نوع بقایای گیاهی بر طول گیاه (a)، طول ریشه (b)، وزن تر(c)، وزن خشک (d)، درصد جوانه زنی بذر (e) و سرعت جوانه زنی بذر (f) دو گونه چمن

Figure 5- The interaction effects of grass × Type of crop residues on plant length (a), root length (b), fresh weight (c), dry wight (d), seed germnation percentage (e), and seed germination rate (f) of two grass species. (LSD, $p \leq 0.05$)

منابع

1. Ahmed, S.A.A., Messiha, N.K., El-Dabaa, M.A.T., & El-Masry, R.R. (2020). The residual allelopathic effects of two brassicaceae seed powder on the following summer plants and associated weeds, Middle East *Journal of Agriculture Research 9*(2): 479-490. http://doi.org/10.36632/mejar/2020.9.2.38.
2. Ashraf, H., Zakizadeh, H., Ehteshami, M.R., & Bigelow, M.H. (2018). Evaluation the symbiosis of three mycorrhizae fungi species on biochemical characteristics of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) and Agropyron (*Agropyron elongatum*) turfgrasses under drought stress conditions, *Journal of Plant Production Research 24*(3): 27-46. (In Persian). https://doi.org/10.22069/jopp.2017.11446.2058.
3. Ashraf, M., & Ali, Q. (2008). Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.), *Environmental* and *Experimental Botany* 63: 266-273. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.11.008.
4. Ataei, A., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., & Rahemi Karizaki, A. (2019). Study of contents of some secondary metabolites and allelopathic effects of various organs of *Fumaria parviflora* weed on Avena ludoviciana, *Journal of Applied Biology 32*(4): 76-96. (In Persian with English abstract)
5. Carvalho, F.P., Melo, C.A.D., Machado, M.S., Dias, D.C.F.S., & Alvarenga, E.M. (2015). The allelopathic effect of eucalyptus leaf extract on grass forage seed, *Planta Daninha 33*(2): 193-201. https://doi.org/10.1590/0100-83582015000200004.
6. El-Dabaa, M.A., Ahmed, S.A., Messiha, N.Kh., & El-Masry, R.R. (2019). The allelopathic efficiency of *Eruca sativa* seed powder in controlling orobanche crenata infected *Vicia faba* cultivars, *Bulletin of the National Research Centre 43*(37): 2-8. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0079-9.
7. Gad El-Rokiek, K., Saad El-Din, S.A., Adel El-Wakeel, M., El-Sayed El-Awadi, M., & Gergis Dawood, M. (2019). Allelopathic potential of the pea seed powder as natural herbicide for controlling weeds infested wheat plants, *Bulletin of the National Research Centre 43*(193): 2-9. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0248-x.
8. Hua Q., Liu Y.G., Yan Z.L., Zeng G.M., Liu Sh.B., Wang W.J., Tan X.F., Deng J.Q., Tang X., and Wang Q.P. 2018. Allelopathic effect of the rice straw aqueous extract on the growth of *Microcystis aeruginosa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 148: 953-959. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.049.
9. Ismael Klein, M., Biondo, E., Kolchinki, E.M., & Sant Anna, V. (2017). Allelopathic effect of aqueous extracts from agro-industrial residues of pecan nut [*Carya illinoinensis*, *Revista Eletrônica Científica da Uergs 3*(3): 495-507. https://doi.org/10.21674/2448-0479.33.495-507.
10. Paravar, A., Maleki Farahani, S., & Rezazadeh, A.R. (2016). Evaluation of the allelopathic properties effect of two medicinal plant, *Lallemantia royleana* and *Echinacea angustifolia* extracts on germination and early seedling growth of *Sinapis arvensis* and *Avena fatua*, *Iranian Journal of Seed Science and Research 3*(2): 41-52. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763780.1395.3.2.4.0.
11. Paravar, A., Maleki Farahani, S., Sadeghi, R., & Eisanejad, N.S. (2018). Effect of plants allelopathic on germination, biochemical and enzymic activity of weeds, *Iranian Journal of Seed Science and Research 7*(1): 15-26. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22124/jms.2020.4268.
12. Rasouli M., Hatamzadeh A., Ghasemnezhad M. and Samizadeh Lahiji H. 2017, The increase of salinity tolerance of three turf grass species using trinexapac-ethyl, *Nova Biologica Reperta 4*(1): 28-37. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.21859/acadpub.nbr.4.1.29.
13. Saberi, M., Tavili, A., & Miri, M. (2015). Investigation the effects of different levels of gibberellic and salicylic acid on improvement of germination indices of *Festuca arundinacea* under stress with allelopathic compound. *Journal of Natural Environment 67*(4): 415-524. (In Persian). https://jne.ut.ac.ir/article_53070_69.
14. Sharif, D., Mazaheri, M., & Zehzad, B. (1993) (ed.) *Ground Covers*, Publications of the Parks and Green Space Organization of the City, Tehran.
15. Siyar S., Majeed A., Muhammad Z., Ali H., and Inayat N. 2018. Allelopathic effect of aqueous extracts of three weed species on the growth and leaf chlorophyll content of bread wheat. *Acta Ecologica Sinica 39*(1): 63-68. https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.05.007.
16. Ummings, J.A., Parker, I.M., & Gilbert, G.S. (2012). Allelopathy: a tool for weed management in forest restoration. *Plant Ecology* 213: 1975-1989. https://doi.org/10.1007/s11258-012-0154-x.
17. Valera-Burgos, J., Dı´az-Barradas, M.C., & Zunzunegui, M. (2012). Effects of *Pinus pinea* litter on seed germination and seedling performance of three Mediterranean shrub species. *Plant Growth Regulation* 66: 285-292. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9652-4.
18. Vaseghi, A., Davazdahemami, S., & Asadi Karam, E. (2017). Investigating the effect of various sources of production and concentration of allelochemical materials of *Fraxinus excelsior* L. on *Plantago lanceolata* and *Eruca sativa* Plants with an emphasis on deterrence index. *Journal of Plant and Ecosystem 13*(50): 79-133. (In Persian with English abstract)
19. Zheljazkov, V.D., Jeliazkova, E.A., & Astatkie, T. 2021. Allelopathic effects of essential oils on seed germination of barley and wheat, *Plant 10*(2728): 1-15. https://doi.org/10.3390/plants10122728.

20. Zubay, p., Kunzelmann, J., Ittze´s, A., Za´mborine´, N., & Szabo, K. (2021). Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on germination of temperate zone cultivated medicinal and aromatic plants, *Agroforest System* 95:43-442. https://doi.org/10.1007/s10457-020-00572-9.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 63-73

Effects of Hydrogen Peroxide on Decreasing Microbial Contaminations in Raisins of Bavanat Region

M.J. Karami[1*], M. Rahemi[2], M. Yassaie[3], A. Karami[4]

Received: 18-07-2021
Revised: 16-10-2022
Accepted: 19-10-2022
Available Online: 19-10-2022

How to cite this article:
Karami, M.J., Rahemi, M., Yassaie, M., & Karami, A. (2023). Effects of hydrogen peroxide on decreasing microbial contaminations in raisins of Bavanat region. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 63-73. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.71532.1074

Introduction

Raisins are dried grapes and are prepared from some varieties of grapes (*Vitis vinifera*) in different ways, such as exposing grapes to direct sunlight and mechanical methods. There is a possibility of contamination of various types of raisins with different microorganisms during the stages of harvesting and drying grapes, transportation and marketing of raisins, especially when they are presented in open boxes. The traditional process of preparing and packing raisins in Bovanat region (the main raisin production area of Fars province) makes this product prone to microbial contamination dangerous for human health. The history of consumption of raisin is very old. The Bible provides the first written mention of raisin around 1000 B.C., drying is one of the oldest methods of food preservations; the main purpose of this experiment is reducing the moisture content to level which allows safe storage without spoilage. It has been reported that the use of hydrogen peroxide (H_2O_2) treatments reduces the microbial contamination loads in dried raisins. Moreover, washing with hydrogen peroxide solution can markedly reduce the loads of human pathogens including *Escherichia coli*. Primitive methods of making and packaging of raisins in Bavanat region contribute to make them vulnerable to microbial contamination and may be harmful for health. This research was conducted in order to determine the initial microbial contamination on the surface of three types of raisins prepared from the Keshmeshi grape cultivar and using hydrogen peroxide to reduce these microbial contaminations.

Materials and Methods

The use of hydrogen peroxide as a potential antimicrobial treatment was investigated for three types of raisins in Bovanat region. For this purpose, three samples of raisins (Sun-dried, Shade-dried and Sultana raisins) have investigated. Raisins samples randomly were purchased from a local retailer in Shiraz (Iran). For this experiment, raisin samples with uniform size were selected and damaged or diseased berries were discarded. Two concentrations of hydrogen peroxide applied to microbial disinfection were 0% and 0.9%. The raisins that were prepared underwent a treatment process where they were dipped for 5 minutes in solutions containing either 0% or 0.9% hydrogen peroxide. Afterward, the raisins were washed with distilled water for 1 minute to remove any residue. A control group was also included, consisting of raisin samples treated with water (0% hydrogen peroxide). For each sample, measurements were taken for microbial count, population of yeasts and other molds, Aspergillus, Coliform bacteria, and Escherichia coli. The experiment was designed as a factorial (2x3) based on a completely randomized block design with 3 replications. The data were analyzed using SPSS 22.0, and mean data were compared using Duncan's multiple range tests at a 1% probability level.

1 and 3- Assistant Professors, Departman of Agricultural and Horticultural Research of Fars Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
(*- Corresponding Author Email: jkarami299@yahoo.com)
2- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran
4- Pathology Resident of Shiraz University of Medical Sciences
DOI: 10.22067/jhs.2022.71532.1074

Results and Discussion

The results showed that there was a significant difference (P≤1%) between hydrogen peroxide concentration treatments regarding to microbial contamination. There was also a significant difference (P≤1%) between the raisin samples in terms of microbial contamination. The results also revealed the presence of high amount of microbial infection on surface of all raisin samples. The microbial contamination load of Sultana raisins was higher than other raisins. The results also indicate that *Escherichia coli* was not detected in both sun-dried and shade-dried samples, but it was observed in Sultana raisins. Surface disinfection of Sultana raisin samples with 9% of hydrogen peroxide removed *Escherichia coli* infection. Hydrogen peroxide was effective in reducing the microbial contamination of all three raisin samples. It seems hydrogen peroxide to be more effective in reducing microbial contamination in sun-dried and shade-dried samples. Sultana raisin had highest contamination of mold and yeast while sun-dried and shade-dried raisins were lowest. The effect of hydrogen peroxide on reducing mold and yeast contamination was not the same in all raisin samples, so that the highest effect on reducing mold and yeast contamination was found in sun-dried and shade-dried raisins. The least effect on this contamination was observed in sultana raisins. *Aspergillus* was not detected in sun-dried and shade-dried samples but it was observed in sultana raisins. Hydrogen peroxide was not effective against *Aspergillus*. The microbial contamination of all raisin samples which affected by 0.9% hydrogen peroxide was decreased significantly (P≤1%). Effect of hydrogen peroxide at 0.9% on removing of microbial infection in sun-dried and shade- dried raisins was similar and it was more than Sultana raisins.

Conclusion

All three raisin samples were infected with Coliform bacteria, mold and yeast. In the case of *Escherichia coli* infection, it was detected only in sultana samples. Hydrogen peroxide was effective in reducing the microbial infection of all raisin samples. It was more effective in reducing the total number of microbes in sun-dried and shade-dried raisins. Hydrogen peroxide with a concentration of 0.9% is effective for eliminating the microbial infection of raisins, and the use of hydrogen peroxide with a concentration of 0.9% can be used to disinfect raisins.

Keywords: Aspergillus, Disinfection of raisins, *Escherichia coli*, Keshmeshi cultivar, Microbial contamination

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص. ۷۳-٦۳

اثر پراکسید هیدروژن بر کاهش بار میکروبی انواع کشمش منطقه بوانات فارس

محمدجواد کرمی[۱*]- مجید راحمی[۲]- محسن یاسایی[۳]- اشکان کرمی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷

چکیده

تهیه کشمش به روش‌های مختلفی از قبیل قرار دادن میوه انگور در معرض آفتاب مستقیم و روش‌های مکانیکی صورت می‌گیرد. امکان آلودگی انواع کشمش به میکروارگانسیم‌های مختلف در طول مراحل برداشت و خشک کردن انگور، حمل و نقل و بازاررسانی کشمش وجود دارد. عملیات سنتی تهیه و بسته‌بندی کشمش در منطقه بوانات (منطقه اصلی تولید کشمش استان فارس)، این محصول را مستعد آلودگی‌های میکروبی خطرناک برای سلامتی انسان می‌نماید. این پژوهش به‌منظور تعیین میزان آلودگی میکروبی انواع کشمش تهیه شده از انگور رقم 'کشمشی بوانات' و امکان ضدعفونی آنها اجرا شد. برای این منظور از غلظت‌های صفر (شاهد) و ۰/۹ درصد پراکسید هیدروژن به عنوان فاکتور اول و سه نوع کشمش تهیه شده از رقم 'کشمشی بوانات' (سایه خشک، کشمش آفتابی و کشمش تیزابی) به عنوان فاکتور دوم در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای تهیه نمونه‌های ضدعفونی از هر نوع کشمش ۲۰۰ گرم در ارلن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری سترون شده قرار داده و به آن ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و مقدار ۳/۶ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن به محتویات ارلن اضافه و به مدت دو دقیقه هم زده شد. سپس آب داخل ارلن دور ریخته شد و برای شستشوی نمونه کشمش‌ها، ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل این ارلن‌ها ریخته شد و به مدت ۵ دقیقه تکان داده شدند تا سطح نمونه کشمش داخل ارلن کاملاً شسته شود. پس از آن مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از آن به عنوان نمونه کشمش آب‌شویی و ضدعفونی شده برای بررسی آلودگی میکروبی به آزمایشگاه ارسال شد. برای تیمار شاهد یا نمونه‌های ضدعفونی نشده، همه این مراحل انجام شد با این تفاوت که در این تیمار از پراکسید هیدروژن برای ضد عفونی استفاده نشد و نمونه ها فقط با آب مقطر سترون شده تیمار شدند. برای هر نمونه شمارش کلی میکروبی، شمارش قارچها اعم از شمارش کپک آسپرژیلوس، شمارش باکتری‌های کلی‌فرم و اشرشیاکولی انجام شد. نتایج نشان داد که هر سه کشمش عمل‌آوری شده دارای آلودگی میکروبی بودند. آلودگی میکروبی کشمش تیزابی بالاتر از دو نوع دیگر بود. باکتری اشرشیاکولی فقط در کشمش تیزابی وجود داشت. ضدعفونی با پراکسید هیدروژن موجب کاهش قابل توجه آلودگی میکروبی در هر سه روش عمل آوری کشمش گردید. مقدار این کاهش در دو نوع کشمش سایه‌خشک و آفتابی یکسان، اما در کشمش تیزابی کمتر از همه بود. آلودگی به کپک آسپرژیلوس فقط در کشمش تیزابی مشاهده شد و تیمار پراکسید هیدروژن در حذف این آلودگی مؤثر نبود. این تحقیق نشان داد که برای عاری سازی انواع کشمش از آلودگی‌های باکتریایی و قارچی می‌توان از غلظت ۰/۹ درصد پراکسید هیدروژن (در سطح تجاری) استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آسپرژیلوس، آلودگی میکروبی، اشرشیاکولی، گندزدایی کشمش، رقم کشمشی

۱ و ۳- به‌ترتیب استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: jkarami299@yahoo.com
۲- استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۴- رزیدنت پاتولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

DOI: 10.22067/jhs.2022.71532.1074

مقدمه

میوه‌های خشک به‌عنوان مواد غذایی مناسب و منطبق بر بسیاری از نیازهای سبک زندگی سالم و مدرن شناخته می‌شوند (Amit *et al.*, 2017). کشمش، انگور خشک شده است که بیشتر از ارقام مختلف ویتیس وینیفرا[1] به دست می آید و به طور گسترده در سراسر جهان مصرف می‌شود. کشمش منبع غنی از کربوهیدرات، آهن، انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی است. و نوع آن به نوع رقم، رنگ و اندازه انگور بستگی دارد (Olmo-Cunillera *et al.*, 2019). این محصول به صورت تنقلات و یا مخلوط با سایر فراورده‌های آجیلی مصرف می‌شود هم‌چنین در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Shah *et al.*, 2022). ایران با تولید سالیانه ۱۳۲۰۰۰ تن انگور در رتبه نهم کشورهای تولید کننده این محصول قرار دارد. بخشی از آن به مصرف تازه خوری و بخش دیگر به تهیه کشمش اختصاص می‌یابد، از این میزان کشمش تولیدی، علاوه بر تأمین ۷۵۰۲۵ تن کشمش مصرف داخلی، سالیانه ۵۶۹۷۵ تن کشمش به ارزش ۲۵۸۹۰۰۰ دلار به خارج از کشور صادر می‌شود (FAO. 2020).

تهیه کشمش به روش‌های مختلفی از قبیل قرار دادن میوه انگور در معرض آفتاب مستقیم و یا به روش‌های مکانیکی مانند استفاده از تونل‌های هوای گرم صورت می‌گیرد (Guirguis, 2018; Shah *et al.*, 2022). امکان آلودگی انواع کشمش به میکروارگانیسم‌های مختلف در طول مراحل برداشت و خشک کردن انگور، حمل‌ونقل و بازاررسانی کشمش به‌ویژه در ارائه آن به صورت جعبه‌های رو باز وجود دارد (Felizini *et al.*, 2016; Magnoli *et al.*, 2004). انواع مختلفی از باکتری قابلیت انتقال از محیط را بر روی انواع محصولات خشکباری مانند کشمش دارند. عوامل آلودگی انواع کشمش عمدتاً باکتری‌های مزوفیل هوازی، کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌های تشکیل دهنده هاگ هستند. در این میان، برخی از باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه[2] به عنوان گروه آلوده کننده محصولات غذایی مطرح و شاخص بهداشتی برای تعیین سطح سلامت مواد غذایی هستند (Alaskari *et al.*, 2012). سویه‌های انتروباکتریاسه جدا شده از نمونه کشمش کشورهای مختلف، گرم منفی، میله کوتاه و اکسیداز منفی و بیشترین آلودگی در سه جنس انتروباکتر (۵۶٪)، کلبسیلا[3] (۲۵٪) و سراتیا[4] (۱۹٪) گزارش شده است. جنس انتروباکتر شامل باسیل‌های گرم منفی بی‌هوازی اختیاری است و از خانواده انتروباکتریاسه هستند. تا به امروز ۲۲ گونه در جنس انتروباکتر یافت شده است (Davin-Regli *et al.*, 2019). بیشترین سویه های جدا شده انتروباکتر در انواع کشمش کشورهای مختلف شامل چهار گونه ساکازاکی[5] (۶۸٪)، امنیجنس[6] (۱۰٪)، اگلومرنس[7] (۱۴٪) و آئروجنز[8] (۸٪) بوده است (Alaskari *et al.*, 2012).

فساد مواد غذایی مشکل بزرگ اقتصادی است که سالانه نابودی حدود یک چهارم مواد غذایی در سراسر جهان را به دنبال دارد (Amit *et al.*, 2017; Shah *et al.*, 2022). احتمال وجود میکروارگانیسم‌هایی از جمله باکتری‌ها و کپک‌ها در کشمش‌های بسته‌بندی شده و فله وجود دارد، اما اطلاعات چندانی در مورد انواع آلودگی‌های میکروبی یا متابولیت‌های آن‌ها در انواع کشمش موجود در بازار ایران در دسترس نیست. این درحالی است که در مورد تولید، عرضه و مصرف کشمش ایران هیچ گونه نظارت بهداشتی جدی صورت نگرفته است. معمولاً اعتقاد عموم مردم بر این است که کشمش مستعد آلودگی میکروبی نیست و به همین دلیل در بسیاری از موارد این محصول به‌صورت شسته نشده مصرف می‌شود. با در نظر گرفتن این موضوع، نگرانی در میان بسیاری از مصرف‌کنندگان این محصول به واسطه خطرات احتمالی ناشی از مصرف کشمش‌های ضد عفونی نشده در حال افزایش است و بهداشتی بودن یا نبودن این محصول برای بسیاری از مصرف کنندگان مورد سؤال است. معمولاً رطوبت کشمش حدود ۱۶٪ است که مستعد دامنه وسیعی از آلودگی‌های میکروبی به ویژه باکتری‌های کلی‌فرم[9]، اشرشیاکولی و کپک آسپرژیلوس[10] است (Alaskari *et al.*, 2012). انواع مختلفی از میکروارگانیسم ها مانند سالمونلا، شیگلا، کلی‌فرم، اشرشیا کولی، قارچ و مخمر می‌تواند در انواع کشمش و میوه‌های خشک وجود داشته باشد. این میکروب‌ها می‌توانند باعث بیماری‌های مختلفی مانند تب حصبه، اسهال، وبا و بسیاری دیگر از مسائل بهداشتی شوند (Victor *et al.*, 2017).

باکتری‌های کلی‌فرم عامل بسیاری از بیماری‌های ناشی از آلودگی مواد غذایی به ویژه میوه‌ها و سبزی‌ها است. این باکتری‌ها اگرچه در سطح محصول قرار دارند، اما با انجام برخی فرایندهای مقدماتی مانند ورقه کردن یا خرد کردن وارد محصول شده و در صورت تکثیر منجر به شرایطی می‌شوند که به سادگی قابل جبران نیست (Johnston *et al.*, 2005).

1- *Vitis vinifera*
2- Enterobacteriaceae
3- Klebsiella
4- Serratia
5- *E. sakazakii*
6- *E. Amnigenus*
7- *E. Egglomerens*
8- *E. aerogenes*
9- Coliform
10- Aspergillus

آسپرژیلوس فلاووس[1] از جمله کپک‌هایی است که از نظر مسمومیت غذایی اهمیت ویژه‌ای داشته و قادر به تولید مایکوتوکسینی به نام آفلاتوکسین می‌باشد. مسمومیت غذایی با آفلاتوکسین، آفلاتوکسیکوز نامیده می‌شود (Magnoli *et al.*, 2004; Dhakal and Sbar, 2022). بیماری آفلاتوکسیکوز به دو صورت مزمن و حاد وجود دارد، ولی نوع شایع آن حالت مزمن بیماری است. نوع مزمن آفلاتوکسیکوز در اثر مصرف کم سم به دفعات مکرر رخ می‌دهد و علائم آن سرطان کبد، هپاتیت مزمن، زردی، هپاتومگالی، تورم کیسه صفرا، سیروز کبدی و کبد چرب می‌باشد (Bommakanti and Waliyar, 2008; Dhakal and Sbar, 2022).

پراکسید هیدروژن که دی اکسید هیدروژن نیز نامیده می شود، یک ماده ضدعفونی کننده قوی است که به طور گسترده برای میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌شود. این ماده به دو صورت مایع و گاز به عنوان ماده نگهدارنده، ضد عفونی کننده و استریل کننده استفاده می‌شود (Oliveira *et al.*, 2018). استفاده از پراکسید هیدروژن علاوه بر ضد عفونی میوه برای سایر مواد غذایی از جمله ضدعفونی شیر مورد استفاده در تولید پنیر، ضد عفونی لاشه‌های گوشت قرمز و هم چنین پاستوریزه کردن تخم‌مرغ بر اساس مصوبه اداره نظارت بر غذا و داروی ایالات متحده امریکا[2] مجاز است (Mermelstein, 2001). اثر مثبت پراکسید هیدروژن بر کاهش بار میکروبی انواع کشمش و آلو گزارش شده است. شستشو با محلول پراکسید هیدروژن قادر به کاهش قابل ملاحظه باکتری‌های بیماری‌زای انسانی از جمله اشرشیاکولی و سالمونلا به ویژه سالمونلا تیفیمریوم[3] می‌باشد (Simmons *et al.*, 1997). از سوی دیگر، خشک کردن میوه انجیر در دمای بالا همراه با پراکسید هیدروژن ضمن سرکوب فعالیت آنزیم متیل استراز[4] موجب تأخیر در بروز تغییرات بافتی نامطلوب انجیرهای خشک شده دارای رطوبت متوسط در انبار شده است (Demibuker *et al.*, 2005). هم‌چنین این تیمار موجب ایجاد رنگ قهوه‌ای روشن متمایل به زرد پایدار در مقایسه با رنگ قهوه‌ای اولیه میوه بدون تأثیر بر فعالیت آنتی اکسیدانی محصول می‌گردد. شستشو با پراکسید هیدروژن به تنهایی یا همراه با محلول‌هایی مانند ترکیبات تیولی[5]، هیپوکلریت سدیم[6]، بی سولفیت سدیم[7] مانع از قهوه‌ای شدن قارچ خوراکی می‌شود. هم‌چنین استفاده از پراکسید هیدروژن و کلرید کلسیم در آب آبیاری علاوه بر کاهش جمعیت باکتری‌های آلوده کننده می‌تواند موجب افزایش کیفیت و عمر انباری قارچ‌های خوراکی گردد (Chikthimmah *et al.*, 2005). پراکسید هیدروژن همچنین فاقد سمیت و آلودگی زیست محیطی است زیرا توسط آنزیم‌های کاتالاز یا پراکسیداز، کاملاً به آب و اکسیژن تجزیه می‌شود و بقایای پراکسید هیدروژن پس از استفاده روی محصولات ضدعفونی شده، برای جلوگیری از واکنش آن با مواد تشکیل دهنده محصول می‌تواند به سرعت در شستشو با آب پاک شود (Felizini *et al.*, 2015).

بیشترین کشمش استان فارس در منطقه بوانات از رقم 'کشمشی بوانات' و به سه صورت کشمش آفتابی، سایه‌خشک و تیزابی تولید می‌گردد. انگور کشمشی بوانات رقمی است پرعملکرد با تراکم خوشه متوسط، خوشه‌های طویل، حبه‌های سبک و تخم‌مرغی شکل و کوچک با درصد قند متوسط (۱۹٪)، دارای دانه ریز با وزن خیلی سبک (۱۰ میلی‌گرم) به گونه‌ای که می‌توان آن را به عنوان یک رقم بی‌دانه تلقی نمود. این رقم در شرایط زرقان فارس در دهه سوم مرداد ماه می‌رسد و به دلیل عملکرد و درصد قند بالا و گوشتی بودن حبه‌ها یکی از ارقام مناسب برای تازه خوری و بخصوص تهیه کشمش و توسعه تاکستان های استان است (Karami, 2012). انواع کشمش به دلیل نحوه تولید آن در ایران در معرض احتمال آلودگی شدید میکروبی قرار دارد. مطالعات انجام شده در زمینه جمعیت‌های میکروبی روی انواع کشمش اندک است و تعداد اندک موجود نیز فقط در ارتباط با آلودگی قارچی و سمیت ناشی از آلودگی قارچی می‌باشد (Zinedine *et al.*, 2007). این موضوع به دلیل مصرف آن به صورت آماده و نشسته، از اهمیت بهداشتی برخوردار بوده، لازم است مورد بررسی علمی قرار گیرد و راه حلی برای ضدعفونی آنها و ارائه کشمش سالم با حداقل بار میکروبی ارائه گردد. هدف از این پژوهش تعیین بار میکروبی سه نوع کشمش تهیه شده در منطقه بوانات فارس و امکان استفاده از پراکسید هیدروژن برای ضدعفونی در جهت ارائه کشمش بهداشتی و سالم به بازار بوده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از کشمش تهیه شده به سه روش سایه خشک، کشمش آفتابی و کشمش تیزابی رقم 'کشمشی بوانات' در منطقه بوانات استان فارس استفاده گردید. نمونه‌های آزمایشی از فروشگاه‌های شهر شیراز به طور تصادفی تهیه شدند و برای هر نمونه شمارش کلی میکروبی، شمارش قارچ‌ها اعم از کپک و مخمر، شمارش کپک آسپرژیلوس، شمارش باکتری‌های کلی‌فرم و اشرشیاکولی انجام شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت. فاکتور اول شامل غلظت‌های

1- *Aspergillus flavus*
2- United States Food and Drug Administration (USFDA)
3- *Salmonella typhimrium*
4- Methylesterase
5- Thiols
6- Sodium hypochlorite
7- Sodium bisulfite

پراکسید هیدروژن (صفر درصد به عنوان شاهد و ۰/۹درصد) و فاکتور دوم انواع کشمش (سایه خشک، آفتابی و تیزابی) بود. در پایان آزمایش، داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه مقایسه شدند.

نمونه‌های ارسال شده به آزمایشگاه به دو دسته تقسیم شدند. برای دسته اول آب‌شویی اولیه و بدون عملیات ضدعفونی (شاهد) انجام پذیرفت. برای این منظور از هر نمونه کشمش مقدار ۲۰۰ گرم در ارلن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری سترون شده قرار گرفته و به آن ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون اضافه و مدت ۵ دقیقه تکان داده شدند. سپس ۵۰ میلی‌لیتر از محلول آب‌شویی شده کشمش جهت بررسی میزان آلودگی میکروبی به آزمایشگاه ارسال گردید.

برای تهیه نمونه‌های ضد عفونی شده نیز از هر نوع کشمش ۲۰۰ گرم در ارلن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری سترون شده قرار داده و به آن ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون شده اضافه شد و سپس برای ضدعفونی با غلظت ۰/۹درصد پراکسید هیدروژن، مقدار ۳/۶ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن (غلظت ۳۰ درصد شرکت مرک آلمان) با پی‌پت به محتویات ارلن اضافه گردید و به مدت دو دقیقه هم زده شد. سپس آب داخل ارلن دور ریخته شد و نمونه‌های ضدعفونی شده با آب مقطر کاملاً شسته شدند. پس از آن مجدداً نمونه‌های شسته شده داخل ارلن حاوی ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده گرفته و به مدت ۵ دقیقه تکان داده شدند تا سطح نمونه کشمش داخل ارلن کاملاً شسته شوند. سپس مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه کشمش آب‌شویی و ضد عفونی شده برای بررسی وضعیت آلودگی به آزمایشگاه جهت بررسی آلودگی میکروبی ارسال گردید.

برای شمارش میکروبی هر یک از نمونه‌ها و هم‌چنین شمارش باکتری‌های کلی‌فرم از روش حجتی و عزیزی (Hojjati and Azizi, 2005). و کریم (Karim, 1995) استفاده شد. برای محیط‌های کشت تهیه شده میزان ۰/۱ میلی‌لیتر از هر نمونه برداشته شد. محیط کشت Plate Count Agar (شرکت مرک آلمان) جهت شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها به کار گرفته شد. نمونه‌ها به صورت pour plate کشت و برای ۲۴ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد گرمخانه‌گذاری گردیدند. تعداد باکتری‌ها و کپک و مخمر با کلونی کانت شمارش و بر اساس تعداد کلونی تشکیل شده بر حسب log10 cfu/g گزارش گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف غلظت پراکسید هیدروژن از نظر میزان آلودگی به تمام موارد میکروبی بررسی شده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پراکسید هیدروژن بر کاهش بار میکروبی انواع کشمش منطقه بوانات

Table 1- ANOVA for the effect of hydrogen peroxide on decreasing microbial contaminations in raisins of Bavanat region

منابع تغییر S. O. V	درجه آزادی df	شمارش کلی میکروبی Total Microbial Count	کلی‌فرم Coliform	اشرشیاکولی *Escherichia coli*	سایرکپک و مخمر Other Mold and Yeast
تکرار Replication	2	0.020 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1.96 ^{ns}
فاکتور A (غلظت H_2O_2) Factor A (H_2O_2 concentration)	1	15.217**	5.871**	0.862**	45.252**
فاکتور B (نوع کشمش) Factor B (Type of raisin)	2	1.288**	1.076**	0.862**	1.082**
فاکتور A×B AB	2	0.600**	1.076**	0.862**	0.281 **
خطای آزمایشی Error	10	0.022	0.003	0.001	0.007
کل Total	53				
ضریب تغییرات C. V (%)		3.83	8.99	14.96	2.69

** , * و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند

**, * and ^{ns}, indicate significant at 1%, 5% of probability levels and non-significant, respectively

مقایسه میانگین نمونه‌های کشمش ضد عفونی نشده با ضد عفونی شده نشان داد که به طور کلی استفاده از پراکسید هیدروژن در کاهش بار میکروبی همه نمونه‌های کشمش آزمایشی مؤثر بوده است (جدول ۲). هم‌چنین بین انواع کشمش آزمایشی از نظر شدت آلودگی

به موارد میکروبی بررسی شده، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت و در تمام موارد آلودگی کشمش تیزابی بیشتر از دو نوع دیگر بود (جدول ۳ و شکل ۱). برهمکنش تیمارهای آزمایشی نیزکه بیشترین اهمیت برای تفسیر نتایج این آزمایش را دارد، برای تمام موارد بررسی شد. بر این اساس شدت آلودگی میکروبی نمونه‌های کشمش آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تیمارهای آزمایشی جدول ۴، واکنش بار میکروبی هر نمونه از کشمش‌ها را به غلظت‌های پراکسید هیدروژن نشان داد. اثرات متقابل کاربرد پراکسید هیدروژن در کاهش شمارش کلی میکروبی انواع کشمش معنی دار بود. کاهش شمارش کلی میکروبی در کشمش‌های سایه خشک و آفتابی بیشتر بود و این دو نوع کشمش در یک گروه قرار گرفتند. اثر پراکسید هیدروژن در کاهش شمارش کلی میکروبی کشمش تیزابی کمتر از دو نوع دیگر بود و در گروهی مستقل قرار گرفتند. هم‌چنین نتایج جدول ۲، نشان داد که کشمش‌های سایه خشک و آفتابی عاری از هرگونه آلودگی به باکتری اشرشیاکولی بودند. در حالی که فقط کشمش تیزابی به این باکتری آلوده بود. کاربرد پراکسید هیدروژن منجر به حذف کامل این باکتری‌ها در این نوع کشمش شد. بیشترین آلودگی به کپک و مخمر در کشمش تیزابی مشاهده شد. کشمش‌های آفتابی و سایه خشک از این نظر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کاربرد پراکسید هیدروژن قادر به حذف کامل کپک و مخمر در هیچ کدام از نمونه‌های کشمش آزمایشی نشد. اما منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در بار کلی کپک و مخمر گردید. اثر پراکسید هیدروژن بر کاهش آلودگی کپک و مخمر در همه نمونه‌ها یکسان نبود به طوری که بیشترین اثر در کاهش آلودگی به کپک و مخمر در کشمش‌های سایه خشک و آفتابی و کمترین اثر بر این آلودگی در کشمش تیزابی مشاهده شد. کشمش‌های سایه خشک و آفتابی عاری از هرگونه آلودگی به کپک آسپرژیلوس بودند و تنها نمونه‌های کشمش تیزابی به این کپک آلودگی نشان دادند. پراکسید هیدروژن نیز اثری بر حذف این کپک نداشت.

جدول ۲- میزان آلودگی میکروبی ($X10^3$ CFU g^{-1}) در کشمش‌های تیمار شده با دو غلظت پراکسید هیدروژن

Table 2- of the amount of microbial contamination ($X10^3$ CFU g^{-1}) in raisins treated with two concentrations of H_2O_2

غلظت پراکسید هیدروژن H_2O_2 Concentration (%)	شمارش کلی میکروبی Total microbial count (10 CFU g^{-1})	کلی‌فرم Coliform (10 CFU g^{-1})	اشرشیاکولی Escherichia. Coli (10 CFU g^{-1})	سایرکپک و مخمر Other Mold and Yeast (10 CFU g^{-1})	*آسپرژیلوس* *Aspergillus* (10 CFU g^{-1})
0	4.81 ^{a}	1.14 ^{a}	0.44 ^{a}	4.74 ^{a}	+
0.9	2.97 ^{b}	0.00 ^{b}	0.00 ^{b}	1.57 ^{b}	-

در هر ستون میانگین های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند: علامت های – و + به ترتیب به معنی فقدان و وجود کپک آسپرژیلوس است.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% of probability level using Duncan's Multiple Range Test. -and+ indicate absent and presence of the *Aspergillus* fungi, respectively.

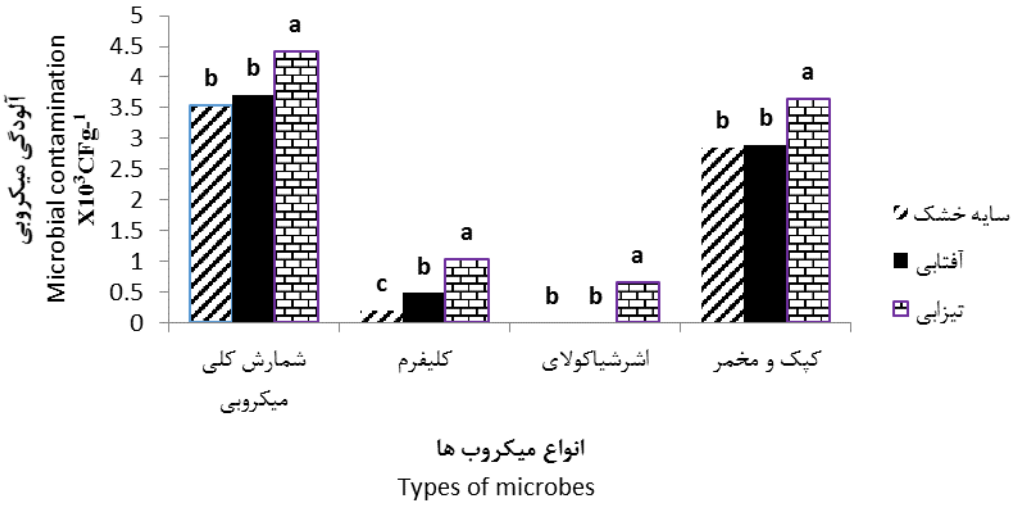
جدول ۳- آلودگی میکروبی (X103CFU g-1) انواع کشمش خشک شده با روش های مختلف

Table 3- The amount of microbial contamination (X103 CFU g-1) in raisins types dried with different methods

موارد آزمون Treatments	شمارش کلی میکروبی Total microbial count (10 CFU g^{-1})	کلی‌فرم Coliform (10 CFU g^{-1})	اشرشیاکولی *Escherichia coli* (10 CFU g^{-1})	سایرکپک و مخمر Other Mold and Yeast (10 CFU g^{-1})	آسپرژیلوس *Aspergillus* (10 CFU g^{-1})
کشمش سایه خشک	3.54 ^{b}	0.20 ^{c}	0.00 ^{b}	2.86 ^{b}	-
کشمش آفتابی	3.71 ^{b}	0.48 ^{b}	0.00 ^{b}	2.89 ^{b}	-
کشمش تیزابی	4.42 ^{a}	1.03 ^{a}	0.66 ^{a}	3.64 ^{a}	+

در هر ستون میانگین های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند: علامت های – و + به ترتیب به معنی فقدان و وجود کپک آسپرژیلوس است.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% of probability level using Duncan's Multiple Range Test. -and+ indicate absent and presence of the *Aspergillus* fungi, respectively.



شکل ۱- شدت آلودگی انواع کشمش‌های خشک شده با روش‌های مختلف به هریک از انواع میکروب‌های اندازه‌گیری شده

Figure 1- Microbial contamination of raisin dried with different methods against each type of microbe strain (DMRT, $p\leq0.05$)

جدول ٤- اثر متقابل کاربرد پراکسید هیدروژن ×انواع کشمش بر میزان آلودگی میکروبی (X10³ CFU g⁻¹)کشمش

Table 4- The interaction effect of H_2O_2 application × Raisin types on the microbial contamination (X10³ CFU g⁻¹) of raisins

موارد آزمون Treatments	شمارش کلی میکروبی Total microbial count (10 CFU g⁻¹)	کلی‌فرم Coliform (10 CFU g⁻¹)	اشرشیاکولی *Escherichia coli* (10 CFU g⁻¹)	سایرکپک و مخمر Other Mold and Yeast (10 CFU g⁻¹)	آسپرژیلوس *Aspergillus* (10 CFU g⁻¹)
کشمش سایه خشک ضدعفونی نشده	4.60 a	0.40 c	0.00 b	4.49 c	-
کشمش آفتابی ضدعفونی نشده	4.85 a	0.97 b	0.00 b	4.74 b	-
کشمش تیزابی ضدعفونی نشده	4.97 a	2.06 a	1.31 a	4.99 a	+
کشمش سایه خشک ضد عفونی شده	2.49 c	0.00 d	0.00 b	1.22 e	-
کشمش آفتابی ضد عفونی شده	2.56 c	0.00 d	0.00 b	1.20 e	-
کشمش تیزابی ضد عفونی شده	3.86 b	0.00 d	0.00 b	2.29 d	+

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند: علامت‌های – و + به ترتیب به معنی فقدان و وجود قارچ آسپرژیلوس است.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% of probability level using Duncan's Multiple Range Test. -and+ indicate absent and presence of the *Aspergillus* fungi, respectively.

در تمامی موارد، آلودگی نمونه‌های کشمش تیزابی بیشتر از نمونه‌های کشمش آفتابی و سایه خشک بود. این موضوع را می‌توان به مراحل تهیه آن که در تماس بیشتر با دست افراد می‌باشد مربوط دانست. هم‌چنین ممکن است که تیزابی کردن موجب تغییر pH محیط و در نهایت فراهم کردن محیط مناسب برای رشد باکتری شده باشد.

در نتیجه این تحقیق مشخص شد که از لحاظ بهداشتی نمونه‌های کشمش سایه خشک و آفتابی منطقه بوانات موجود در بازار عاری از هرگونه آلودگی به باکتری اشرشیاکولی بودند که با نتایج فرحبخش و همکاران (Farahbakhsh *et al.*, 2015) همخوانی داشت. احتمالاً دلیل آن می‌تواند با نحوه عمل‌آوری این کشمش‌ها مرتبط باشد. در روش کشمش آفتابی به دلیل اینکه در این روش کشمش ها بلافاصله بعد از برداشت در معرض آفتاب قرار می‌گیرند و آفتاب در کاهش بار میکروبی می‌تواند مؤثر باشد و هم‌چنین این دو نوع کشمش آفتابی و سایه خشک در طول فرایند تهیه کشمش تماس زیادی با دست و یا مواد شیمیایی و یا سایر عوامل آلوده کننده دیگر ندارند و بلافاصله در مسیر فرایند تولید کشمش قرار می‌گیرند بنابراین احتمال آلودگی آنها می‌تواند کمتر از کشمش تیزابی باشد. زیرا در روش تیزابی به دلیل استفاده از مواد مایع و ترکیب تیزاب و مرطوب شدن سطح کشمش، احتمال آلودگی در این نوع کشمش می‌تواند بیشتر شود.

این در حالی است که شاخص کلی آلودگی میکروبی برای هر سه نمونه کشمش بالا بود. بنابراین تولیدکنندگان این نوع کشمش‌ها در منطقه بوانات می‌توانند ضمن رعایت تمامی اقدامات بهداشتی در

تهیه انواع کشمش در نهایت کشمش های تولیدی را با استفاده از پراکسید هیدروژن با غلظت ۰/۹ درصد ضدعفونی نمایند. به دلیل قابلیت اکسیدکنندگی قوی پراکسید هیدروژن تأکید می‌شود که ضد عفونی کشمش‌ها با استفاده از این ماده توسط تولیدکنندگان و تحت شرایط کنترل شده انجام شود و به دلیل خطر سوزانندگی پراکسیدهیدروژن، حتی الامکان مصرف کنندگان از این کار اجتناب کنند (Neyens and Baeyens, 2003).

در همخوانی با نتایج گزارش شده در مورد اثر مثبت پراکسید هیدروژن بر کاهش بار میکروبی مواد غذایی (Chikthimmah *et al*., 2005; Oliveira *et al*., 2018). جدول ۳، این پژوهش نیز نشان داد که تیمار پراکسید هیدروژن به شدت موجب کاهش بار میکروبی و سایر آلودگی‌ها در انواع کشمش می‌شود. بنابراین استفاده از این ماده برای ارائه کشمش سالم و عاری از آلودگی میکروبی به بازار کشمش ایران می‌تواند توصیه شود. نحوه عمل پراکسید هیدروژن در ویژگی ضد عفونی کننده آن به این صورت است که برخی از میکروارگانیسم‌ها توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و پراکسیداز از خود در برابر اثرات مضر پراکسید هیدروژن محافظت می‌کنند. با این حال، در سیستم‌های بیولوژیکی هیچ آنزیمی وجود ندارد که رادیکال هیدروکسیل ($^{\bullet}OH$) به شدت واکنش پذیر تشکیل شده توسط تجزیه پراکسید هیدروژن را تخریب کند (Vattanaviboon and Mongkolsuk, 1998). بنابراین، اثر ضد میکروبی پراکسید هیدروژن عمدتاً به دلیل رادیکال هیدروکسیل بسیار واکنش پذیر آن است که سلول‌های میکروبی را متلاشی و به DNA آنها آسیب می رساند. اکسیداسیون گروه های سولفیدریل و پیوندهای دوگانه در پروتئین‌ها، لیپیدها و غشاهای سطحی سلول های میکروبی نیز در مرگ سلول‌های میکروبی موثر است (Vattanaviboon and Mongkolsuk, 1998).

در برخی کشورها استانداردهای کیفی آلودگی میکروبی تعریف شده است به عنوان نمونه برای حداکثر آلودگی میکروبی مجاز به اشرشیاکولی حدود ۱۰ CFU در هرگرم نمونه ($10\ CFU\ g^{-1}$) تعریف شده است (Kader and Awad, 2009). در صورت تعیین این استانداردها برای سایر آلودگی‌های میکروبی به ویژه برای محصولاتی مانند کشمش در ایران، به تفسیر بهتر اثر بخشی روش‌های مورد استفاده برای ضدعفونی و بهداشتی کردن این محصولات در کشور کمک خواهد کرد. به عنوان نمونه در این آزمایش، در نمونه‌های کشمش آفتابی و سایه خشک آلودگی به اشرشیا کولی مشاهده نشد که با نتایج آزمایش فرحبخش و همکاران (Farahbakhsh *et al*., 2015) همخوانی داشت اما آلودگی به این باکتری فقط در کشمش تیزابی مشاهده شد (جدول ۳). آلودگی آن CFU ۱۳۱۰ یعنی بیش از یکصد و سی برابر این استاندارد گزارش شده است اما با ضدعفونی آن با تیمار پراکسیدهیدروژن مقدار آلودگی کشمش تیزابی به این باکتری به صفر رسید (جدول ۳). این نتایج می‌تواند بیانگر کارایی مؤثر پراکسید هیدروژن در برطرف کردن این نوع آلودگی میکروبی در کشمش و ارائه محصول سالم و پاک به بازار باشد. این نتایج با گزارش‌های مرتبط با اثرات قابل ملاحظه شستشو با پراکسید هیدروژن برای حذف باکتری‌های بیماری‌زای انسانی به ویژه اشرشیاکولی همخوانی دارد (Simmons *et al*., 1997; Ukuku *et al*., 2005). هم‌چنین بالا بودن آلودگی به سایر مخمرها وکپک در کشمش‌های آفتابی نسبت به سایه خشک در این آزمایش نیز با نتایج فرحبخش و همکاران (Farahbakhsh *et al*., 2015) همخوانی داشت.

ورگا و همکاران (Varga *et al*., 2006) در آزمایشی که برای اندازه‌گیری آلودگی به توکسین‌های قارچی به ویژه کپک آسپرژیلوس انجام دادند، کشمش‌های ایرانی را به عنوان آلوده‌ترین کشمش در بین نمونه‌های آزمایش شده معرفی کردند. که با نتایج این پژوهش در مورد نمونه‌های کشمش سایه خشک و آفتابی همخوانی نداشت زیرا در این دو نمونه آلودگی به آسپرژیلوس که از تولید کننده‌های مهم مایکوتوکسین‌ها است مشاهده نشد اما در هر دو نمونه کشمش تیزابی ضدعفونی نشده و ضد عفونی شده وجود این کپک مشاهده شد که احتمالاً کشمش‌های ایرانی آزمایش شده توسط ورگا و همکاران (Varga *et al*., 2006) از نوع تیزابی باشد.

عوارض اثرات کپک آسپرژیلوس بر سلامت انسان و دامنه تهدیدات خطرناک آن بر بهداشت جامعه (Bommakanti and Waliyar, 2008; Dhakal *et al*., 2022) و مشاهده نشدن این کپک حتی در نمونه های ضد عفونی نشده با پراکسید هیدروژن در نمونه های کشمش آفتابی و سایه خشک را می‌توان به عنوان یک مزیت برای این دو نوع کشمش در بازار دانست. از طرف دیگر آلوده بودن کشمش تیزابی به این قارچ و حتی ناتوان بودن پراکسید هیدروژن در حذف این کپک در این نوع کشمش برای سلامتی جامعه نگران کننده است و می‌توان آن را به عنوان یک عیب در نظر گرفت. بنابراین باید تهیه کشمش تیزابی در منطقه بوانات فارس مورد بررسی قرار گیرد و فرایندهای تهیه کشمش تیزابی این منطقه در جهت کاهش آلودگی این نوع کشمش به کپک آسپرژیلوس سوق داده شود.

نتیجه‌گیری

در پژوهش انجام شده میزان آلودگی میکروبی سه روش عمل‌آوری کشمش (سایه خشک، آفتابی و تیزابی) رقم 'کشمشی بوانات' و امکان ضدعفونی آنها با پراکسید هیدروژن مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که هر سه نمونه کشمش دارای آلودگی میکروبی بودند. در تمام موارد آلودگی کشمش تیزابی بیشتر از دو نوع دیگر بود. کاربرد پراکسید هیدروژن در کاهش شمارش کلی میکروبی هر سه

نوع کشمش مؤثر بود. این اثر بر کاهش شمارش کلی میکروبی در کشمش‌های سایه خشک و آفتابی تأثیر بیشتری داشت. کشمش تیزابی آلوده به باکتری اشرشیاکولی بود. کاربرد پراکسید هیدروژن منجر به حذف کامل این باکتری در این نوع کشمش شد. بیشترین آلودگی به کپک و مخمر در کشمش تیزابی مشاهده گردید. پراکسید هیدروژن قادر به حذف کامل کپک و مخمر در هیچ کدام از نمونه های کشمش آزمایشی نشد، اما در کاهش قابل توجه آنها مؤثر بود. کشمش های سایه خشک و آفتابی عاری از هرگونه آلودگی به قارچ آسپرژیلوس بودند و فقط نمونه کشمش تیزابی آلودگی به کپک آسپرژیلوس را نشان داد. پراکسید هیدروژن نیز اثری بر حذف این قارچ نداشت. تیمار پراکسید هیدروژن به شدت موجب کاهش بار میکروبی و سایر آلودگی‌ها در انواع کشمش می‌شود. از این رو، به دلیل آلودگی میکروبی شدید انواع کشمش بوانات (به جز کشمش تیزابی آلوده به آسپرژیلوس) استفاده از غلظت ۰/۹ درصد پراکسید هیدروژن (در سطح تجاری) برای ضدعفونی آنها و ارائه کشمش سالم و عاری از آلودگی میکروبی توصیه می‌شود.

بنابراین می توان از این ماده برای ضدعفونی و کاهش آلودگی میکروبی انواع کشمش و حتی ضدعفونی ظروف بسته بندی آنها استفاده نمود. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود که اثر ضد عفونی انواع کشمش با پراکسید هیدروژن بر عمر انباری انواع کشمش تجاری کشور مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان از پتانسیل این ماده برای افزایش عمر انباری و در نهایت کاهش تلفات محصول کشمش در کشور استفاده نمود.

منابع

1. Alaskari, G., Kahouadji, A., Khedid, K., Charof, R., & Mennane, Z. (2012). Physicochemical and microbiological study of "raisin", local and imported (Morocco). *Middle-East Journal of Scientific Research 11*(1): 01-06.
2. Amit, S.K., Uddin, M.M., Rahman, R., Islam, S.R., & Khan, M.S. (2017). A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security 6*(1): 1-22. https://doi.org/10.1186/s40066-017-0130-8.
3. Bommakanti, A.S., & Waliyar, F. (2008). *Importance of aflatoxin and its producing fungi* [Online]. Available from: www.aflatoxin. Info/health. Asp.
4. Chikthimmah, N., LaBorde, L.F., & Beelma, R.B. (2005). Hydrogen peroxide and calcium chloride added to irrigation water as a strategy to reduce bacterial population and improve quality of fresh mushrooms. *Journal of Food Science* 70: 273-278. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11446.x.
5. Davin-Regli, A., Lavigne, J.P., & Pagès, J.M. (2019). Enterobacter spp.: Update on taxonomy, clinical aspects, and emerging antimicrobial resistance. *Clinical Microbiology Reviews 32*(4): e00002-19. https://doi.org/10.1128/CMR00002-19.
6. Demibuker, D., Arcan I., Tokatli, F., & Yemenicioglu, A. (2005). Effects of hot rehydration in the prescence of hydrogen peroxide on microbial quality, texture, color, and antioxidant activity of cold- stored intermediate-moisture sun-dried figs. *Journal of Food Science* 70: 153-159. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07143.x.
7. Dhakal, A., & Sbar, E. (2022). *Aflatoxin Toxicity*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557781/
8. Fadhel, A., Kooi, S., Farhat, A., & Bellghith A. (2005). Study of the solar drying of grapes by three different processes. *Desalination* 185: 535-541. https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.05.012.
9. FAO STAT (2020). www.fao.org.
10. Farahbakhsh, E., Pakbin, B., Mahmoudi, R., Katiraee, F., Kohannia, N., & Valizadeh S. (2015). Microbiological quality of raisin dried by different methods. *International Journal of Food Nutrition and Safety 6*(2): 62-66.
11. Felizini, E., Lichter, A., Smilanik, J.L., & Ippolito, A. (2016). Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. *Postharvst Biology and Technology* 122: 53-69. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.016.
12. Guirguis, E.A. (2018). Assessment of the microbiological and mycotoxins quality of selected dried fruits with special reference to microwave treatment. *IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology 12*(10): 48-55.
13. Hojjati, M., & Azizi, M.H. (2005). Evaluation of microbial flora of main date palm varieties in Khozestan province. *Iranian Journal of Food Science and Technology 2*(2): 29-37.
14. Johnston, L.M., Jaykus, L.A., Moll, D., Martinez, M.C., Anciso, J., Mora, B., & Moe, C.L. (2005). A field study of the microbiologtcal quality of fresh produce. *Journal of Food Protection 68*(9): 1840-1847. https://doi.org/10.4315/0362-028x-68.9.1840.
15. Kader, A.A., & Awad, H. (2009). *Harvesting and postharvest handling of dates*. ICARDA, Aleppo, Syria. iv + 15 pp.
16. Karami, M.J. (2012). Characteristics of white grape cultivars of Fars province, Iran. *Seed and Plant Improvement Journal 28*(1): 353-381. (In Persian). https://doi.org/10.22092/SPIJ.2017.111113.

17. Karim, G. (1995). *Microbial Analysis of Food*. Tehran University Press. P. 197.
18. Magnoli, C., Astroeca, A., Ponsone, L., Combina, M., Palacio, G., Rose, C.A.R., & Dalcero, A. (2004). Survey of Mycoflora and ochratoxin A in dried vine fruit from Argantina markets. *Letters in Applied Microbiology* 39: 326-331. https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01583.x.
19. Mermelstein, N.H. (2001). Sanitizing meat. *Food Technolology* 5: 64-68.
20. Neyens, E., & Baeyens, J. (2003). A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials* 98: 33–50. https://doi.org/10.1016/s0304-3894(02)00282-0.
21. Oliveira, L.S., Eça, K.S., Aquino, A.C., & Vasconcelos, L.B. (2018). Chapter 4 - *Hydrogen Peroxide (H_2O_2) for Postharvest Fruit and Vegetable Disinfection*, Editor(s): Mohammed Wasim Siddiqui, Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables,Academic Press, 2018, Pages 91-99, ISBN 9780128126981
22. Olmo-Cunillera, A., Danilo Escobar-Avello, D., Pérez, A., Marhuenda-Muñoz, M., Lamuela-Raventós, R.M., & Vallverdú-Queralt, A. (2019). Is Eating Raisins Healthy? *Nutrients* *12*(1): 54-71. https://doi.org/10.3390/nu12010054.
23. Ramos, N., Cristina, I., Silva, L.M., Alberto, M., Sereno, J., & Aguilera, M. (2004). Quantification of micro structural changes during first stage air drying of grape tissue. *Journal of Food Engineering* 62: 159-164. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00227-9.
24. Reddy, S.V., & Waliyar, F. (2008). *Properties of aflatoxins in human and livestock health* [Online]. Available from: www.aflatoxin. Info/health.asp.
25- Shah, A.S., Bhat, S.V., Muzaffar, Kh., Ibrahim, S., & DAR, B.N. (2022). Processing technology, chemical composition, microbial quality and health benefits of dried fruits. *Nutrition and Food Science Journal 10*(1): 71-84. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.10.1.06.
26. Simmons, G.E., Semilanicck, J.L., John, S., & Margosan, D.A. (1997). Reduction of microbial populations on prunes by vapor phase hydrogen peroxide. *Journal of Food Protection* 60: 188-191. https://doi.org/10.4315/0362-028X-60.2.188.
27. Ukuku, D.O., Bari, M.L., Kawamoto, S., & Isshiki, K. (2005). Use of hydrogen peroxide in combination with nisin, sodium lactate and citric acid for reducing transfer of bacterial pathogens from whole melon surface to fresh-cut pieces. *International Journal of Food Microbiology* 104: 225-233. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.01.016.
28. Varga, J., Kocsube, S., Koncz, Z., & Teren, J. (2006). Mycobiota and ochratoxin A in raisins purchased in Hungary. *Acta Alimentaria* 35: 289-294. https://doi.org/10.1556/AAlim.35.2006.3.6.
29. Vattanaviboon, P., & Mongkolsuk, S. (1998. Evaluation of the role hydroxyl radicals and iron play in hydrogen peroxide killing of *Xanthomonas compestris* pv. Phaseoli. FEMS *Microbiology Letters* 169: 255-260. https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1998.tb13326.x
30. Victor, N., Peter, C., Raphael, K., Tendekayi, G.H., Jephris, G., Taole, M., & Portia, P.R. (2017). Microbiological quality of selected dried fruits and vegetables in Maseru, Lesotho. *African Journal of. Microbiology Research 11*(5): 185-93. https://doi.org/10.5897/AJMR2016.8130.
31. Zinedine, A., Juan, C., Molto, J.C., Idrissi, L., & Man, J. (2007). Incidence of ochratoxin a in rice and dried fruits from Rabat and Sale area, Morocco. *Food Additives and Contaminants*: Part, A., *24*(3): 285-291. https://doi.org/10.1080/02652030600967230.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 75-88

Investigation of Growth Indices and Gas Exchanges in Two Cultivars of Sweet William (*Dianthus barbatus*) under Salinity Stress

V. Ghasemi[1], A. Ehtesham Nia[2*], A. RezaeiNejad[3], H. Mumivand[4]

Received: 13-08-2021
Revised: 23-09-2021
Accepted: 01-11-2021
Available Online: 01-11-2021

How to cite this article:
Ghasemi, V., Ehtesham Nia, A., RezaeiNejad, A., & Mumivand, H. (2023). Investigation of growth indices and gas exchanges in two cultivars of Sweet William (*Dianthus barbatus*) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science* *37*(1): 75-88. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.71942.1081

Introduction

Salinity stress impairs the absorption of elements such as potassium, leads to decrease in water and minerals, or due to an increase in Na^+ effects the absorption of other elements. Salinity of water and soil is one of the obstacles to the expansion of agriculture in most part of the world. Salinity causes several physiological and morphological changes in plants and affects growth and photosynthesis. Salinity stress also affects the absorption of nutrients, and finally the plants sensitivity to stress increases. High concentrations of Nacl in rhizosphere reduce the water potential and cause physiological drought stress. In addition, salinity stress can cause ion toxicity and imbalance, which can damage the plant. Salinity stress has been shown to reduce plant biomass by decreasing photosynthetic capacity and chlorophyll content. As stress increases, stomatal conductance and CO2 assimilation decrease, which both negatively impact photosynthesis and lead to a decrease in plant growth. Dianthus is an annual or perennial plant that produces velvety flowers in various colors. Due to its resistance to cold and wide range of colors, it is commonly used in landscaping. However, limited research has been conducted on the response of Dianthus to environmental stress, making it important to investigate its behavior under such conditions.

Material and Method

This research was conducted at greenhouse of municipality of Khomein, Iran. The statistical design was used in the factorial experiment based on CRD. Experimental factors included salinity stress (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 mM) and cultivars (Barbarin and Diana). After preparing the seeds, it is first disinfected using sodium hypochlorite and then planted in plastic pots containing soil, sand and manure. At the end of the experiment, morphological traits, stomatal conductance, photosynthesis rate, Na^+, K^+ and Na^+/K^+ was also examined. Gas exchanges were measured using an exchange measuring device (LCA4, ADC Bioscientific,Ltd., Hoddesdon, England). At the time of measuring gas exchanges, the temperature under chamber was 26-29 C and relative humidity was 58-62%. (stomatal conductivity is based on $mmol/m^2/s$ and photosynthesis in $\mu mol/m^2/s$). To measure the concentration of Na^+ and K^+, the leaf first turned to ash (at 550 C). Then 5 ml of hydrochlorid was added to dissolve the sample and the volume of the filtered solution was reduced to 50 ml with distilled water and the concentration of Na^+ and K^+ was measured with flame meter. In order to measure the fresh weight of leaves and roots, plant components were separated. Fresh weight was recorded with a scale and then samples were placed in the oven (for 48 h) and weighted again to measure dry weight. Leaf area was measured with a leaf guuge device (A30325) and plant height and root length using a ruler. Statistical analysis of data was performed using Mini Tab and Excel software.

Results and Discussion

Results showed that salinity stress generally affected the growth of both carnation cultivars and reduced

1, 2, 3 and 4- Former Ph.D. Student, Associate Professor, Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir**)**
DOI: 10.22067/jhs.2021.71942.1081

vegetative and reproductive growth. According to the results obtained from the study, fresh and dry weight of shoot, root and leaves, root length, plant height, stem diameter, diameter and number of flower, lateral shoot number, stomatal conductance, photosynthesis rate, K^+ concentration in Diana and Barbarin cultivars decreased with increasing salinity level. Na^+ concentration and $Na^{+/}K^+$ increased with increasing salinity and these two traits were higher in Diana than Barbarin cultivar, which indicates lower resistance of Diana cultivar. The plant's first response to stress is to reduce its leaf area, which reduces the supply of photosynthetic material to the growing parts and consequently hinders growth and flowering. Salinity stress and high osmotic potential in the rhizosphere greatly affect photosynthesis as they decrease pore conductivity. Moreover, excessive absorption of Na+ can interfere with the absorption of other elements, thereby restricting plant growth. Potassium (K+) is an essential inorganic molecule that plays a crucial role in increasing plant resistance to stress. It helps in maintaining turbidity, promoting cell development, and regulating stomatal function. In this study, salinity stress affected the growth and yield of both carnation cultivars, and with increasing stress, all morphological traits decreased. This stress also reduce photosynthesis by reducing stomatal conductance and subsequently reduce other growth characteristics. Growth reduction was observed at high salinity stress concentrations in both cultivars. However, barbarin cultivar showed higher resistance than Diana.

Keywords: Leaf area, Na^+/K^+, NaCl, Photosynthetic rate, Sweet William

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص.۸۸-۷۵

بررسی شاخص‌های رشدی و تبادلات گازی دو رقم قرنفل (*Dianthus barbatus*) تحت تنش شوری

وحید قاسمی[۱]- عبداله احتشام نیا[۲*]- عبدالحسین رضایی نژاد[۳]- حسن مومیوند[۴]

تاریخ دریافت :۱۴۰۰/۰۵/۲۲
تاریخ بازنگری:
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۸/۱۰

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش شوری بر شاخص‌های رشدی و تبادلات گازی در دو رقم قرنفل، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش شوری کلرید سدیم در ده سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی مولار) و رقم در دو سطح (’باربارین‘ و ’دیانا‘) اجرا شد. در این پژوهش، وزن تر و خشک اندام هوایی، برگ و ریشه، قطر و تعداد گل، سطح برگ، ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز، درصد عناصر سدیم و پتاسیم و نیز نسبت این دو عنصر بررسی گردید. نتایج نشان داد که تنش شوری اثرات منفی بر رشد هر دو رقم داشت و بیش‌ترین مقادیر صفات رشدی در تیمار کنترل (عدم کاربرد نمک کلرید سدیم) مشاهده شد. سطوح بالای تنش شوری، به شدت وزن تر و خشک و نیز ارتفاع و سطح برگ گیاه را کاهش داد، همچنین تنش در هر دو رقم منجر به کاهش تعداد و قطر گل شد. تنش شوری بر میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نیز اثر منفی برجای گذاشت و منجر به کاهش این دو صفت در شرایط سطوح بالاتر تنش شوری شد. غلظت عنصر سدیم به واسطه کاربرد کلرید سدیم با افزایش سطح تنش افزایش یافت و با اثر بر جذب پتاسیم منجر به کاهش درصد پتاسیم با افزایش سطح کلرید سدیم شد و در نهایت در گیاهان رشد یافته در شرایط تنش، نسبت سدیم به پتاسیم نیز افزایش نشان داد. به‌طور کلی رقم باربارین در اکثر صفات نسبت به رقم ’دیانا‘ تحمل بالاتری نشان داد و جهت استفاده در مناطق با آب و خاک شور توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، قرنفل، کلرید سدیم، میزان فتوسنتز، نسبت سدیم به پتاسیم

مقدمه

شوری آب و خاک، از جمله موانع گسترش کشاورزی در بیش‌تر نقاط جهان می‌باشد، به‌طوری‌که پس از تنش خشکی، شوری از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های غیر زنده در سراسر جهان می‌باشد (Koushafar *et al.*, 2011). این تنش موجب تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متعددی در گیاهان می‌شود و در نهایت رشد و فتوسنتز گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Parida and Das, 2005). شوری به طور مستقیم بر جذب عناصر اثرگذار می‌باشد، یکی از این عناصر پتاسیم است که افزایش غلظت سدیم، منجر به کاهش جذب آن می‌شود و به این ترتیب، حساسیت گیاه به تنش افزایش می‌یابد (Misra Sricasta tva, 2000). این تنش با اختلال در جذب مواد معدنی و دخالت در فعالیت ناقل‌ها و کانال‌های یونی در ریشه موجب کاهش جذب آب و مواد معدنی می‌شود؛ به عنوان مثال با اثر بر کانال‌های انتخابی k^+ (رقابت سدیم با پتاسیم)، مهار رشد ریشه توسط اثرات اسمزی Na^+و یا با تأثیر Na^+ بر ساختار خاک جذب عناصر را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Parida and Das, 2005; Tester and Venterport, 2003) غلظت بالای املاح در محیط ریشه موجب کاهش پتانسیل آب خاک و ایجاد تنش خشکی فیزیولوژیک می‌شود. همچنین ایجاد سمیت یونی و

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری، دانشیار، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.71942.1081

عدم تعادل یون‌ها در اثر تنش شوری به گیاه آسیب می‌رساند (Munns *et al*., 2006). پاسخ سریع به تنش شوری کاهش توسعه برگ است و افزایش غلظت شوری، منجر به توقف رشد برگ می‌شود (Parida and Das, 2005). همچنین تنش شوری فرآیند فتوسنتز را نیز تحت تاثیر قرار داده که این اثرات کاهشی توسط محققان گزارش شده است (Nazir *et al*., 2001). شوری موجب کاهش کربوهیدرات‌های ضروری برای رشد سلول‌های گیاهی و مراحل اصلی فرآیند فتوسنتز و سرعت آن می‌شود و پایین‌ترین سرعت فتوسنتز در گیاهان در شرایط تنش شوری مشاهده شده است (Parida and Das, 2005). افزایش شوری خصوصا شوری ناشی از کلرید سدیم، تغییراتی در فرآیندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سلول‌های گیاهی به وجود آورده و موجب بازدارندگی رشد می‌شود (Alvarez and Sanchez, 2014). مشخص شده که تنش شوری، کاهش تولید زیست توده در گیاهان زینتی را در پی دارد که این اثر وابسته به گونه، شدت و مدت تنش متفاوت است (Alvarez Cassaniti *et al*., 2003; Sanchez, 2014). یکی از دلایل کاهش زیست توده به طور معمول، مربوط به افت ظرفیت فتوسنتزی بوده که به دنبال کاهش میزان کلروفیل رخ می‌دهد. گیاهانی که در شرایط تنش شوری رشد می‌کنند، میزان فتوسنتزی آن‌ها کاهش یافته و همین عامل منجر به کاهش رشد، سطح برگ و ... در آن‌ها خواهد شد (Garcia *et al*., 2018). محل انجام واکنش‌های فتوشیمیایی و بیوشیمیایی فتوسنتز در کلروپلاست می‌باشد؛ با این حال این اندامک نسبت به تنش شوری بسیار حساس می‌باشد (Saravanavel *et al*., 2011). با افزایش غلظت نمک در تنش شوری، هدایت روزنه‌ای و آسیمیلاسیون کربن دی اکسید نیز کاهش یافته که هر دو عامل بر میزان فتوسنتز موثر بوده و منجر به کاهش و یا توقف آن می‌شوند (Zhang and Deng, 2012). گیاهان در مقابله با تنش با دو مشکل مواجه هستند، از یک طرف، تنش شوری موجب کاهش پتانسیل آب در خاک شده و جذب آب در محیط رشد ریشه را محدود می‌کند (Grattan and Grieve, 1999) و از طرف دیگر، اختلال در جذب برخی عناصر ناشی از اثرات سمیت برخی یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه، که در نهایت موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (Taize and Zeiger, 1998). روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات تنش وجود دارد که از جمله مهم‌ترین این روش‌ها، انتخاب و استفاده از ارقام مقاوم است.قرنفل (*Dianthus barbatus*) گیاهی زینتی از تیره میخک (Caryophyllaceae) می‌باشد (Zheng *et al*., 2018). گل‌های آن کوچک و مخملی و دارای رنگ‌های متنوعی از جمله صورتی، قرمز، سفید، بنفش و ترکیب سفید و قرمز است که به‌صورت منفرد یا چترمانند می‌باشند (Hashemi Esffahani, 2000).این گیاه مهم‌ترین گیاهان زینتی در فضای باز محسوب می‌شود و حدود ۳۰۰ گونه را که در سراسر جهان شامل می‌شود که بیش‌تر گونه‌های آن در مدیترانه توزیع شده است (Zheng *et al*., 2018). با توجه به ویژگی‌های گیاه قرنفل از جمله تنوع در رنگ گل و داشتن ارقام پاکوتاه و پابلند و همچنین مقاومت نسبی به سرما به‌صورت گسترده در فضای سبز کشت می‌شود، به همین علت بررسی واکنش گیاه به شرایط تنش‌های محیطی از جمله شوری حائز اهمیت می‌باشد. مطالعات محدودی در این زمینه انجام شده است ولی به‌طورکلی، گیاه قرنفل در پاسخ به تنش‌های محیطی با کاهش شاخص‌های رشدی از جمله طول ریشه و ارتفاع بوته، وزن تر و خشک به مقابله با آن می‌پردازد. بررسی اثر تنش شوری بر گل میخک نشان داد که ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار موجب کاهش صفات وابسته به فتوسنتز شامل هدایت روزنه‌ای، تعرق، ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه و برگ، سطح برگ و نیز طول و عرض روزنه‌های برگ به شدت در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش یافت (Kwon *et al*., 2019). در پژوهشی که بر روی چند رقم نرگس شهلا صورت گرفت، نشان داده شد که میزان سدیم و پتاسیم شاخساره گیاه متاثر از میزان شوری بوده و با افزایش سطح تنش نسبت پتاسیم به سدیم کاهش می‌یابد (Veatch Blom *et al*., 2013).نباتی و همکاران (Nabati *et al*., 2016)، به منظور بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های فتوسنتز گیاه کوشیا، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده با سه سطح شوری ۵/۲، ۱۰/۵ و ۲۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان عامل اصلی و سه توده کوشیا (بیرجند، بروجرد و سبزوار) به عنوان عامل فرعی در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای بررسی شد، افزایش شدت تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و تبخیر و تعرق شد، اما در توده‌ها تقریبا برابر بود.در پژوهشی دیگر با کاربرد غلظت‌های ۱۲، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده کردند که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع گیاه، تعداد گل، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه شد و در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری صفات مذکور به ترتیب، ۲۰/۵۶، ۹/۱۹، ۴۱/۴۵، ۶۲/۳۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان دادند، همچنین گزارش کردند که گیاه مریم گلی تا سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار را تحمل کرده و نسبت به سطوح بالاتر از آن مقاومت ندارد (Heidari *et al*., 2018). بررسی اثر تنش شوری در سه سطح صفر، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل محمدی ژنوتیپ کاشان نشان داده شدکه این ژنوپیپ از گل محمدی تا شوری ۸ دسی‌زیمنس قادر به رشد می‌باشد، اما در سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر رشد آن به شدت کاهش میابد هرچند که در سایر سطوح نیز کاهش وزن تر و خشک شاخساره مشاهده شد اما در این سطح رشد و عملکرد گیاه به شدت کاهش یافت (Omidi *et al*., 2018). در پژوهشی سطوح شوری بر دو رقم گل حنا انجام شد، مشخص شد که تنش شوری تعداد و قطر

گل و نیز وزن تر و خشک برگ، ریشه و اندام هوایی به شدت در سطوح بالای تنش شوری کاهش یافتند (Rozbahani *et al.*, 2019). در پژوهشی دیگر که بر روی شش رقم رز صورت گرفت مشخص شد که تنش شوری علاوه بر کاهش رشد و وزن تر و خشک، موجب کاهش ارتفاع ارقام نیز می‌شود (Cai et al 2014). با توجه به این که شوری آب و خاک می‌تواند یک عامل محدودیت کشت این گیاه در برخی مناطق دنیا و ایران باشد و همچنین شوری می‌تواند سبب کاهش عملکرد گیاهان زینتی شود، لذا مطالعه عکس‌العمل این گیاه در شرایط شوری در انتخاب ارقام متحمل نسبت به شرایط تنش شوری کمک خواهد کرد. بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی واکنش‌های مورفوفیزیولوژیک و شاخص‌های تبادلات گازی در دو رقم گیاه قرنفل نسبت به تنش شوری و انتخاب رقم متحمل تر نسبت به این شرایط بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش و تهیه مواد گیاهی

این پژوهش در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی شهرداری خمین واقع در استان مرکزی انجام شد. شرایط محیطی گلخانه شامل میانگین دمای روزانه ۲۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای شبانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود۶۵ درصد بود. بذرهای گیاه قرنفل از شرکت سینجنتا سید خریداری و در محیط کشت شامل ماسه، خاک و خاک برگ (به نسبت ۱:۱:۱) در گلدان پلاستیکی کشت شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول رقم در دو سطح (شامل ارقام 'دیانا' و 'باربارین')، فاکتور دوم تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در ۱۰ سطح (شامل صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) بود. پس از تهیه بذر ارقام، ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد انجام شد و پس از شستشو با آب مقطر (سه مرتبه)، به تعداد یک بذر از هر رقم، در گلدان کاشته شدند. گلدان‌ها تا مرحله ۴ برگی، با آب معمولی آبیاری شدند. سپس، اعمال تیمارهای شوری آغاز گردید.

روش اعمال تیمار شوری

برای اعمال تنش شوری از کلرید سدیم استفاده گردید. برای محاسبه غلظت‌های مورد نظر از کلرید سدیم بر حسب میلی‌مولار، ابتدا جرم مولی نمک (۵۸/۵ گرم بر مول) به میلی‌مولار تبدیل و سپس غلظت‌های مورد نظر (بر اساس میزان نمک حل شده در یک لیتر) تعیین شدند. به منظور جلوگیری از ایجاد تغییرات ناگهانی در تنش شوری، تیمارهای شوری به صورت تدریجی و با غلظت کم انتخاب و سپس به تدریج به مقدار شوری دیگر تیمارها اضافه گردید.کلرید سدیم به‌صورت خاکی و از طریق آبیاری (۲۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان) به فاصله سه روز یکبار به گیاهان داده شد. نحوه‌ی اعمال تنش شوری به این صورت بود که در نوبت اول آبیاری، کلیه گلدان‌ها، بجز سطح شاهد، با محلول ۱۰ میلی‌مولار شوری آبیاری شدند. در نوبت‌های بعدی، این مقادیر در سطح مورد نظر، به تدریج افزایش یافت و در نهایت سطح شوری مورد نظر بعد از گذشت یک هفته لحاظ گردید. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب درون زهکش به منظور سنجش میزان شوری تجمع یافته در خاک گلدان‌ها در طی زمان استفاده گردید. برای کنترل EC در خاک، به طور تصادفی، تعدادی تانسیونیک داخل خاک گلدان قرار گرفت و EC عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد و میانگین نتایج حاصل نشان داد که با توجه به این گلدان‌ها ۱۵ درصد بیش‌تر از ظرفیت زراعی آبیاری شدند. اعمال تنش شوری به مدت پنج هفته صورت گرفت. به منظور جلوگیری از تجمع شوری در خاک، گلدان‌ها هر ۱۲–۱۰ روز یکبار با آب مقطر آبیاری و بلافاصله اعمال تیمار تنش شوری در غلظت‌های مورد نظر صورت گرفت. پس از اتمام آزمایش، نمونه‌گیری از برگ‌های جوان توسعه یافته در مرحله گلدهی کامل، جهت بررسی صفات مورد نظر استفاده شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

صفات مورفولوژیک مورد بررسی در این پژوهش شامل وزن تر و خشک برگ، ریشه و شاخساره گیاه بود که بین چند بوته به‌طور تصادفی انتخاب، سپس جهت اندازه گیری اجزای گیاه به طور جداگانه، اجزای آن‌ها شامل برگ‌ها، ساقه، ریشه از هم جدا شد و وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. سپس، برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی و در آون به مدت ۴۸ ساعت (در دمای درجه ۸۰ درجه سلسیوس) قرار گرفتند و سپس توزین شدند. برای اندازه‌گیری قطر ساقه و گل نیز از کولیس دیجیتال استفاده شد. برای اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه نیز طول بلندترین ریشه و ساقه اصلی گیاه با استفاده از خط کش بر حسب سانتی‌متر انجام شد. جهت اندازه‌گیری سطح برگ، یک برگ از گره سوم هر بوته جدا و سپس سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل A30325) اندازه گیری شد.

اندازه‌گیری میزان فتوسنتز و اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای

فاکتورهای تبادلات گازی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی قابل حمل (LCA4, ADC Bioscientific, Ltd., Hoddesdon, England) و در برگ‌های بالایی اندازه‌گیری شد. در زمان اندازه گیری تبادلات گازی، سطح برگ زیر چمبر ۶ سانتی‌متر، دی اکسید کربن زیر روزنه

۳۵۰ میکرومول در مول، دمای زیر چمبر ۲۶-۲۹ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۲-۵۸ درصد بود. اساس کار این دستگاه بر میزان دی اکسید کربن مصرفی می‌باشد. هدایت روزنه‌ای بر اساس میلی مول (آب) بر متر مربع در ثانیه و سرعت فتوسنتز بر اساس میکرومول (دی اکسید کربن) بر متر مربع در ثانیه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری غلظت عناصر در گیاه

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر سدیم و پتاسیم ابتدا بافت گیاه را در کوره دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس تبدیل به خاکستر کرده و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه شد تا نمونه حل شود. پس از آن، نمونه‌های حل شده را با استفاده از کاغذ صافی، صاف کرده و حجم محلول صاف شده را با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و در نهایت غلظت پتاسیم و سدیم با دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد (William, 2000).

تجزیه آماری

این پژوهش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور تنش شوری و رقم با ۳ تکرار (در هر تکرار ۵ گلدان) اجرا شد. فاکتور تنش شوری در ۱۰ سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلی‌مولار) کلرید سدیم و فاکتور رقم در دو سطح (شامل رقم 'باربارین' و 'دیانا') بود. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار مینی تب و مقایسه میانگین بین تیمارها با توجه به حداقل سطح معناداری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شد.

نتایج و بحث

اثر تنش شوری و رقم بر صفات مورفولوژیک قرنفل

نتایج تجزیه واریانس به دست آمده از پژوهش نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و رقم برای صفات وزن خشک شاخساره، وزن خشک برگ، سطح برگ و قطر ساقه در سطح یک درصد و برای وزن تر برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثرات ساده شوری و رقم برای قطر و تعداد گل (جدول ۲)، وزن تر شاخساره، ارتفاع گیاه، طول ریشه و تعداد شاخه جانبی (جدول ۱) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تنش شوری و رقم و نیز اثر اصلی رقم برای وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نشد و تنها اثر اصلی تنش شوری در سطح یک درصد برای این دو صفت معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اعمال تنش شوری و رقم بر صفات مورفولوژیک گیاه قرنفل

Table 1- ANOVA for the effect of salinity stress and cultivar on morphological traits of Sweet William

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares										
		وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	سطح برگ Leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	طول ریشه Root length	تعداد شاخه جانبی Lateral shoot number	قطر ساقه Stem diameter
رقم Cultivar (C)	1	3.03**	6.22**	0.337^{ns}	0.36^{ns}	9.75**	8.573**	217.59**	49.051**	9.28**	6.66**	3.98**
تنش شوری Salinity stress (SS)	9	146.17**	81.54**	21.62**	14.190**	193.41**	37.480**	2688.32**	75.75**	62.23**	16.00**	8.99**
C×SS	9	0.22^{ns}	0.708**	0.021^{ns}	0.020^{ns}	0.665*	0.381**	65.40**	1.984^{ns}	0.277^{ns}	0.222^{ns}	0.13**
خطا Error	40	0.173	0.114	0.126	0.094	0.289	0.0804	21.83	1.048	0.152	0.166	0.048
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.9	3.3	4.5	10.5	2.3	2.7	4.535	6.3	1.91	9.4	1.1

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns Non-Significant, ** and * and significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively.

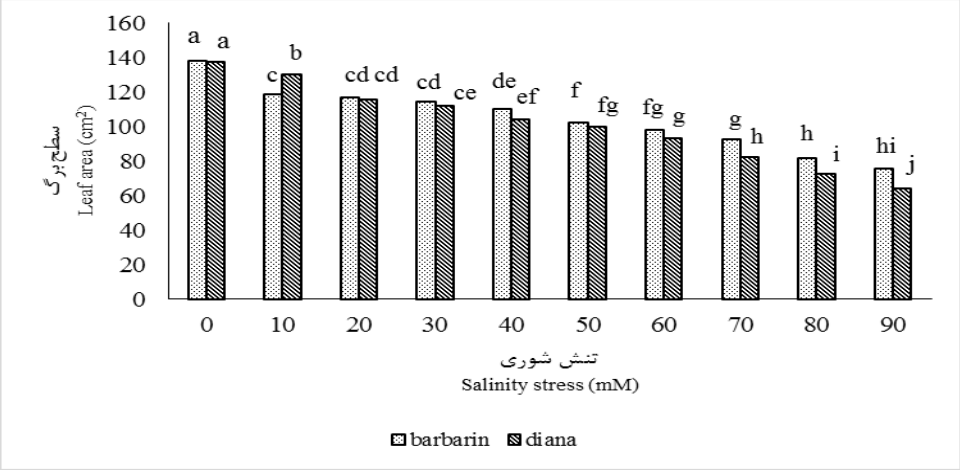
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر اعمال تنش شوری و رقم بر غلظت عناصر سدیم و پتاسیم، تبادلات گازی و صفات گل گیاه قرنفل

Table 2- ANOVA for the effect of salinity stress and cultivar on Na and K concentration, gas exchanges and flower traits of Sweet William

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares						
		میزان فتوسنتز Photosynthetic rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductive	تعداد گل Flower number	قطر گل Flower diameter	درصد سدیم Na^+ percentage	درصد پتاسیم K^+ percentage	نسبت سدیم به پتاسیم Na^+/K^+
رقم Cultivar (C)	1	0.6615**	5.53**	4.347**	2.608**	1.0541**	7.307**	0.299**
تنش شوری Salinity stress (SS)	9	23.589**	3761.32**	27.392**	40.206**	0.022*	1.901**	0.0610**
C×SS	9	0.032^{ns}	0.45^{ns}	0.195^{ns}	0.059^{ns}	0.0037^{ns}	0.157**	0.0172**
خطا Error	40	0.051	0.24	0.197	0.209	0.0048	0.0156	0.00131
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.7	0.54	9.07	2.9	2.85	3.65	1.26

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns Non-Significant, ** and * and significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر میزان سطح برگ گیاه قرنفل

Figure 1- The onteraction effect of salinity ×cultivar on leaf area of Sweet William plant (LSD, $p\leq0.05$)

با توجه به شکل ۱، تنش شوری منجر به کاهش سطح برگ در دو رقم قرنفل شد، اما در رقم باربارین نسبت به دیانا میزان سطح برگ بیش‌تر بود. همچنین میزان وزن تر و خشک برگ نیز در رقم باربارین بالاتر از رقم دیانا بود (شکل ۲ و ۳).

در هر دو رقم وزن تر و خشک برگ با افزایش غلظت نمک، کاهش نشان داد، به طوری که به ترتیب، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان وزن تر و خشک برگ در تیمار کنترل و غلظت ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم وجود داشت. در شکل ۴، مشاهده می‌شود که با افزایش تنش شوری، وزن خشک شاخساره در هر دو رقم به شدت کاهش یافته است. اثر متقابل تنش شوری و رقم بر قطر ساقه نشان داد که، با افزایش شوری، قطر ساقه در رقم دیانا کاهش بیش‌تری نسبت به رقم باربارین داشته است (شکل ۵) و در تمام سطوح تنش شوری، رقم باربارین دارای قطر ساقه بیش‌تری نسبت به رقم دیانا بود. اثرات اصلی تنش شوری برای صفات وزن تر شاخساره، ارتفاع گیاه، طول ریشه، تعداد شاخه جانبی، تعداد و قطر گل نشان داد که تمامی صفات با افزایش سطح نمک، کاهش یافته و بالاترین میزان صفات در گیاه کنترل (عدم کاربرد کلرید سدیم) مشاهده شد (جدول ۳)، همچنین اثرات اصلی رقم برای صفات فوق نشان داد که رقم باربارین نسبت به رقم دیانا در تمامی صفات بالاترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

جدول ۳- اثرات ساده تنش شوری و رقم بر برخی از صفات گیاه قرنفل

Table 3- The simple effects of salinity stress and cultivar on some traits of Sweet William

تیمار Treatment		سطح Level (mM)	تعداد گل Flower number	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductive	میزان فتوسنتز Photosynthetic rate	تعداد شاخه جانبی Lateral shoot number	طول ریشه Root length	ارتفاع گیاه Plant height	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight
تنش شوری Salinity stress		0	9.33^{a}	120.55^{a}	7.70^{a}	7.166^{a}	26.096^{a}	23.16^{a}	30.53^{a}
		10	7.166^{b}	115.25^{b}	6.388^{b}	6.166^{b}	23.62^{b}	19.41^{b}	26.32^{b}
		20	5.66^{c}	110.418^{c}	5.390^{c}	5.50^{c}	22.73^{c}	18.03^{c}	24.49^{c}
		30	5.50^{c}	103.845^{d}	4.075^{d}	4.83^{d}	22.186^{d}	16.83^{d}	23.66^{d}
		40	4.50^{d}	98.70^{e}	3.466^{e}	4.50^{d}	20.87^{e}	15.87^{de}	20.96^{e}
		50	4.33^{d}	94.24^{f}	3.136^{f}	4.00^{e}	19.384^{f}	15.42^{e}	19.58^{f}
		60	4.16^{d}	80.42^{g}	3.003^{fg}	3.50^{f}	18.54^{g}	15.01^{e}	18.23^{g}
		70	3.33^{e}	65.28^{h}	2.765^{g}	3.166^{f}	17.94^{h}	13.79^{f}	16.89^{h}
		80	3.00^{e}	56.47^{i}	2.471^{h}	2.50^{g}	16.89^{i}	12.55^{g}	16.10^{i}
		90	2.025^{f}	50.71^{j}	1.138^{i}	2.00^{h}	16.06^{j}	10.73^{h}	15.45^{j}
رقم Cultivar	باربارین		5.171^{a}	89.89^{a}	4.058^{a}	4.66^{a}	20.825^{a}	16.98^{a}	21.44^{a}
	دیانا		4.633^{b}	89.28^{b}	3.848^{b}	4.00^{b}	20.038^{b}	15.17^{b}	20.99^{b}

میانگین‌های که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Means composed of same letters in each column are not significantly different according to LSD test ($p<0.05$)

تجزیه واریانس وزن تر و خشک ریشه نشان داد که اثر اصلی تیمار تنش شوریبرای این دو صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و با افزایش سطح نمک، از وزن تر و خشک ریشه کاسته شد (جدول ۴). کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط تنش شوری، به دنبال کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد گیاه اتفاق می‌افتد (Abdul *et al*., 2007). معمولا اولین واکنش گیاه نسبت به تنش شوری، کاهش سطح برگ است و به نظر می‌رسد که گیاه با این روش، سعی در حفظ آب بافت‌های خود می‌کند (Mardani and Azizi, 2010 Khorsandi *et al*., ;2010).

همچنین، کاهش تعداد گل‌آذین نیز به علت اختلال در فتوسنتز به دنبال شرایط تنش رخ می‌دهد که این امر موجب کاهش ارئه مواد حاصل از فتوسنتز به بخش‌های در حال رشد و در نهایت عدم رسیدن به پتانسیل ژنتیکی گیاه در مورد تعداد گل می‌شود (Ebrahim, 2005). تنش شوری اثر بازدارندگی شدیدی بر وزن خشک گیاه دارد. رشد کم ریشه با تاثیر بر انتقال آب و مواد غذایی و نیز توازن هورمونی، رشد اندام‌های هوایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mardani and Azizi, 2010).

جدول ٤- اثرات ساده تاثیر تنش شوری ذر وزن تر و خشک ریشه قرنفل

Table 4- The simple effects of salinity stress on wet and dry weight roots of Sweet William

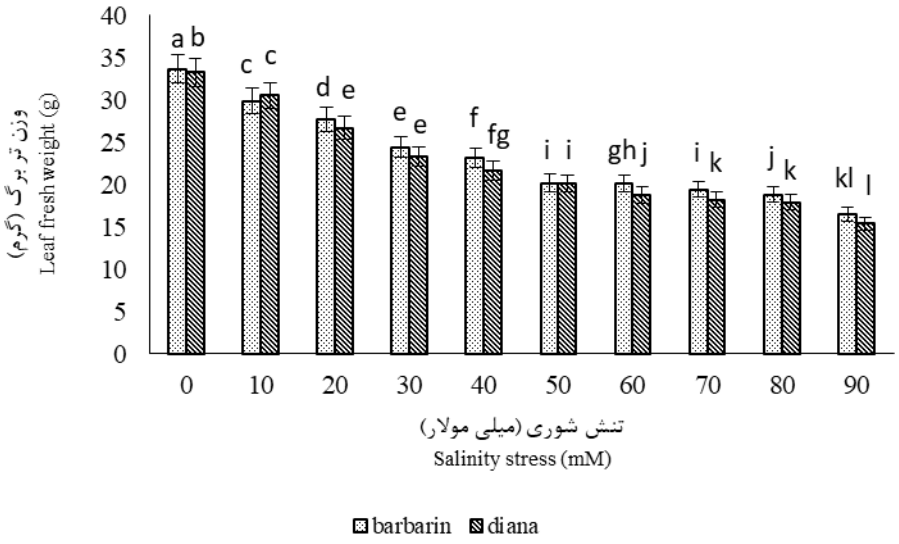
تیمار Treatment	سطح Level (mM)	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight
تنش شوری Salinity stress	0	5.400^{a}	10.525^{a}
	10	4.618^{b}	10.123^{a}
	20	4.012^{c}	9.503^{b}
	30	3.848^{c}	8.57^{c}
	40	2.858^{d}	8.47^{c}
	50	2.371^{e}	7.41^{d}
	60	2.132^{ef}	7.05^{d}
	70	1.965^{f}	6.162^{e}
	80	0.954^{g}	5.772^{e}
	90	0.798^{g}	4.934^{f}

میانگین‌های که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Means composed of same letters in each column are not significantly different according to LSD test ($p<0.05$)

اثر تنش شوری و رقم بر میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای

اثر متقابل تنش شوری و رقم بر تبادلات گازی قرنفل معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری و رقم برای میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری از میزان تبادلات گازی کاسته شده و پایین‌ترین سطح میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در بالاترین سطح تنش شوری یعنی غلظت ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده شد (جدول ۳). در تیمار کنترل بالاترین سطح فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای با اختلاف معنی‌دار نسبت به سطوح تنش شوری وجود داشت. فتوسنتز حساسیت بالایی نسبت به تنش شوری داشته و محدودیت‌های فتوسنتز طی دو مرحله رخ می‌دهد، اول محدودیت‌های مربوط به افزایش مقاومت روزنه‌ای که مقاومت روزنه‌ای نام دارند (Centritto *et al.*, 2003) و دوم محدودیت‌های غیر روزنه‌ای که در غلظت‌های بالای نمک اتفاق می‌افتند (Munns *et al.*, 2006). با افزایش سطح شوری، پتانسیل اسمزی اطراف ریشه بالا رفته که این امر موجب ترشح بیش‌تر هورمون آبسیزیک اسید از ریشه و در نهایت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Aldesuquy and Ibrahim, 2001). کاهش هدایت روزنه‌ای که به دنبال تنش رخ می‌دهد دارای اثرات مثبت و منفی می‌باشد؛ اثر مثبت آن، حفظ محتوای آبی گیاه با کاهش تبخیر و تعرق است (Tester and Venterport, 2003). اما اثر منفی این فرآیند این است که بسته شدن روزنه، ممانعت از ورود و در نتیجه کاهش کربوکسیلاسیون کربن دی اکسید را به دنبال دارد (Flexas *et al.*, 2004). در گیاهانی که هدایت روزنه‌ای بالاتر است با حفظ میزان تثبیت کربن دی اکسید در شرایط تنش اسمزی نسبت به سایر گیاهان برتری دارند (Dulai *et al.*, 2005، Dulai *et al.*, 2011)



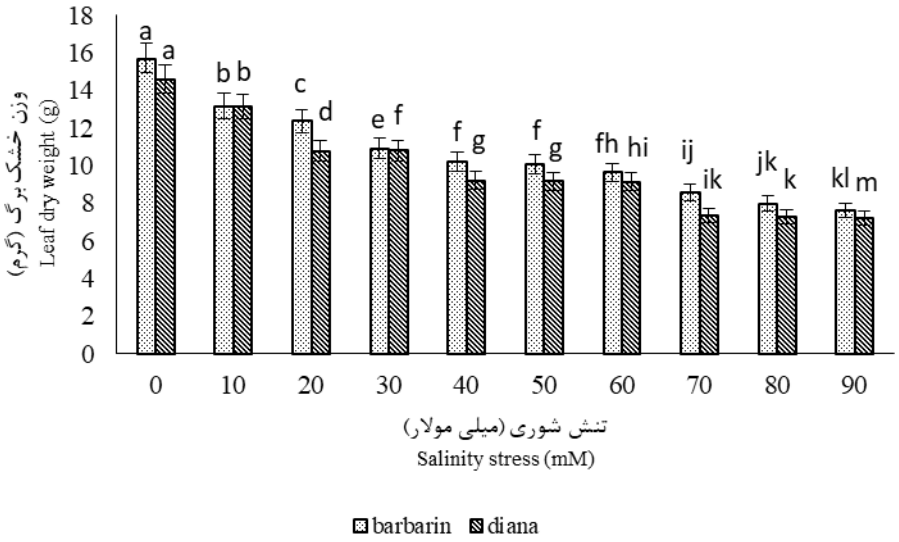
شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر وزن تر برگ گیاه قرنفل

Figure 2- The interaction effect of salinity ×cultivar on leaf fresh weight of Sweet William plant (LSD, $p\leq 0.05$)

اثر تنش شوری و رقم بر غلظت عناصر سدیم و پتاسیم

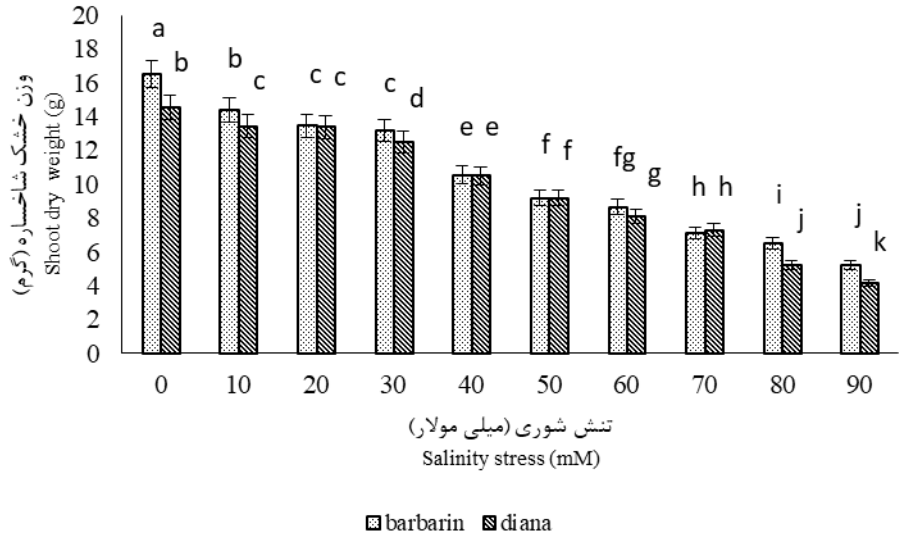
تجزیه واریانس برای غلظت عناصر سدیم و پتاسیم نشان داد که اثرات متقابل شوری و رقم در عناصر ذکر شده معنی‌دار نشد (جدول ۲). اثر عامل اصلی تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی رقم تنها در غلظت عنصر سدیم، معنی‌دار شد. نتایجمقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین غلظت سدیم (۱/۳۶ درصد) در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) و کم‌ترین غلظت (۰/۲۱۹۶ درصد) در شرایط بدون تنش گزارش شد. از بین ارقام دو رقم مورد بررسی در این پژوهش، میزان غلظت سدیم در رقم باربارین (۰/۵۰۸۲ درصد) نسبت به رقم دیانا (۰/۵۴۴۷ درصد) کم‌تر بود، که نشان‌دهنده مقاومت بیش‌تر این رقم در جذب سدیم می‌باشد.همچنین نتایج نشان داد که نسبت سدیم به پتاسیم تفاوت معنی‌داری را میان ارقام مختلف و سطوح مختلف شوری نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین ارقام از لحاظ نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد که رقم باربارین به طور نسبی بیش‌ترین یون پتاسیم را در مقایسه با سدیم جذب نمود و دارای نسبت سدیم به پتاسیم پایین‌تری نسبت به رقم

دیانا بود.نتایج غلظت پتاسیم نشان داد که اثر متقابل شوری و رقم و نیز اثرات اصلی آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دارشد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم (۵/۱۵۷ درصد) در رقم باربارین و در شرایط بدون تنش (صفر میلی‌مولار) مشاهده شد و کم‌ترین میزان (۱۴/۷۹ درصد) در رقم دیانا در شرایط تنش شدید (۹۰ میلی‌مولار) مشاهده شد. پتاسیم دارای نقش به سزایی در مقاومت گیاهان نسبت به تنش دارد (Shirazi *et al*., 2005)، پتاسیم یک عنصر ضروری برای گیاه و فراوان‌ترین عنصر در اندام‌های گیاهی پس از نیتروژن می‌باشد و به عنوان یک اسمولیت معدنی نقش عمده‌ای در حفظ فشار تورژسانس دارد؛ که در نهایت توسعه سلولی و عملکرد سلول‌های روزنه‌ای می‌شود. همچنین، پتاسیم در فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در عمل فتوسنتز و تولید پروتئین و نیز حفظ تعادل بار الکتریکی در غشاهای سلول نقش دارد (Rostami *et al*., 2013).



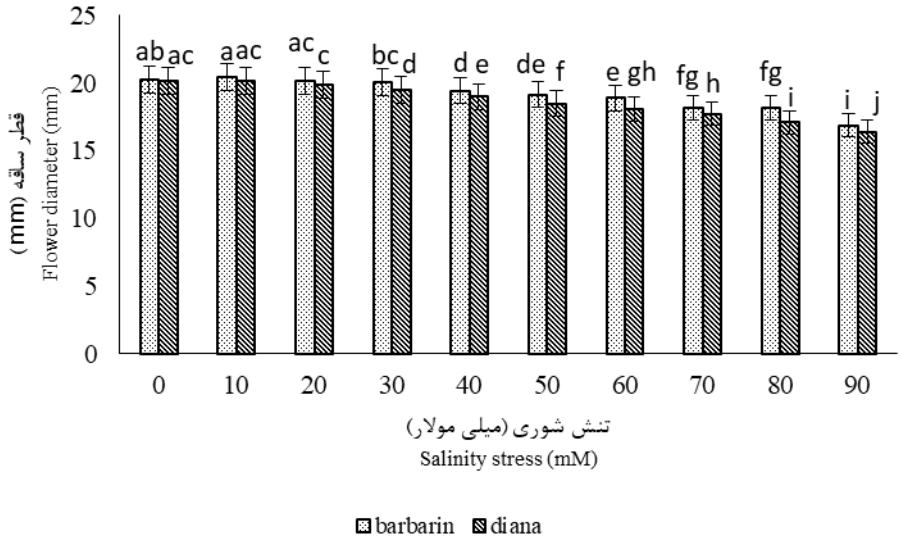
شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر وزن خشک برگ گیاه قرنفل

Figure 3- The interaction effect of salinity ×cultivar on leaf dry weight of Sweet William plant (LSD, *p≤0.05*)



شکل ٤- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر وزن خشک شاخساره گیاه قرنفل

Figure 4- The interaction effect of salinity ×cultivar on shoot dry weight of Sweet William plant (LSD, *p≤0.05*)



شکل ۵- اثر متقابل تنش شوری × رقم بر قطر ساقه گیاه قرنفل

Figure 5- The interaction effect of salinity ×cultivar on stem diameter of Sweet William plant (LSD, $p\leq0.05$)

عنصر سدیم نیز در آب و خاک موجود است و توسط گیاه به طور وسیع جذب می‌شود، اما سدیم یک عنصر ضروری برای رشد گیاه نبوده و قادر نخواهد بود که به عنوان جایگزینی برای عناصری مانند پتاسیم و کلسیم عمل کند (Rostami *et al.*, 2013). جذب بیش از حد عنصر سدیم در شرایط تنش به واسطه اختلال در جذب سایر عناصر و نیز اثر سمیت آن موجب محدودیت رشد می‌شود (Muns, 1993). در واقع، افزایش در نسبت سدیم/پتاسیم با افزایش سطح شوری، به علت افزایش سرعت جذب سدیم و ممانعت سدیم از جذب پتاسیم می‌باشد. این احتمال وجود دارد که در شرایط تنش، افزایش تجمع پتاسیم در سلول‌ها به خاطر حفظ تنظیم اسمزی در مقابل مقادیر زیاد کلر رخ دهد رضایی و همکاران (Noctor *et al.*, 2002).

همبستگی بین صفات مورد اندازه گیری

نتایج حاصل از همبستگی صفات در این پژوهش نشان داد که بین تمامی صفات مورفولوژیکی و غلظت پتاسیم شاخساره همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). ارتفاع گیاه با وزن تر برگ، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، وزن تر و خشک برگ با تعداد شاخه جانبی، وزن تر برگ و شاخساره و طول ریشه با تعداد گل، در سطح ۵ درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بودند و در سایر صفات مورفولوژیک همبستگی معنی‌دار در سطح یک درصد مشاهده شد. شاخص‌های تبادلات گازی نیز با صفات مورفولوژیکی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار (یک درصد) بودند. اما بین غلظت سدیم شاخساره و نسبت سدیم به پتاسیم همبستگی و ارتباط منفی با تمام صفات مورد بررسی وجود داشت، که نشان دهنده اثر منفی کلرید سدیم بر پارامترهای رشدی و جلوگیری از جذب پتاسیم توسط گیاه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی تنش شوری رشد و عملکرد هر دو رقم قرنفل را تحت تاثیر قرار داد و با افزایش تنش شوری، تمام صفات مورفولوژیکی کاهش یافت. همچنین این تنش با کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش فتوسنتز و به دنبال آن کاهش سایر شاخص‌های رشدی شد. هر دو رقم قرنفل، در غلظت‌های بالای شوری (۹۰ میلی‌مولار) کاهش رشد نشان دادند؛ اگرچه رقم باربارین نسبت به دیانا مقاومت بالاتری نشان داد. غلظت عناصر سدیم و پتاسیم و نیز نسبت آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، میزان سدیم بافت افزایش و میزان پتاسیم کاهش یافت که این کاهش در رقم دیانا بیش‌تر از رقم باربارین بود که بیانگر مقاومت بالاتر رقم باربارین نسبت به رقم دیانا می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود که در صورت کشت گیاه قرنفل در مناطق دارای آب و یا خاک شور، رقم باربارین می‌تواند گزینه مناسب‌تری برای کشت باشد.

جدول ۵- همبستگی بین صفات گیاه قرنفل

Table 5- Correlation between Sweet William traits

صفات Triats	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf area	قطر گل Flower diameter	شاخه جانبی Lateral shoot	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	طول ریشه Root length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	قطر ساقه Stem diameter	میزان فتوسنتز Pn	هدایت روزنه‌ای Stomatal Conductive	تعداد گل Flower number	غلظت سدیم Na (%)	غلظت پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K
Plant height	1																	
Leaf area	0.90**	1																
Flower diameter	0.65**	0.64**	1															
Lateral shoot	0.51**	0.52**	0.75**	1														
Leaf fresh weight	0.42*	0.93**	0.76**	0.46*	1													
Leaf dry weight	0.62**	0.93**	0.70**	0.44*	0.96**	1												
Shoot fresh weight	0.91**	0.94**	0.97**	0.54**	0.97**	0.97**	1											
Shoot dry weight	0.91**	0.94**	0.97**	0.63**	0.93**	0.92**	0.95**	1										
Root length	0.92**	0.75**	0.57**	0.45*	0.96**	0.96**	0.97**	0.97**	1									
Root fresh weight	0.87**	0.94**	0.55**	0.33*	0.94**	0.92**	0.94**	0.97**	0.95**	1								
Root dry weight	0.89**	0.93**	0.63**	0.38*	0.95**	0.94**	0.96**	0.96**	0.96**	0.95**	1							
Stem diameter	0.88**	0.64**	0.91**	0.62**	0.86**	0.86**	0.88**	0.94**	0.91**	0.93**	0.90**	1						
Pn	0.90**	0.91**	0.95**	0.93**	0.98**	0.96**	0.96**	0.93**	0.95**	0.93**	0.94**	0.86**	1					
Stomatal conductive	0.86**	0.94**	0.93**	0.91**	0.89**	0.89**	0.93**	0.96**	0.94**	0.96**	0.94**	0.94**	0.88**	1				
Flower number	0.93**	0.91**	0.64**	0.93**	0.45*	0.66**	0.45*	0.71**	0.44*	0.50**	0.52**	0.65**	0.95**	0.87**	1			
Na (%)	-0.76**	-0.86**	-0.80**	-0.80**	-0.72**	-0.75**	-0.78**	-0.86**	-0.81**	-0.86**	-0.82**	-0.88**	-0.73**	-0.93**	-0.74**	1		
K (%)	0.85**	0.93**	0.88**	0.90**	0.83**	0.85**	0.87**	0.93**	0.90**	0.91**	0.90**	0.95**	0.82**	0.95**	0.82**	-0.93**	1	
Na/K	-0.71**	-0.89**	-0.73**	-0.74**	-0.66**	-0.67**	-0.70**	-0.80**	-0.75**	-0.80**	-0.77**	-0.84**	-0.67**	-0.87**	-0.68**	0.97**	-0.90**	1

و * به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

** and * : significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively.

منابع

1- Abdul, J., Gopisankar, R.B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2007). Studies on germination, seedling vigor, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedling under salt stress. *Journal of Botany* 73: 190-195. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2006.11.001.

2- Akram, N.A., & Ashraf, M. (2011). Improvement in growth, chlorophyll pigments and photosynthetic performance in salt-stressed plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by foliar application of 5-aminolevulinic acid. *Agrochimica* 55: 94-104.

3- Aldesuquy, H.S., & Ibrahim, A.H. (2001). Interactive effect of seawater and growth bio-regulators on water relations, absicisic acid concentration, and yield of wheat plants. *Journal of Agronomy and Crop Science* 187: 185-193. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00522.x.

4- Alvarez, S., & SanchezBlanco, M.J. (2014). Longterm effect of salinity on plant quality, water relations, photosynthetic parameters and ion distribution in *Callistemon citrus*. *Plant Biology 16*(4): 757-764. https://doi.org/10.1111/plb.12106.

5- Azari, A., ModaresSanavi, S.A.M., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A.M., & Alizadeh, B. (2012). Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*). *Iranian Journal of Crop Sciences* 14: 121-135. (In Persian with English abstract). http://agrobreedjournal.ir/article-1-90-en.html.

6- Boursier, P., & Läuchli, A. (1990). Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. *Crop Science* 30: 1226-1233. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000060014x.

7- Cai, X., Niu, G., Starman, T., & Hall, C. (2014). Response of six garden roses (*Rosa* × *hybrida* L.) to salt stress. *ScientiaHorticulturae 16*(8): 27-32. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.12.032.

8- Cassaniti, C., Leonardi, C., & Flowers, T.J. (2009). The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. *ScientiaHorticulturae 122*(4): 586-593. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.06.032.

9- Centritto, M., Loreto, F., & Chartzoulakis, K. (2003). The use of low [CO_2] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell and Environment* 26: 585-594. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00993.x.

10- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., & Zhu, J.K.(2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science* 45: 437-448. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437.

11- Dulai, S., Molnár, I., Háló, B., & Molnár-Láng, M. (2010). Photosynthesis in the 7H AsakazeKomugi/Manas wheat/barley addition line during salt stress. *Acta AgronomicaHungarica* 58: 367-376. https://doi.org/10.1556/AAgr.58.2010.4.5.

12- Dulai, S., Molnár, I., & Molnár-Láng, M. (2011). Changes of photosynthetic parameters in wheat/barley introgression lines during salt stress. *Acta Biologica Szegediensis* 55: 73-75. http://www.sci.u-szeged.hu/ABS.

13- Dulai, S., Molnár, I., Szopkó, D., Darkó, É., Vojtkó, A., Sass-Gyarmati, A., & Molnár-Láng, M. (2014). Wheat *Aegilops biuncialisamphiploids* have efficient photosynthesis and biomass production during osmotic stress. *Journal of Plant Physiology* 171: 509-517. http://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.11.015.

14- Ebrahim, M. (2005). Amelioration of sucrose metabolism and yield changes, in storage roots of NaCl-stressed sugar beet by ascorbic acid. *Agrochimica* 49: 93–103.

15- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., & Sharkey, T.D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology* 6: 269-279. https://doi.org/10.1055/s-2004-820867.

16- Garcia-Caparros, P., & Lao, M.T. (2018). The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. *ScientiaHorticulturae* 240: 430-439. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.022.

17- Grattan, S.R., & Grieve, C.M. (1999). Salinity-mineral-nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulture* 78: 127-157. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00192-7.

18- HashemiEsfahani, A. (2000). *Promotion of Modern Floriculture*. Nasagh Publications. (In Persian)

19- Khorsandi, O., Hassani, A., Sefidkon, F., Shirzad, H., & Khorsandi. A. (2010). Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastachefoeni culumkuntz*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 26: 438-451. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6807.

20- Heidari, Z., Asadi Gharneh, H., & Razmjo, J., (2018). The effect of salinity stress sodium chloride on some morphological aspect of sage plant (*Salvia nemorosa* L.). *Jornal of Environmental Stress in Agricultural Science 13*(4): 983-993. http://doi.org/10.22077/escs.2020.2211.1556.

21- Kingsbury, R.W., Epestin, E., & Pearcy, R.W. (1983). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Journal Plant Physiology* 74: 417-423. https://doi.org/10.1104/pp.74.2.417.

22- Koushafar, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., Moezzi, A.A., & Mobli, M. (2011). Effect of dynamic unequal distribution of salts in the root environment on performance and crop per drop (CPD) of hydroponic-grown tomato. *Science Horticulture* 131: 1-5. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.016.

23- Kwon, O.K., Mekapogu, M., & Kim, K.S. (2019). Efect of salinity stress on photosynthesis and related physiological responses in carnation (*Dianthus caryophyllus*). *Horticulture, Environment, and Biotechnology* https://doi.org/10.1007/s13580-019-00189-7.
24- Mardani, H., & Azizi, M. (2010). Effect of salicylic acid on morphological and physiological parameter of cucumber (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) in dry stress. *Iranian Journal of Horticulture Science* 3: 321-326. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.23222050.1390.18.3.5.8.
25- Misra, A., & Sricastatva, N.K. (2000). Influence of water stress on Japanese m int. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 7: 51-58. http://dx.doi.org/10.1300/J044v07n01_07.
26- Munns, R. (1993). Physiological process limiting plant growth in saline soils: some damages and hypothesis. *Plant Cell Environment* 16: 15-24. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1993.tb00840.x.
27- Munns, R., James, R.A., & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57: 1025-1043. https://doi.org/10.1093/jxb/erj100.
28- Nabati, J., Kafi, M., Boromande Reza Zadeh, A., Masomi, A., &Zare Mehrjerdi, M. (2016). The effect of salinity stress on the photosynthetic apparatus Kochia (*Bassias coparia*) In field conditions. *Iranian Agricultural Research Journal 16*(4): 743-759. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20081472.1397.16.4.4.1.
29- Nazir, N., Ashraf, M., & Ejaz, R. (2001). Genomic relationships in oilseed *Brassicas* with respect to salt tolerancephotosynthetic capacity and ion relations. *Pakistan Journal of Botany* 33: 483-501.
30- Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S.D., Driscoll, S., Novitskaya, L., & Foyer, C.H. (2002). Drought and oxidative load in wheat leaves. A predominant role for photorespiration. *Annal Botonical* 89: 841-850. https://doi.org/10.1093%2Faob%2Fmcf096.
31- Omidi, M., Khandan Mirkohi, A., Kafi, M., & Zamani, Z. (2018). The effect of salinity stress on some physiological and morphological indicators in damask rose Kashan genotype. *Journal of Horticultural Science of Iran 51*(1): 1-17. https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.251968.1398.
32- Omoto, E., Taniguchi, M., and Miyake, H. 2010. Effects of salinity stress on the structure of bundle sheath and mesophyll chloroplasts in NAD-malic enzyme and PCK type C4 plants. Plant Production Science 13: 169-176. https://doi.org/10.1626/pps.13.169.
33- Rozbahani, F., Mosavi Fard, S., & Rezaiee Nejad, A. (2019). The effect of proline on some physiological and biochemical characteristics in two varieties lady flowers (*Impatiens walleriana*) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science of Iran 51* (3). 537-550. https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.279774.1632.
34- Parida, A.K., & Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Eco toxico. and Enviro. Safety* 60: 324-349. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010.
35- Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., & Tavakoli, A. (2010). Growth and stomatal responses of bread wheat genotypes in tolerance to salt stress. *World Academy of Science Engineering and Technology* 71: 14-19.
36- Rostami, M., Mohammad Parast, B., & Golpham, R. (2013). *Effect of different levels of salinity stress on leaf concentrations of saffron leaves (Crocus sativus* L.*).* National Conference on Agricultural Science and Technology, Malayer, Malayer University. (In Persian). https://doi.org/10.22048/jsat.2015.10379.
37- Saravanavel, R., Ranganathan, R., & Anantharaman, P. (2011). Effect of sodium chloride on photosynthetic pigments and photosynthetic characteristics of *Avicennia officinalis* seedlings. *Recent Research in Science and Technology* 3: 177-180.
38- Shirazi, M.U., Ashraf, M.Y., Khan, M.A., & Naqvi, M.H. (2005). Potassium induced salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal Environment Science Technology* 2: 233-236. https://doi.org/10.1007/BF03325881.
39- Taize, L., & Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. Sinauar Associates, Inc. Pub., Massachusetts.
40- Tester, M., & Venterport, R.D. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Ann. Botonical* 93: 503- 537. https://doi.org/10.1093/aob/mcg058.
41- Veatch-Blohm, M.E., Chen, D., & Hassett, M. (2013). Narcissus cultivar differences in response to saline irrigation when application began either pre- or postemergence. *Horticultureal Science 48*(3): 322-329. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.3.322.
42- William, H. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international.* 17nd ed. USA: AOAC International. 100p.
43- Zhang, G., & Deng, C. (2012). Gas exchange and chlorophyll fluorescence of salinity-alkalinity stressed *Phragmites australis* seedlings. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10: 880-884.
44- Zheng, J., Ma, X., Zhang, X., Hu, Q., & Qian, R. (2018). Salicylic acid promotes plant growth and salt-related gene expression in *Dianthus superbus* L. (Caryophyllaceae) grown under different salt stress conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants 24*(2): 231–238. https://doi.org/10.1007%2Fs12298-017-0496-x.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 89-104

Evaluation of the Effect of Ascorbic Acid and Sucrose Foliar Application on some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Cucurbita pepo* var. Styriaca

M. Fadaei[1], V. Akbarpour[2*], S.J. Mousavizadeh[3], K. Ghasemi[4]

Received: 29-08-2021
Revised: 25-11-2021
Accepted: 29-11-2021
Available Online: 29-11-2021

How to cite this article:
Fadaei, M., Akbarpour, V., Mousavizadeh, S.J., & Ghasemi, K. (2023). Evaluation of the effect of ascorbic acid and sucrose foliar application on some quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* var. Styriaca. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 89-104. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2021.72192.1087

Introduction

Pumpkin (*Cucurbita pepo*) is a medicinal plant belonging to the Cucurbitaceae family and the order Cucurbitals. The seeds of this plant are a rich source of essential oils and proteins for the body. It is used in the production of various drugs such as Peponen, Pepostrin, Grunfig and treatment of prostate swelling, urinary tract inflammation, atherosclerosis, gastrointestinal regulation, etc. Since the components of medicinal plants are low at natural condition, and could be increased by means of different environmental conditions, nutrition or application of elicitors; thus, it is necessary to work on mentioned parameters effects on quantitative and qualitative attributes of medicinal plants. Recent years, many researches have been done based on natural components for increment of yield and secondary metabolites of medicinal plants. Ascorbic acid is one of these materials which its effect on plant growth has been validated. In the management of agricultural inputs, especially in the cultivation of medicinal plants, the application of substances that have the least harmful side effects on human health and the environment is recommended. Meanwhile, sucrose and ascorbic acid are healthy substances to improve growth and increase crop yield. Therefore, the aim of the present study was to determine the effect of these two substances on yield, yield components and phytochemical characteristics of pumpkins.

Materials and Methods

Pumpkin seeds were prepared from Pakan Bazr Esfahan by purity of 99%. Then, planted in a farm of 500 m^2 at Behshar. After plant growth, spray treatments were conducted at three times as before flowering, onset of flowering and fruit set stages. This experiment was conducted in factorial with sucrose factor at four levels (0, 5, 10, 15 $g.l^{-1}$) and ascorbic acid factor at four levels (0, 15, 30, 45 mM), based on a randomized complete block design with three replications. The studied characteristics included number of leaves and fruits, plant yield, 1000-seed weight, total number of seeds, number of healthy seeds, percentage of healthy seeds, number of blank (deaf) seeds, percentage of blank seeds, total chlorophyll, antioxidant activity, phenol, flavonoids, protein and oil percentage. Statistical analysis of data was performed using SAS statistical software and comparison of mean was performed using the least significant difference (LSD) at the level of 5% probability. Figures were graphed with Excel software.

Results and Discussion

According to this study results, the effect of foliar application of sucrose and ascorbic acid and their

1, 2 and 4- Former Student of Medicinal Plants and Assistant Professors, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: v.akbarpour@sanru.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences and Landscape, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.72192.1087

interaction on most of the studied traits was significant. Application of 15 $g.l^{-1}$ sucrose with 15 mM ascorbic acid increased the number of fruits to 1.68 per plant, which showed an increase compared to the control treatment. The highest total number of seeds with an average of 464 seeds per fruit was obtained by applying 5 $g.l^{-1}$ sucrose with 45 mM ascorbic acid, which compared to the control (247.33) recorded an increase of 87.60%. The highest total chlorophyll content was measured with an average of 2.081 ($mg.g^{-1}$ fresh weight) using 5 $g.l^{-1}$ sucrose with 15 mM ascorbic acid, which showed an increase of 1.81% compared to the control treatment (2.044). Also, application of 15 $g.l^{-1}$ sucrose along with 15 mM ascorbic acid increased protein by 40.03%, which showed an increase of 79.26% compared to the control (22.33). Other results indicate that increasing the amount of seed oil up to 44.50% is available with the application of 15 $g.l^{-1}$ sucrose with 30 mM ascorbic acid and also with the application of 10 $g.l^{-1}$ sucrose with 45 mM ascorbic acid; which had an increase of 16.61% compared to the control (38.16). The results of the present study showed that the application of combined ratios of sucrose and ascorbic acid has been effective in improving the quantitative and qualitative attributes of pumpkin, including protein content and percentage of pumpkin seed oil.

Conclusion

Since the treatment of sucrose 10 $g.l^{-1}$ with 45 mM ascorbic acid significantly affected most of important attributes such as total antioxidant activity, total flavonoids, protein content and high oil content, therefore, this combination of treatment can be applied to increase the quality of pumpkin seeds. However, if only quantity is important, the treatment of sucrose 15 $g.l^{-1}$ with 15 mM ascorbic acid, which caused the highest number of fruits per plant, the highest yield as well as the highest protein, can be recommended.

Keywords: Chlorophyll, Fruit, Oil, Seed

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص. ۱۰٤-۸۹

ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و ساکارز بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. Styriaca)

منصوره فدایی[۱]- وحید اکبرپور[۲*]- سیدجواد موسوی‌زاده[۳]- کامران قاسمی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۸

چکیده

در مدیریت نهاده‌های کشاورزی، استفاده از موادی که کمترین اثرات جانبی مضر را بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشند، توصیه می‌شوند. در این بین، ساکارز و اسید آسکوربیک موادی با منشأ طبیعی جهت بهبود رشد و افزایش عملکرد محصولات می‌باشند، لذا هدف از پژوهش حاضر تعیین اثر این دو ماده بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه کدوی پوست کاغذی بود. این آزمایش در قالب فاکتوریل با دو فاکتور ساکارز در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ گرم بر لیتر) و اسید آسکوربیک در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ میلی‌مولار) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. با توجه به نتایج بدست آمده اثر محلول‌پاشی ساکارز و اسید آسکوربیک و برهمکنش آنها بر بیشتر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک سبب ارتقای تعداد میوه تا ۱/۶۸ عدد در هر بوته شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۵ برابر افزایش نشان داد. بیشترین تعداد کل بذر با میانگین ۴۶۴ عدد در هر میوه با کاربرد ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک حاصل شد که در مقایسه با شاهد (۲۴۷/۳۳) افزایش ۸۷/۶۰ درصدی را ثبت کرد. بالاترین میزان کلروفیل کل با میانگین ۲/۰۸۱ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۱۵ میلی مولار اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد که نسبت به تیمار شاهد (۲/۰۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) افزایش ۱/۸۱ درصدی را نشان داد. همچنین کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش پروتئین تا ۴۰/۰۳ درصد شد که افزایش ۷۹/۲۶ درصدی نسبت به شاهد (۲۲/۳۳ درصد) را نشان داد. سایر نتایج حاکی از این‌است که افزایش میزان روغن بذر تا ۴۴/۵۰ درصد، با کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۳۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و همچنین با کاربرد ۱۰ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، قابل دسترسی است که نسبت به شاهد (۳۸/۱۶ درصد) افزایش ۱۶/۶۱ درصدی داشت. نتیجه پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از نسبت‌های تلفیقی ساکارز و اسید آسکوربیک در بهبود صفات کمی و کیفی کدو از جمله محتوای پروتئین و درصد روغن بذر کدوی پوست کاغذی موثر واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: بذر، تعداد میوه، روغن، کلروفیل

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی و استادیاران گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: v.akbarpour@sanru.ac.ir)
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2021.72192.1087

مقدمه

گیاهان دارویی به دلیل استفاده در صنایع مختلف از جمله ساخت دارو، مواد بهداشتی و صنایع غذایی دارای کاربرد روز افزون می‌باشند به‌طوری‌که در کشورهای توسعه یافته ۴۰ درصد از منابع ساخت دارو منشأ گیاهی دارند (Moreno-Valenzuela *et al.*, 2003). کدوی پوست کاغذی با نام علمی *Cucurbita pepo* var. Styriaca گیاهی دارویی متعلق به خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) و راسته کوکوربیتال‌ها (Cucurbitals) می‌باشد (Jellin et al., 2000). میوه‌های کدوی پوست کاغذی به رنگ زرد و متمایل به نارنجی بوده و دانه‌های این میوه به رنگ سبز زیتونی می‌باشد (Mitra, 2001). دانه‌های این گیاه منبع سرشاری از روغن و پروتئین‌های ضروری بدن می‌باشد که در تولید داروهای مختلف مانند پیونن، پیوسترین، گرونفیگ و معالجه تورم پروستات، سوزش مجاری ادراری، تصلب شرائین، تنظیم دستگاه گوارش و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. روغن بدست آمده از این گیاه حاوی مواد بسیار ارزشمندی است که اسیدهای چرب غیراشباع، ویتامین A، ویتامین E، مواد معدنی، فیتواسترول‌ها، کاروتنوئیدها و پروتوکلروفیل ازجمله آن‌ها می‌باشند. مهمترین اسیدهای چرب که تقریباً ۹۰ درصد محتوای روغن را تشکیل می‌دهند، شامل اسیدهای لینولئیک، اولئیک و پالمتیک می‌باشد. ۵۰ درصد اسیدهای چرب را اسیدلینولئیک به خود اختصاص داده است (Fruhwirth and Hermetter, 2008).

از آن جایی که میزان ترکیبات در گیاهان دارویی تحت شرایط طبیعی کم می‌باشد و با استفاده از شرایط مختلف محیطی، تغذیه‌ای و یا استفاده از محرک‌ها[1]می‌توان این ترکیبات را در این گیاهان افزایش داد، لذا این نیاز را می‌طلبد تا در زمینه افزایش میزان عملکرد، اجزای عملکرد و افزایش خصوصیات کمی و کیفی مواد مؤثره گیاهان دارویی تحقیقاتی به عمل آید. امروزه در تغذیه گیاهی به منظور بهینه‌سازی در مصرف کودها و کاهش خطرات زیست‌محیطی، از روش محلول‌پاشی استفاده می‌شود. با محلول‌پاشی، عناصر به سرعت به گیاه منتقل شده و در اختیار شاخه، برگ و یا میوه قرار می‌گیرند. افزایش میزان عملکرد در گیاهان مختلف با استفاده از محلول‌پاشی نسبت به استفاده خاکی، توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرد (El-Kobisy *et al.*, 2005).

در سال‌های اخیر توجه زیادی به استفاده از ترکیبات طبیعی برای افزایش میزان عملکرد و مواد مؤثره گیاهان دارویی شده است. یکی از این مواد، اسید آسکوربیک است که محصول متابولیزم د-گلوکز بوده و می‌تواند بر سنتز و رشد گیاه مؤثر واقع شود؛ به‌طوری‌که با اثر روی چرخه‌های گیاهان نقش مهمی در انتقال الکترون ایفا کند (El-Kobisy *et al.*, 2005). گیاهان برای کاهش اثرات منفی گونه‌های فعال اکسیژن از افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌کنند. یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی، اسید آسکوربیک است که نقش مهمی در کاهش تنش‌های محیطی در گیاهان دارد (Vwioko *et al.*, 2008). در پژوهشی که بر روی گیاه کدو تخم کاغذی صورت گرفت، مشخص شد که در شرایط تنش، کمترین میزان عملکرد دانه در گیاهانی وجود داشت که توسط اسید آسکوربیک محلول‌پاشی نشدند و محلول‌پاشی با این ماده سبب افزایش قابل توجه عملکرد دانه شد (Yadollahi *et al.*, 2019). در تحقیقات نشان داده شده است که استفاده از اسید آسکوربیک سبب افزایش میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید، کربوهیدرات و ترکیبات فنولیک در گیاه مرزنجوش در مقایسه با شاهد شد (Selahvarzi *et al.*, 2011). در پژوهشی بر گیاه ریحان، استفاده از اسید آسکوربیک سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب و درصد روغن، تحت تنش کم آبی شده است (Soha *et al.*, 2010).

کربوهیدرات‌ها نقش حیاتی در زندگی گیاهان ایفا می‌کنند. اینها پیش‌ماده‌ای برای تنفس بوده و فعالیت‌هایی در مسیرهای سنتز بسیاری از ترکیبات انجام داده و ملکول‌های درشت را بلوکه می‌کنند. علاوه بر این، کربوهیدرات‌ها ممکن است فرآیندهای نموی درون سلولی را نیز کنترل نمایند (Gibson, 2000 ؛ Mashayekhi and Atashi, 2012). از این‌رو استفاده از منابع کربنی نظیر ساکارز که بتواند جایگزین گازکربنیک جذب شده توسط اندام‌های سبز باشد جهت کمک به تغذیه گیاه و هم‌چنین افزایش کارایی فتوسنتز در جهت نیل به اهداف خاص فیزیولوژیکی دیگر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ساکارز قند انتقالی اصلی در گیاهان محسوب می‌شود. ساکارز در بافت‌های منبع سنتز شده و پس از انتقال به بافت‌های مخزنی، در آنجا ذخیره شده و یا به مصرف گیاه می‌رسد (Wind *et al.*, 2010). ساکارز در حقیقت فرم قابل جابجایی محصولات فتوسنتزی یعنی کربوهیدرات‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه ساکارز تأثیر مثبتی بر تشکیل میوه، عملکرد و کیفیت میوه دارد، بنابراین محلول‌پاشی برگی قندها جهت تأمین سریع کربوهیدراتِ مورد نیاز گیاهان عالی از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا در این روش عناصر غذایی بسیار سریع‌تر جذب شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Smeekens and Rook, 1997). ساکارز عمده‌ترین قندی است که در آوند ابکش جابجا می‌شود. این قند از طریق برگ و جوانه‌های در حال تورم جذب می‌گردد و انرژی لازم را جهت رشد اندام‌های زایشی فراهم می‌کند (Dugger, 1983). با استفاده از محلول‌پاشی ساکارز می‌توان نسبت قندها را به یکدیگر در گیاه تغییر داد که در نهایت سبب تغییر در فیزیولوژی گیاه خواهد شد. به عنوان

1- Elicitor

مثال در پژوهشی بیان شد که اگر نسبت سوربیتول به ساکارز در برگ‌های بالغ درختان بادام بیشتر از ۲ باشد، درصد ریزش میوه‌ها افزایش خواهد یافت. بنابراین می‌توان با محلول‌پاشی ساکارز، این نسبت را تغییر داده تا ریزش میوه‌ها نیز کاهش یابد (Moing *et al.*, 1997).

امروزه کاربرد نهاده‌های کشاورزی بهبوددهنده در افزایش عملکرد محصولات، اهمیت زیادی پیدا کرده است. به خصوص استفاده از موادی که کمترین اثرات جانبی مضر را بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشند. بنابراین باتوجه به طبیعی بودن اسید آسکوربیک و ساکارز، در این پژوهش اثر این دو ماده بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه کدوی پوست کاغذی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تعیین اثر ساکارز و اسید آسکوربیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. Styriaca)، آزمایشی در قالب فاکتوریل با دو فاکتور ساکارز در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ گرم بر لیتر) و اسید آسکوربیک در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ میلی‌مولار) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بذرهای کدوی پوست کاغذی خریداری شده از شرکت پاکان بذر اصفهان با خلوص ۹۹ درصد در کرت‌هایی به مساحت ۵ مترمربع و فاصله بوته ۰/۵ ×۱/۵ متر در مزرعه‌ای به مساحت ۵۰۰ متر مربع در شهرستان بهشهر در شمال ایران کشت شدند. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و عناصر غذایی قابل جذب به ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. بعد از رشد گیاه، محلول‌پاشی طی سه مرحله قبل از گلدهی، ابتدای گلدهی و مرحله میوه‌دهی اعمال گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه در عمق ۳۰ سانتی‌متری

Table 1-The physicochemical analysis of field soil at a depth of 30 cm

بافت خاک Soil Texture	درصد مواد خنثی شونده T.N.V (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته گل اشباع pH	ماده آلی Organic Matter (%)	کربن آلی Organic C (%)	رس Clay (%)	لای Silt (%)	شن Sand (%)
سیلتی لومی Silty-Loam	6	0.78	7.4	2.48	1.44	26	60	14

T.N.V: Total Neutralizing Value

جدول ۲- عناصر غذایی قابل جذب خاک مورد بررسی

Table 2- The absorbable nutrients in studied soil

نیتروژن کل Total N (%)	میلی‌گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)						
	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
0.14	11	238	368	12.3	7.1	0.8	0.69

اندازه‌گیری صفات

صفات مورد بررسی شامل تعداد برگ و میوه، عملکرد بوته، وزن هزار دانه، تعداد کل بذر، تعداد بذر سالم، درصد بذر سالم، تعداد بذر پوک، درصد بذر پوک، کلروفیل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل، فلاونوئید، پروتئین و درصد روغن بود. اندازه‌گیری میزان کلروفیل و تعداد برگ بعد از سومین مرحله محلول‌پاشی انجام شد. ۱۰۱ روز بعد از کاشت بذر محصول برداشت شد. تعداد میوه، تعداد کل بذر، تعداد بذر سالم و پوک شمارش شد. اندازه‌گیری درصد روغن، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان پروتئین، فنل، فلاونوئید و وزن هزار دانه بعد از خشک شدن بذر صورت گرفت.

برای محاسبه کلروفیل کل میزان ۰/۵ گرم از وزن برگ تازه را در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده و پس از سانتریفیوژ با ۱۳۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای چهار درجه به مدت ۱۵ دقیقه، مایع رویی جدا گردیده و اندازه‌گیری طیف جذب نوری در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر انجام گرفت (Arnon, 1994).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از روش DPPH به این صورت انجام شد که به مقدار و غلظت مشخصی از عصاره متانولی، DPPH اضافه کرده و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد (Ebrahimzadeh *et al.*, 2010).

a



b



شکل ۱- مرحله رشد رویشی (a) و مرحله رسیدن میوه (b) کدو تخم کاغذی

Figure 1- Vegetative stage (a) and fruit ripening (b) stage of *Cucurbita pepo* var. Styriaca until

برای اندازه گیری میزان فنل کل ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی (۰/۵ گرم در ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد) با ۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو و ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و بعد از چند دقیقه استراحت ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم یک مولار به آن اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه در تاریکی و حمام بخار ۴۰ درجه سانتی‌گراد در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-1800 PC) قرائت شد (Slinkard and Singleton, 1977).

برای سنجش فلاونوئید کل هم ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی تهیه شده با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلرید ۱۰درصد در اتانول، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شد. بعد از نیم ساعت تاریکی در طول موج ۴۱۵ نانومتر عدد جذب خوانده شد. در نمونه شاهد نیز به‌جای عصاره، از متانول خالص استفاده گردید (Chang *et al*., 2002).

میزان پروتئین دانه به روش مورکویس و همکاران براساس تعیین نیتروژن به روش کجلدال با استفاده از سیستم Semi Automated Distillation Unit اندازه‌گیری شد (Murkovic *et al*., 1996).

جهت تعیین مقدار روغن دانه نیز مقدار مشخصی از دانه را وزن و آسیاب کرده و سپس در دستگاه سوکسوله تحت تاثیر هگزان به مدت ۶ ساعت قرار داده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای خارج کردن بقایای هگزان قرار داده شد و در نهایت درصد روغن هر نمونه براساس محاسبه اختلاف وزن نهایی تعیین گردید (Fruhwirth and Hermetter, 2008).

طرح آماری

آزمایش در قالب فاکتوریل با دو فاکتور ساکارز در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ گرم بر لیتر) و اسید آسکوربیک در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ میلی‌مولار) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار با نرم افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

تعداد برگ و عملکرد

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بسیاری از شاخص‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی ساکارز و اسید آسکوربیک قرار گرفتند (جدول ۳).

تعداد برگ در بوته: جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک بر تعداد برگ که در تیمار کاربرد ۱۰ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۶۸ عدد برگ حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۱۷/۶۶ عدد) ۲۸۵/۰۵ درصد افزایش نشان داد ولی اختلاف آن با تیمار ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک معنی‌داری نبود (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد در کدوی تخمه کاغذی

Table 3- The ANOVA (mean square) for some morphological and yeild traits in *Cucurbita pepo* var. Styriaca

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد میوه در بوته Number of fruits per plant	عملکرد بوته Plant yield
بلوک Block	2	42.27 ns	0.05 ns	0.53 ns
ساکارز Sucrose (A)	3	1604.72**	0.65**	2.92**
اسید آسکوربیک (B) Ascorbic acid	3	998.72**	0.46**	3.62**
A×B	9	127.44*	0.27**	1.23**
خطا Error	30	49.49	0.03	0.27
ضریب تغییرات CV (%)	-	19.91	46.14	27.55

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

محلول‌پاشی عناصر معدنی و قندها از جمله ساکارز باعث تأمین سریع مواد مورد نیاز گیاهان عالی می‌گردد (Jaswant *et al.*, 1994) که این خود می‌تواند دلیلی بر افزایش تعداد برگ در گیاه کدو باشد. اسید آسکوربیک (ویتامین ث) به‌عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در رشد و نمو گیاه برعهده دارد. این ترکیب به‌عنوان یک فاکتور تنظیم‌کننده رشد معرفی می‌شود که تأثیر زیادی در فرایندهای بیولوژیکی دارد (Hendawy *et al.*, 2010). گزارش شده است که آسکوربات تقسیم سلولی را افزایش داده و سبب افزایش تعداد برگ در گیاه می‌شود (Miguel *et al.*, 2006). استفاده از ساکارز و اسید آسکوربیک سبب جذب بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود. اسید آسکوربیک با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش اثرات منفی رادیکال‌های آزاد، از تنش اکسیداتیو ناشی از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن بر آنزیم‌های چرخه کالوین می‌کاهد و باعث عملکرد مناسب آنزیم‌های این چرخه و در نتیجه افزایش تولید فتوسنتزی (کربوهیدرات‌ها) می‌شود. افزایش کربوهیدرات‌ها نیز سبب افزایش عملکرد گیاه و تعداد برگ در بوته خواهد شد (Shalata and Neumann, 2001). در واقع اسید آسکوربیک با حفظ فتوسنتز و رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند رشد گیاهان را بهبود بخشد (Hamada and Al-Hakimi, 2009). در پژوهشی مشخص شد که بیشترین میزان عملکرد بوته و تعداد برگ در بوته بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) در تیمار کاربرد همزمان اسید آسکوربیک و هیومیک اسید به‌دست آمد (Nasiri *et al.*, 2020).

تعداد میوه در بوته: جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد میوه در بوته معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک بر تعداد میوه که در تیمار کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۱/۶۸ عدد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۴).

پژوهشگران مشاهده نمودند که با محلول‌پاشی درختان فندق توسط ساکارز به غلظت ۰/۴ مولار، رشد لوله گرده به‌طور قابل توجهی افزایش یافته و تشکیل میوه ۱۲ درصد اضافه می‌گردد (Kim and Lagerstedt, 1985) و همچنین محلول‌پاشی ساکارز در مرحله گل‌دهی سبب افزایش درصد تشکیل میوه می‌شود (Taher Yehia and Hassan, 2005). پژوهشگران دریافتند که با استفاده از محلول‌پاشی ساکارز می‌توان نسبت قندها را در گیاه تغییر داد. به عنوان مثال هرچقدر نسبت ساکارز به سوربیتول در درختان بادام افزایش یابد، میزان ریزش میوه کاهش خواهد یافت. بنابراین با محلول‌پاشی ساکارز می‌توان تعداد میوه بیشتری برداشت کرد (Moing *et al.*, 1997). محلول‌پاشی برگی گیاهان با ساکارز، علاوه بر اینکه سبب جذب بهتر آن توسط گیاه خواهد شد، می‌تواند انرژی لازم را جهت تولید و رشد اندام‌های زایشی و جنینی نیز فراهم کند (Dugger, 1983). اسیدآسکوربیک نیز از طریق نقش‌های آنتی اکسیدانی، تقسیم و بزرگ شدن سلول، کوفاکتور آنزیم ها و هورمون‌ها در افزایش عملکرد اثر مثبت دارد (Smirnoff, 2011 ;

Zhang, 2013) که در این پژوهش نیز باعث افزایش تعداد میوه در بوته و افزایش عملکرد بوته گردید.

عملکرد بوته: جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بوته معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد در تیمار کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۳/۳۷ گرم حاصل شد و نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد که این تیمار با تیمارهای ساکارز ۱۵ و اسید آسکوربیک ۱۵، ساکارز ۵ و اسید آسکوربیک ۴۵ و ساکارز ۱۰ و اسید آسکوربیک ۳۰ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

شاهین و همکاران مشاهده کردند که در اثر محلول‌پاشی ساکارز (۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) به تنهایی و به‌همراه آمینو اسید بر روی پیاز گیاهانی قوی‌تر و با عملکرد بالاتر ایجاد شد (Shaheen *et al.*, 2010). با تأثیر اسید آسکوربیک بر افزایش فتوسنتز (به‌علت تأثیر بر پایداری و حفظ رنگدانه‌های فتوسنتزی) (Khalid Hussein and Qader Khursheed, 2014) در گیاهان، افزایش عملکرد مشاهده شد. استفاده از اسید آسکوربیک در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) سبب افزایش وزن تر ریشه و اندام هوایی شد (Ghorbanli *et al.*, 2011). همچنین تیمار اسید آسکوربیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بوته در گیاه شاهی شد (Najjar Khodabakhsh and Chaparzadeh, 2015). اسید آسکوربیک با افزایش جذب نیتروژن (از طریق سنتز مالات و تبادل آن با نیترات) به افزایش رشد گیاه کمک می‌کند (Azzedine *et al.*, 2011). اسید آسکوربیک به عنوان کوفاکتور مهم در بیوسنتز برخی هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلین، می تواند سبب افزایش تقسیم و توسعه سلولی، رشد گیاه و افزایش عملکرد شود (Taqi *et al.*, 2011). اثر اسید آسکوربیک در افزایش رشد و عملکرد برخی گیاهان زراعی نیز گزارش شده است (Ashraf, 2009). محققان دریافتند که بالاترین میزان عملکرد بوته در گیاه بادرشبو در تیمار تلفیق اسید آسکوربیک و هیومیک اسید حاصل شد (Nasiri *et al.*, 2020).

جدول ۴- اثر متقابل ساکارز × اسید آسکوربیک بر تعداد برگ و عملکرد کدوی تخمه کاغذی

Table 4- The interaction effect of sucrose× ascorbic acid on the number of leaves and fruits and yield of *Cucurbita pepo* var. Styriaca

ساکارز Sucrose (g. l^{-1})	اسید آسکوربیک Ascorbic acid (mM)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد میوه در بوته Number of fruits per plant	عملکرد بوته Plant yield (g)
0		17.66 ^{h}	0.11 ^{e}	0.77 ^{e}
5		22.33 ^{gh}	0.91 ^{bc}	1.20 ^{de}
10	0	38.33 ^{cd}	0.66 ^{cd}	1.14 ^{de}
15		25.33 $^{e-h}$	0.5 ^{de}	1.29 ^{de}
0		20 ^{gh}	0.41 ^{de}	1.65 ^{cd}
5		30.66 $^{d-g}$	1.06 ^{b}	2.17 ^{c}
10	15	47.33 ^{bc}	1.08 ^{b}	1.95 ^{cd}
15		37 ^{cde}	1.68 ^{a}	3.29 ^{a}
0		20 ^{gh}	0.5 ^{de}	1.19 ^{de}
5		39.66 ^{cd}	0.58 ^{de}	1.24 ^{de}
10	30	41.33 ^{cd}	0.5 ^{de}	3.04 ^{ab}
15		34.33 ^{def}	0.58 ^{de}	2.35 ^{bc}
0		25 ^{fgh}	0.11 ^{e}	1.96 ^{cd}
10	45	57.66 ^{ab}	0.51 ^{de}	2.50 ^{abc}
5		68 ^{a}	0.66 ^{cd}	1.21 ^{de}
15		40.66 ^{cd}	0.5 ^{de}	3.37 ^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

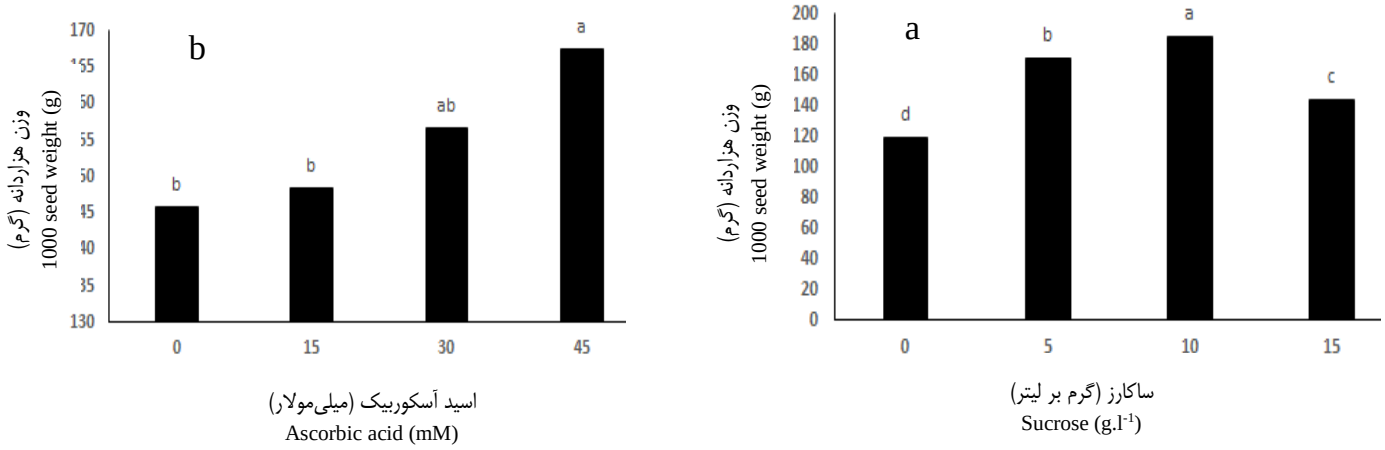
In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

اجزای عملکرد

وزن هزار دانه: جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر متقابل کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد ولی اثر ساده هر دو فاکتور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. گیاهان تیمارشده با ساکارز ۱۰ گرم بر لیتر، حداکثر وزن هزار دانه را تولید نمودند (شکل ۲، الف). در تیمار اسید آسکوربیک میزان ۴۵ میلی‌مولار از این ترکیب موجب شد تا بیشترین وزن هزار دانه بدست آید، هرچند اختلاف آن با اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار معنی‌دار نبود (شکل ۲، ب).

از آنجایی که ساکارز قند انتقالی اصلی در گیاهان محسوب

می‌شود و پس از انتقال به بافت‌های مخزنی مانند دانه‌ها در آنجا ذخیره می‌گردد (Wind *et al.*, 2010) بنابراین افزایش وزن هزاردانه با اعمال تیمار ساکارز دور از ذهن نیست. البته استفاده از اسید آسکوربیک نیز توانسته در افزایش وزن هزار دانه مؤثر باشد که این می‌تواند برگردد به ماهیت ساختمانی و اثرات آنتی‌اکسیدانی آن که توانسته با دفع اثرات تنش‌های ناخواسته محیطی به ذخیره‌سازی در دانه‌ها کمک کند.



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف ساکارز (a) و اسید آسکوربیک (b) بر وزن هزار دانه کدوی پوست کاغذی

Figure 2- The effect of different levels of sucrose (a) and ascorbic acid (b) on the weight of one thousand seeds of *Cucurbita pepo* var. Styriaca

تعداد کل بذر، تعداد بذر سالم و درصد بذر سالم: جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد کل بذر معنی‌دار شد. بیشترین تعداد کل بذر در تیمار کاربرد ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۴۶۴ عدد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۲۴۷/۳۳) افزایش ۸۷/۶۰ درصدی افزایش نشان داد (جدول ۶).

جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد بذر سالم معنی‌دار شد. بیشترین تعداد بذر سالم در تیمار کاربرد ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۴۶۱ عدد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۱۸۲) افزایش ۱۵۳/۲۹درصدی افزایش نشان داد (جدول ۶).

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر درصد بذر سالم معنی‌دار شد. بیشترین درصد بذر سالم در تیمار کاربرد ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۹۹/۳۶ حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۷۳/۶۰) افزایش ۳۵ درصدی افزایش نشان داد و با تیمارهای ساکارز ۱۰ و اسید آسکوربیک ۴۵، ساکارز ۱۰ و اسید آسکوربیک ۳۰ و ساکارز ۵ و اسید آسکوربیک ۳۰ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

با توجه به اینکه ساکارز تأثیر مثبتی بر تشکیل میوه، عملکرد و کیفیت میوه و بذر دارد، بنابراین محلول‌پاشی برگی آن جهت تأمین سریع کربن برای گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Jaswant *et al.*, 1994). گزارش شده که ساکارز عمده‌ترین قندی است که در آوند آبکش جابجا می‌شود و از طریق برگ و جوانه‌های در حال تورم جذب شده و انرژی لازم را جهت رشد اندام‌های زایشی گیاه مانند میوه و بذر فراهم می‌نماید (Dugger, 1983). در پژوهشی که بر روی گیاه کدو تخم کاغذی صورت گرفت، مشخص شد که در شرایط تنش، کمترین میزان عملکرد دانه در گیاهانی وجود داشت که توسط اسیدآسکوربیک محلول‌پاشی نشدند؛ و محلول‌پاشی با این ماده سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه گردید (Yadollahi *et al.*, 2019). اثر اسید آسکوربیک نیز در افزایش رشد و عملکرد دانه برخی گیاهان زراعی نظیر لوبیا و نخود نیز گزارش شده است (Ashraf, 2009). همچنین در پژوهشی دیگر، اسید آسکوربیک سبب افزایش عملکرد دانه و وزن هزاردانه در گیاه دارویی بادرشبو شد. کاربرد همزمان ساکارز و اسید آسکوربیک سبب دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی و رطوبت موجود در خاک شده و در نتیجه شرایط رشدی آن بهبود خواهد یافت. در نهایت میزان فعالیت فتوسنتزی آن افزایش یافته و مواد پرورده بیشتری در اختیار بذرها قرار خواهد گرفت که

منجر به افزایش وزن هزار دانه خواهد شد (Nasiri *et al*., 2020). از آنجا که تعداد بذر سالم در ارتباط با ذخیره‌سازی مناسب کربوهیدرات در دانه‌ها می‌باشد و در این پژوهش مشهود است که با افزایش ذخیره‌سازی مناسب و افزایش وزن دانه، شاهد افزایش تعداد بذر سالم و کاهش بذر پوک هستیم (Wind *et al*., 2010).

تعداد بذر پوک و درصد بذر پوک: جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد بذر پوک معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک بر تعداد بذر پوک نشان داد بیشترین تعداد بذر پوک در تیمار شاهد مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از تمامی تیمارهای اعمال‌شده بیشتر بوده است (جدول ۶).

جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر درصد بذر پوک معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک بر درصد بذر پوک نشان داد بیشترین درصد بذر پوک در تیمار شاهد مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از تمامی تیمارهای اعمال‌شده بیشتر بوده است (جدول ۶).

ساکارز برای تأمین اسکلت‌های کربنی و انرژی به اندام‌های غیرفتوسنتزکننده (مخزن‌های رویشی و زایشی) وارد می‌شود (Ward *et al*., 1998). همچنین ساکارز به‌عنوان یک مولکول انتقالی در رشد، توسعه و ذخیره‌سازی نقش دارد (Avigad and Dey, 1997; Smeekens, 2000). به‌نظر می‌رسد که آسکوربیک اسید نیز با محافظت از کلروفیل‌ها به افزایش کربوهیدرات کمک می‌نماید (Ebrahimian and Bybordi, 2012) که با توجه به بهبود اجزای عملکردی، عملکرد کل افزایش یافته است.

صفات فیتوشیمیایی

کلروفیل: جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل موثر واقع شد. مقایسه میانگین اثر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک بر میزان کلروفیل کل که در تیمار کاربرد ۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۲/۰۸۱ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۲/۰۴۴) افزایش ۱/۸۱ درصدی افزایش نشان داد (جدول ۸).

استفاده از ساکارز بر روی گیاه توت فرنگی سبب افزایش میزان کلروفیل a شده است (Mashayekhi and Atashi, 2012) و همچنین هوشینو بیان داشت که استفاده از قند روی کاهو سبب بهبود فرایندهای فتوسنتزی در گیاه می‌گردد (Hoshino *et al*., 1987). گیاهان برای کاهش اثرات منفی گونه‌های اکسیژن فعال از افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌کنند. یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی اسید آسکوربیک است که نقش مهمی در کاهش تنش‌های محیطی در گیاهان دارد (Vwioko *et al*., 2008).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات بذری در کدوی تخمه کاغذی تحت تاثیر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک

Table 5– The ANOVA (mean squares) for some seed traits in *Cucurbita pepo* var. Styriaca under sucrose and ascorbic acid application

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی df	وزن هزار دانه Weight of one thousand seeds	تعداد کل بذر Total number of seeds	تعداد بذر سالم Number of healthy seeds	درصد بذر سالم Percentage of healthy seeds	تعداد بذر پوک Number of empty seeds	درصد بذر پوک Percentage of empty seeds
بلوک Block	2	408.33 ^{ns}	1498.14**	1002.08**	2.47 ^{ns}	51.06*	2.47 ^{ns}
ساکارز Sucrose (A)	3	10280.55**	7931/94**	16405.16**	233.11**	1540.72**	233.11**
اسید آسکوربیک (B) Ascorbic acid	3	1147.22**	76905.38**	94806.22**	246.72**	1060.72**	246.72**
A×B	9	78.70 ^{ns}	4722.66**	3104.53**	41.19**	283.18**	41.19**
خطا Error	30	179.44	86.67	64.55	1.04	13.12	1.04
ضریب تغییرات CV (%)		8.66	2.97	2.71	1.08	21.63	16.48

^{ns} * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۶- اثر متقابل ساکارز×اسید آسکوربیک بر برخی صفات بذری در کدوی تخمه کاغذی

Table 6- The interaction effect of sucrose× ascorbic acid on some seed traits in *Cucurbita pepo* var. Styriaca

ساکارز Sucrose ($g.l^{-1}$)	اسید آسکوربیک Ascorbic acid (mM)	تعداد کل بذر Total number of seeds	تعداد بذر سالم Number of healthy seeds	درصد بذر سالم Percentage of healthy seeds (%)	تعداد بذر پوک Number of empty seeds	درصد بذر پوک Percentage of empty seeds (%)
0		247.33 hi	182 l	73.60 k	65.33 a	26.39 a
5		214.66 k	203 k	86.31 j	11.66 efg	5.43 ef
10	0	229.3 kj	207 k	90.27 i	22.33 c	9.72 c
15		233.66 ij	215.66 kj	92.30 h	18 cd	7.69 d
0		264 g	227.33 j	86.31 j	36.66 b	13.68 b
5		253 gh	243.33 i	96.18 def	9.66 fgh	3.81 fgh
10	15	268 fg	253.33 hi	94.52 fg	14.66 def	5.47 ef
15		265.66 fg	253 hi	95.23 efg	12.66 d-g	4.76 efg
0		280.33 f	264 h	94.17 g	16.33 cde	5.82 e
5		388.66 c	382 d	98.29 abc	6.66 ghi	1.70 ijk
10	30	356 d	348 f	97.75 a-d	8 ghi	2.24 hijk
15		380.33 c	368.33 e	96.84 cde	12 d-g	3.15 ghi
0		306.33 e	291.33 g	95.09 fg	15 def	4.90 ef
10	45	464 a	461 a	999.36 a	3 i	0.63 k
5		431 b	426 b	98.84 ab	5 hi	1.15 jk
15		420.33 b	409.33 c	97.38 bcd	11 e-h	2.61 hij

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

نتایج نشان داد که اسید آسکوربیک به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، از فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن و به دنبال آن تخریب غشای کلروپلاستی جلوگیری کرده و در نتیجه سبب افزایش محتوای کلروفیلی گیاه خواهد شد. محققان اظهار داشتند که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در گیاه ریحان سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی خواهد شد (Soha *et al.*, 2010). در پژوهشی مشخص شد که محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش سبب افزایش ۹ درصدی میزان کلروفیل a و b نسبت به تیمار شاهد گردید (Yadollahi *et al.*, 2019). نتایج پژوهش‌ها روی گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum majorana*) نشان داد که میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل با کاربرد اسید آسکوربیک افزایش یافت (Selahvarzi *et al.*, 2011). بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، استفاده از اسید آسکوربیک در غلظت‌های ۴۰ و ۱۲۰ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم خاک سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ‌ها در گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzestanica*) گردید (Amiri and Moazzeni, 2016). همچنین در پژوهشی، کاربرد ساکارز سبب افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاه توت فرنگی شد (Mashayekhi and Atashi, 2012).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و آسکوربیک اسید و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثر واقع شد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار کاربرد ۱۰ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۹۶/۲۷ **درصد** حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۷۴/۳۳ درصد) افزایش ۲۹/۵۱ درصدی افزایش نشان داد البته این تیمار با هیچ یک از تیمارها در سطح ۳۰ و ۴۵ اسید آسکوربیک (به جز ساکارز صفر و اسید آسکوربیک ۳۰ میلی‌مولار) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۸).

بر اساس پژوهشی که صورت پذیرفت، افزایش ساکارز به میزان پنج تا هفت درصد توانست سبب افزایش ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در کشت درون شیشه‌ای گیاه *Artemisia absinthium* L. گردد (Ali *et al.*, 2016). اسید آسکوربیک مولکولی کوچک و قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و برای سمیت زدایی و خنثی کردن گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) به‌ویژه پراکسیدهیدروژن نقش دارند. اسید آسکوربیک به سه طریق در واکنش‌های بیوشیمیایی در گیاهان نقش ایفا می‌کند؛ ابتدا به عنوان یک آنتی‌اکسیدان، مستقیماً در از بین بردن پراکسیدهیدروژن حاصل از فتوسیستم II عمل می‌کند. در روش دوم، اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه قوی عمل کرده و قادر به احیا نمودن شکل اکسید آلفا-توکوفرول (ویتامین E) می‌باشد. ویتامین E یکی آنتی‌اکسیدان مهم محلول در چربی است (Noctor and Foyer, 1998). و سوم اینکه، اسید آسکوربیک کوفاکتوری برای چرخه ویولاگزانتین می‌باشد که گیاهان را در برابر تنش‌های فتواکسیداتیو حفاظت می‌کند (Pignocchi and Foyer, 2003). تمام موارد گفته شده نشان‌دهنده خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالای اسید آسکوربیک بوده و در نتیجه کاربرد

خارجی و جذب آن توسط گیاه نیز می‌تواند این ویژگی را در گیاه افزایش دهد.

فنل و فلاونوئید: جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز در سطح احتمال پنج درصد، آسکوربیک اسید و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان فنل موثر واقع شد و اثر کاربرد ساکارز و اثر متقابل ساکارز و آسکوربیک اسید در سطح احتمال یک درصد بر میزان فلاونوئید موثر بود. بیشترین میزان فنل در تیمار کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۳۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۰/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۰/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) افزایش نشان داد. بیشترین میزان فلاونوئید که در تیمار ۱۰ گرم بر لیتر ساکارز همراه با ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۰/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۰/۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) افزایش نشان داد (جدول ۸).

برای ساخت و سنتز ترکیبات فنولی، حضور کربوهیدرات ها لازم و ضروری می‌باشد. افزایش در مقدار کربوهیدرات‌ها، سبب افزایش سنتز ترکیبات فنولی می گردد که دلیل این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیشتر کربن به مسیر شیکمیک اسید (مسیر ساختن ترکیبات فنلی) مربوط باشد (Phuong *et al*., 2010). در این پژوهش ساکارز یک کربوهیدرات آماده بود که در دسترس گیاه قرار گرفت و در نتیجه گیاه از آن در سنتز ترکیبات فنولی بیشتر استفاده کرد. کاربرد ساکارز در گیاه *Artemisia absinthium* L. نیز سبب افزایش میزان فنول کل گردید (Ali *et al*., 2016). کاربرد اسید آسکوربیک به خصوص در شرایط تنش، غلظت پرولین، کربوهیدرات‌ها و آسکوربیک اسید داخلی را افزایش می‌دهد که به نظر می‌رسد با افزایش مواد کربوهیدراتی توانسته است محتوای فنل و فلاونوئید را در پژوهش حاضر افزایش دهد. در پژوهش سلاحورزی و همکاران استفاده از اسید آسکوربیک سبب افزایش میزان کربوهیدرات و ترکیبات فنولیک در گیاه مرزنجوش در مقایسه با شاهد شد (Selahvarzi *et al*., 2011).

پروتئین: جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز و آسکوربیک اسید و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان پروتئین مؤثر واقع شد. بیشترین میزان پروتئین در تیمار کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۴۰/۰۳ بیشترین مقدار آن حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۲۲/۳۳) افزایش ۷۹/۲۶ درصدی نشان داد که با تیمارهای ساکارز ۱۰ و ۱۵ به همراه اسید آسکوربیک ۳۰ و ساکارز ۱۰ و ۱۵ به همراه اسید آسکوربیک ۴۵ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۸).

قندها سبب تنظیم اسمزی و نیز پایداری غشاها و پروتئین‌های موجود در سلول می‌شوند. این عمل می‌تواند ازطریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های کربوکسیل قندها و زنجیره‌های قطبی پروتئین ها و بالاخره پایدارسازی پروتئین‌ها صورت گیرد. برای مثال تجمع ساکارز موجب حفظ فسفولیپیدهای غشا می شود و از تغییرات ساختاری در پروتئین‌های محلول سلول نیز جلوگیری می‌کند (Smeekens and Rook, 1997 ; Kerepesi and Galiba, 2000). استفاده از آسکوربیک اسید باعث افزایش محتوای پروتئین شد. در پژوهشی، کاربرد ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک سبب افزایش ۶ تا ۱۰ درصدی پروتئین دانه در گیاه کدو تخم کاغذی نسبت به تیمار شاهد گردید (Yadollahi *et al*., 2019). همچنین کاربرد این ماده در گیاه کلزا (*Brassica napus*) نیز باعث افزایش پروتئین دانه شد (Dolatabadian *et al*., 2009). گزارش‌های دیگری نیز مبنی بر افزایش مقدار پروتئین در گیاهانی که تحت تأثیر اسید آسکوربیک قرار گرفته بودند، وجود دارد (Sheteawi, 2007). استفاده از ساکارز و اسید آسکوربیک به صورت تلفیقی، سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود. این امر نیز به نوبه خود سبب افزایش پلی‌ریبوزوم‌ها و مونوریبوزوم‌ها شده که در نهایت سنتز پروتئین نیز افزایش خواهد یافت (Beltagi, 2008). همچنین رادیکال‌های آزاد اکسیژن میل ترکیبی بالایی با پروتئین‌ها دارند و سبب اکسید شدن آنها می‌شوند. اسید آسکوربیک سبب کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد و در نتیجه حفظ پروتئین در گیاه خواهد شد (Yadollahi *et al*., 2019).

درصد روغن: جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که اثر کاربرد ساکارز در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد بر میزان روغن موثر واقع شد. بیشترین میزان روغن در تیمار کاربرد ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۳۰ میلی مولار اسید آسکوربیک و در تیمار کاربرد ۱۰ گرم بر لیتر ساکارز همراه با کاربرد ۴۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک با میانگین ۴۴/۵۰ حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۳۸/۱۶) افزایش ۱۶/۶۱ درصدی نشان داد (جدول ۸).

عملکرد روغن با عملکرد دانه همبستگی مثبتی دارد (Jeromela *et al*., 2007) و لذا در این پژوهش با افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن نیز افزایش یافت. طی پژوهشی روی گیاه ریحان مشاهده شد که کاربرد اسید آسکوربیک سبب افزایش درصد روغن تحت تنش کم آبی می‌شود (Soha *et al*., 2010). در آزمایشی دیگر نیز بالاترین میزان روغن دانه در کدو تخم کاغذی در شرایط کاربرد ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مشاهده شد (Yadollahi *et al*., 2019). به‌طورکلی به نظر می‌رسد کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک به طور غیرمستقیم با تأثیر بر اجزای عملکردی و عملکرد توانسته است درصد روغن را افزایش دهد.

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات فیتوشیمیایی در کدوی تخمه کاغذی تحت تأثیر کاربرد ساکارز و اسید آسکوربیک

Table 7- ANOVA (mean squares) for some phytochemical traits in *Cucurbita pepo* var. Styriaca under sucrose and ascorbic acid application

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activities	محتوی فنل Phenol content	محتوی فلاونوئید Flavonoids content	محتوی پروتئین Protein content	درصد روغن Oil percentage
بلوک Block	2	0.000065 ^{ns}	2.31 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0084 ^{ns}	1.91 ^{ns}	2.89 ^{ns}
ساکارز Sucrose (A)	3	0.00087**	60.51**	0.01*	0.44**	105.03**	26.52**
اسید آسکوربیک (B) Ascorbic acid	3	0.00023 ^{ns}	273.63**	0.07**	0.0074 ^{ns}	114.13**	4.06 ^{ns}
A×B	9	0.00065**	35.39**	0.02**	0.14**	21.54**	10.82*
خطا Error	30	0.00015	1.77	0.0048	0.01	5.89	4.23
ضریب تغییرات CV (%)	-	0.6	1.45	29	20.93	7.05	4.96

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۸- اثر متقابل ساکارز×اسید آسکوربیک بر برخی صفات فیتوشیمیایی در کدوی تخمه کاغذی

Table 8- The interaction effect of sucrose× ascorbic acid on some phytochemical traits in *Cucurbita pepo* var. Styriaca

ساکارز Sucrose (g. l^{-1})	اسید آسکوربیک Ascorbic acid (mM)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g^{-1} wet weight)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activities (%)	محتوی فنل Phenol (mg.g^{-1} wet weight)	محتوی فلاونوئید Flavonoids (mg.g^{-1} wet weight	محتوی پروتئین Protein (%)	درصد روغن Oil percentage (%)
0	0	2.044 ^{de}	74.33 ^{i}	0.13 ^{fg}	0.18 ^{g}	22.33 ^{g}	38.16 ^{g}
5		2.065 ^{bcd}	86.36 ^{h}	0.16 ^{efg}	0.26 ^{fg}	33 ^{ef}	40 $^{d-g}$
10		2.060 ^{cde}	89.69 ^{g}	0.22 $^{c-g}$	0.45 ^{cde}	34.60 ^{cde}	41.33 $^{a-g}$
15		2.045 ^{de}	91.08 ^{fg}	0.29 ^{bcd}	0.34 ^{efg}	35.73 $^{b-e}$	43.50 ^{abc}
0	15	2.054 ^{cde}	90 ^{g}	0.14 ^{g}	0.25 ^{fg}	30.30 ^{f}	38.66 ^{fg}
5		2.081 ^{a}	91.91 ^{efg}	0.18 $^{d-g}$	0.51 $^{b-e}$	33.10 ^{ef}	40.33 $^{c-g}$
10		2.045 ^{de}	92.52 ^{def}	0.24 $^{c-f}$	0.56 ^{bcd}	35.73 $^{b-e}$	41.66 $^{a-f}$
15		2.045 ^{de}	93.94 $^{b-e}$	0.33 ^{bc}	0.86 ^{a}	40.03 ^{a}	44.16 ^{ab}
0	30	2.060 ^{cde}	93.36 ^{cde}	0.14 ^{fg}	0.25 ^{fg}	30.26 ^{f}	39.50 ^{efg}
5		2.043 ^{e}	94.58 $^{a-d}$	0.18 $^{d-g}$	0.41 ^{def}	34.30 ^{def}	40.83 $^{b-g}$
10		2.062 $^{b-e}$	94.91 ^{abc}	0.27 $^{b-e}$	0.59 ^{bcd}	36.33 $^{a-e}$	42.16 $^{a-e}$
15		2.051 ^{cde}	95.38 ^{abc}	0.52 ^{a}	0.87 ^{a}	38.06 $^{a-d}$	44.50 ^{a}
0	45	2.041 ^{e}	95.08 ^{abc}	0.15 ^{efg}	0.26 ^{fg}	32.63 ^{ef}	39.83 ^{efg}
10		2.051 ^{cde}	95.52 ^{abc}	0.20 $^{d-g}$	0.62 ^{bc}	34.50 ^{de}	41.16 $^{a-g}$
5		2.049 ^{cde}	96.27 ^{a}	0.28 ^{bcd}	0.95 ^{a}	37.66 $^{a-d}$	44.50 ^{a}
15		2.045 ^{de}	95.66 ^{ab}	0.37 ^{b}	0.67 ^{b}	38.60 ^{abc}	43.33 $^{a-d}$

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد کاربرد ساکارز به همراه اسید آسکوربیک به دلیل افزایش مواد غذایی در دسترس، باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه کدوی پوست کاغذی در مقایسه با

گیاه شاهد گردید. از آنجایی‌که تیمار ساکارز ۱۰ گرم در لیتر به همراه اسید آسکوربیک ۴۵ میلی‌مولار در صفات بسیار مهمی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، فلاونوئید کل، میزان پروتئین و میزان روغن، برتری مشهودی نسبت به سایر تیمارهای مورد استفاده داشته است بنابراین می‌توان جهت افزایش کیفیت کدوی پوست کاغذی از این تیمار ترکیبی استفاده نمود. این در حالی است که اگر تنها کمیت مهم باشد، تیمار ساکارز ۱۵ گرم در لیتر به همراه اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار که بیشترین تعداد میوه در بوته و بیشترین عملکرد را موجب شدند، قابل‌توصیه است.

منابع

1. Ali, M., Abbasi, B.H., Ahmad, N., Ali, S.S., & Ali, G.S. (2016). Sucrose-enhanced biosynthesis of medicinally important antioxidant secondary metabolites in cell suspension cultures of *Artemisia absinthium* L. *Bioprocess and Biosystems Engineering 39*(12): 1945-1954. https://doi.org/10.1007/s00449-016-1668-8.
2. Amiri, H., & Moazzeni, L. (2016). Interaction of salinity and ascorbic acid with some biochemical features in *Satureja khuzestanica*. *Nova Biologica Reperta 3*(1): 69-79. (In Persian with English abstract)
3. Arnon, D. (1994). Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology 24*(1): 1-15. https://doi.org/10.21859/acadpub.nbr.3.1.69.
4. Ashraf, M. (2009). Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances* 27: 84-93. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.003.
5. Avigad, G., & Dey, P.M. (1997). Carbohydrate metabolism: storage carbohydrate. *In Plant Biochemistry* 143-204.
6. Azzedine, F., Cherroucha, H., & Baka, M. (2011). Improvement of salt tolerance in durum wheat by ascorbic acid application. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7*(1): 27-37.
7. Beltagi, M.S. (2008). Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. *African Journal of Plant Science* 2: 118-123.
8. Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Anal* 10: 178-182. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748.
9. Dolatabadian, A., Modarres Sanavi, S.A.M., & Sharifi, M. (2009). The effect of leaf nutrition with ascorbic acid on the activity of antioxidant enzymes, proline accumulation and lipid peroxidation of rapeseed under salinity stress. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 13*(47): 611-620. (In Persian with English abstract) https://doi.org/20.1001.1.24763594.1388.13.47.49.7.
10. Dugger, W.M. (1983). *Boron in plant metabolism*. In Encyclopedia of Plant Physiology, New Series. (A. Lauchli and R.L. Bieleski, eds.) 15B: 626-650.
11. Ebrahimian, E., & Bybordi, A. (2012). Influence of ascorbic acid foliar application on chlorophyll, flavonoids, anthocyanin and soluble sugar contents of sunflower under conditions of water deficit stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10: 1026-1030.
12. Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., Nabavi, S.M., & Eslami, B. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Central European Journal of Biology* 5: 338-345. https://doi.org/10.2478/s11535-010-0013-5.
13. El-Kobisy, D.S., Kady, K.A., Medani, R.A., & Agamy, P.A. (2005). Response of pea plant (*Pisum sativum* L.) to treatment with ascorbic acid. *Egyptian Journal Applied Science* 20: 36-50.
14. Fruhwirth, G.O., & Hermetter, A. (2008). Production technology and characteristics of Styrian pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science Technology* 110: 637-644. https://doi.org/10.1002/ejlt.200700257.
15. Ghorbanli, M., Bakhshi, G., Salimi, S., & Hedayati, M. (2011). Effect of water deficiency and its interaction with ascorbic acid on proline content, soluble sugars and activity of catalase and glutathione peroxidase enzymes in *Nigella Sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26*(4): 466-476. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6662
16. Gibson, S.I. (2000). Plant sugar-response pathways: part of a complex regulatory web. *Plant Physiology* 124: 1532-1539. https://doi.org/10.1104/pp.124.4.1532
17. Hamada, A.M., & Al-Hakimi, A.M. (2009). Exogenous ascorbic acid or thiamine increases the resistance of sun flower and maize plants to salt stress. *Acta Agronomica Hungarica* 57: 335-347. https://doi.org/10.1556/AAgr.57.2009.3.8.
18. Hendawy, S.F., Ezz, E.L., & Din, A.A. (2010). Growth and yield of *Foeniculum vulgar* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. *Ocean Journal of Applied Science 3*(1): 113-123.
19. Hoshino, J.Y., Nonaka, M., & Oda, M. (1987). Physiological and ecological study on effect of cryoprolectant spray on cold hardiness of lettucc. *Report of Rural Development Administration* 29: 1-6.

20. Jaswant, S., Sharma, K.K., Mann, S.S., Singh, R., & Grewal, G.P.S. (1994). Effect of different chemicals on yield and fruit quality of «LeConte» pear. *Acta Horticulture* 367: 210-212.
21. Jellin, J.M., Gregory, P., Batz, F., Hitchens, K., Burson, S., Shaver, K., & Palacioz, K. (2000). *Natural Medicines Comprehensive Database*. Pharmacists Letter 1,530p.
22. Jeromela, A.M., Marinkovic, R., Mijic, A., Jankulov, M., & Dunic, Z.Z. (2007). International relationship between oil yield and other quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Central European Agriculture 8*(2): 290-306.
23. Kerepesi, I., & Galiba, G. (2000). Osmotic and salt stress induced alteration in solute carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science* 40: 482-487. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402482x.
24. Khalid Hussein, Z., & Qader Khursheed, M. (2014). Effect of foliar application of ascorbic acid on growth, yield components and some chemical constituents of wheat under water stress conditions. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 10: 1-15.
25. Kim, S.K., & Lagerstedt, H.B. (1985). Germination responses of filbert (*Corylus avellana*) pollen to pH, temperature, glucose, fructose, and sucrose. *HortScience 20*(5): 944-948. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.20.5.944.
26. Mashayekhi, K., & Atashi, S. (2012). Effect of foliar application of boron and sucrose on biochemical parameters of "Camarosa" strawberry. *Journal of Plant Production 19*(4): 157-171. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.23222050.1391.19.4.9.1.
27. Miguel, A., Rosales, Z., Juan, M., Ruiz, A., Hernandez, J., Soriano, T., Castilla, N., & Romero, L. (2006). Antioxidant content and as ascorbate metabolism in cherry tomato exocarp in relation to temperature and solar radiation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 1545-1551. https://doi.org/10.1002/jsfa.2546.
28. Mitra, J. (2001). Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plant. *Current Science 80*(6): 758-763.
29. Moing, A., Larglois, N., Svanella, L., Zanetto, A., & Gaudillere, J.P. (1997). Variability in sorbitol: sucrose, ratio in mature leaves of different *Prunus amygdalus*. *Journal of the American Society Horticultural Science* 122: 83 90. https://doi.org/10.21273/JASHS.122.1.83.
30.. Moreno-Valenzuela, O.A., Minero-Garcia, Y., & Brito-Argaez, L. (2003). Immunocytolocalization of tryptophan decarboxylase in *Catharanthus roseus* hairy roots. *Molecular Biotechnology* 23: 11–18. https://doi.org/10.1385/MB:23:1:11.
31. Murkovic, M., Hillebrand, A., Winker, H., & Pfannhauser, W. (1996). Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 202: 275-278. https://doi.org/10.1007/BF01206096.
32. Najjar Khodabakhsh, A., & Chaparzadeh, N. (2015). The role of ascorbic acid in reduction of oxidative effects of salinity on *Lepidium sativum* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 28*(1): 175-185. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.23832592.1394.28.1.16.1.
33. Nasiri, Y., Baghban, Akbari, P., Nouraein, M., & Amini, R. (2020). Evaluation of farmyard and vermicompost application and spray of ascorbic acid and humic substances on dragonhead production (*Dracocephalam moldavica* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production 29*(4): 83-101. (In Persian with English abstract)
34. Noctor, G., & Foyer, C. (1998). Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49: 249-279. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.249.
35. Phuong, M., Nguyen, E.M., & Niemeyer, K.E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry* 123: 1235–1241. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.092.
36. Pignocchi, C., & Foyer, C. (2003). Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 379-389. https://doi.org/10.1016/s1369-5266(03)00069-4.
37. Selahvarzi, Y., Goldani, M., Nabati, J., & Alirezaei, M. (2011). Effects of exogenous application of ascorbic acid on some physical-chemistry response of marjoram under salt stress. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42: 159-167. (In Persian with English abstract)
38. Shaheen, A., Fatma, M.R., Hoda, A., Habib, M., & Abdel, H. (2010). Nitrogen soil dressing and foliar spraying by sugar and amino acids as affected the growth, yield and its quality of onion plant. *Journal of American Science 6*(8): 420-427.
39. Shalata, A., & Neumann, P.M. (2001). Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany* 52: 2207-2211. https://doi.org/10.1093/jexbot/52.364.2207.
40. Sheteawi, S.A. (2007). Improving growth and yield of salt-stressed soybean by exogenous application of jasmonic

acid and ascobin. *International Journal of Agriculture and Biology 9*: 473-478.
41. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Amrican Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55. https://doi.org/10.5344/ajev.1974.28.1.49.
42. Smeekens, S. (2000). Sugar-induced signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 49-81. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.49.
43. Smeekens, S., & Rook, F. (1997). Sugar sensing and sugar-mediated signal transduction in plants. *Journal of Plant Physiology* 115: 7-13.
44. Smirnoff, N. (2011). Vitamin C: The metabolism and functions of ascorbic acid in plants. *Advances in Botanical Research* 59: 107-177. https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0175.
45. Soha, E., Nahed, G., & Bedour, H. (2010). Effect of water stress, Ascorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. *American Journal of Science 6*(12): 33-44.
46. Taher Yehia, A., & Hassan, H.S.A. (2005). Effect of some chemical Treatments on Fruiting of Leconte pears. *Journal of Applied Sciences Research 1*(1): 35-42.
47. Taqi, A.K., Mazid, M., & Firoz, M. (2011). A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. *Journal of Agrobiology 28*(2): 97-111. https://doi.org/10.2478/v10146-011-0011-x.
48. Vwioko, E.D., Osawaru, M.E., & Erugun, O.L. (2008). Evaluation of okra Exposed to paint waste contaminated soil for growth, ascorbic acid and metal concentration. *African Journal of General Agriculture 4*(1): 39-48.
49. Ward, J., Kuhn, M., Tegeder, M., & Frommer, W.B. (1998). Source transport in higher plants. *International Review of Cytology* 178: 41-71. https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)62135-X.
50. Wind, J., Smeekens, S., & Hanson J. (2010). Sucrose: metabolite and signaling molecule. *Phytochemistry* 71: 1610-1614. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.07.007.
51. Yadollahi, P., Javaheri, M.A., & Asgharipour, M.R. (2019). Effect of ascorbic acid and sodium nitroprusside foliar spraying on yield and qualitative characteristics of summer squash (*Cucurbita pepo*) at different levels of drought stress. *Journal of Plant Ecophysiology 10*(35): 88-101. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.20085958.1397.10.35.9.0.
52. Zhang, Y. (2013). *Ascorbic acid in plants (biosynthesis, regulation and enhancement).* Springer Briefs in Plant Science pp. 123.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 105-119

Evaluation of Yield and Quality of Peach Fruit (*Prunus persica* var Red Top) Cultivated under Split Roots System, Inoculated with Fungi and Irrigated with different Levels

M. Nazeri[1*], S.J. Tabatabaei[2], Y. Sharafi[3]

Received: 02-09-2021
Revised: 12-09-2022
Accepted: 13-09-2022
Available Online: 13-09-2022

How to cite this article:
Nazeri, M., Tabatabaei, S.J., & Sharafi, Y. (2023). Evaluation of yield and quality of peach fruit (*Prunus persica* var red top) cultivated under split roots system, inoculated with fungi and irrigated with different levels. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 105-119. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.72296.1088

Introduction

Water scarcity is one of the most important limiting factors threatening the production of horticultural crops. Approximately, 45% of the world's arable land is subject to permanent or intermittent water shortages, and approximately 50% of the world's annual yield is lost due to drought. Due to climate changes, especially the increase temperature and decrease rainfall in recent years in Iran, most of the gardens are facing limited water resources. In order to reduce water stress, increasing water use efficiency by naval technics seems to be crucial. Peach fruit growth mainly depends on adequate water supply. Therefore, water stress reduces the growth of the fleshy part and the quality of the peach fruits. Split root means placing a part of the root in different conditions compared to the remains of the root. Studies on split root culture were done in the laboratory for the first time. Increasing water holding capacity by split root system may improve soil- plant water availability. Furthermore, many studies indicated that Mycorrhiza and Trichoderma fungi improve the absorption of water and nutrients by plant. Increasing the absorption of water and nutrients leads to increasing growth and yield. The aim of this research was to improve the water efficiency and the use of low-yielding lands by placing a bag containing pumice and inoculating the roots with fungi.

Materials and Methods

This experiment was performed as a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications for two years. Treatments included placing the bag close to the trunk of peach trees in three levels (without bag, one bag and two bags), different levels of irrigation (50, 75 and 100% of field capacity) and root inoculation treatments with mycorrhiza, Trichoderma fungi and control without fungus. Redtop peaches grafted on GF677 rootstock were planted in May 2018. The bags were placed at a depth of 60 cm and at a distance of 40 and 60 cm from the tree trunk. The bags size was 40 liters filled with pumice. At 20 cm from the top of the bag, three holes were made to remove excess water from that part and as a signal to cause the root to move towards the bag. For plants treated with mycorrhiza, 250 g of *Mycorrhiza glomus* was mixed and for plants treated with Trichoderma, 4.5 g of *Trichoderma harizanium* was mixed with pumice in the bag. In treatments with no bag placement, the plant roots were inoculated with fungi. Characteristics such as relative water content (RWC), yield, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA, total phenol and fruit anthocyanin were measured at the end of growing season. Fruit skin color characteristics including L*, a*, b*, Chroma and Hue were measured with a colorimeter. Statistical analysis was performed by SAS software version 9.1. Mean

1- Ph.D Student of Horticultural Science, Department of Horticultural Sciences, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Islamic Republic of Iran
(*- Corresponding Author Email: masoud.nazeri@ut.ac.ir)
2 and 3- Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Islamic Republic of Iran, respectively.
DOI: 10.22067/jhs.2022.72296.1088

data were compared using Duncan's multiple range test. drawing diagrams done by Excel software.

Results and Discussion

The results showed that bag placement increased RWC. The highest RWC of leaf was measured in the treatment of placing two bags, 75% irrigation and root inoculation with Trichoderma fungus. In the main effect of bag placement, irrigation levels and root inoculation, the highest RWC of leaf was observed in placing a bag, 100% irrigation and root inoculation with Trichoderma fungus, respectively. The treatment one bag, 100% irrigation and root inoculation with mycorrhiza improved vegetative growth and produced the largest trunk diameter. Yield in terms of fresh weight of fruit in two-bag placement, 100% irrigation and root inoculation with mycorrhiza was increased by 1.8 compared to the control. The highest TA was measured in the treatment of placing a bag, 50% irrigation and root inoculation with mycorrhizal fungus. Treatment without bag placement, 75% irrigation and without fungus inoculation had the highest total soluble solids and TSS/TA of fruit. The index ratio of TSS/TA is used to determine the taste of the fruit. The highest total phenol and anthocyanin of fruit was observed in treatments without bag under 50% irrigation levels. One bag placement, 75% irrigation without fungal inoculation treatment and no bag placement treatment, 50% irrigation, mycorrhiza inoculation caused the a* and L* of the fruit skin increased. The interaction effect of the three factors of bag placement, irrigation levels and root inoculation with fungus had no significant effect on Hue and b*.

Conclusion

The results of this experiment showed that water consumption can be reduced by placing a bag. The finding of the experiment led to the conclusion that a bag placement treatment, 75% irrigation and inoculation with mycorrhizal fungus improve fruit yield and quality of peach trees

.

Keywords: Fertilizer, Irrigation, Mycorrhiza, *Trichoderma*, Pumice

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۱۱۹-۱۰۵

ارزیابی عملکرد و کیفیت میوه هلو (*Prunus persica* var *red top*) در کشت ریشه منقسم تلقیح شده با قارچ و سطوح مختلف آبیاری

مسعود ناظری[۱*]- سید جلال طباطبایی[۲]- یاور شرفی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲

چکیده

آب از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات باغی می‌باشد. از عوامل موفقیت در تولید محصولات باغی کشورمان افزایش بهره وری آب می‌باشد. به منظور ارزیابی رشد و عملکرد هلو رقم 'Red Top' پیوند شده روی پایه GF677 با جایگذاری کیسه حاوی پومیس در شرایط رطوبتی مختلف، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال صورت گرفت. تیمارها شامل جایگذاری کیسه در کنار درخت در سه سطح (بدون کیسه، یک کیسه و دو کیسه)، سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار تلقیح ریشه با قارچ مایکوریزا (ترکیبی از سویه‌های *Glomus*)، تریکودرما سویه *harzianum* و شاهد (بدون قارچ) اعمال شد. بیشترین رطوبت نسبی آب برگ در تیمار جایگذاری دو کیسه، آبیاری ۷۵ درصد و تلقیح با قارچ تریکودرما اندازه‌گیری شد. همچنین تیمار جایگذاری یک کیسه، آبیاری ۱۰۰ درصد و تلقیح ریشه با قارچ مایکوریزا بیشترین قطر تنه را ایجاد کرد. نتایج نشان داد تیمار جایگذاری دو کیسه، آبیاری ۱۰۰ درصد و تلقیح با قارچ مایکوریزا عملکرد را نسبت به شاهد ۱/۸ برابر افزایش داد. تیمار بدون جایگذاری کیسه، آبیاری ۷۵ درصد و بدون تلقیح با قارچ بیشترین مواد جامد محلول و TSS/TA میوه را داشت. بیشترین فنول کل و آنتوسیانین میوه به ترتیب در تیمار بدون جایگذاری کیسه و آبیاری ۵۰ درصد و بدون تلقیح قارچ و تیمار جایگذاری دو کیسه و آبیاری ۷۵ درصد و بدون تلقیح قارچ اندازه گیری شد. تیمار جایگذاری یک کیسه و آبیاری ۷۵ درصد و بدون تلقیح قارچ و تیمار بدون جایگذاری کیسه و آبیاری ۵۰ درصد و تلقیح با قارچ ماکوریزا بیشترین قرمزی و درخشندگی پوست میوه را ایجاد کردند. با توجه به نتایج به دست آمده تیمار جایگذاری یک کیسه، آبیاری ۷۵ درصد و تلقیح با قارچ ماکوریزا از عملکرد و کیفیت میوه مناسبی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: پومیس، تریکودرما، کم آبیاری، کود آبیاری، مایکوریزا

مقدمه

هلو با نام علمی (*Prunus persica*) یک گونه دیپلوئیدی است که از خانواده رزاسه و زیرخانواده پرونوئیده می‌باشد (Zhang *et al.*, 2018). رشد میوه هلو به طور عمده به تأمین آب کافی با کیفیت مناسب بستگی دارد. آبیاری درختان جوان هلو در سال‌های اول احداث باغ از اهمیت زیادی برخوردار است. (Brunner *et al.*, 2015). تنش خشکی باعث کاهش رشد قسمت گوشتی و کاهش کیفیت میوه می‌شود (Habib *et al.*, 1991; Eldem *et al.*, 2012). تقریبا ۴۵ درصد از اراضی زراعی جهان تحت شرایط کمبود آب دائمی یا متناوب قرار دارند و تقریبا ۵۰ درصد از عملکرد سالانه جهانی در اثر خشکی از بین می‌رود (Abdelrahman *et al.*, 2018). خشکی بیشترین تأثیر را بر مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی درختان میوه و در نهایت عملکرد آنها داشته و سبب کاهش شاخص‌های رشدی،

۱- دانشجوی دکتری باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: masoud.nazeri@ut.ac.ir)
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2022.72296.1088

عملکرد و کیفیت محصول و در صورت تداوم تنش، موجب مرگ می‌شود. سازگاری با کمبود آب به فعل و انفعالات پیچیده‌ای بین مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی احتیاج دارد که همه آنها به صورت مستقیم یا غیرمستقیم تحت کنترل ژنتیکی هستند. زمانی که علامت‌های تنش توسط گیرنده‌های سلول در شرایط تنش دریافت می‌شوند، آبشارهای علامت دهی توسط سلول فعال شده و منجر به بیان ژن‌های مرتبط با تنش خشکی می‌شود. مسیرهای علامت دهی به واسطه هورمون‌ها، به ویژه هورمون آبسیزیک اسید (ABA) می‌باشد. آبسیزیک اسید از طریق آوند چوبی به برگ‌ها منتقل شده و با بستن روزنه‌ها تبخیر آب را کاهش می‌دهد (Kafi *et al.*, 2010 ; Tan *et al.*, 2017).

قارچ‌های همزیست با تأمین کربوهیدرات خود از گیاه با افزایش سطح جذب ریشه، موجب افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند تریکودرما با تغییر مورفولوژی ریشه جذب آب و مواد غذایی را افزایش داده و موجب افزایش رشد رویشی و عملکرد می‌شود (Pascale *et al.*, 2017; Gravel *et al.*, 2007). تقریبا تمام گیاهان با قارچ‌های مایکوریزایی همزیست می‌باشند. قارچ مایکوریزا جذب مواد مغذی توسط گیاه را افزایش می‌دهد. نخینه‌های این قارچ از ریشه به سمت خاک رشد کرده و مواد غذایی که محدود کننده رشد گیاه می‌باشد را جذب می‌کند. قارچ مایکوریزا مقاومت به خشکی را ایجاد می‌کند (Wu *et al.*, 2016; Augé, 2001).

سیستم‌های تقسیم ریشه برای مطالعه اثرات محیط‌های مختلف ریشه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مطالعات برای اولین بار در کشت آزمایشگاهی انجام شده است. استفاده از آب‌های نامتعارف جهت صرفه جویی در مصرف آب و قرار دادن بخشی از ریشه در ECهای مختلف جهت بررسی رشد و عملکرد صورت گرفته است. در تحقیقاتی که بر روی گوجه فرنگی صورت گرفت نشان داده شد بیشترین عملکرد در گیاهی اندازه‌گیری شد که بخشی از ریشه در شوری ۶ dS/m قرار داده شد (Tabatabaei *et al.*, 2004). نتایج تقسیم ریشه درخت توس در دو محیط با pHهای پنج و نه نشان داد که در تیمارهایی که بخشی از ریشه یا تمام ریشه در pH پایین قرار گرفتند، ماده خشک و فتوسنتز و تعرق بیشتری نسبت به گیاهانی که تمام ریشه در معرض pH بالا قرار گرفتند داشتند (Xu *et al.*, 2019). در تکنیکی دیگر در سیستم ریشه منقسم، ریشه نارنج سه برگ به دو بخش تقسیم شده و یک بخش از ریشه با قارچ مایکوریزا تلقیح می‌شود که افزایش زیست توده گیاه را در پی داشته است (Wu *et al.*, 2016). از این روش برای مطالعه میزان بیان ژن در اثر جذب عناصر نیز استفاده می‌شود. در آزمایش ریشه منقسم بر روی برنج نشان داده شد بیان OsLsi3 در نیمی از ریشه که در معرض سیلیس قرار گرفت نسبت به قسمتی که در معرض سیلیس قرار نگرفت، کاهش پیدا کرد (Huang *et al.*, 2022). از روش ریشه منقسم برای بررسی چگونگی اثر نماتد مولد زخم (*Pratylenchus penetrans*) بر گره ریشه (تعداد و وزن خشک)، باکتری‌های موجود در گره ریشه و تثبیت نیتروژن در سویا استفاده شده است (Elhady *et al.*, 2020). همچنین از این روش برای بررسی همزیست‌های حبوبات نیز استفاده می‌شود (Thilakarathna and Cope, 2021). روش ریشه منقسم برای مطالعه ایجاد پاسخ سیستمیک دفاعی ناشی از تریکودرما مورد استفاده قرار گرفته است. در گوجه فرنگی نشان داده شد زیست توده نتاج گیاهانی که نیمی از ریشه آنها با قارچ تریکودرما تلقیح شده بود و در محیطی با نماتد مولد گره ریشه قرار گرفت و نیمه دیگر در آب سترون بود نسبت به گیاه شاهد ۱۲۵ درصد افزایش پیدا کرد (Rubio *et al.*, 2019). در هلو نیز تلقیح بخشی از ریشه با قارچ مایکوریزا یا تریکودرما موجب افزایش وزن تر و خشک برگ و رطوبت نسبی آب برگ و تعداد میوه شد (Nazeri *et al.*, Nazeri *et al.*, 2020a; 2020b).

پومیس معدنی یک آلمینوسیلیکات معدنی بی اثر است که منشأ آتش فشانی داشته و دارای چگالی پایین و تخلخل بالاست. پومیس بدون پاتوژن و عاری از تخم علف هرز بوده، دارای ظرفیت تبادلی یونی پایین و یک ساختار پایدار دارد (Gizas and Sarras, 2007). آب به سرعت در پومیس فرو می‌رود و به دلیل تخلخل بالای آن ظرفیت نگهداری آب و هدایت هیدرولیکی بالایی دارد (Raviv *et al.*, 2002). در آزمایشی استفاده از کیسه حاوی پومیس در زیر منطقه ریشه درخت هلو کارائی جذب فسفر، سطح برگ و رشد رویشی را افزایش داد (Pashaei *et al.*, 2018).

با توجه به مشکلات مربوط به کمبود آب در ایران ارائه راهکار مناسب و نوین که بتوان با آن عملکرد، کیفیت و سطح کشت محصولات باغی را افزایش داد، اهمیت دارد. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش بهبود کارایی مصرف آب، و استفاده از زمین‌های کم بارده با جایگذاری کیسه حاوی پومیس و تلقیح ریشه با قارچ بود.

مواد و روش‌ها

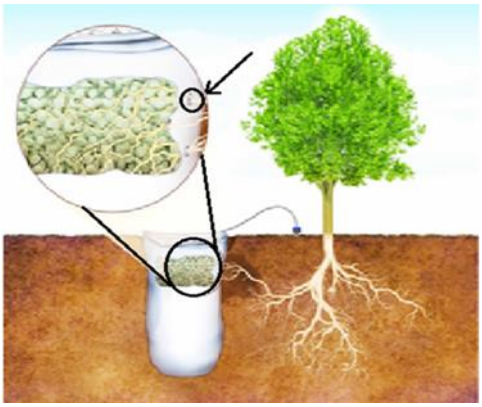
این آزمایش در باغ تحقیقاتی ریشه منقسم واقع در دانشگاه شاهد با مختصات ۳۷ درجه عرض شمالی و ۵۱ درجه طول شرقی در ارتفاع ۱۰۳۶ متر از سطح دریا از اردیبهشت ۹۶ به مدت دو سال اجرا شد. خصوصیات آب و هوایی منطقه مورد مطالعه طبق میانگین داده‌های ۵۵ ساله ایستگاه هواشناسی شامل میانگین دمای سالیانه ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالیانه ۲۳۲/۸ میلی‌متر و رطوبت نسبی هوا ۴۱ درصد می‌باشد. در اردیبهشت ۹۶ نهال‌های هلو دو ساله رقم ‘Red Top’ پیوند شده روی پایه ‘GF677’ در ردیف‌هایی به فاصله سه متر از هم کاشته شدند. فاصله درختان از یکدیگر دو متر انتخاب و در یک سمت درختان گودال‌هایی برای گذاشتن کیسه‌ها تعبیه شد.

گودال‌ها به عمق ۶۰ سانتی متر و به فاصله ۴۰ و ۶۰ سانتی متر از تنه درخت تعبیه شدند. کیسه‌های کامپوزیتی به حجم ۴۰ لیتر با پومیس پر و در گودال‌ها قرار داده شدند. در ۲۰ سانتی‌متر از بالای کیسه چند سوراخ ایجاد شد تا آب اضافی از آن قسمت خارج شده و به عنوان یک سیگنال سبب حرکت ریشه به طرف کیسه شود. همیشه در کیسه آب وجود داشت تا شرایطی مشابه شرایط هیدروپونیک برای درختان ایجاد شود و درختان در شرایط تنش آبی قرار نگیرند. شکل ۱ نمایش شماتیک از نحوه جایگذری کیسه و نفوذ ریشه را بداخل کیسه نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Chemical properties of soil used in the experiment

ظرفیت تبادل کاتیونی CEC ($meq.100g^{-1}$)	آهک خاک TNV (%)	کربن آلی Organic C (%)	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
20	12	0.1	8	4



شکل ۱- نمای شماتیکی از جایگذاری کیسه در کنار درخت هلو

Figure 1- Schematic view of bag placement next to the peach tree

برای گیاه تحت تیمار مایکوریزا ۲۵۰ گرم قارچ با نام تجاری مایکوپرسیکا که مخلوطی از چند سویه خالص گلوموس مایکوریزا می‌باشد از شرکت دانش بنیان زیست فناوران توران تهیه و در تیمارهایی که در کنار درخت کیسه تعبیه شده بود با پومیس موجود در کیسه مخلوط و در تیمارهایی که در کنار درخت کیسه تعبیه نشده بود به گودال محل کاشت درخت اضافه گردید (Sohrabi *et al.*, 2012). میانگین تعداد اسپور در هر گرم قارچ ۱۰۰-۸۰ عدد و تعداد اندام فعال که شامل ریسه و قطعات خورد شده ریشه گیاهان میزبان می‌باشد حدود ۵۰-۲۰ متر در هر گرم خاک بود. برای هر گیاه تحت تیمار قارچ تریکودرما، ۴/۵ گرم قارچ با پومیس تیمارهایی که کیسه در کنار درخت تعبیه شده بود مخلوط شد. در تیمارهایی که در کنار درخت کیسه تعبیه نشده بود به گودال محل کاشت درخت اضافه گردید. قارچ تریکودرما سویه هاریزانیوم از شرکت فناوران حیات سبز با نام تجاری تریکومیکس-اچ وی تهیه شد. جهت تامین آب درختان یک مخزن ۵۰۰۰ لیتری و یک پمپ زیر آبی که انرژی خود را از سولار (انرژی خورشیدی) می‌گرفت تعبیه شد. آب از طریق لوله‌های پلی اتیلن دو اینچی و لوله‌های فرعی ۱۶ میلی‌متری به قطره چکان‌ها رسانده و با لوله‌های ماکارونی آب و همه مواد غذایی مورد نیاز را به درون کیسه کنار درختان انتقال داده شد. مخزنی به حجم ۲۰۰ لیتر در کنار مخزن اصلی آب برای تامین مواد غذایی ماکرو و میکرو به صورت استوک تعبیه شد.

مقدار EC و pH تانکر اصلی به صورت خودکار و مرتب توسط دستگاه اندازه‌گیری و به ترتیب روی مقادیر ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و هفت تنظیم شد. سیستم شناور الکترونیکی در کیسه تعبیه شد تا با پایین آمدن آن به وسیله امواج بی سیم، فرمان شروع به کار به پمپ داده شده و آبیاری آغاز گردد. پس از بالا آمدن شناور دستور خاموش شدن پمپ صادر می‌شد که در این زمان در کیسه حدود ۲۰ لیتر آب موجود بود. تیمارها شامل کیسه، قارچ و آبیاری هر کدام در سه سطح اعمال شد. در مجموع ۲۷ تیمار در سه تکرار در نظر گرفته شد. دو ردیف شرقی و غربی باغ به عنوان محافظ (Gard Row) در نظر گرفته شد. تیمارهای کیسه بصورت B_0، B_1، B_2 در نظر گرفته شدند که در آن B مخفف Bag بود و اندیس‌ها به ترتیب نشان دهنده بدون کیسه، یک کیسه و دو کیسه بود. تیمارهای آبیاری بصورت I_{50}، I_{75}، I_{100} بودند که در آن I مخفف Irrigation بوده و اندیس‌ها به ترتیب

نشان دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. در آبیاری ۵۰ درصد از یک قطره چکان با آبدهی هشت لیتر در ساعت، در ۷۵ درصد از دو قطره چکان با آبدهی هشت و چهار لیتر در ساعت و در ۱۰۰ درصد از دو قطره چکان با آبدهی هشت لیتر در ساعت استفاده شد. تیمارهای قارچ بصورت F_0، F_M، F_T در نظر گرفته شدند که F مخفف Fungi بوده و اندیس‌ها به ترتیب نشان دهنده بدون قارچ، قارچ *Mycorrhiza glomus* و قارچ *Trichoderma harzianum* بود. تیمار $B_0I_{100}F_0$ به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. اعمال تیمارها از روز نخست کاشت درختان (اردیبهشت ۹۶) شروع شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال صورت گرفت.

رطوبت نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی آب برگ یک گرم از برگ هر درخت در مرداد ماه ۹۸ توزین شد. سپس نمونه در پتری دیش در آب مقطر قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت وزن اشباع نمونه‌ها با ترازو دیجیتال اندازه‌گیری و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه قرار گرفت. در نهایت وزن خشک آنها را با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. اعداد به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها را در فرمول زیر گذاشته و محتوای آب نسبی برگ محاسبه شد (Levitt, 1980).

$$RWC = \frac{(Fw - Dw)}{(Sw - Dw)} \times 100$$ فرمول (۱)

Fw نشانگر وزن تر برگ بعد از نمونه‌برداری، Dw نشانگر وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و Sw نشانگر وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر بود.

هلو رقم Red top زودرس بوده و پس از نمایان شدن رنگ زمینه قرمز (شاخص برداشت میوه) و رسیدن میوه‌ها در هفته دوم خرداد سال ۹۸ میوه‌های هر درخت به طور جداگانه برداشت و وزن گردید.

قطر تنه

در آبان ۹۸ پس از پایان فصل رشد در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از محل پیوند قطر تنه توسط کولیس دیجیتال (Digital caliper, 1114-200A) گرفته شد.

مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و شاخص طعم

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS) از دستگاه رفرکتومتر دیجیتال (Hanna HI96801) استفاده شد. یک قطره از آب میوه هم دمای محیط بر روی صفحه شیشه‌ای دستگاه قرار داده و عدد قرائت شده توسط دستگاه بعنوان عدد بریکس ثبت گردید. برای اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون ۱۰ سی‌سی از آب میوه را به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال در حضور چند قطره معرف فنول فتالئین (۰/۵ درصد در اتانول ۸۰ درصد)، سنجش صورت گرفت. با مشاهده اولین رنگ صورتی پایدار میزان هیدروکسید سدیم مصرفی یادداشت گردید. از رابطه زیر اسید قابل تیتراسیون محاسبه شد (Mazumdar and Majumder, 2017).

$$A(\%) = \frac{N \times V \times E}{M} \times 100$$ فرمول (۲)

مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره، N نرمالیته هیدروکسید سدیم مصرفی (۰/۱ نرمال)، V حجم سود مصرفی، M مقدار آب میوه (میلی‌لیتر) و E وزن اکی والانت برای اسید غالب هلو که اسید مالیک است برابر ۰/۰۶۷ است. شاخص طعم میوه نیز از TSS/TA بدست آمد (Su *et al.*, 2013).

ترکیبات فنولی

مقدار ترکیبات فنولی با معرف فولین سیوکالتو اندازه گیری شد و نتایج بر حسب میلیگرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان شد (Slinkard and Singleton, 1977). ۸ میلی‌لیتر آب مقطر، ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره نمونه، ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم و ۱ میلی‌لیتر محلول معرف فولین آماده به لوله آزمایش منتقل شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه باقی ماندند و جذب آن در ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (SHIMADZU UV-1205) خوانده شد. نمونه کنترل بدون عصاره با استفاده از گالیک اسید به دست آمد. نمودار استاندارد اسیدگالیک رسم و معادله خط $y = ax + b$ رسم گردید.

آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری مقدار کل آنتوسیانین از روش افتراقی pH استفاده شد (Ambigaipalan *et al.*, 2016). برای این منظور ۱ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۲ میلی‌لیتر کلرید پتاسیم ۰/۰۲۵ مولار (pH=1) و ۱ میلی‌لیتر از عصاره با ۲ میلی‌لیتر استات سدیم ۰/۴ مولار (pH =۴/۵) مخلوط گردید. محلول آماده شده ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاهی باقی ماند. سپس نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ مدل BCEN-4000A ساخت شرکت اندیشه سازان سلامت پارسیان با ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه قرار گرفت نمونه‌های آماده شده هر کدام جداگانه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و مقدار جهت اندازه‌گیری آنتوسیانین کل بر اساس سیانیدین ۳-گلوکوزید به عنوان آنتوسیانین غالب هلو استفاده شد.

Absorbance (A) = (A 510 pH 1- A 700 pH1) - (A 510 pH 4.5- A 700 pH4.5) فرمول (۳)

فرمول (۴) $Total\ anthocyanin\ (mg\ Kg\ FW^{-1}) = (A/26900a)\ (10^3)\ (449.2b)$

a ضریب مولی خاموشی سیانیدین ۳- گلوکوزید، b وزن مولکولی سیانیدین ۳- گلوکوزید می باشد.

رنگ ظاهری میوه

برای اندازه‌گیری رنگ ظاهری میوه از دستگاه رنگ سنج (Lovibond Lc 100 UK) ساخت انگلستان استفاده شد. این دستگاه توانایی اندازه‌گیری L*، a*، b*، C، H و کدورت آب میوه را دارد. ابتدا گرد و خاک موجود روی میوه گرفته و لنز دستگاه رنگ‌سنج روی قسمت استوایی میوه قرار داده و توسط دستگاه عکس گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۱ صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس جایگذاری کیسه، تلقیح با قارچ و سطوح آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی، کمی و کیفی هلو رقم 'Red Top' در کشت ریشه منقسم

Table 2- ANOVA for the effect of bag placement, fungi inoculation and irrigation levels on physiological, quantitative and qualitative characteristics of peach cv. 'Red Top' in split root culture

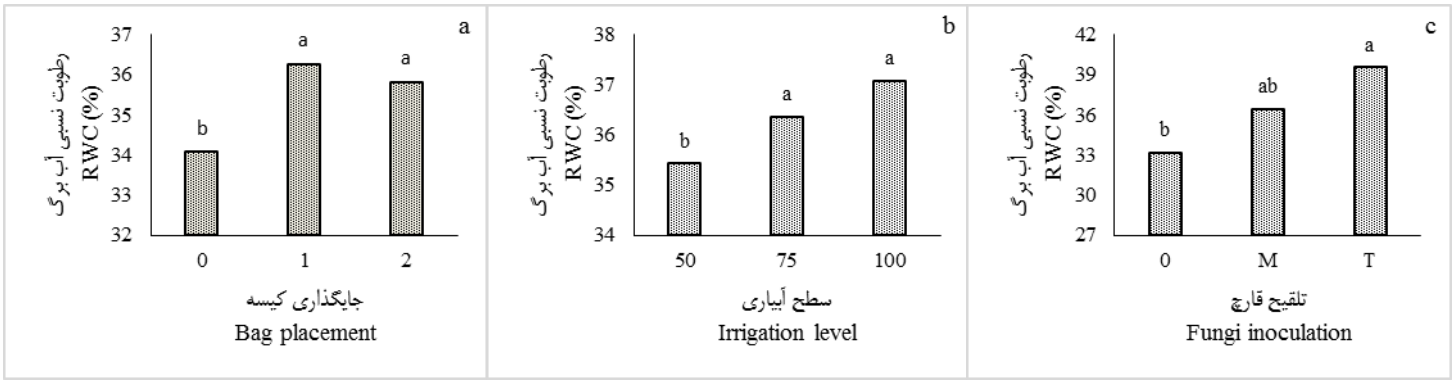
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		رطوبت نسبی آب برگ Relative water content	قطر تنه Trunk diameter	عملکرد Yield	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	TSS/TA	فنول کل Total Phenol	آنتوسیانین Anthocyanins
کیسه Bag (B)	2	36.44**	383.69**	1362**	41.5**	0.000032**	4899013**	1.568**	0.0002**
قارچ Fungi (F)	2	289**	52.58**	14210**	10.98**	0.0000063**	674671**	4.858**	0.0001**
آبیاری Irrigation (I)	2	22**	2274**	673537**	46.54**	0.000013**	865292**	2.29**	0.002**
B×F	4	66.44**	130.25**	15703**	42.62**	0.0000032**	1058369**	7.729**	0.000005**
B×I	4	423**	106.76**	43963**	88.45**	0.000018**	4012632**	6.416**	0.0001**
I×F	4	307**	92.96**	27895**	57.28**	0.0000098**	2369769**	3.933**	0.00005**
B×I×F	8	361**	13.18*	10697**	48.97**	0.000008*	2198623**	4.562**	0.00005**
خطا Error	52	4.05	7.35	655	1.03	0.00000034	2376	0.00000002	0.000005
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.68	6.54	11.51	7.63	6.59	11.01	0.51	12.64

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

نتایج و بحث

طبق نتایج به دست آمده از نمودار مقایسه میانگین (جدول ۴) بیشترین رطوبت نسبی آب برگ در تیمار $B_2I_{100}F_T$ اندازه‌گیری شد. نمودار مقایسه میانگین (شکل a-۲) جایگذاری کیسه بر رطوبت نسبی آب برگ نشان داد که تیمار جایگذاری یک و دو کیسه به دلیل اینکه همیشه آب در اختیار گیاه می‌باشد، نسبت به بدون جایگذاری کیسه رطوبت نسبی آب برگ را افزایش می‌دهد و این نشان می‌دهد که درخت در اثر جایگذاری کیسه دچار تنش کمتری شد. در سطوح مختلف آبیاری (شکل b-۲) تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد بیشترین رطوبت نسبی آب برگ را ایجاد کردند. کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط تنش کم آبی به دلیل افزایش تبخیر و کاهش جذب آب در گیاه است. نمودار مقایسه میانگین تلقیح ریشه با قارچ (شکل c-۲) نشان داد قارچ تریکودرما بیشترین رطوبت نسبی آب برگ را ایجاد کرد و با قارچ مایکوریزا در یک سطح از معنی‌داری قرار گرفت. قارچ تریکودرما باعث افزایش رشد سیستم ریشه‌ای می‌شود و محتوای نسبی آب برگ در شرایط کم آبی می‌تواند با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط باشد. حفظ محتوای رطوبت درونی یک گیاه نیاز به داشتن ریشه عمیق جهت جذب آب دارد (Hirayama *et al.*, 2006).



شکل ۲- اثرات جایگذاری کیسه (a)، سطوح مختلف آبیاری (b) و تلقیح ریشه با قارچ (c) بر رطوبت نسبی آب برگ هلو رقم 'Red Top'

Figure 2- The effects of bag placement (a), different levels of irrigation (b) and root inoculation with fungus (c) on the leaf relative water content (RWC) of peach cv. 'Red Top' (DMRT, $p\leq0.05$)

طبق نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر متقابل سه عامل بر قطر تنه تأثیر معنی‌دار داشته است. بیشترین و کمترین قطر تنه به ترتیب در تیمارهای $B_1I_{100}F_M$ و $B_2I_{50}F_M$ با میانگین ۵۷/۱۹ و ۲۶/۳۴ اندازه‌گیری شد. تیمار $B_1I_{100}F_M$ که بیشترین قطر تنه را ایجاد کرد نسبت به تیمار شاهد قطر تنه را ۲۱ درصد افزایش داد. گزارشات نشان دهنده این مطلب هستند که قطر تنه یکی از حساس‌ترین پارامترها به تنش آبی هست (Conejero *et al.*, 2007). تنش خشکی در هر زمان از فصل رشد می‌تواند بر رشد قطر تنه تأثیر منفی داشته باشد (Mills *et al.*, 1996). نتایج یک تحقیق پنج ساله بر درختان زیتون رقم کالامون سه، نشان داد که قطر تنه در درختان بدون آبیاری در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (Michelakis, 1995). در تحقیقاتی که درباره میزان رشد گیاه شیرین بیان در محیط کشت هیدروپونیک در مقایسه با خاکی صورت گرفت، نتایج نشان داد که در تیمارهای کودی یکسان میزان رشد قطر تنه در کشت هیدروپونیک بیشتر از محیط کشت خاکی می‌باشد (Estaji *et al.*, 2017). در تیمار جایگذاری کیسه نیز که یک روش نیمه هیدروپونیک می‌باشد افزایش شاخص رشد قطر تنه را شاهد بودیم. مایکوریزا باعث افزایش رشد در گیاه انار حاصل از کشت بافت می‌شود (Bompadre *et al.*, 2015).

بیشترین عملکرد به ترتیب در تیمارهای $B_2I_{100}F_M$ و $B_2I_{100}F_T$ اندازه‌گیری شد (جدول ۴). همانطور که جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) عملکرد نشان می‌دهد جایگذاری کیسه موجب افزایش عملکرد نسبت به تیمارهای یکسان در آبیاری (۱۰۰ و ۷۵ درصد) و تلقیح قارچ شد و کیسه نتوانست جایگزین آبیاری ۵۰ درصد شود. در اثر خشکی روزنه‌ها بسته شده و با بسته شدن روزنه‌ها فتوسنتز کاهش پیدا کرده و دوره رشد نیز کاهش می‌یابد. با کاهش رشد در هلو جوانه‌های زایشی نیز کاهش می‌یابد. با رسیدن ریشه به کیسه در تیمار جایگذاری کیسه سطح تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند. تحقیقات زیادی نشان داده است که با افزایش سطح تنش خشکی عملکرد نیز کاهش پیدا می‌کند. در سیب رقم رونتای پیوند شده روی پایه سیب وحشی سیورسی با افزایش دور آبیاری و کاهش ظرفیت زراعی از ۸۵ به ۵۵ درصد، عملکرد به میزان ۵۳ درصد کاهش پیدا کرد (Zhou *et al.*, 2019). تلقیح نهال‌های چهار ساله انگور توسط تریکودرما نه تنها موجب مقاومت گیاه نسبت به سفیدک پودری شد بلکه عملکرد را نسبت به شاهد ۴۸ درصد بهبود بخشید (Pascale *et al.*, 2017). در سیب رقم رد دلیشز عملکرد در تیمار آبیاری کامل و هر دو قسمت ریشه نسبت به آبیاری ۷۵٪ و نیمی از ریشه در یک سطح قرار گرفتند (Ghafari *et al.*, 2020).

طبق نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) بیشترین مواد جامد محلول و کمترین اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار $B_0I_{75}F_0$ اندازه‌گیری شد. کمترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار $B_1I_{100}F_M$ اندازه‌گیری شد که با تیمارهای $B_1I_{100}F_0$ و $B_1I_{75}F_0$ در یک سطح از معنی داری قرار گرفت (جدول ۴). تنش خشکی موجب کاهش آب میوه و افزایش مواد جامد محلول می‌شود. در تحقیقات صورت گرفته تنش رطوبتی در دوره سوم رشد میوه هلو موجب کوچک و کم آب شدن میوه گردیده و میزان مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون افزایش پیدا کرد (Karami *et al.*, 2002). قارچ‌های مایکوریزا و تریکودرما با تغییر مورفولوژی ریشه جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه افزایش می‌دهند (Gravel *et al.*, 2007; Augé, 2001). با افزایش جذب مواد غذایی مواد جامد محلول افزایش و با افزایش جذب آب کاهش پیدا می‌کند. در تیمار $B_1I_{75}F_0$ میزان مواد جامد محلول نسبت به تیمار $B_0I_{75}F_0$ به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. این کاهش می تواند به دلیل جایگذاری کیسه در کنار درخت باشد که همیشه آب در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. در تیمار $B_0I_{100}F_M$ مواد جامد محلول نسبت به تیمار $B_0I_{100}F_0$ به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. این افزایش میتواند به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی به

کمک قارچ مایکوریزا باشد. اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتر تحت تأثیر افزایش جذب مواد غذایی قرار می‌گیرد و اسید قابل تیتراسیون در تیمارهای تلقیح ریشه با قارچ افزایش پیدا کردند. افزایش اسیدیته آب میوه در اثر افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در هلو نیز گزارش شده است (Chatzitheodorou *et al.*, 2004). اسید قابل تیتراسیون در تیمارهای که در آنها آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد بود و در کنار درخت یک کیسه جایگذاری شده بود نسبت به تیمارهایی که کیسه جایگذاری نشده افزایش پیدا کرد که این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش جذب مواد غذایی از طریق کیسه باشد. کاهش درصد آب میوه و افزایش اسید قابل تیتراسیون، عکس العملی است که گیاه در برابر کمبود آب از خود نشان می‌دهد. افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول در هلو رقم (O'Henry) در اثر قطع آبیاری در مرحله سوم رشد میوه نشان داده شده است (Lopez *et al.*, 2010). بیشترین نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار $B_0I_{75}F_0$ محاسبه شد. نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون (TSS/TA)، شاخص مهمی است که به طور رایج برای تعیین مزه و تعریف ویژگی‌های طعمی که به رسیدگی و بلوغ میوه بستگی دارند، استفاده می‌شود. اسید قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول از فاکتورهای هستند که در اثر تنش خشکی افزایش پیدا می‌یابندجایگذاری یک کیسه به دلیل کاهش سطح تنش خشکی میزان مواد جامد محلول را کاهش می‌دهد و از طرفی با افزایش جذب مواد غذایی در اثر جایگذاری کیسه، اسید قابل تیتراسیون افزایش پیدا می‌کند. کاهش مواد جامد محلول و افزایش اسید قابل تیتراسیون سبب کاهش شاخص طعم در تیمار جایگذاری یک و دو کیسه در میوه شد.

اثر متقابل سه عامل بر فنول کل میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. ترکیبات فنولی تنوع شیمیایی زیادی دارند و بسیاری از آنها برای دفاع از گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌باشد. فنول از طریق تحریک آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و از مسیر فنیل پروپانوئید تشکیل شده و وظیفه حفاظت از گیاه در مقابل تنش‌های محیطی را دارد (Katerova and Prinsen, 2008). بیشترین میزان فنول کل در تیمار $B_0I_{50}F_0$ مشاهده شد (جدول ۴). در تیمارهایی که از آبیاری مناسب برخوردار بودند و در کنار درخت کیسه جایگذاری شده بود نسبت به تیمارهای بدون جایگذاری کیسه از سطح فنول کمتری برخوردار بودند که نشان دهنده کاهش سطح تنش در اثر جایگذاری کیسه می‌باشد.

نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان دهنده این مطلب است که بیشترین آنتوسیانین موجود در تیمار $B_2I_{75}F_0$ و کمترین آنتوسیانین در تیمار $B_0I_{75}F_T$ مشاهده شد. آنتوسیانین‌ها از ترکیبات فنولی و گلوکوزیدی بوده که به تنش خشکی مقاوم هستند. آنتوسیانین محلول در آب بوده و محل تجمع آن واکوئل سلول می‌باشد. در شرایط تنش خشکی مسیر تولید فلاونوئیدها فعالیت بیشتری داشته و آنتوسیانین‌ها که مانند فلاونوئیدها از رنگیزه‌های محافظت کننده در برابر تنش های محیطی هستند نیز افزایش پیدا می‌کنند. این افزایش به دلیل نقش حفاظتی آنتوسیانین در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن که در اثر تنش خشکی به وجود آمده‌اند می‌باشد (Zhang *et al.*, 2010).

جدول ۳- تجزیه واریانس جایگذاری کیسه، تلقیح با قارچ و سطوح آبیاری بر رنگ پوست میوه هلو رقم 'Red Top' در کشت ریشه منقسم

Table 3- ANOVA for the bag placement, fungal inoculation and irrigation levels on peach cv. 'Red Top' skin color in split root culture

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		L*	a*	b*	Chroma	Hue
کیسه Bag (B)	2	177.58**	161.43**	405.34**	502.02**	173.82**
قارچ Fungi (F)	2	44.63*	32.23*	145.38*	125.62*	90.75*
آبیاری Irrigation (I)	2	191.02**	49.48**	285.51**	52.51ns	570.03**
(B×F)	4	31.09*	12.38ns	95.9*	70.53*	72.32*
(B×I)	4	4.06*	5.74ns	75.77*	45.43ns	72.96*
(I×F)	4	103.86**	7.21ns	186.47**	125.71**	155.65**
(B×I×F)	8	24.52*	53.21**	49.18ns	80.61*	21.82ns
خطا Error	52	12.54	9.16	31.59	31.84	33.02
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.1	11.18	24.09	15.63	11.83

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

افزایش میزان آنتوسیانین سیب در اثر آبیاری بخشی از ریشه که مشابه روش ریشه منقسم می‌باشد نشان داده شده است. در سیب ارقام رد دلیشز و برابورن میزان آنتوسیانین کل در آبیاری ۷۵ درصد بخشی از ریشه نسبت به آبیاری کامل ریشه افزایش معنی‌دار پیدا کرد (Ghafari *et al*., 2020). کاهش آنتوسیانین در تیمارهایی که از نظر جایگذاری کیسه و سطح آبیاری یکسان بودند و توسط قارچ تلقیح شده بودند نسبت به بدون تلقیح قارچ نشان دهنده افزایش جذب آب توسط قارچ مایکوریزا و تریکودرما بوده است.

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سه گانه بر L^* و C در سطح ۵ درصد و a^* در سطح ۱ درصد تاثیر معنی‌داری داشته است. اثر اصلی جایگذاری کیسه و آبیاری بر b^* و h در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد تیمار $B_0I_{50}F_M$ بر شاخص L^* (درخشندگی) بیشترین نمود را داشته است. عدد شاخص درخشندگی از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) است که در این تیمار ۵۴/۸ اندازه‌گیری شد. کمترین شاخص درخشندگی پوست نیز در تیمار $B_2I_{75}F_M$ با میانگین ۳۲/۴۳ اندازه‌گیری شد. a^* از رنگ سبز (۶۰-) تا قرمز (۶۰+) را شامل می‌شود که هرچه این عدد به قرمز نزدیک‌تر باشد نشان دهنده رسیدگی بیشتر میوه می‌باشد. تیمار $B_1I_{75}F_0$ با میانگین ۳۳/۱۵ بیشترین a^* را داشته است (جدول ۴). کمترین میزان این شاخص با میانگین ۱۶/۸ در تیمار $B_2I_{50}F_0$ اندازه‌گیری شد. b^* از آبی (۶۰-) تا زرد (۶۰+) را شامل می‌شود. اثر متقابل تیمارها بر این شاخص تاثیر معنی‌داری نداشت. در اثر متقابل جایگذاری کیسه در تلقیح با قارچ، تیمار جایگذاری دو کیسه و تلقیح با قارچ تریکودرما با میانگین ۱۵/۰۶ کمترین b^* را ایجاد کرد (شکل ۳-a). در اثر متقابل سطوح آبیاری در تلقیح با قارچ بیشترین و کمترین b^* به ترتیب در تیمار آبیاری ۵۰ درصد و تلقیح با قارچ مایکوریزا با میانگین ۴۷/۵۵ و آبیاری کامل و تلقیح با قارچ تریکودرما با میانگین ۱۹/۴ ایجاد شد (شکل ۳-b). در اثر متقابل جایگذاری کیسه در سطوح مختلف آبیاری تیمار بدون جایگذاری کیسه و آبیاری ۵۰ درصد با میانگین ۳۰/۰۳ بیشترین و تیمار جایگذاری دو کیسه و آبیاری ۵۰ درصد با میانگین ۱۳/۱ کمترین میزان b^* را داشتند (شکل ۳-c).

تیمار $B_0I_{50}F_M$ با میانگین ۵۳/۹ بیشترین تاثیر را بر روی کروما داشته است (جدول ۴). کمترین میزان شدت رنگ نیز در تیمار $B_2I_{50}F_0$ با میانگین ۲۱/۳ توسط دستگاه اندازه‌گیری شد. شاخص هیو یا زاویه رنگ که از صفر تا ۱۸۰ می‌باشد. اثر متقابل تیمارها بر زاویه رنگ تأثیر معنی‌دار نداشت. در این شاخص هرچه زاویه رنگ به سمت صفر میل کند قرمزی رنگ بیشتر می‌شود. زاویه رنگ تحت تأثیر جایگذاری کیسه و افزایش سطح آبیاری کاهش نشان داد. اثر متقابل جایگذاری کیسه در سطوح مختلف آبیاری (شکل ۳-f) و سطوح مختلف آبیاری در تلقیح با قارچ (شکل ۳-e) با جایگذاری کیسه و افزایش سطح آبیاری میزان زاویه رنگ کاهش نشان داد.

آنتوسانین‌ها از رنگدانه‌های محلول در آب بوده رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش را در گیاهان ایجاد می‌کنند. آنتوسانین‌ها در pH اسیدی رنگ قرمز و در pH قلیایی به رنگ بنفش و آبی در می‌آیند. گزارش شده است که با رسیدگی هلو سنتز آنتوسیانین افزایش پیدا می‌کند (Khoo *et al*., 2017). در تحقیقاتی که بر روی هلو صورت گرفت میزان L^*، H و C پوست میوه در آبیاری کامل نسبت به کم آبیاری تنظیم شده کاهش نشان دادند (Alcobendas *et al*., 2012). در تحقیقی مشابه نیز در اثر کاهش آبیاری میزان L^* افزایش داشته که با این پژوهش یکسان می‌باشد (Rababah *et al*., 2005). در پژوهشی که درباره اشعه ماوراء بنفش بر روی آنتوسیانین و رنگ قرمز پوست هلو انجام شد با افزایش میزان آنتوسیانین میزان L^* کاهش داشته است که نشان دهنده همبستگی منفی بین این دو پارامتر می‌باشد که در این پژوهش نیز همبستگی (۰/۲۲۴*-) به دست آمد (جدول ۵). با افزایش آنتوسیانین شاخص a^* افزایش نشان می‌دهد که نشان از همبستگی مثبت بین این دو پارامتر است (Kataoka and Beppu, 2004). در این پژوهش نیز بین آنتوسیانین و شاخص a^* همبستگی مثبت و معنی دار ۰/۲۷۶ به وجود آمد (جدول ۵). کاهش آبیاری به منظور کاهش مصرف آب بدون تاثیر بر کیفیت میوه مورد بررسی قرار گرفته است. کاهش آبیاری در مرحله دوم رشد هلو باعث بهبود رنگ میوه هلو می‌شود (Gelly *et al*., 2004). در پژوهشی که روی توت فرنگی صورت گرفت تنش خشکی سبب کاهش a^* شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Mahdavi, 2017).

نتیجه‌گیری

رطوبت نسبی آب برگ از شاخص‌های مهم جهت نشان دادن وجود تنش خشکی می‌باشد. نتایج آزمایش نشان داد با کاهش سطح آبیاری رطوبت نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. جایگذاری کیسه و تلقیح قارچ تریکودرما رطوبت نسبی آب برگ را افزایش می‌دهد. همچنین جایگذاری کیسه و آبیاری ۷۵ درصد شاخص‌های کیفی آنتوسیانین و فنول کل را که تحت تأثیر تنش خشکی افزایش پیدا می کنند را کاهش داد. بیشترین عملکرد در تیمار جایگذاری دو کیسه و آبیاری ۱۰۰ درصد ایجاد شد اما از آنجایی که از اهداف این آزمایش کاهش مصرف آب می‌باشد و جایگذاری دو کیسه هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد، تیمار جایگذاری یک کیسه، آبیاری ۷۵ درصد و تلقیح ریشه با قارچ تریکودرما نه تنها عملکرد را نسبت به تیمار شاهد (بدون جایگذاری کیسه، آبیاری ۱۰۰ درصد و بدون تلقیح قارچ) افزایش می‌دهد بلکه بیشترین مواد جامد محلول و a^* را ایجاد می‌کند.

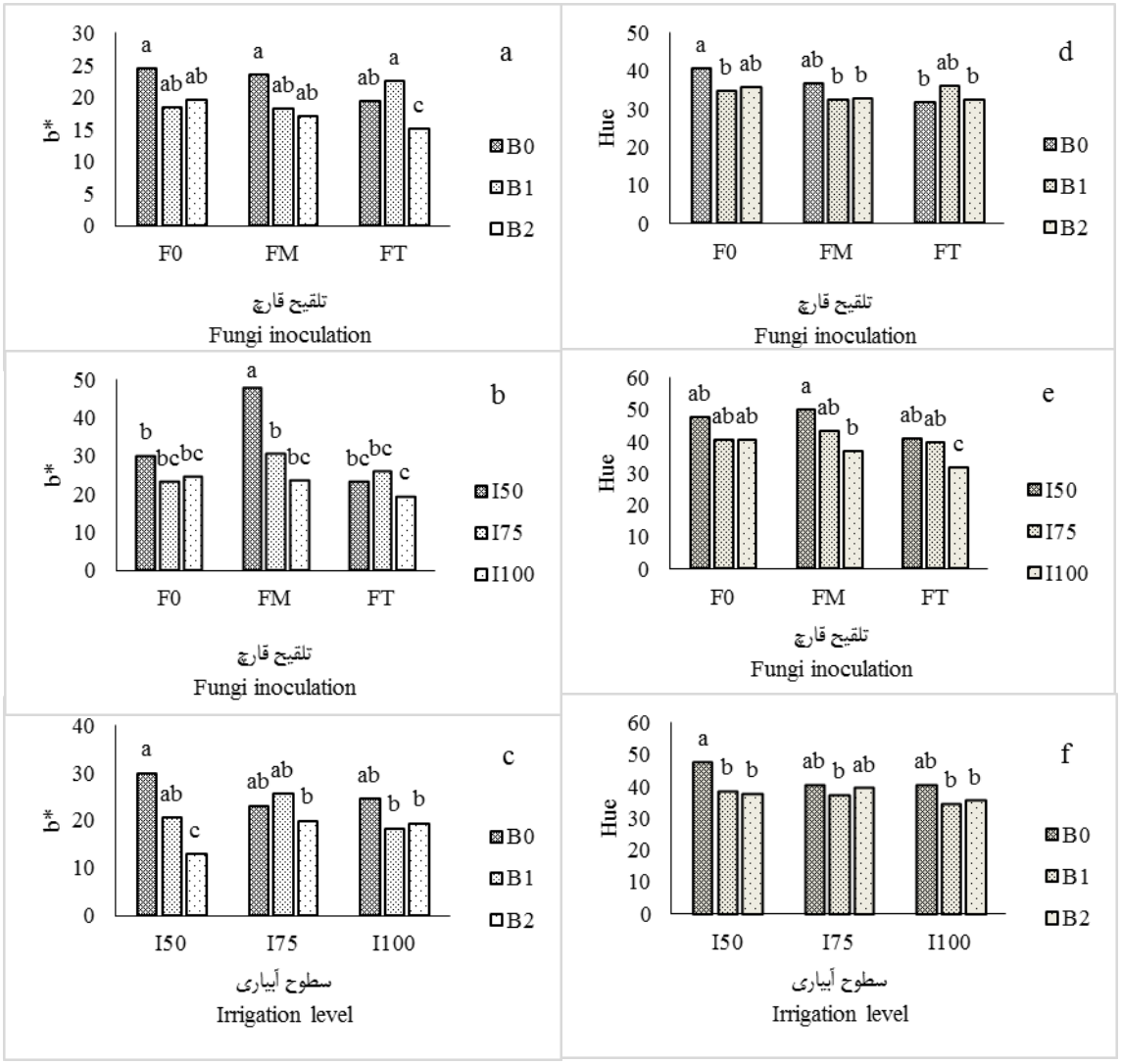
جدول ٤- اثر سه‌گانه جایگذاری کیسه× سطوح مختلف آبیاری × تلقیح ریشه با قارچ بر برخی خصوصیات درخت و میوه هلو رقم 'Red Top'

Table 4- The triple effect of bag placement× different levels of irrigation ×root inoculation with fungi on some traits of tree and fruit of peach cv. 'Red Top'

تیمار Treatment	محتوای نسبی آب برگ Relative water contet (%)	قطر تنه Trunk diameter (mm)	عملکرد Yield (kg)	مواد جامد محلول TSS (Brix)	اسیدیته قابل تیتراسیون TA (%)	TSS/TA	فنول کل Total Phenol (mg.l^{-1})	آنتوسیانین Anthocyanins (mg.g^{-1})	L*	a*	C
$B_0I_{100}F_0$	46.84 bc	44.93 c-e	4.19 j-l	10.53 k-m	0.077 i-k	1366 g-j	2.48 c-e	0.013 g-l	40.2 c-f	28.5 a-e	37.63 b-e
$B_0I_{100}F_M$	36.34 f-i	46.88 c-e	8.8 c	19.06 b	0.058 lm	3313 b	2.43 i-l	0.012 h-l	37 d-g	30.53 a-c	38.66 b-d
$B_0I_{100}F_T$	39.73 d-g	41.24 d-g	6.19 i	13.5 g-i	0.067 kl	2014 de	2.46 e-g	0.011 i-l	36.8 d-g	31.15 a-c	36.65 b-e
$B_0I_{50}F_0$	49.68 b	29.47 ij	2.42 m-o	14 f-h	0.087 f-i	1616 f-h	2.57 a	0.027 b-e	43.56 b-d	27.3 a-f	40.6 bc
$B_0I_{50}F_M$	29.36 j-m	32.65 h-j	1.85 n-p	13.5 g-i	0.097 d-f	1403 g-j	2.53 b	0.026 b-f	54.8 a	25.25 c-f	53.9 a
$B_0I_{50}F_T$	35.68 f-i	26.75 j	2.51 m-o	11.36 j-m	0.118 ab	962 kl	2.44 g-j	0.023 c-i	40.5 c-f	27.06 b-f	35.76 b-e
$B_0I_{75}F_0$	26.49 lm	41.35 d-g	3.39 k-m	24.46 a	0.051 m	4781 a	2.46 e-g	0.022 c-j	39.46 c-f	23.6 ef	34 b-e
$B_0I_{75}F_M$	28.27 k-m	40.47 e-g	4.54 jk	11.05 j-m	0.067 kl	1665 fg	2.47 d-f	0.015 e-l	44.65 bc	31.9 ab	44.25 b
$B_0I_{75}F_T$	34.74 g-j	46.65 c-e	3.8 k-m	15.33 d-g	0.073 jk	2080 de	2.49 bc	0.004 l	39.75 c-f	31.15 a-c	40.4 bc
$B_1I_{100}F_0$	24.72 mn	57.16 a	12.17 de	7.15 n	0.093 e-g	576 m	2.4 mn	0.009 j-l	35.7 e-g	26.53 b-f	32.36 c-e
$B_1I_{100}F_M$	40.16 d-f	57.19 a	13.11 cd	6.6 n	0.107 cd	615 m	2.41 l-n	0.01 j-l	34.46 fg	28.43 a-e	33.76 b-e
$B_1I_{100}F_T$	35 f-i	51.32 a-c	10.21 f	12.5 h-j	0.107 cd	1171 j-l	2.46 e-h	0.009 j-l	37.55 d-g	31 a-c	38.4 b-d
$B_1I_{50}F_0$	49.68 b	32.15 h-j	1.24 op	18.03 bc	0.087 kl	2691 c	2.47 d-g	0.032 a-c	38.2 c-g	25.9 b-f	33.2 b-e
$B_1I_{50}F_M$	24.98 mn	34.68 g-i	2.27 m-p	15.5 d-f	0.127 a	1217 j-l	2.53 b	0.025 b-g	39.86 c-f	30.36 a-c	41.06 bc
$B_1I_{50}F_T$	29.4 j-m	34.74 g-i	3.27 k-n	19.3 b	0.117 f-i	2211 d	2.42 k-m	0.022 b-h	34.5 e-g	25.3 c-f	31.46 c-f
$B_1I_{75}F_0$	42.02 c-e	49.55 bc	7.65 h	7.35 n	0.083 g-j	876 lm	2.41 k-n	0.015 e-l	37.85 c-g	33.15 a	41.95 bc
$B_1I_{75}F_M$	31.41 i-l	45.33 c-e	5.51 ij	11.75 j-m	0.09 e-h	1299 h-k	2.43 h-k	0.013 f-l	39.83 c-f	27.16 b-f	37.32 b-e
$B_1I_{75}F_T$	29.3 j-m	47.33 c-e	8.39 gh	16.5 cd	0.1 c-e	1652 fg	2.39 n	0.007 kl	41.53 b-e	28.5 a-e	38.93 b-d
$B_2I_{100}F_0$	42.25 c-e	54.52 ab	16.08 b	9.9 lm	0.091 e-g	1083 j-l	2.43 i-k	0.014 f-l	36.03 e-g	27.2 b-f	33.5 b-e
$B_2I_{100}F_M$	24.49 mn	42.37 d-f	17.58 a	15.9 de	0.103 cd	1529 g-i	2.41 k-n	0.019 d-i	33.6 fg	26.6 b-f	31.6 c-f
$B_2I_{100}F_T$	20.38 n	48.06 b-d	16.82 ab	12.33 h-k	0.08 h-j	1554 f-j	2.42 j-m	0.011 i-l	33.56 fg	23.63 ef	28.06 d-f
$B_2I_{50}F_0$	37.49 f-i	37.45 f-h	2.85 l-n	17.83 bc	0.08 h-j	2218 d	2.52 b	0.029 b-d	34.75 e-g	16.8 g	21.3 f
$B_2I_{50}F_M$	42.68 cd	26.34 j	0.94 p	10.7 j-m	0.077 i-k	1392 g-j	2.4 mn	0.036 ab	46.95 b	22.4 f	37.45 b-e
$B_2I_{50}F_T$	27.63 lm	36.89 f-h	3.28 k-n	10.73 j-m	0.11 bc	982 kl	2.5 c	0.036 ab	39.36 c-g	29.7 a-d	39.53 bc
$B_2I_{75}F_0$	33.4 h-k	36.77 f-h	4.39 jk	9.73 m	0.087 f-i	1123 j-l	2.48 c-e	0.041 a	37.65 d-g	24.35 d-f	31.5 c-f
$B_2I_{75}F_M$	43.38 cd	31.63 h-j	9.67 pg	10.75 j-m	0.098 de	1095 j-l	2.39 n	0.018 d-k	32.43 g	22.2 f	26.9 ef
$B_2I_{75}F_T$	56.73 a	48.15 b-d	11.59 e	14.6 e-g	0.078 ij	1869 fe	2.45 f-i	0.024 c-i	40.133 c-f	25.4 c-f	34.63 b-e

حروف غیریکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد. در جدول B0، B1 و B2 به ترتیب نشان دهنده بدون جایگذاری کیسه، جایگذاری یک کیسه و جایگذاری دو کیسه. I50، I75 و I100 به ترتیب نشان دهنده آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و F0، FM و FT به ترتیب نشان دهنده بدون تلقیح قارچ، تلقیح با قارچ مایکوریزا و تلقیح با قارچ تریکودرما می‌باشد.

Dissimilar letters show significant differences at 1 and 5% of probability level based on Duncan's multiple range test. In Table, B0, B1, and B2 represent no bag placement, one bag placement, and two bag placements, respectively; I50, I75, and I100 respectively represent 50, 75, and 100% irrigation and F0, FM, and FT represent without inoculation, inoculation with mycorrhizal fungi, and inoculation with Trichoderma fungi.



شکل ۳- a) اثر متقابل جایگذاری کیسه × تلقیح قارچ بر *b، b) اثر متقابل سطوح آبیاری × تلقیح قارچ بر *b، c) اثر متقابل جایگذاری کیسه × سطوح آبیاری بر *b، d) اثر متقابل جایگذاری کیسه × تلقیح قارچ بر H، e) اثر متقابل سطوح آبیاری × تلقیح قارچ بر H و f) اثر متقابل جایگذاری کیسه × سطوح آبیاری بر H در میوه هلو رقم 'Red Top'

Figure 3- a) The interaction effect of bag placement ×fungi inoculation on b*, b) the interaction effect of irrigation levels ×fungi inoculation on b*, c) The interaction effect of bag placement ×irrigation levels on b*, d) The interaction effect of bag placement ×fungi inoculation on H, e) The interaction effect of irrigation levels ×fungi inoculation on H, and f) The interaction effect of bag placement ×irrigation levels on H of peach fruit cv. 'Red Top'(DMRT, $p\leq0.05$)

جدول ۵- همبستگی صفات کیفی اندازه‌گیری شده در هلو رقم 'Red Top'

Table 5- Correlation between measured qualitative traits in peach cv. 'Red Top'

	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue	Phenol	Anthocyanins
L^*	1						
a^*	0.174	1					
b^*	0.932^{**}	0.409^{**}	1				
Chroma	0.788^{**}	0.7^{**}	0.936^{**}	1			
Hue	0.948^{**}	0.104	0.906^{**}	0.704^{**}	1		
Phenol	0.419^{**}	-0.037	0.38^{**}	0.267^{*}	0.463^{**}	1	
Anthocyanins	-0.224^{*}	0.276^{*}	0.194	0.038	0.356^{**}	0.501^{**}	1

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

and *: Significant at 1% and 5% of the probability levels, respectively.**

منابع

1. Abdelrahman, M., Burritt, D.J., & Tran L.S.P. (2018). *The use of metabolomic quantitative trait locus mapping and osmotic adjustment traits for the improvement of crop yields under environmental stresses*. In Seminars in cell & developmental biology (Vol. 83, pp. 86-94). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2017.06.020.
2. Alcobendas, R., Mirás-Avalos, J.M., Alarcón, J.J., Pedrero F., & Nicolás, E. (2012). Combined effects of irrigation, crop load and fruit position on size, color and firmness of fruits in an extra-early cultivar of peach. *Scientia Horticulturae* 142: 128-135. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.003.
3. Ambigaipalan, P., De Camargo, A.C., & Shahidi, F. (2016). Phenolic compounds of pomegranate byproducts (outer skin, mesocarp, divider membrane) and their antioxidant activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64: 6584-6604. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02950.
4. Augé, R.M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular *mycorrhizal* symbiosis. *Mycorrhiza 11*(1): 3-42. https://doi.org/10.1007/s005720100097.
5. Bompadre, M.J., Bidondo, L.F., Silvani, V.A., Colombo, R.P., Pérgola, M., Pardo, A.G., & Godeas, A.M. (2015). Combined effects of arbuscular mycorrhizal fungi and exogenous cytokinins on pomegranate (*Punica granatum*) under two contrasting water availability conditions. *Symbiosis 65*(2): 55-63. https://doi.org/10.1007/s13199-015-0318-2.
6. Brunner, I., Herzog. C., Dawes, M.A., Arend, M., & Sperisen, C. (2015). How tree roots respond to drought. *Frontiers in Plant Science* 6: 547. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00547.
7. Chatzitheodorou, I.T., Sotiropoulos, T.E., & Mouhtaridou, G.I. (2004). Effect of nitrogen, phosphorus, potassium fertilization and manure on fruit yield and fruit quality of the peach cultivars 'Spring Time'and 'Red Haven'. *Agronomy Research 2*(2): 135-143.
8. Conejero, W., Alarcon, J.J., Garcia-Orellana, Y., Abrisqueta, J.M., & Torrecillas, A. (2007). Daily sap flow and maximum daily trunk shrinkage measurements for diagnosing water stress in early maturing peach trees during the post-harvest period. *Tree Physiology* 27: 81-88. https://doi.org/10.1093/treephys/27.1.81.
9. Eldem, V., Akcay, U.C., Ozhuner, E., Bakır, Y., Uranbey, S., & Unver, T. (2012). Genome-wide identification of miRNAs responsive to drought in peach *(Prunus persica*) by high-throughput deep sequencing. *PloS One 7*(12): e50298. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050298.
10. Elhady, A., Hallmann, J., & Heuer, H. (2020). Symbiosis of soybean with nitrogen fixing bacteria affected by root lesion nematodes in a density-dependent manner. *Scientific Reports 10*(1): 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-020-58546-x.
11. Estaji, A., Roosta, H. R., & Raghami, M. (2017). Comparison of vegetative traits and root yield of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) influenced by different sources of nitrogen in several soilless and soil culture systems. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology 8*(2) :105-117. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.8.2.105.
12. Gelly, M., Recasens, I., Girona, J., Mata, M., Arbones, A., Rufat, J., & Marsal, J. (2004). Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture 84*(6): 561-568. https://doi.org/10.1002/jsfa.1686.
13. Ghafari, H., Hassanpour, H., Jafari, M., & Besharat, S. (2020). Effect of partial root zone irrigation on physiology, water use efficiency, fruit yield, phenolic compounds and antioxidant capacity of apple. *Archives of Agronomy and Soil Science* 1-18. https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1799984.
14. Gizas, G., & Savvas, D. (2007). Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience 42*(5): 1274-1280. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.5.1274.
15. Gravel, V., Antoun, H., & Tweddell, R.J. (2007). Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry 39*(8): 1968-1977. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.02.015.
16. Habib, R., Pagès, L., Jordan, M. O., Simonneau, T., & Sebillotte, M. (1991). Approche à l'échelle du système racinaire de l'absorption hydro-minérale. Conséquences en matière de modélisation. *Agronomie 11*(8): 623-643.
17. Hirayama, M., Wada, Y., & Nemoto, H. (2006). Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breeding Science 56*(1): 47-54. https://doi.org/10.1270/jsbbs.56.47.
18. Huang, S., Yamaji, N., Sakurai, G., Mitani- Ueno, N., Konishi, N., & Ma, J.F. (2022). A pericycle- localized silicon transporter for efficient xylem loading in rice. *New Phytologist 234*(1): 197-208. https://doi.org/10.1111/nph.17959.
19. Kafi, M., Borzoi, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., & Nabatei, J. (2010). *Environmental stress physiology of plants*. Press Jahad Daneshgahi, PP: 35-40. (In Persian)
20. Karami, F., Talaie, A.R., Lesani, H., & Rasoolzade, S. (2002). Effect of water stress on quantitative and qualitative characteristics of peach fruit. *Iranian Journal of Agriculture Science* 33: 749-754. (In Persian with English

abstract)
21. Kataoka, I., & Beppu, K. (2004). UV irradiance increases development of red skin color and anthocyanins in Hakuho' Peach. *Hort Science 39*(6): 1234-1237. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.6.1234.
22. Katerova, Z., & Prinsen, E. (2008). Alterations in indoleacetic acid, abscisic acid and amino cyclopropane carboxylic acid in pea plants after prolonged influence of low levels ultraviolet-B and ultraviolet-C radiations. *General and Applied Plant Physiology–Special* 34: 377-388.
23. Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., & Lim, S.M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research 61*(1): 1361779. https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779.
24. Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stress*, Vol.2, Academic Press, New York.
25. Lopez, G., Behboudian, M.H., Vallverdu, X., Mata, M., Girona, J., & Marsal, J. (2010). Mitigation of severe water stress by fruit thinning in '*O'Henry*'peach: implications for fruit quality. *Scientia Horticulturae 125*(3): 294-300. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.003.
26. Mahdavi, S.Z. (2017)**.** *Effects of Silica and drought stress on morphological and biochemical characteristics of two strawberry cultivars under soilless condition*. M.Sc. Thesis. University of Kurdistan Faculty of Agriculture Department of Horticultural Science, Iran. (In Persian with English abstract)
27. Mazumdar, B.C., & Majumder, K. (2017). *Methods on Physico-chemical analysis of fruits*. Daya Publishing House.
28. Michelakis, N. (1995). Effect of water availability on the growth and yield of olive trees. *Olivae* 56: 29-39.
29. Mills, T.M., Behboudian, M.H., & Clotheir, B.E. (1996). Water relations, growth and composition of 'Braeburn' apple fruit under deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121: 286-291. https://doi.org/10.21273/JASHS.121.2.286.
30. Nazeri, M., Tabatabaei, S.J., & Sharafi, Y. (2020a). Effect of bag placement, fungal Inoculation of roots, and different levels of irrigation on growth and pomological characteristics of peach in split root culture. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21*(4) :461-468. (In Persian with English abstract)
31. Nazeri, M., Tabatabaei, S.J., & Sharafi, Y. (2020b). Evaluation of split root system followed by semi-hydroponic conditions and fungi in peach trees to improve water uptake efficiency in low yield lands. *Research in Pomology 5*(1): 29-43. (In Persian with English abstract)
32. Pascale, A., Vinale, F., Manganiello, G., Nigro, M., Lanzuise, S., Ruocco, M., & Lorito, M. (2017). Trichoderma and its secondary metabolites improve yield and quality of grapes. *Crop Protection* 92: 176-181. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.010.
33. Pashaei, M., Tabatabaei, S.J., & Sharafi, Y. (2018). Effect of sources and application method of phosphorus fertilizers on efficiency of phosphorus uptake and some growth and physiological characteristics of peach "*Prunus persica* var. Platycarpa". *Horticultural Plants Nutrition 1*(2): 15-24. (In Persian with English abstract)
34. Rababah, T.M., Ereifej, K.I., & Howard, L. (2005). Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 53*(11): 4444-4447. https://doi.org/10.1021/jf0502810.
35. Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., & Bar-Tal, A. (2002). Substrates and their analysis, p. 25–101. In: Savvas, D. and H.C. Passam (eds.). *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece.
36. Rubio, M.B., de Medeiros, H.A., Morán-Diez, M.E., Castillo, P., Hermosa, R., & Monte, E. (2019). *A split-root method to study systemic and heritable traits induced by Trichoderma in tomato plants*. In Methods in Rhizosphere Biology Research (pp. 151-166). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5767-1_9.
37. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture 28*(1): 49-55.
38. Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., Ghasemi Golezani, K., & Mohammadi, K. (2012). Some physiological responses of chickpea (*Cicer aritinum* L.) cultivars to *Arbuscular mycorrhiza* under drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology 59*(6): 708–716. https://doi.org/10.1134/S1021443712060143.
39. Su, M., Zhang, B., Ye, Z., Chen, K., Guo, J., Gu, X., & Shen, J. (2013). Pulp volatiles measured by an electronic nose are related to harvest season, TSS concentration and TSS/TA ratio among 39 peaches and nectarines. *Scientia Horticulturae* 150: 146-153. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.020
40. Tabatabaei, S.J., Gregory, P.J., Hadley, P., & Ho, L. (2004). Use of unequal salinity in the root zone to improve yield and quality in hydroponically grown tomato. *Acta Horticulturae* 648: 47-54.
41. Tan, Y., Li, M., Yang, Y., Sun, X., Wang, N., Liang, B., & Ma, F. (2017). Overexpression of MpCYS4, a phytocystatin gene from *Malus prunifolia* (*Willd*.) Borkh., enhances stomatal closure to confer drought tolerance in transgenic Arabidopsis and apple. *Frontiers in Plant Science* 8: 33. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00033.
42. Thilakarathna, M.S., & Cope, K.R. (2021). Split-root assays for studying legume–rhizobia symbioses, rhizodeposition, and belowground nitrogen transfer in legumes. *Journal of Experimental Botany 72*(15): 5285-5299. https://doi.org/10.1093/jxb/erab198.

43. Wu, Q.S., Srivastava, A.K., & Cao, M.Q. (2016). Systematicness of glomalin in roots and mycorrhizosphere of a split-root trifoliate orange. *Plant, Soil and Environment 62*(11): 508-514. https://doi.org/10.17221/551/2016-PSE.
44. Xu, F., Tan, X., Zhang, W.Q., & Zwiazek, J.J. (2019). Effects of iron and root zone pH on growth and physiological responses of paper birch (*Betula papyrifera*), trembling aspen (*Populus tremuloides*) and red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings in a split-root hydroponic system. *Acta Physiologiae Plantarum 41*(8): 142. https://doi.org/10.1007/s11738-019-2933-7.
45. Zhang, C., Feng, R., Ma, R., Shen, Z., Cai, Z., Song, Z., Peng, B., & Yu, M. (2018). Genome-wide analysis of basic helix-loop-helix superfamily members in peach. *PloS One 13*(4): p.e0195974. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195974.
46. Zhang, K.M., Yu, H.J., Shi, K., Zhou, Y.H., Yu, J.Q., & Xia, X.J. (2010). Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. *Plant Science 179*(3): 202-208. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.05.006.
47. Zhou, H., Niu, X., Yan, H., Zhao, N., Zhang, F., Wu, L., Yin, D., & Kjelgren, R. (2019). Interactive effects of water and fertilizer on yield, soil water and nitrate dynamics of young apple tree in semiarid region of northwest China. *Agronomy 9*(7): 360. https://doi.org/10.3390/agronomy9070360.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 121-133

Evaluation of the Effect of Day and Night Temperature Fluctuations in different Seasons of the Year on the Fruit Formation of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Lines

Z. Roudbari[1]*, J. Sarhadi[2], M. Azadvar[3], S.M. Alavi-Siney[4]– A. Jalali[5]

Received: 11-11-2021
Revised: 22-12-2021
Accepted: 27-12-2021
Available Online: 27-12-2021

How to cite this article:
Roudbari, Z., Sarhadi, J., Azadvar, M., Alavi-Siney, S.M., & Jalali, A. (2023). Evaluation of the effect of day and night temperature fluctuations in different seasons of the year on the fruit formation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) Lines. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 121-133. (In Persian with English abstract).
http://doi.org/10.22067/jhs.2021.73572.1107

Introduction

Capsicum is a plant sensitive to temperature fluctuations at day and night, and temperature changes strongly affect the quality of the fruit. Identification of tolerant genotypes to temperature fluctuations that naturally produce parthenocarp and marketable fruit is important for use in breeding programs and the production of hybrids with appropriate fruit weight and size and high marketability.

Materials and Methods

In order to evaluate the reaction of the lines related to three populations of sweet pepper (A: red fruit, B: orange fruit and C: yellow fruit) obtained from five generations of self-polination (by generation management by single-seed bulk method), a greenhouse factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three different temperature conditions including optimal day and night temperature (day temperature 25± 2 and night temperature 20 ± 2 °C), low night temperature (day temperature 25± 2 and night temperature 11± 2 °C) and high day temperature (day temperature 40± 2 and night temperature 20 ± 2 °C). For this purpose, 100 lines from each population were planted in three separate greenhouses with the mentioned temperatures. Percentage of seedless fruit lines per population or Parthenocarp fruits (including seedless fruits that had at least 50% by weight of seeded and natural fruits and other seedless fruits that were deformed and small in size (knot) were removed), height Plant, day to ripening and number of fruit lobes per 100 lines of each population were measured in three different temperature conditions. Due to the fact that the lines within each population were different from the other population lines, so the data analysis was performed as a complex sequential-factorial design. Also, due to the importance of fruit characteristics in seedless fruit lines and seeded fruits, analysis of variance of these lines in a completely randomized design (15 treatments in 3 replications) using SAS v software 9.2 was performed and the comparison of the mean of the evaluated traits was performed using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

1 and 4- Assistant Professors of Plant Breeding, Department of Crop and Horticultural Science Research, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran
(*- Corresponding Author Email: z.roudbari@areeo.ac.ir)
2- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
3- Assistant Professor Plant Protection Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
5- Expet of Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.73572.1107

Results and Discussion

The results showed that under optimal temperature conditions, all lines had good growth and no parthenocarpic plants were observed in the evaluated populations, but day and night temperature fluctuations outside the optimal temperature range caused significant changes in plant growth, fruit development. And seeds were formed. The effect of high day temperature on the evaluated characteristics was less than low night temperature. With a sharp drop in night temperature, population A produced the highest percentage of seedless fruit plants. The percentage of parthenocarp lines of populations B and C were significantly lower than population A at low night and daytime temperatures. Population C was less affected by adverse day and night temperatures than the other two populations. Fruit size, fruit weight and fruit shape index, which are the most important determinants of fruit marketing, were strongly affected by day and night temperature fluctuations. In all three populations evaluated, fruit length was significantly negatively affected by low night temperature more than high day temperature, which resulted in distortion of fruit shape index. Fruit shape index, which is the result of the ratio of length to diameter of fruit, in marketable fruits is 1-1.02. As the fruit length increases and the fruit diameter remains constant or decreases, the shape index increases from 1.02, and as the fruit diameter increases with decreasing fruit length, which is usually achieved under cold stress conditions, this number decreases below one. Based on the results, the three populations evaluated had different fruit lengths under optimal temperature conditions, which, with the proportion of fruit diameter to length, the fruit shape index was normal and produced marketable fruits. By decreasing the night temperature below the optimum growth temperature, fruit length decreased sharply in the three evaluated populations, and this decrease was greater in seedless fruits. According to Table 2, the highest percentage of fruit length reduction at low night temperature was observed in population A and in seedless fruits. In this temperature condition, fruit length decreased by 43% in seedless fruits and 17.5% in seeded fruits. The lowest decrease in fruit length at low night temperature was related to population C. Fruit length in seeded and non-seeded fruits of this population decreased by 12 and 24%, respectively. However, the percentage of fruit reduction in the total populations evaluated was 13.90 and 33.69% on average in seeded and seedless fruits, respectively. Although the length of the fruit was less affected by the high temperature during the day than the low temperature at night, but the trend of fruit length changes in these temperature conditions was similar to the low temperature at night. The average decrease in fruit length in the total population in seeded and seedless fruits was 10.41 and 31.52%, respectively, with population C having the least and population A having the most effect from unfavorable daytime temperature. Fruit weight was also affected by the unfavorable temperature of day and night, but the negative effect of low night temperature on fruit weight was more than the unfavorable temperature of the day. According to the results, the percentage of fruit weight loss in seeded and seedless fruits at low temperature at night was 21.19 and 50.06%, respectively, and at high temperature at day, 15.98 and 50.12%. As the results show, seedless fruits had the same effect of unfavorable temperature day and night and showed the highest percentage of weight loss. Also, fruit weight in population C showed the least effect of adverse temperature day and night and no significant difference was observed between populations B and A. Expression is associated with undesirable traits that can be due to the coherence of traits or pleiotropic effects of parthenocarpic genes or physiological or molecular changes. Although in population C the number of lines with Parthenocarp fruit was 1%, but Parthenocarp fruits consisting of size and shape index are more suitable than the other two populations. The C population also showed a low percentage of Knot fruits as well as slight differences in fruit weight and shape at low temperature at night and high temperature at day. Based on the results, the three populations evaluated have different potentials in terms of reacting to adverse low temperatures at night and high temperatures during the day, and this potential can be used in future research and breeding programs to produce hybrids that tolerate temperature fluctuations.

Keywords: Seedless fruit, Sweet pepper, Unfavorable growing temperature

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۱۳۳-۱۲۱

ارزیابی اثر نوسانات دمایی شب و روز در فصول مختلف سال بر تشکیل میوه لاین‌های فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.)

زهرا رودباری[1*]- جواد سرحدی[2]- مهدی آزادوار[3]- سیدمحمد علوی سینی[4]- امیر جلالی[5]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶

چکیده

به منظور ارزیابی واکنش لاین‌های مربوط به سه جمعیت فلفل شیرین تحت عنوان جمعیت A، B و C، به ترتیب در سه رنگ میوه قرمز، نارنجی و زرد، به سه شرایط دمایی مختلف شامل دمای بهینه روز و شب (به ترتیب ۲±۲۵ و ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد)، دمای پایین شب (دمای روز ۲±۲۵ و دمای شب ۲±۱۱ درجه سانتی‌گراد) و دمای روز بالا (دمای روز ۲±۴۰ و دمای شب ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد) در فصول مختلف سال، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (ترتیبی- فاکتوریل) در سه گلخانه مجزا با دماهای ذکرشده در جنوب استان کرمان طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به مرحله اجرا درآمد. برای هر جمعیت ۱۰۰ لاین مورد کشت قرار گرفت و درصد لاین های بدون میوه، درصد لاین های با میوه بدون بذر، درصد لاین-های با میوه بدفرم، وزن میوه، طول و قطر میوه، شاخص شکل میوه (نسبت طول به عرض میوه) و ارتفاع بوته در هر جمعیت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد در شرایط دمای بهینه، تمام لاین ها از رشد مطلوبی برخوردار بودند و هیچ بوته‌ی پارتنوکارپی در جمعیت‌های مورد ارزیابی مشاهده نشد. اما نوسانات دمایی شب و روز خارج از دامنه دمای بهینه، سبب تغییرات چشمگیری در رشد بوته، توسعه میوه و تشکیل بذر گردید. تأثیر منفی دمای بالای روز بر ویژگی‌های مورد ارزیابی کمتر از دمای پایین شب بود. با کاهش شدید دمای شب، جمعیت A بیشترین درصد بوته‌های با میوه بدون بذر را تولید کرد. درصد لاین‌های پارتنوکارپ جمعیت B و C نسبت به جمعیت A در دمای پایین شب و بالای روز به‌طور قابل‌توجهی کمتر بود. بیشترین درصد میوه‌های بدفرم در دمای نامطلوب بالای روز و پایین شب به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۲ درصد مربوط به جمعیت A بود. این درصد در جمعیت C نسبت به جمعیت A (در دمای نامطلوب بالا روز و پایین شب به ترتیب ۳ و ۴ درصد) به‌طورقابل توجهی کمتر بود که احتمالاً به دلیل تحمل بیشتر این جمعیت به نوسانات دمایی است. همچنین درصد لاین‌های پارتنوکارپ جمعیت A (۶ و ۴ درصد به ترتیب دمای نامطلوب بالا روز و پایین شب) نسبت به دو جمعیت B و C بیشتر بود. با این وجود جمعیت C در شرایط نامطلوب دمایی، میوه‌هایی با شاخص شکل مطلوب‌تر تولید کرد که می‌تواند نشانه تحمل بیشتر این جمعیت به نوسانات دمایی باشد. لاین‌های متحمل به تغییرات دمایی شناسایی‌شده در این پژوهش را می‌توان برای تحقیقات آینده جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی و تولید بذر هیبرید مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: دمای نامطلوب رشد، فلفل شیرین، میوه بدون بذر

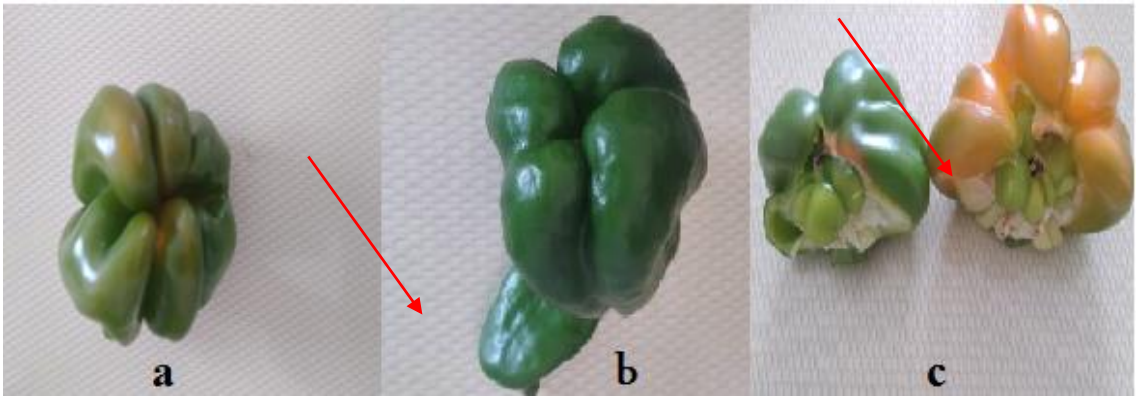
۱ و ۴- استادیاران بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: z.roudbari@areeo.ac.ir)
۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۳- استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۵- کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
DOI: 10.22067/jhs.2021.73572.1107

مقدمه

فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) از خانواده Solanaceae بوده و در سراسر جهان بخصوص در کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری پرورش می‌یابد. جنس *Capsicum* بیش از ۳۰ گونه وحشی و اهلی را در بردارد که ازنظر ساختار گل، میوه و تعداد کروموزوم‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. پنج گونه *Capsicum annuum* L.، *Capsicum chinense* Jacq.، *Capsicum frutescens* L.، *Capsicum baccatum* L. و *Capsicum pubescens* بیشترین سطح زیر کشت در دنیا را به خود اختصاص داده اند (Barboza *et al*., 2005). اولین بار این گیاه در مناطق معتدل جنوب آمریکا اهلی‌شده است (Perry *et al*., 2007). فلفل ازجمله اولین گیاهانی است که ۱۰ تا ۱۲ هزار سال قبل در نیمکره غربی زمین اهلی‌شده است. میوه فلفل منبع بسیار خوبی از ترکیبات مرتبط با سلامتی مانند اسید اسکوربیک (ویتامین C)، کاروتنوئیدها (پرووویتامین A)، توکوفرول‌ها (ویتامین E)، فلاونوئیدها و کپسایسینوئیدها است (Wahyuni, 2014).

میوه سبزیجات خانواده سولاناسه، نظیر گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، بادمجان (*Solanum melongena* L.) و فلفل (*Capsicum annuum* L.) عمدتاً بعد از گرده‌افشانی گل تشکیل‌شده و رشد می‌کند. صفت پارتنوکارپی که در آن گل بدون گرده‌افشانی تبدیل به میوه می‌شود، می‌تواند از حیث تولید میوه در شرایط نامساعد دمایی جهت گرده‌افشانی ارزشمند باشد. چراکه دمای بالاتر و پایین‌تر از حد بهینه رشد، سبب اختلال در گرده‌افشانی می‌شود (Honda *et al*., 2010). در گوجه‌فرنگی و بادمجان برخی ژن‌های مرتبط با پارتنوکارپی گزارش‌شده‌اند و در برنامه‌های اصلاحی مورداستفاده قرارگرفته‌اند (Kikuchi *et al*., 2008; Gorguet *et al*., 2005). در فلفل گزارشات مختلفی دال بر القای پارتنوکارپی در برخی از ارقام در اثر دمای پایین شب وجود دارد؛ اما اطلاعات کمی در مورداستفاده از ژن‌های پارتنوکارپ در اصلاح این گیاه گزارش‌شده است (Maki *et al*., 2023; Costantini *et al*., 2020).

دمای بهینه جهت پرورش فلفل بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است و کاهش دما به زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد و یا افزایش آن به ۳۲ درجه سانتی‌گراد به‌ویژه در زمان گرده‌افشانی و شکل‌گیری اولیه میوه‌ها اثر بسیار منفی بر تولید میوه‌های خوش‌فرم (بلوکی شکل) در فلفل شیرین دارد (Saha *et al*., 2010). دمای بالا و پایین روز و شب در فاز زایشی گیاه فلفل شاخص باروی گیاه را از طریق تاثیر بر صفاتی نظیر تعداد گل، تعداد میوه، تشکیل میوه، عملکرد میوه تحت تاثیر قرار می‌دهد (Oh and Koh, 2019). از آنجایی که نمو گل تحت تاثیر دمای پایین شب، رشد و تولید میوه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بیشتر مطالعات روی تغییرات ساختار گل و تشکیل میوه متمرکز شده‌اند. به عنوان مثال، رشد گیاهان در دمای زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد منجر به شکل غیرنرمال گل، کاهش زنده‌مانی گرده، تولید میوه‌های پارتنوکارپ و کاهش تعداد بذر در میوه می‌شود (Rajametov *et al*., 2021). زنده‌مانی و جوانه‌زنی گرده در انواع فلفل در مرحله گلدهی به‌شدت تحت تأثیر دمای پایین شب (۱۵-۱۲ درجه سانتی‌گراد) قرارگرفته و نتیجه آن ریزش گل، میوه و یا تشکیل میوه‌های بدون بذر و پارتنوکارپ است. تحریک بوته به تولید میوه بدون بذر منجر به تولید میوه‌هایی با اندازه و وزن‌تر کمتری نسبت به میوه‌ای با بذر می‌شود.



شکل ۱- تأثیر دمای پایین شب و بالای روز بر بدشکلی میوه فلفل، a: بدفرمی میوه (knot) در دمای پایین شب b: تولید بال در محل اتصال میوه به دم میوه در دمای پایین شب c: ساختار کارپلوئیدی در میوه تشکیل‌شده در دمای پایین شب و بالای روز (مستخرج از پژوهش)

Figure 1- The effect of the low temperature at night and up at day on the deformity of the pepper fruit, a: fruit deformity (knot) at low temperature at night b: wing production at the junction of the fruit to fruit tail at the low temperature at night c: Carploid structure in the fruit formed at the low temperature at night and up at day (Extracted from research)

همچنین میوه‌های بدون بذر حداکثر اندازه و وزن را تا پایان مرحله سبز بودن به دست آورده اما در میوه‌های بذردار تا زمان رسیدگی کامل و رنگ گرفتگی اندازه و وزن میوه افزایش می‌یابد (Thanopoulos *et al.*, 2013). میوه‌های بدون بذر معمولاً کوچک‌تر از میوه‌های معمول بوده و بدفرمی میوه همراه باوجود ساختار کارپلوئیدی درون آن (شکل ۱) منجر به کاهش بازارپسند آن می‌گردد (Tiwari *et al.*, 2007). ساها و همکاران (Saha *et al.*, 2010) در ارزیابی دمای بالا (۲۹/۲۳ درجه سانتی‌گراد) بر ۱۲ ژنوتیپ فلفل شیرین گزارش نمودند که دمای بالا روز، منجر به افزایش ارتفاع و کاهش درصد تشکیل میوه، اندازه و وزن میوه می‌شود.

قابلیت تشکیل میوه به‌صورت پارتنوکارپ تحت شرایط فیزیولوژیکی در میان ارقام و هیبریدهای مختلف، متفاوت است. تیواری و همکاران (Tiwari *et al.*, 2007) دو ژنوتیپ با میوه بدون بذر و فرم بازارپسند در شرایط نرمال دمایی شناسایی نمودند. هرچند که استفاده از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین‌ها، جیبرلین و سایتوکینین در القای پارتنوکارپی و تولید میوه بدون بذر به‌صورت مصنوعی رایج است (Huvelink and Korner, 2001) اما شناسایی ژنوتیپ‌هایی که به‌طور طبیعی میوه پارتنوکارپ و بازارپسند تولید کنند، جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی و تولید هیبریدهای بدون بذر با وزن و اندازه مناسب و بازارپسندی بالا حائز اهمیت است.

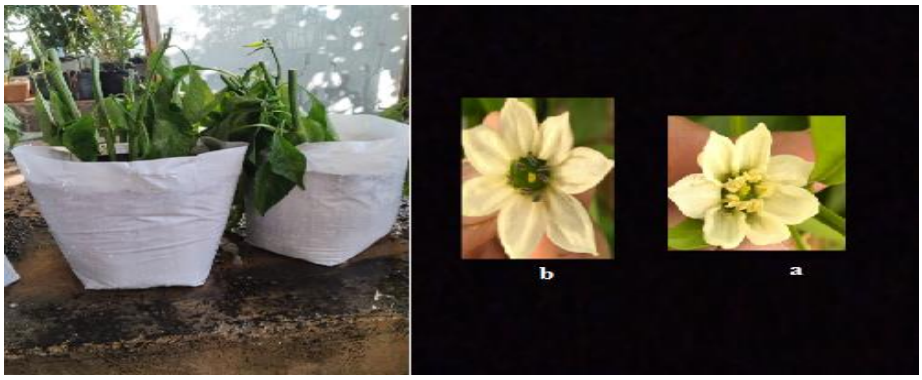
در ایران، پرورش فلفل شیرین در گلخانه، از پاییز تا اوایل تابستان انجام می‌گیرد و تشکیل میوه ممکن است تحت تأثیر منفی دمای پایین شب در طول زمستان و همچنین دمای بالا روز در اواخر بهار و اوایل تابستان قرار گیرد. در مطالعه حاضر، واکنش لاین‌های مربوط به سه جمعیت فلفل شیرین به دو عامل ذکرشده به‌طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت تا پتانسیل آن‌ها برای تولید میوه پارتنوکارپ بافرم بازارپسند تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی واکنش لاین‌های مربوط به سه جمعیت فلفل شیرین تحت عنوان جمعیت A (میوه قرمز)، B (میوه نارنجی) و C (میوه زرد) حاصل از پنج نسل خودگشنی (با مدیریت نسل‌ها به روش بالک تک بذر) آزمایشی گلخانه‌ای بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه شرایط دمایی مختلف شامل دمای بهینه شب و روز (دمای روز ۲±۲۵ و دمای شب ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد)، دمای پایین شب (دمای روز ۲±۲۵ و دمای شب ۲±۱۱ درجه سانتی‌گراد) و دمای روز بالا (دمای روز ۲±۴۰ و دمای شب ۳±۲۰ درجه سانتی‌گراد) اجرا شد. برای این منظور ۱۰۰ لاین از هر یک از جمعیت‌ها در سه گلخانه مجزا با دماهای ذکرشده مورد کشت قرار گرفت. کشت در دو ایستگاه تحقیقاتی وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان واقع در جیرفت (N 28.6751° E 57.7372°) و اسفندقه (N 28.6455° و E 57.1464°) انجام شد. کشت در ایستگاه جیرفت در اوایل پاییز ۱۳۹۸ جهت اعمال دمای بهینه و اواخر پاییز ۱۳۹۹ جهت اعمال دمای پایین شب انجام شد. همچنین کشت در اواخر بهار ۱۳۹۹ در ایستگاه اسفندقه با آب و هوای معتدله جهت بررسی اثر دمای بالای روز صورت پذیرفت. تا قبل از شروع فاز زایشی، دما در هر سه گلخانه به‌صورت دمای بهینه اعمال شد و با شروع فاز زایشی، جهت تعدیل و اعمال دمای مورد نظر در کشت های پاییزه از سیستم گرمایشی و در فصل تابستان با تنظیم دریچه های تعبیه شده در اسکلت گلخانه استفاده شد. با توجه به‌اینکه در هر دو فصل پرورش فلفل در ایران، مرحله زایشی گیاه با دماهایی نامطلوب مواجه می شود و بیشترین تاثیر منفی روی تشکیل میوه و شکل آن رخ می‌دهد، لذا اعمال دماها از شروع فاز زایشی و منطبق با شرایط واقعی کشور انجام گرفت. کشت در گلخانه بافاصله ۴۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها و ۷۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و هرس بوته‌ها به‌صورت حفظ دوشاخه صورت گرفت. متوسط رطوبت نسبی در کشت تابستانه و زمستانه به ترتیب ۴۰ و ۶۵ درصد و ساعات روشنایی در کشت تابستانه و زمستانه به ترتیب ۱۴ و ۱۱ ساعت بود.

درصد لاین‌های با میوه بدون بذر هر جمعیت یا میوه‌های پارتنوکارپ (شامل میوه‌های بدون بذری بود که حداقل ۵۰ درصد وزن میوه‌های بذر دار و طبیعی را دارا بودند و سایر میوه‌های بدون بذر که بدشکل بوده و اندازه کوچکی داشتند (Knot) به عنوان میوه بدفرم یادداشت شدند)، ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی و تعداد لوب میوه در ۱۰۰ لاین از هر جمعیت و در سه شرایط دمایی مختلف مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفت. با توجه به اینکه، لاین‌های درون هر جمعیت با لاین‌های جمعیت دیگر متفاوت بودند، لذا آنالیز داده‌ها به‌صورت طرح مختلط ترتیبی- فاکتوریل انجام شد. همچنین با توجه به اهمیت ویژگی‌های میوه در لاین‌های با میوه بدون بذر و میوه‌های بذردار، تجزیه واریانس این لاین‌ها بصورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار در ۳ تکرار (جدول ۴) با استفاده از نرم‌افزار SAS v 9.2 انجام شد و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

همچنین در پایان دوره رشد در هر فصل کشت، از لاین‌های با میوه بدون بذر در شرایط دمایی نامطلوب قلمه گرفته شد و پس از ریشه‌دار کردن در گلدان‌های با محیط پیت‌ماس به گلخانه با دمای بهینه منتقل شدند و پس از شروع فاز زایشی مجدداً تحت دمای نامطلوب شب و یا روز قرار گرفتند تا پایداری پارتنوکارپی در این بوته‌ها بررسی شود (شکل ۲).



شکل ۲- سمت راست: تفاوت گل تشکیل‌شده در میوه بذر دار (a) و بدون بذر (b) و سمت چپ: قلمه گیری از بوته‌های با میوه بدون بذر و ریشه‌دار کردن آن

Figure 2- Right: The difference between flowers formed in seeded fruit (a) and seedless (b) and left: Cuttings of plants with seedless fruit and rooting it

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، بین جمعیت های مختلف از نظر صفات مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد. همچنین اثر دماهای مختلف و اثر متقابل جمعیت و دما نیز در صفات مختلف مورد ارزیابی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که نوسانات دمایی شب و روز خارج از دامنه دمای بهینه، سبب تغییرات چشمگیری در رشد بوته، توسعه میوه و تشکیل بذر شد. در شرایط دمای بهینه، تمام لاین‌ها از رشد مطلوبی برخوردار بودند و هیچ بوته‌ی پارتنوکارپی در جمعیت‌های مورد ارزیابی مشاهده نشد. با کاهش دمای شب به ۲±۱۱ درجه سانتی‌گراد، به دلیل اختلال در گرده‌افشانی، هر سه جمعیت با درجات متفاوتی تحت تأثیر دمای پایین شب قرار گرفتند. در جمعیت A، ۴ درصد از بوته‌ها، میوه بدون بذر تولید کردند (جدول ۲). این در حالی است که درصد لاین‌های پارتنوکارپ در دمای روز بالا در این جمعیت بیشتر از دمای پایین شب بود. در دمای روز بالا نیز ۶ درصد از بوته‌های جمعیت A پارتنوکارپ بودند. درصد لاین‌های پارتنوکارپ جمعیت B و C نسبت به جمعیت A در دمای پایین شب و روز بالا (به ترتیب ۲ و ۱ درصد) به‌طورقابل توجهی کمتر بود که احتمالاً به دلیل تحمل بیشتر این دو جمعیت به نوسانات دمایی است. در جمعیت C تنها یک درصد بوته‌ها در هردو شرایط دمایی نامطلوب پارتنوکارپ بودند. اختلاف بین شدت تولید میوه‌های پارتنوکارپ می‌تواند ناشی از اختلاف ژنتیکی در میزان هورمون‌های درون‌ریز اکسین و یا جیبرلین در تخمدان باشد (Tiwari, 2011).

در دمای نامطلوب شب ۱۲ و ۹ و ۴ درصد از لاین‌های جمعیت A، B و C تنها میوه knot تولید کردند. با افزایش دمای روز به ۴۰±۳، درصد این لاین‌ها کاهش یافت و به ۱۰، ۵ و ۳ درصد به ترتیب در جمعیت‌های A، B و C رسید. عدم تولید میوه مطلوب در این لاین‌ها می‌تواند نشانه حساسیت شدید این بوته‌ها به دمای نامطلوب شب و روز باشد. دمای نامطلوب روز و شب برخی جنبه‌های فیزیولوژی گیاه و رشد آن را تحت تأثیر قرار داده که منجر به افت رشد، قدرت باروی گیاه و تولید بذر می‌گردد (Pagamas and Nawata, 2008). اریکسون و مارکارات (Erickson and Markhart, 2001) گزارش نمودند که تشکیل میوه و باروری گیاه و عملکرد میوه و تشکیل بذر در فلفل با افزایش دما روز کاهش می‌یابد. دمای پایین زیر ۱۵ درجه در شب با تاثیر بر مورفولوژی گل، منجر به تولید میوه‌هایی با شکل نامطلوب و یا تولید میوه‌هایی بدون بذر می‌گردد (Cruz-Huerta *et al*., 2011). همچنین عدم تولید بذر در میوه فلفل تحت دمای پایین شب می تواند ناشی از عدم تعادل بین هورمون‌های نظیر اکسین، جیبرلین و سایتوکنین بوده که به عدم تلقیح منجر شده است (Rajametov *et al*., 2021). لذا لازم است در مطالعات آینده این جنبه مورد مطالعه قرار گیرد.

جهت تعیین پایداری پارتنوکارپی در لاین‌های با میوه بدون بذر، از لاین‌های ذکرشده، قلمه تهیه شد و پس از ریشه‌دار شدن در محیط پیت‌ماس گلدان، در دو آزمایش جداگانه با شروع فاز زایشی تحت دمای پایین شب و دمای بالای روز قرار داده شدند. نتایج حاصل نشان داد که روند تشکیل میوه بدون بذر در این لاین‌ها مشابه آزمایشات گلخانه‌ای قبل بود.

جدول ۱ – تجزیه واریانس اثر دماهای مختلف بر سه جمعیت فلفل شیرین

Table 1- Analysis of variance of the effect of different temperature on three populations of sweet peppers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares								
		درصد پارتنوکارپی Percentage of parthenocarpy	درصد لاین های با میوه نات Percentage of lines with knotted fruit	ارتفاع بوته Plant height	روز از کاشت تا رسیدگی Day from planting until maturity	تعداد لوب Number of lobes	شاخص شکل میوه Fruit shape index	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	وزن میوه Fruit weight
جمعیت Population	2	81.29 **	1.98 **	80.82 *	290.23 *	5.99 ns	2.09 ns	185.97 *	321.11 *	400.11 *
لاین‌های درون جمعیت Line/Population	297	16.76	0.28	18.07	80.21	5.09	1.09	54.11	80. 90	129.21
دما Temperature	2	25.90 **	0.46 **	30.21 *	180.11 **	7.98 **	0.13 *	65.29 *	87.05 *	210.32 **
دما× جمعیت Temperature× Population	4	18.45 **	0.25 **	27.76 *	151.90 **	5.58 *	0.41 **	50.09 *	79.34 **	170.11 **
دما× لاین‌های درون جمعیت Temperature× LinePpopulation	594	4.01	0.08	8.03	30.71	1.45	0.03	15.90	21.90	45.11
ضریب تغییرات C.V (%)	–	8.19	5.11	11.36	13.09	3.90	4.26	13.43	12.09	15.21

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non-significant, significant at $p\leq 0.05$ and $p\leq 0.01$, respectively.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۲، با کاهش دمای شب ارتفاع بوته در هر سه جمعیت به‌شدت کاهش یافت، اما در گیاهان رشد یافته تحت تأثیر دمای روز بالا، ارتفاع گیاه نسبت به شرایط بهینه افزایش داشت. همچنین لاین‌های با میوه knot دارای میوه‌هایی نامطلوب و بدون بذر به دلیل عدم صرف انرژی برای رشد و توسعه میوه‌ها، انرژی حاصل از فتوسنتز را تنها به رشد رویشی اختصاص داده و این لاین‌ها دارای ارتفاع بیشتری نسبت به لاین‌های با میوه بذردار بودند. درنتیجه، این افزایش سبب افزایش میانگین ارتفاع در هر سه جمعیت تحت دمای روز بالا شد. این نتیجه برای جمعیت‌های رشد یافته در دمای شب پایین نیز صادق است. افزایش ارتفاع گیاه تحت دمای بالای روز و کاهش آن در دمای پایین شب توسط ساها و همکاران (Saha *et al*., 2010) نیز گزارش‌شده است. مطالعات قبلی نشان داد که دمای پایین شب منجر به کاهش رشد و ارتفاع بوته در گیاه فلفل شده است (Nilwik, 1981). این کاهش رشد منجر به کاهش تعداد برگ شده و از این طریق با کاهش جذب نور و کارایی پایین فتوسنتز، بر رشد میوه‌ها تاثیرگذار است. روز از کاشت تا رسیدگی نیز تحت تأثیر دمای شب و روز قرار گرفت. دمای پایین شب منجر به افزایش دوره رشد گیاه و دمای روز سبب کاهش روز تا برداشت میوه شد. با توجه به مقدار انرژی گرمایی موردنیاز جهت رسیدگی فیزیولوژیکی میوه، نتایج حاصل دور از انتظار نبود.

یکی از ویژگی‌های ظاهری فلفل شیرین که به‌شدت بر بازارپسندی آن تأثیرگذار است، تعداد لوب میوه می‌باشد. ارقام هیبرید و تجاری فلفل شیرین عموماً دارای چهار لوب بوده هرچند در برخی از انواع آن تعداد سه لوب نیز وجود دارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد لوب بین سه جمعیت مورد ارزیابی وجود نداشته اما اثر دما و اثر متقابل جمعیت و دما بر این صفت به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). سه جمعیت موردبررسی در این پژوهش از انواع فلفل شیرین با چهار لوب بودند که در دمای بهینه نیز با همین تعداد لوب رشد کردند. با کاهش دمای شب میانگین تعداد لوب در سه جمعیت A، B و C به ترتیب به شش، پنج و پنج لوب افزایش و در دمای روز بالا در سه جمعیت به سه لوب کاهش یافت. بااین‌وجود علی و کلی (Ali and Kelly, 1993) افزایش تعداد لوب میوه را با تغییر دمای بهینه و افزایش دمای روز و کاهش دمای شب گزارش نمودند. دماهای پایین در شب با تاثیر بر شکل بساک و تخمدان باعث ناهنجاری هایی نظیر رشد برچه‌ها، کاهش فعالیت گرده و عدم لقاح مطلوب شده که نتیجه آن رشد غیر طبیعی میوه، تولید میوه هایی با شکل نامنظم است (Shaked et al., 2014).

براساس نتایج جدول ۱، طول و قطر میوه، وزن میوه و شاخص شکل میوه که از مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده بازارپسندی میوه می‌باشند (Barboza *et al*., 2005)، تحت تأثیر معنی دار نوسانات دمایی شب و روز و همچنین اثر متقابل جمعیت و دما قرار گرفتند. با توجه به اهمیت این صفات و متفاوت بودن الگوی تغییر در میوه‌های بذردار و بدون بذر، این ویژگی‌ها در هر دودسته میوه تشکیل‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۳ و ۴). نتایج نشان داد که در هر سه جمعیت مورد ارزیابی طول میوه به‌طور معنی‌داری در دمای پایین شب بیش از دمای بالای روز تحت تأثیر منفی قرارگرفته که نتیجه آن برهم خوردن شاخص شکل میوه بود. شاخص شکل میوه که حاصل نسبت طول به قطر میوه بوده، در میوه‌های بازارپسند ۱/۰۲-۱ است (Naegele *et al*., 2016). با افزایش طول میوه و با ثابت ماندن یا کاهش قطر میوه، شاخص شکل از عدد ۱/۰۲ بیشتر شده و با بیشتر شدن قطر میوه همراه با کاهش طول میوه که معمولاً تحت شرایط تنش سرمایی حاصل می‌شود، این عدد به زیر یک کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج، سه جمعیت مورد ارزیابی در شرایط بهینه دمایی دارای طول میوه متفاوت بوده که با متناسب بودن قطر میوه به طول آن، شاخص شکل میوه در حد نرمال بود و میوه‌هایی بازارپسند را تولید کردند. با کاهش دمای شب به زیر دمای بهینه رشد، طول میوه در سه جمعیت مورد ارزیابی به‌شدت کاهش یافت و این کاهش در میوه‌های بدون بذر بیشتر بود. با توجه به جدول ۴، بیشترین درصد کاهش طول میوه در دمای پایین شب در جمعیت A و در میوه‌های بدون بذر مشاهده شد. به‌طوری‌که در این شرایط دمایی طول میوه ۴۳ درصد در میوه‌های بدون بذر و ۱۷/۵ درصد در میوه‌های بذر دار کاهش یافت. کمترین میزان کاهش طول میوه در دمای پایین شب مربوط به جمعیت C بود. طول میوه در میوه‌های بذردار و بدون بذر این جمعیت به ترتیب ۱۲ و ۲۴ درصد کاهش یافت. این در حالی است که درصد کاهش طول میوه در کل جمعیت‌های مورد ارزیابی به‌طور متوسط ۱۳/۹۰ و ۳۳/۶۹ درصد به ترتیب در میوه‌های بذر دار و بدون بذر بود. هرچند طول میوه در شرایط دمای بالای روز کمتر از دمای پایین شب تحت تأثیر منفی قرار گرفت، اما روند تغییرات طول میوه در این شرایط دمایی مشابه دمای پایین شب بود. متوسط کاهش طول میوه در کل جمعیت در میوه‌های بذردار و بدون بذر به ترتیب ۱۰/۴۱ و ۳۱/۵۲ درصد بوده که جمعیت C کمترین و جمعیت A بیشترین تأثیر را از دمای نامطلوب روز داشتند (جدول ۴).

جدول ۲- اثر متقابل جمعیت‌های فلفل شیرین × دما بر صفات مورد ارزیابی

Table 2- The interaction effects of sweet pepper populations × temperature on evaluated characteristics

جمعیت Population	درصد لاین های پارتنوکارپ Percentage of seedless fruit lines (Parthenocarp) (%)			درصد لاین‌های با میوه ناتج Percentage of lines with knotted fruit (%)			ارتفاع بوته Plant height (cm)			روز از کاشت تا رسیدگی Day from planting until Maturity (day)			تعداد لوب Number of lobes		
	دمای بهینه روز و شب Optimal tempera ture at day and night	دمای پایین در شب Low tempera ture at night	دمای بالا در روز High tempera ture at day	دمای بهینه روز و شب Optimal tempera ture at day and night	دمای پایین در شب Low tempera ture at night	دمای بالا در روز High tempera ture at day	دمای بهینه روز و شب Optimal tempera ture at day and night	دمای پایین در شب Low tempera ture at night	دمای بالا در روز High tempera ture at day	دمای بهینه روز و شب Optimal tempera ture at day and night	دمای پایین در شب Low tempera ture at night	دمای بالا در روز High tempera ture at day	دمای بهینه روز و شب Optimal tempera ture at day and night	دمای پایین در شب Low tempera ture at night	دمای بالا در روز High tempera ture at day
A	0 [e]	4 [b]	6 [a]	0 [e]	12 [a]	10 [b]	143.90 [ab]	70.65 [d]	150 [a]	110 [c]	136 [b]	90 [de]	4 [c]	6 [a]	3 [d]
B	0 [e]	2 [c]	2 [c]	0 [e]	9 [b]	5 [c]	140.27 [b]	85.63 [c]	145 [a]	113 [c]	150 [a]	108 [cd]	4 [c]	5 [b]	3 [d]
C	0 [e]	1 [d]	1 [d]	0 [e]	4 [cd]	3 [d]	145.67 [a]	100.10 [b]	149 [a]	110 [c]	135 [b]	95 [d]	4 [c]	5 [b]	3 [d]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در مربوط به هر صفات، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with similar letters are not statistically different based on Duncan's multiple range test ($p\leq0.05$).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مرتبط با ویژگی میوه در لاین های درون سه جمعیت فلفل‌شیرین تحت دماهای مختلف

Table 3- ANOVA of the fruit related traits in lines within three populations of peppers under different temperatures

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		شاخص شکل میوه Fruit shape index	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	وزن میوه Fruit weight
تیمار (لاین های درون جمعیت تحت دماهای مختلف) Treatment (line×population× temperature)	14	2.63 *	301.35 **	487.5**	780.54 **
خطای آزمایشی Experimental error	30	1.12	70.01	92.99	174.32
ضریب تغییرات C.V (%)	-	4.59	13.72	12.43	15.90

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: significant at $p\leq0.05$ and $p\leq0.01$, respectively

قطر میوه نیز همانند طول میوه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر منفی دمای نامطلوب شب و روز قرار گرفت (جدول ۴). هرچند قطر میوه نسبت به شرایط نرمال دمایی کاهش داشت اما در مقایسه با طول میوه این کاهش کمتر بود و همین امر سبب شد که شاخص شکل میوه به‌شدت تحت تأثیر قرار گیرد. متوسط درصد کاهش قطر میوه در کل جمعیت مورد ارزیابی در میوه‌های بذر دار و بدون بذر به ترتیب ۹/۶۱ و ۲۹/۸۷ درصد در دمای پایین شب و ۲۹/۷۱ و ۱۳/۷۸ درصد در دمای بالای روز بود. جمعیت A بیشترین و جمعیت C کمترین تأثیرپذیری را از دمای نامطلوب شب و روز داشتند. با مقایسه تغییرات طول و قطر میوه (جدول ۴) مشخص می‌گردد که افت شدید طول میوه، سبب برهم خوردن توازن طول و قطر شده و شاخص نامطلوب شکلی حاصل‌شده است که در دمای پایین شب بیشتر به چشم می‌خورد. درواقع بیشتر بودن قطر میوه به طول آن در دمای پایین شب سبب حصول کمترین شاخص‌های شکلی میوه در هر دودسته میوه بذردار و بدون بذر شد (به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۹۵). در دمای بالای روز متوسط شاخص شکل میوه ۱/۰۴ در میوه‌های بذردار و ۰/۹۷ در میوه‌های بدون بذر بود. دمای پایین شب (۱۰ درجه سانتی‌گراد) سبب کاهش طول و قطر میوه و تعداد بذر در میوه شده و منتج به تشکیل میوه های با شاخص شکل نامطلوب می‌گردد (Rajametov *et al*., 2021).

تحت شرایط بهینه رشد، شکل میوه فلفل شیرین بلوکی و حاوی متوسط ۳۰۰-۱۵۰ بذر می‌باشد. شکل میوه در مراحل اولیه نمو گل تعیین می‌شود. میوه‌های کوچک و پهن و عموماً پارتنوکارپ تحت دمای پایین (۱۶ درجه سانتی‌گراد) حاصل می‌شوند که دلیل آن بزرگ شدن تخمدان (نهایتاً افزایش غیر نرمال قطر میوه) و افزایش فاصله بین کلاله و پرچم‌ها جهت دریافت گرده می‌باشد که منجر به کاهش کارایی گرده‌افشانی می‌شود. تولید میوه‌های بدون بذر در دماهای بالا و پایین روز و شب به دلیل اختلال در گرده‌افشانی، می‌تواند نشانه وجود پتانسیل ذاتی پارتنوکارپی در جمعیت‌های موردبررسی باشد. عدم گرده‌افشانی مناسب موجب بیان پارتنوکارپی و تبدیل هومئوتیک تخمک‌های غیرطبیعی به کارپلوئید (برچه) می‌شود که نتیجه آن حصول میوه‌هایی است که قطر بیشتری نسبت به طول میوه دارند و حاوی ساختارهای کارپلوئیدی هستند (Tiwari, 2011). دمای نامطلوب در طول روز و شب منجر به کاهش طول و قطر میوه شده و از این طریق منجر به کاهش وزن میوه می‌شود. دمای پایین در طول فاز زایشی گیاه سبب کاهش طول خامه و عدم گرده افشانی مناسب می‌گردد و با تورم تخمدان، میوه‌های بدفرم و یا میوه‌هایی با قطر بیشتر نسبت به طول میوه شده و شاخص شکل میوه را در جهت نامطلوب تغییر می‌دهد (Ali and Kelly, 1993).

وزن میوه نیز تحت تأثیر دمای نامطلوب شب و روز قرار گرفت اما اثر منفی دمای پایین شب بر وزن میوه بیشتر از دمای نامطلوب روز بود. بر اساس نتایج (جدول ۴)، درصد کاهش وزن میوه در میوه‌های بذردار و بدون بذر در دمای پایین شب به ترتیب ۲۱/۱۹ و ۵۰/۰۶ درصد و در دمای بالای روز، ۱۵/۹۸ و ۵۰/۱۲ درصد بود. همان‌طور که از نتایج پیداست، میوه‌های بدون بذر تأثیر یکسانی از دمای نامطلوب شب و روز داشته و بیشترین درصد کاهش وزن را نشان دادند. همچنین وزن میوه در جمعیت C کمترین تأثیر را از دمای نامطلوب شب و روز نشان داد و تفاوت چندانی از این نظر بین دو جمعیت B و A مشاهده نشد. توی و کنجی (Thuy and Kenji, 2015) گزارش نمودند که دمای نامطلوب در دوره گرده‌افشانی فلفل شیرین سبب کاهش وزن میوه و تعداد بذر در میوه به میزان ۰/۵ و ۲/۸ برابر شرایط دمای بهینه شده و کاهش کیفیت میوه را به دنبال داشت. تحریک بوته به تولید میوه بدون بذر منجر به تولید میوه‌هایی با اندازه و وزن‌تر کمتری نسبت به میوه‌های بذردار می‌شود. چراکه میوه‌های بدون بذر حداکثر اندازه و وزن را تا پایان مرحله سبز بودن به دست آورده اما در میوه‌های بذردار تا زمان رسیدگی کامل و رنگ

گرفتگی اندازه و وزن میوه افزایش می‌یابد (Thanopoulos *et al.*, 2013; Cruz-Huerta *et al.*, 2011). کاهش وزن میوه فلفل در اثر نوسانات دمایی شب و روز توسط سایر محقق نیز گزارش شده است (Bhutia *et al.*, 2018).

جدول ۴- ویژگی‌های میوه لاین‌های بدون بذر و بذردار فلفل شیرین تحت تأثیر دمای بهینه رشد، دمای پایین در شب و دمای بالا در روز در فصول مختلف سال

Table 4- The fruit characteristics of seedless and seeded sweet pepper lines under the influence of different temperatures in the different seasons of the year

جمعیت Population	دما Temperature	نوع میوه Fruit type	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	وزن میوه Fruit weight (g)	شاخص شکل میوه Fruit shape index
A	دمای بهینه روز و شب Optimal temperature at day and nigh	S	80^{b}	80^{b}	230.21^{ab}	1.00^{b}
		SL	-	–	–	–
	دمای پایین در شب Low temperature at night	S	66^{cd}	74b^{c}	180.09^{c}	0.89 ^{d}
		SL	45^{e}	48^{e}	108.01^{e}	0.92 ^{c}
	دمای بالا در روز High temperature at day	S	71^{c}	68^{c}	191.04^{b}c	1.03^{ab}
		SL	43^{e}	52^{d}	100.12^{ef}	0.82 ^{de}
B	دمای بهینه روز و شب Optimal temperature at day and nigh	S	90^{ab}	90^{ab}	242.02^{ab}	1.00 ^{b}
		SL	-	–	-	–
	دمای پایین در شب Low temperature at night	S	79^{bc}	79^{bc}	191.22^{bc}	0.99 ^{bc}
		SL	60^{d}	63^{c}	111.21^{e}	0.94 ^{c}
	دمای بالا در روز High temperature at day	S	81^{b}	75^{bc}	199.38^{b}	1.08^{a}
		SL	60^{d}	57^{d}	110.04^{e}	1.05^{a}
C	دمای بهینه روز و شب Optimal temperature at day and nigh	S	100^{a}	98^{a}	265.00 ^{a}	1.02^{ab}
		SL	-	–	-	–
	دمای پایین در شب Low temperature at night	S	88^{ab}	88^{ab}	210.35^{b}	1.00 ^{b}
		SL	76^{bc}	76b^{c}	151.43 ^{d}	0.99^{bc}
	دمای بالا در روز High temperature at day	S	90^{ab}	87^{ab}	230.30^{ab}	1.03 ^{ab}
		SL	85^{b}	80^{b}	152.93^{d}	1.06^{a}

S: میوه بذردار و SL: میوه بدون بذر (S: seeded fruit and SL: seedless fruit)

میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with similar letters are not statistically different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

باوجود بیان بالای پارتنوکارپی در جمعیت A همراه با رشد بالای کارپلوئیدها، به نظر می‌رسد این بیان با صفات نامطلوبی همراه باشد که می‌تواند ناشی از پیوستگی صفات و یا اثرات پلیوتروپی ژن‌های پارتنوکارپی و یا تغییرات فیزیولوژیکی و یا مولکولی باشد. باوجودآنکه در جمعیت C تعداد لاین‌های دارای میوه پارتنوکارپ یک درصد بود، اما میوه‌های پارتنوکارپ تشکیل‌شده از اندازه و شاخص شکل مناسب‌تری نسبت به دو جمعیت دیگر برخوردار بود. همچنین جمعیت C درصد پایینی از میوه‌های Knot و همچنین تفاوت اندکی در وزن و شکل میوه‌ها را در دمای پایین شب و دمای بالای روز نشان داد. با توجه به نتایج حاصل، تفاوت درشدت بیان رشد میوه پارتنوکارپ به‌وضوح تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها را نشان داد که ممکن است به دلیل تفاوت ژنوتیپی در اکسین درون‌زایی و یا جیبرلین در تخمدان‌ها یا جفت رخ دهد. ژنوتیپ‌های با پتانسیل بالا برای پارتنوکارپی می‌توانند حاوی سطوح بالاتری از هورمون‌ها در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها باشند (Tiwari, 2011).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده، سه جمعیت مورد ارزیابی پتانسیل متفاوتی از نظر واکنش به دمای نامطلوب پایین در شب و دمای بالا در روز داشتند. به طوری‌که لاین‌های حساس‌تر تعداد بیشتری میوه نامطلوب تولید کرده و از شاخص شکل میوه مناسبی برخوردار نبودند. در مقابل لاین‌های متحمل‌تر به تغییرات دمایی، با تولید میوه‌های با شاخص شکل مطلوب تاثیرپذیری کمتری در مقابل نوسانات شدید دمایی نشان دادند. لاین‌های متحمل به نوسانات دمایی و همچنین لاین‌های پارتنوکارپ شناسایی شده را می توان در برنامه‌های اصلاحی آینده در تولید بذر هیبرید فلفل شیرین مورد استفاده قرار داد.

منابع

1. Ali, A.M., & Kelly, W.C. (1993). Effect of pre-anthesis temperature on the size and the shape of sweet pepper (*Capsicum* spp.) fruit. *Scientia Horticulturae* 54: 97-105. http://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90058-X.
2. Barboza, G.E., Bianchetti, D.B., & Lammers, T.G. (2005). Three new species of Capsicum (Solanaceae) and a key to the wild species from Brazil. *Systematic Botany 30*(4): 863-871. http://doi.org/10.1600/036364405775097905.
3. Bhutia, K., Khanna, V., Meetei, T., & Bhutia, N. (2018). Effects of climate change on growth and development of chilli. *Agrotechnology* 7: 2. http://doi.org/10.4172/2168-9881.1000180.
4. Cruz-Huerta, N., Williamson, J.G., & Darnell, R.L. (2011). Low night temperature increases ovary size in sweet pepper cultivars. *HortScience* 46: 396–401. http://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.3.396.
5. Erickson, A.N., & Markhart, A.H. (2001). Flower production, fruit set and physiology of sweet pepper during elevated temperature and vapor pressure deficit. *Journal of the American Society for Horticultural Science 126*(6): 697-702. http://doi.org/10.21273/JASHS.126.6.697.
6. Gorguet, B., Heusden, AW., & Lindhout, P. (2005). Parthenocarpic fruit development in tomato. *Plant Biology 7*(2): 131-139. http://doi.org/10.1055/s-2005-837494.
7. Heuvelink, E., & Korner, O. (2001). Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. *Annales Botanici* 88: 69-74. http://doi.org/10.1006/anbo.2001.1427.
8. Honda, I., Matsunaga, H., Kikuchi, K., Matsuo, S., & Fukuda M. (2012). Identification of pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions with large or small fruit that have a high degree of parthenocarpy. *Scientia Horticulturae* 135: 68-70. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.12.014.
9. Kikuch, K., Honda, I., Matsuo, S., Fukuda, M., & Saito T. (2008). Stability of fruit set of newly selected parthenocarpis eggplant accessions. *Scientia Horticulturae* 115: 111-116. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.08.001.
10. Naegele, R.P., Mitchell, J., & Hausbeck, M.K. (2016). Genetic diversity, population structure, and heritability of fruit traits in Capsicum annuum. *PLoS ONE 11*(7): 1-17. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0156969.
11. Nilwik, H. (1981). Growth analysis of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) 1. The influence of irradiance and temperature under glasshouse conditions in winter. *Annals of Botany* 48: 129–136. http://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a086106.
12. Oh, S.Y., & Koh, S.C. (2019). Fruit development and quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under various temperature regimes. *Horticultural Science and Technology* 37: 313-321.
13. Pagamas, P., & Nawata, E. (2008). Sensitive stages of fruit and seed development of chili pepper (*Capsicum annuum* L. var. Shishito) expose to high temperature stress. *Scientia Horticulturae 117*(1): 21-5. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.017.
14. Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, I., Pearsall, D.M., Piperno, D.R., Berman, M.J., Cooke, R.G., Rademaker, K., & Ranere, A.J. (2007). Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp.) in the Americas. *Science* 315: 986-988. http://doi.org/10.1126/science.1136914.

15. Rajametov, S.N., Lee, K., Jeong, H.B., Cho, M.C., Nam, C.W., & Yang, E.Y. (2021). The effect of night low temperature on agronomical traits of thirty-nine pepper accessions (*Capsicum annuum* L.). *Agronomy 11*(10): 1986. http://doi.org/10.3390/agronomy11101986.
16. Saha, S.R., Hossain, M.M., Rahman, M.M., Kuo, C.G., & Abdullah, S. (2010). Effect of high temperature stress on the performance of twelve sweet pepper genotypes. *Bangladesh Journal of Agricultural Research 35*(3): 525-534. http://doi.org/10.3329/bjar.v35i3.6459.
17. Shaked, R., Rosenfeld, K., & Pressman, E. (2004). The effect of low night temperatures on carbohydrates metabolism in developing pollen grains of pepper in relation to their number and functioning. *Scientia Horticulturae* 102: 29–36. http://doi.org/10.1016/j.scienta. 2003.12.007.
18. Thanopoulos, C.H., Bouranis, D., & Passam, H.C. (2013). Comparative development, maturation and ripening of seedless and seed-containing sweet pepper fruits. *Scientia Horticulturae* 164: 573-577. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.010.
19. Thuy, T.L., & Kenji, M. (2015). Effect of high temperature on fruit productivity and seed-set of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in the field condition. *Journal of Agricultural Science and Technology A and B and Hue University Journal of Science* 5: 515-520. http://doi.org/10.17265/2161-6256/2015.12.010.
20. Tiwari, A. (2011). *Parthenocarpic fruit development in Capsicum annuum*. Ph.D. Thesis. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. 2011 With references, summaries in English and Dutch. ISBN: 978-90-8585-871-3.
21. Tiwari, A., Dassen, H., & Heuvelink, E. (2007). Selection of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes for parthenocarpic fruit growth. *Acta Horticulturae* 761: 135-140. http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.761.16.
22. Wahyuni ,Y. (2014). *Breeding for pepper fruit quality. A genetical metabolomics approach*. Ph.D. Thesis. Wageningen University. 193 pages.
23. Costantini, L., Moreno-Sanz, P., Nmafor, C., Lorenzi, S., & Grando, M.S. (2020). Mechanisms and Candidate Genes for Seed and Fruit Set in Grapevine. http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-72371/v1.
24. Maki, T., Kusaka, H., Matsumoto, Y., & Tanaka, Y. (2023). Theoretical and Applied Genetics *136*(4). http://doi.org/10.1007/s00122-023-04342-w.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 135-149

The Effect of Arginine on some Biochemical Attributes Strawberry Fruit (*Fragaria*× *ananassa* cv. Albion) under Deficit Fertigation

S. Maslahati fard[1*]– H. Hassanpour[2]

Received: 14-11-2021
Revised: 24-10-2022
Accepted: 05-11-2022
Available Online: 05-11-2022

How to cite this article:
Maslahati fard, S., & Hassanpour, H. (2023). The effect of arginine on some biochemical attributes strawberry fruit (*Fragaria*× *ananassa* cv. Albion) under deficit fertigation. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 135-149. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.73636.1108

Introduction

Strawberries with the scientific name *Fragaria* × *ananassa* Dutch. It belongs to the Rosaceae family. Strawberry is one of the fruits that has found many fans around the world due to its aroma, taste and nutritional value. The main characteristics of strawberry fruit quality are flavor (ratio of sugar to acid and volatile compounds) and color. Excellent plants need nitrogen in addition to carbon to meet their growth and food needs. The most vital compounds in plant living cells are proteins, which are made up of amino acid building blocks. Different amino acid sequences cause variation in the resulting proteins. Arginine is a multifunctional amino acid found in living cells and is an important storage and transport form for organic nitrogen in plants. In addition to its function as a major component of protein, it is an essential metabolite for many cellular and growth processes. Studies have shown that arginine increases the synthesis of flowering hormones related to flowering and fruiting. This amino acid is also involved in the activity of various plant enzymes. This amino acid binds to membrane nucleic acids and phospholipids and increases the activity of enzymes such as catalase. Due to the importance of producing organic products and also due to the fact that so far no study has been done on the effect of arginine on the growth and physiological characteristics of strawberry cultivar Albion. Therefore, in this study, the role of arginine on some quantitative and qualitative characteristics of albumin strawberry fruit in hydroponic conditions was investigated.

Materials and Methods

The present study was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. In this study, the effect of arginine with three levels (0, 100 and 200 mg / l) on the quantitative and qualitative characteristics of Albion strawberry fruit under deficit fertigation conditions with two levels (140 and 180 ml) in a completely randomized design with 4 replications. In this study, traits such as fruit flavor, titratable acidity, soluble solids, fruit firmness, vitamin C, total phenol, total flavonoids, total anthocyanins and total antioxidant capacity were investigated. XTPlus-TA tissue analysis device was used to measure the firmness of fruit texture. Vitamin C content of fruit extract was measured by ascorbic acid based on dye reduction of 2,6 dichlorophenol indophenol (DCPIP). The Titration method was used to measure titratable acidity (TA). ATAGO manual refractometer was used to measure the amount of soluble solids. Also for measuring the taste of fruit by Voca *et al*. used. The Absorption difference method at different pHs was used to measure total anthocyanin. Total antioxidant capacity was assessed using the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method. Folin-ciocalteau method was used to measure the total phenol content. Shin et al. Method was used to measure the total flavonoid content of fruit.

Results and Discussion

The results obtained from the analysis of variance of the data showed that the measured indices were

1 and 2- M.Sc. Graduate in Horticultural Sciences and Associate Professor, Department of Horticulture, Urmia University, Urmia, respectively.
(*- Corresponding Author Email: salahmaslahate73@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2022.73636.1108

affected by different treatments of arginine and deficit fertigation. Based on the results, arginine treatment on fruit flavor, titratable acidity, soluble solids, fruit firmness, total anthocyanin, vitamin C, phenol, flavonoids and total antioxidant capacity showed a significant difference. The highest amount of soluble solids, fruit flavor and firmness of fruit texture were recorded in arginine treatment with a concentration of 100 mg / l under normal fertigation conditions (180 ml). Also, the highest amount of phenol and total flavonoids was observed at the same level of fertigation, albeit with arginine treatment at a concentration of 200 mg / l. Also, the highest amount of anthocyanin, vitamin C and total antioxidant capacity were recorded in arginine treatment with a concentration of 200 mg / l, in conditions of mild deficit fertigation (140 ml).

Conclusion

Excessive use of chemical fertilizers in agricultural production, especially in hydroponic cultivation in greenhouses, causes fertilizer wastage and as a result increases production costs as well as increases greenhouse drainage. Therefore, it has destructive effects on the environment, so reducing the amount of nutrient solution can be a management option to reduce the harmful effects on the environment and save water. Also, due to the importance of producing organic products and increasing demand, the use of healthy and organic compounds such as amino acids (arginine) to increase the quality and quality of the product, is very necessary. In the present study, arginine treatment increased the quality of strawberry fruit by affecting its photochemical content such as total antioxidant activity, vitamin C, total phenol, anthocyanin, etc. in low solubility conditions. Also, by increasing the firmness of the fruit texture, it improved the appearance quality of the fruit, which is important for attracting the consumer's attention. In general, the results showed that arginine spraying (200 mg / l) in normal solution and mild dissolution conditions can be effective in improving the quality of strawberries cultivated in hydroponic conditions.

Keywords: Amino acid, Fruit quality, Nutrient solution, Soluble solids

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص.۱۴۹-۱۳۵

تأثیر آرژینین بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم محلول‌دهی

صلاح الدین مصلحتی‌فرد[1*]- حمید حسن‌پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴

چکیده

استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در کشت هیدروپونیک، باعث هدر رفت کود و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید و همچنین افـزایش زه‌آب گلخانه‌ای می‌شود. برای جبران تأثیر منفی کمبود آب و محلول غذایی، استفاده از ترکیباتی مانند آمینواسیدها (آرژینین) جهت افـزایش کیفیـت و کمیـت محصول، می‌تواند مؤثر باشد. در این پژوهش تأثیر آرژینین با سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتـر آب) بـر خصوصـیات کمـی و کیفـی میـوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم‌محلول‌دهی با دو سطح (۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌لیتر) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار آرژینین روی صفات طعم میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلـول، سـفتی بافـت میـوه، آنتوسـیانین کـل، ویتامین ث، فنل، فلاونوئید و ظرفیت‌آنتی‌اکسیدان کل اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیشترین میزان مواد جامد محلول، طعم میوه و سـفتی بافـت میـوه در تیمار آرژینین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب، در شرایط محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی لیتر) ثبت شد. همچنین بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کـل در تیمار آرژینین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب، در سطح محلول‌دهی نرمال مشاهده گردید. بیشترین میزان آنتوسیانین کل، ویتـامین ث و ظرفیـت آنتی اکسیدان کل، در تیمار آرژینین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، در شرایط کم‌محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر) ثبت شد. بطور کلی نتایج نشان داد که محلول‌پاشی آرژینین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط محلول‌دهی نرمال و کم محلول‌دهی ملایم می‌تواند در بهبود کیفیت توت‌فرنگی‌هـای کشـت شده در شرایط هیدروپونیک مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمینه، کیفیت میوه، محلول غذایی، مواد جامد محلول

مقدمه

توت‌فرنگی بـا نـام علمـی *Fragaria× ananassa* Dutch. از خانواده *Rosaceae* است. توت‌فرنگی جزء میوه‌هایی است که به دلیل عطر، طعم و ارزش غذایی بالا طرفداران زیادی در سراسر جهـان دارد (Yildizhan, 2018). ویژگی‌هـای اصـلی مربـوط بـه کیفیـت میـوه توت‌فرنگی، عطر و طعم (نسبت قند به اسید و ترکیبات فرار) و رنـگ است (Yildizhan, 2018). دوره تولید کوتـاه ایـن محصـول امکـان تولید خارج از فصل آن را برای طرفـدارانش فـراهم کـرده اسـت و در طول سال به صورت تازه خوری قابل عرضه به بازار است. امروزه این کار از طریق کشت‌های گلخانه‌ای و روش‌های کشت بدون خـاک در درون گلخانه‌ها اهمیت ویژه‌ای یافته اسـت (Morgan, 2005). رقـم آلبیون یک رقم روز خنثی بوده و در تمام طول فصل رشد به صـورت مـداوم گلـدهی دارد، ایـن رقـم مقـاوم بـه پژمردگـی ورتیسـیلیوم و پوسیدگی فیتوفترا بوده و مقاومت نسبی به پوسـیدگی آنتراکنـوز دارد. میوه آن نیز اغلب بلند، مخروطی، متقارن و به رنگ قرمز تیـره اسـت (Jamali and Bunyanpour, 2016).

گیاهان عالی، برای تأمین نیازهای رشدی خود و غذاسازی علاوه بر کربن، نیازمند نیتروژن نیز می‌باشند. جذب و به کارگیری شکل‌های مختلف نیتروژن، از جمله نیترات و آمونیوم، به طور گسـترده‌ای مـورد

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: salahmaslahate73@gmail.com
DOI: 10.22067/jhs.2022.73636.1108

مطالعه قرار گرفته است. اما در مورد شکل‌های آلی و ارگانیک آن، از جمله اسیدهای آمینه، مطالعات محدودی انجام شده است (Kim *et al.*, 2010). حیاتی‌ترین ترکیبات سلول‌های زنده گیاهی پروتئین‌ها هستند که از واحدهای سازنده اسیدآمینه‌ها ساخته می‌شوند. توالی‌های مختلف اسیدآمینه‌ها باعث ایجاد تنوع در پروتئین‌های حاصله می‌شود (Kim *et al.*, 2010).در چند سال اخیر تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی یا ارگانیک از جمله اسیدهای آمینه بعنوان جایگزین مواد شیمیایی برای افزایش کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی افزایش پیدا کرده است (Jahani *et al.*, 2016).

آرژینین به عنوان یک اسید آمینه با عملکرد متنوعی در سلول‌های زنده وجود دارد و یک فرم ذخیره‌ای و انتقالی مهم برای نیتروژن آلی در گیاهان محسوب می‌شود. علاوه بر کارایی آن به عنوان جزء اصلی پروتئین، یک متابولیت ضروری برای بسیاری از فرآیندهای سلولی و رشدی است. همچنین آرژینین پیشگامی برای بیوسنتز پلی‌آمین‌ها، آگماتین، پرولین و نیتریک اکسید است (Winter *et al.*, 2015).مطالعات نشان داده است که آرژینین سنتز هورمون‌های گیاهی مرتبط با گلدهی و میوه‌دهی را افزایش می‌دهد (El-Naggar *et al.*, 2013). همچنین این اسیدآمینهٔ در فعالیت آنزیم‌های مختلف گیاهی درگیر است. این اسید آمینه به اسید نوکلئیک و فسفولیپیدهای غشاء متصل می‌شود و فعالیت آنزیم‌هایی همچون کاتالاز را افزایش می‌دهد (Bidaki *et al.*, 2017).

در مطالعه‌ای تاثیر اسیدآمینه آرژینین روی ویژگی‌های رویشی و زایشی توت‌فرنگی رقم پاروس، مشاهده شد که تیمار آرژینین ویژگی‌های رویشی، زایشی، کیفی و کمی میوه توت‌فرنگی را بهبود بخشید، همچنین طی مدت انبارمانی مشخص گردید، که تیمار آرژینین بیشترین تاثیر را روی بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین، ترکیبات فنلی، استحکام میوه (سفتی)، مواد جامد محلول کل و اسیدیته قابل تیتراسیون داشت (Mohseni *et al.*, 2015). در مطالعه بیدکی و همکاران (Bidaki *et al.*, 2017) کاربرد اسید آمینه آرژینین روی توت‌فرنگی رقم گاویتا با کمترین کاهش وزن، عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌ها را افزایش داد و همچنین مقدار مواد جامد محلول کل را بهبود بخشید.

کاربرد آرژینین روی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) موجب کاهش اثر شوری در جوانه‌زنی بذر و رشد جوانه گردید (Badi *et al.*, 2018). همچنین تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که کاربرد خارجی آرژینین به‌طور قابل توجهی باعث افزایش رشد و بهره‌وری گیاه می‌شود، علاوه بر این باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زیست محیطی نیز می‌شود (Rezaei Alulu *et al.*, 2019). تیمار پس از برداشت مارچوبه سبز (*Asparagus officinalis* L.) با آرژینین باعث افزایش مقدار کل ترکیبات فنلی، پروتئین محلول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش تجمع مالون دی آلدهید شد که در نهایت ماندگاری آن را افزایش داد (Winter *et al.*, 2015).

کم‌محلول‌دهی یکی از تنش‌های جدی غیر زنده است که رشد، نمو و تولید را محدود می‌کند و روی فیزیولوژی و مکانیسم‌های بیوشیمیایی تأثیرمی‌گذارد، بنابراین این شاخص می‌تواند کیفیت میوه را بهبود و غلظت ترکیبات وابسته به طعم و مواد فیتوشیمیایی را افزایش دهد (Hernández, 2018). در مطالعه‌ای تنش خشکی در توت‌فرنگی غلظت ترکیباتی همچون آنتوسیانین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها را افزایش پیدا کرد (Giné-Bordonaba and Terry, 2016). کم‌آبیاری در توت‌فرنگی محتوای ماده خشک را نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد، همچنین غلظت منوساکاریدها، نسبت قند به اسید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل‌های کل را در میوه‌های تیمار شده بهبود بخشید (Terry and Bordonaba, 2007).

به دلیل اهمیت تولید محصولات ارگانیک و همچنین با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با تأثیرآرژینین بر روی ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم آلبیون انجام نشده است. بنابراین در این پژوهش نقش آرژینین بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون در شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. نشاءهای توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' بعد از خریداری به مدت ۲۴۰ ساعت در سردخانه (صفر الی ۴ درجه سانتی‌گراد) گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه سرمادهی شدند (Bidaki *et al.*, 2017). پس از رفع نیاز سرمایی نشاءهای توت‌فرنگی (پس از حذف برگ‌های ضعیف و پیر) در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۹ سانتی‌متر و ترکیب بستر کشت کوکوپیت و پرلیت با نسبت ۱:۱، با شرایط فتوپریودی ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۷۰ –۵۰ درصد و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد شب، در اول آبان ماه در گلخانه کشت شدند. تیمار آرژینین، در سه زمان، ۳۰ روز بعد از کاشت (۶ الی ۹ برگی)، گلدهی کامل و زمانی که میوه‌ها تشکیل شدند، در سه سطح (صفر،۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب)، به صورت محلول‌پاشی اعمال شد. محلول غذایی در دو سطح کم‌محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر) و محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) به صورت یک روز در میان در اختیار بوته‌ها قرار گرفت. در طول دوره کشت به منظور آبشویی بستر کشت، چند مرحله آبیاری بدون کود، صورت گرفت. گیاهان بر اساس فرمول غذایی لینت مورگان تغذیه شدند که شامل کودهای ماکرو و میکرو بود (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر عناصر در محلول غذایی استفاده شده برای کشت توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در سیستم هیدروپونیک

Table 1- The amounts of minerals in the nutrients solution used for growing strawberries cv. 'Albion' in a hydroponic system according to Lynette (2006)

مرحله رشد / Growth Stage	عناصر غذایی / Nutrients ($mg.L^{-1}$)													
	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	EC	pH
رشد رویشی Vegetative growth	207	65	184	58	221	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8
میوه‌دهی Fruiting	182	82	301	58	148	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8

میوه‌هایی که بیش از ۸۰ درصد رنگ گرفته بودند، برداشت و برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر استفاده شدند (Bidaki *et al.*, 2017).

صفات مورد بررسی

در این پژوهش صفاتی نظیر طعم میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، ویتامین ث، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل مورد بررسی قرار گرفت.

سفتی بافت میوه

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از دستگاه تجزیه و سنجش بافت مدل XTPlus-TA استفاده شد. سرعت پیش آزمون دستگاه ۲ میلی متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۱ میلی متر بر ثانیه و سرعت پس آزمون ۱۰ میلی متر بر ثانیه انتخاب شد. پروب مورد استفاده دارای قاعده‌ای مسطح و با قطر ۵ میلی‌متر بود. از روی نمودارهای نیرو-زمان حداکثر نیروی لازم برای نفوذ محاسبه و بر حسب نیوتون قرائت شد (Valero *et al.*, 2002).

میزان آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

میزان ویتامین ث عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ۲،۶ دی کلرو فنل ایندوفنل (DCPIP) توسط آسکوربیک اسید اندازه‌گیری شد (Bor *et al.*, 2006). در این روش ۱ گرم از بافت میوه با ۳ میلی-لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط فوق در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در ۴ تکرار خوانده شد. نمونه بلانک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود. از آسکوربیک اسید هم به عنوان شاهد استفاده شد. مقدار آسکوربیک اسید به صورت میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه بیان گردید.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

برای این منظور از روش تیتراسیون استفاده شد به این صورت که ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه داخل ارلن مایر ریخته شد. سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون، همزمان با قرائت pH، عمل تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیترآب) تا زمان رسیدن pHعصاره به عدد ۸/۲، انجام شد. بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرفی، مقدار اسید موجود در عصاره میوه به صورت میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه بیان گردید (Ayala-Zavala *et al.*, 2007). میزان اسیدیته قابل تیتر توت‌فرنگی برحسب فرمول زیر محاسبه گردید (Ayala-Zavala *et al.*, 2007):

$$TA = \left(\frac{S \times N \times F \times E}{C}\right) \times 100$$ معادله (۱)

TA: مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره میوه توت‌فرنگی

S: مقدار NaOH مصرف شده (میلی‌لیتر)؛

N: نرمالیته NaOH (۰/۱ نرمال)؛ F: فاکتور NaOH یا ضریب نرمال (۱)؛ C: مقدار عصاره میوه (۱۰ میلی‌لیتر) و

E: اکی‌والان اسید سیتریک (۰/۰۶۴)

مواد جامد محلول (TSS)

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول با قرار دادن چند قطره از عصاره میوه توت‌فرنگی روی رفراکتومتر دستی مدل ATAGO انجام شد و عدد مربوطه از روی ستون مدرج قرائت گردید. قبل از شروع کار، رفراکتومتر کالیبره شده و همچنین پس از هر بار قرائت، رفراکتومتر با آب مقطر شسته شده و برای قرائت‌های بعدی خشک گردید.

طعم میوه

برای سنجش طعم میوه از روش Voca و همکاران (Voca *et al.*, 2007) استفاده شد به طوری که نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون به عنوان یکی از شاخص‌های طعم منظور گردید. بنابراین کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و به دنبال آن افزایش میزان مواد جامد محلول، بالا رفتن شاخص طعم میوه را به همراه خواهد داشت.

استخراج عصاره‌ها

استخراج عصاره‌ها برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و فنل کل به این صورت انجام شد که نمونه ها با کمک ازت مایع بصورت پودر در آمدند. ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگهداری و دوباره به مدت ۱ دقیقه ورتکس و سپس به مدت ۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. سپس قسمت رو شناور نمونه‌ها به آرامی برداشته و در لوله‌های درب‌دار در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. استخراج عصاره برای محتوی فلاونوئید و آنتوسیانین کل از متانول ۸۵ درصد اسیدی (حاوی یک میلی‌لیتر HCl غلیظ) استفاده شد (Hassanpour and Alizadeh, 2016).

تعیین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی

ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل با استفاده از روش رادیکال آزاد DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ارزیابی شد. به این صورت که ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۳ میلی لیتر محلول DPPH (۰/۰۰۸ گرم DPPH در ۲۰۰میلی‌متر متانول) مخلوط گردید و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی نگهداری شد. تغییرات جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد، ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل طبق معادله (۲) محاسبه گردید. ترکیب نمونه بلنک، متانول ۸۵ درصد یه همراه محلول DPPH بود (Wang *et al.*, 2019).

$$DPPH\ (\%\ inhibition) = [(Abs_0 - Abs_1) / Abs_0] \times 100$$

معادله(۲)

برحسب درصد DPPH بازدارندگی=(DPPH (% inhibition

Abs_0 = مقدار جذب بلنک

Abs_1 = مقدار جذب نمونه

اندازه‌گیری میزان فنل کل میوه توت‌فرنگی

برای سنجش محتوای فنل کل از روش Folin- ciocalteau استفاده شد به این صورت که ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی را با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول فولین ۱۰٪ مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه ۴۰۰ میکرو لیتر کربنات سدیم (۷ مولار) به آن اضافه شد. بعد از گذشت ۲ ساعت در دمای اتاق و تاریکی، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. داده‌ها بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد. نمونه بلنک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود (Du *et al.*, 2009).

اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل میوه توت‌فرنگی

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل، ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵٪ مخلوط کرده و بعد از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰٪ به آن اضافه، و بعد از گذشت ۵ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر سود یک مولار اضافه گردید و در نهایت حجم محلول به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر، برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر معادل کوئرسیتین بیان گردید، نمونه بلنک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود (Shin *et al.*, 2014).

تعیین میزان آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل از روش اختلاف جذب در pH های مختلف استفاده شد (Cheng, 1991). برای قرائت آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد. محتوی آنتوسیانین کل بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردیده و بر اساس میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر سیانیدین ۳ گلوکوزاید بیان گردید:

(A)= (A520 pH1 - A700 pH1) - (A520 pH4.5 -A700 pH4.5) جذب نمونه معادله (۳)

(mg/100g)= (A/26900)(10^3)(449.2)(20) آنتوسیانین کل

10^3 = ضریب تبدیل

26900 = ضریب خاموشی سیانیدین ۳ گلوکوزاید

449.2 = وزن مولکولی سیانیدین ۳ گلوکزاید

20 = درجه رقیق سازی

آنالیز آماری داده‌ها

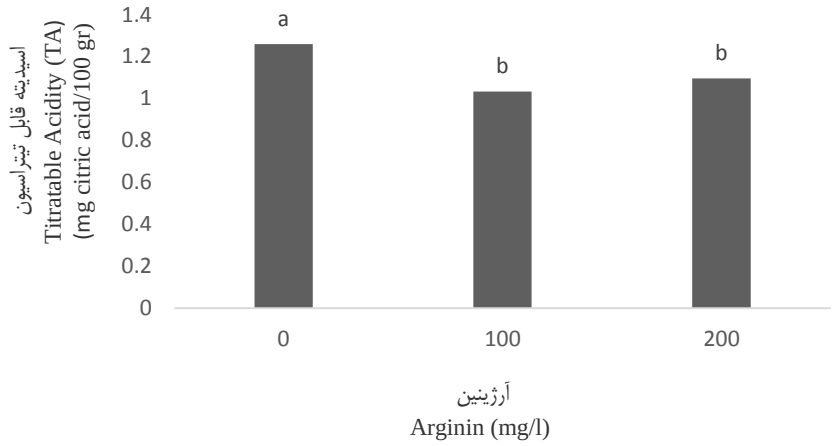
آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. سپس داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 آنالیز شدند و به منظور مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص‌های اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف آرژنین و کم محلول‌دهی قرار گرفتند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) اثرات متقابل آرژنین و کم محلول‌دهی بر صفات طعم میوه، سفتی، ویتامین ث، آنتوسیانین کل، فنل کل و فلاونوئید کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده آرژنین در تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بر طبق (جدول ۱) تیمار کم محلول‌دهی بر صفات آنتوسیانین کل، آنتی‌اکسیدان کل و فنل کل اثرات معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد.

اسیدیته قابل تیتراسیون

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر ساده تیمار آرژنین بر اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین اسیدیته عصاره میوه (۱/۲۶ میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه) در میوه‌های شاهد و کمترین مقدار آن (۱/۰۳۳۸ میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه) در تیمار آرژنین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب، بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر آرژنین بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه توت فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 1- The effect of arginine on titratable acidity of strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)

مواد جامد محلول

اثر تیمار آرژنین و همچنین اثر متقابل تیمار آرژنین با کم محلول‌دهی بر میزان مواد جامد محلول به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان مواد جامد محلول (۶/۶۲ بریکس) در میوه‌های بدون اعمال تیمار آرژنین و با سطح محلول‌دهی ۱۸۰ میلی‌لیتر و همچنین بیشترین میزان مواد جامد محلول (۹/۱۲۵ بریکس) در میوه‌هایی با سطح محلول‌دهی نرمال، البته همراه با تیمار آرژنین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف آرژنین بر برخی صفات اندازه‌گیری شده میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم محلول‌دهی

Table 3- The effect of different concentrations of arginine on some measured traits of strawberry fruit cv. 'Albion' under deficit fertigation conditions

آرژنین Arginine ($mg.l^{-1}$)	محلول دهی Deficit fertigation (ml)	مواد جامد محلول TSS (Brix)	طعم میوه Fruit flavor	سفتی Firmness (Newton)
0	140	7.5^{bc}	6.17^{c}	0.217^{c}
	180	6.62^{c}	5.11^{d}	0.152^{d}
100	140	7.75^{b}	7.505^{b}	0.252^{b}
	180	9.125^{a}	8.89^{a}	100.301^{a}
200	140	8.375^{ab}	8.107^{ab}	0.272^{b}
	180	8.25^{ab}	7.14^{bc}	0.264^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

In each column, means with similar letter (s) are not significantly different at the 5 % of probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات ساده و متقابل آرژینین و کم محلول‌دهی بر برخی صفات توت‌فرنگی رقم آلبیون

Table 2- Variance analysis (mean squares) of Simple and interaction effects of arginine and Deficit fertigation on some traits of Strawberry cultivar Albion

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
		اسیدیته قابل تیتراسیون TA	مواد جامد محلول TSS	طعم میوه Fruit flavor	سفتی Firmness	ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین کل Anthocyanin	آنتی‌اکسیدان کل Antioxidant capacity	فنل کل Total Phenolic	فلاونوئید Total flavonoid
آرژنین Arginine (A)	2	o.109**	4.625**	14.376**	0.0206**	41.059**	1163.079**	134.044**	5959.069**	8237.67**
کم محلول‌دهی Deficit fertigation (B)	1	0.019^{ns}	0.093^{ns}	0.268^{ns}	0.0003^{ns}	1.075ns	307.164**	38.052**	1821.958**	97.123^{ns}
آرژنین × کم محلول‌دهی A*B	2	0.009^{ns}	2.625*	3.84**	0.006**	21.903**	78.205**	2.529^{ns}	2933.741**	2592.022**
خطای آزمایشی Error	18	0.0128	0.447	0.506	0.0002	0.961	2.495	2.625	86.187	178.308
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.028	8.431	9.947	6.770	1.676	5.635	1.833	1.796	11.09

ns ، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, ** nonsignificant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

طعم میوه

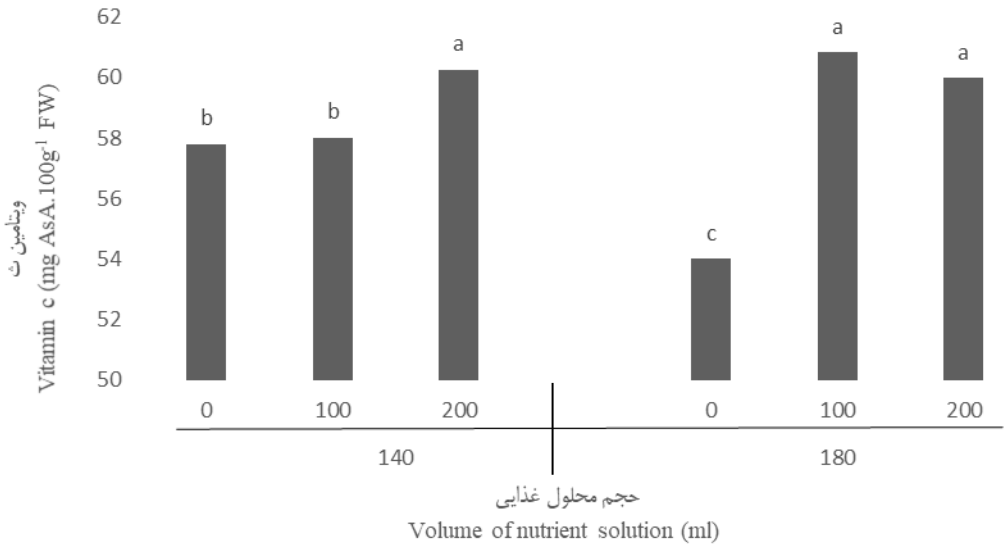
اثر تیمار آرژنین و اثرات متقابل تیمار آرژنین با کم محلول‌دهی بر میزان طعم میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین مقدار طعم میوه (۸/۸۹) در میوه‌های تیمار شده با آرژنین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و سطح محلول‌دهی ۱۸۰ میلی‌لیتر، و کمترین آن (۵/۱۱) در میوه‌هایی که در شرایط محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) و بدون اعمال تیمار آرژنین رشد کرده بودند، ثبت شد (جدول ۳).

سفتی بافت میوه

اثر تیمار آرژنین و همچنین اثر متقابل تیمار آرژنین با کم محلول‌دهی بر میزان سفتی بافت میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان سفتی (۰/۱۵۲ نیوتون) در میوه‌های بدون اعمال تیمار آرژنین و با سطح محلول‌دهی ۱۸۰ میلی‌لیتر (شاهد) و بیشترین میزان آن (۰/۳۰۱ نیوتون) هم در سطح محلول‌دهی شاهد، البته همراه با تیمار آرژنین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (جدول ۳).

ویتامین ث

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار آرژنین و همچنین اثر متقابل تیمار آرژنین با کم محلول‌دهی بر میزان ویتامین ث در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). آرژنین مقدار ویتامین ث میوه‌ها را در تمام شرایط محلول‌دهی، بهبود بخشید (شکل ۲). کمترین مقدار ویتامین ث میوه (۵۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه) در شرایط محلول‌دهی شاهد (۱۸۰ میلی‌لیتر) و بدون اعمال تیمار آرژنین و بیشترین مقدار آن (۶۰/۸۲۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه) در سطح محلول‌دهی شاهد همراه با تیمار آرژنین (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) ثبت شد، که تفاوت معنی‌داری با تیمار آرژنین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط محلول‌دهی (۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌لیتر) نشان نداد (شکل ۲).

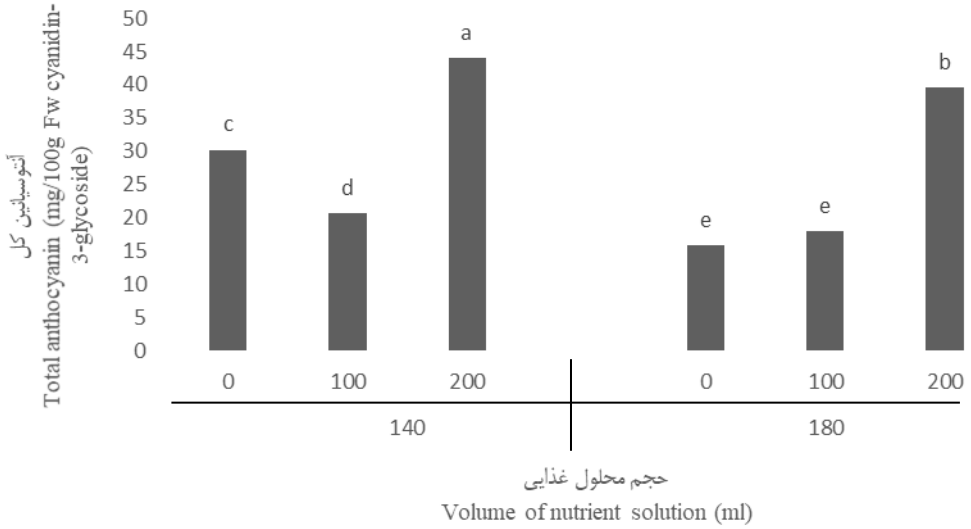


شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژنین × حجم محلول غذایی بر میزان ویتامین ث میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 2- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of vitamin C in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)

آنتوسیانین کل

شاخص آنتوسیانین کل در اثر تیمارهای کم محلول‌دهی، آرژنین و اثر متقابل تیمار آرژنین با کم محلول‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان آنتوسیانین (۴۴/۰۲۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) به میوه‌هایی که در شرایط کم محلول‌دهی (۱۴۰ میلی‌لیتر)، البته همراه با تیمار آرژنین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رشد کرده بودند، تعلق داشت و کمترین میزان (۱۵/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) آن در میوه‌های شاهد (بدون اعمال تیمار کم محلول‌دهی و آرژنین) گزارش شد. تیمار آرژنین میزان آنتوسیانین میوه را در شرایط محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) و محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر) افزایش داد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژینین × حجم محلول غذایی بر میزان آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

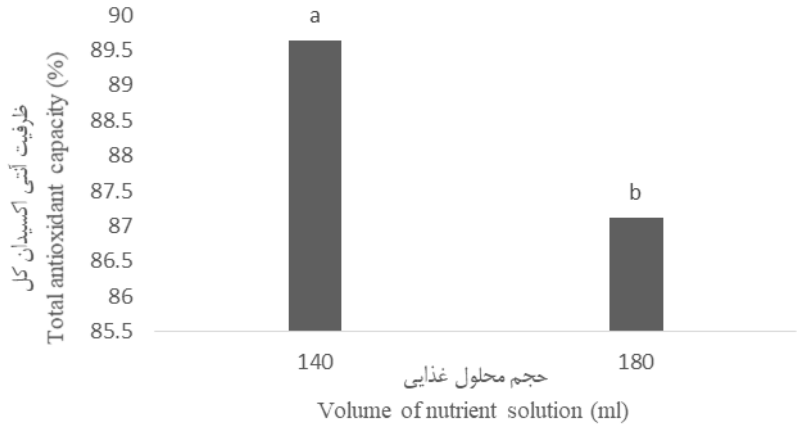
Figure 3- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of total anthocyanin in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)

آنتی‌اکسیدان کل

بر اساس جدول ۲ فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه در اثر ساده تیمار کم محلول‌دهی و آرژینین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (۸۹/۶۳۵۸ درصد) در میوه‌هایی که در شرایط کم محلول‌دهی (۱۴۰ میلی‌لیتر) و کمترین میزان آن (۸۷/۱۱۷۵ درصد) در میوه‌های شاهد (۱۸۰ میلی‌لیتر) گزارش شد (شکل ۴). همچنین تیمار آرژینین روی این پارامتر نقش مثبتی را نسبت به شاهد نشان داد، و بیشترین مقدار آن (۹۲/۲۲۳۸) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (شکل ۵).

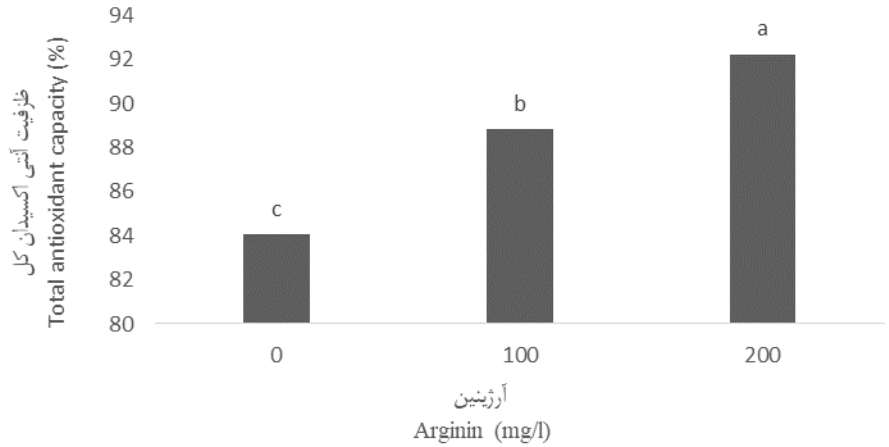
فنل کل

تیمار کم محلول‌دهی، آرژینین و اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان فنل کل تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۲). کمترین مقدار فنل کل میوه (۴۷۴/۶۶ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) در شرایط محلول‌دهی شاهد (۱۸۰ میلی‌لیتر) و بدون اعمال تیمار آرژینین، همچنین بیشترین میزان فنل کل (۵۶۵/۵۲۸ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) به سطح محلول‌دهی شاهد، البته همراه با آرژنین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعلق داشت (شکل ۶). آرژینین میزان فعالیت فنل کل را در شرایط محلول‌دهی شاهد و کم محلول‌دهی ملایم افزایش داد (شکل ۶).



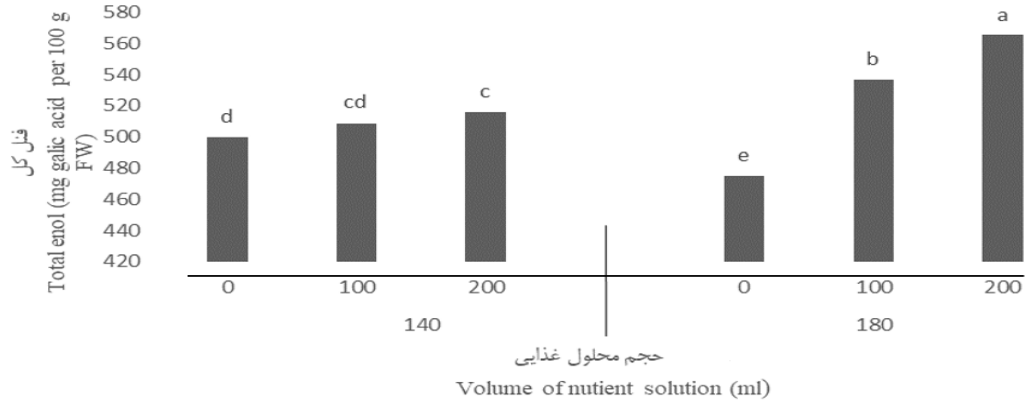
شکل ۴- اثر محلول دهی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 4- The effect of fertigation on the amount of antioxidant capacity of the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)



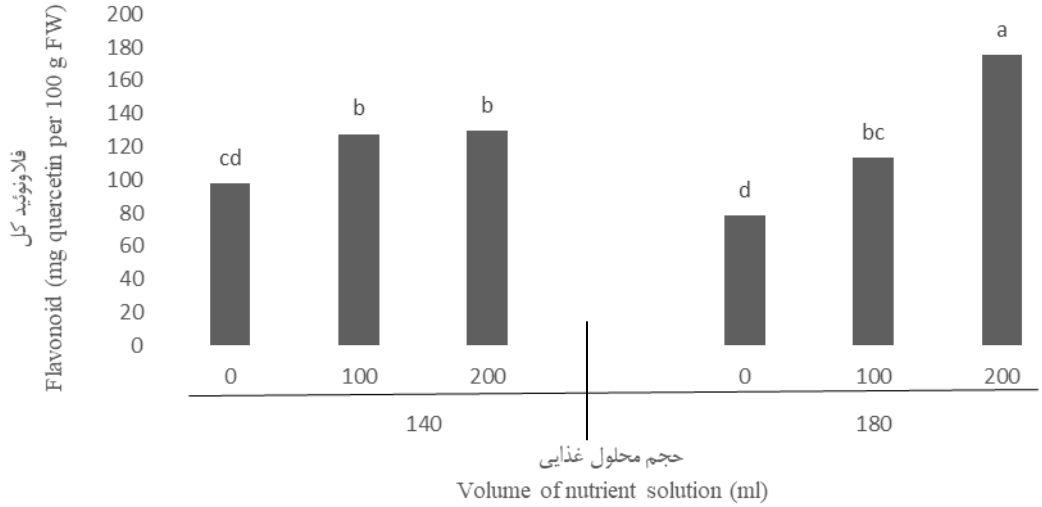
شکل ۵- اثر آرژنین بر ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 5- The effect of arginine on the amount of antioxidant capacity of the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)



شکل ۶- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژنین × حجم محلول غذایی بر میزان فنل کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'.

Figure 6- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of total phenol in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)



شکل ۷- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژنین × حجم محلول غذایی بر میزان فلاونوئید کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 7- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of total flavonoid in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)

فلاونوئید کل

اثر تیمارهای آرژنین و اثر متقابل آرژنین با کم محلول‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوی فلاونوئید کل معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین مقدار فلاونوئید کل (۷۸/۵۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) در میوه‌های شاهد بدون اعمال کم محلول‌دهی و آرژنین و بیشترین آن (۱۷۵/۱۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر) نیز در سطح محلول‌دهی شاهد همراه با آرژنین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. با کاهش در مقدار محلول غذایی، محتوای فلاونوئید کل ، افزایش پیدا کرد. آرژنین، فلاونوئید کل را در شرایط محلول‌دهی شاهد و کم محلول‌دهی افزایش داد. (شکل ۷).

محلول‌پاشی آرژنین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را نسبت به شاهد کاهش داد، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه‌ها شد. در مطالعه‌ای، آرژنین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را در توت‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک کاهش داد (Bidaki *et al.*, 2017). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، اسیدآمینه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را در گوجه‌فرنگی کاهش داد (Juanmardi and Sattar, 2014). که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. مطالعات قبلی نشان داده است که آرژنین در القاء هورمون‌های مسئول تولید گل و میوه نقش داشته و جذب عناصر پرمصرف و ریز مغذی را افزایش می‌دهد و از طریق افزایش سنتز پروتئین و افزایش فعالیت آنزیم‌ها نقش بسزایی در فعالسازی برخی فرایندهای تشکیل قند در میوه‌ها و همچنین تجزیه اسیدهای آلی ایفا می‌کند (Juanmardi and Sattar, 2014). در پژوهش حاضر در شرایط کم محلول‌دهی، تیمار آرژنین میزان مواد جامد محلول را بهبود بخشید. تجمع مواد جامد محلول یک شاخص معتبر برای قند میوه توت‌فرنگی می‌باشد و قند رابطه مثبتی با تجمع مواد جامد محلول میوه دارد (Saied *et al.*, 2005). از طرف دیگر، جیا و همکاران (Jia *et al.*, 2000)، نشان دادند که با کاربرد آرژنین، قند میوه هلو افزایش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین از آنجا که اسیدهای آمینه پیشرو سنتز کلروفیل هستند، در تولید ماده خشک گیاهان نقش موثری دارند. اسیدهای آمینه به واسطه افزایش کلروفیل، فتوسنتز را افزایش می‌دهند و هر فاکتوری که باعث افزایش فتوسنتز شود باعث افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها می‌گردد (Yaronskaya *et al.*, 2006). در مطالعه جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2016). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر روی گیاه آگاستاکه (*Agastache foeniculum* L.) میزان قندهای محلول کل را افزایش داد که نتایج مطالعه حاضر نیز مطابق این مطالعه بود. آرژنین به طور معنی‌داری طعم و مقبولیت میوه را در میوه‌هایی که در شرایط محلول‌دهی (۱۸۰ میلی‌لیتر) رشد کرده بودند، افزایش داد (جدول ۳). به دلیل اینکه شاخص طعم حاصل نسبت مواد جامد محلول بر اسیدیته قابل تیتراسیون می‌باشد، بنابراین کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و به دنبال آن افزایش میزان مواد جامد محلول، بالا رفتن شاخص طعم میوه را به همراه خواهد داشت، می‌توان استنباط نمود که با مواد جامد محلول رابطه مستقیم دارد (Sanchez *et al.*, 2002). همچنین تیمار آرژنین سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد افزایش داد، ضمنا تیمار کم محلول‌دهی بر افزایش سفتی میوه نقش مثبتی نشان داد (جدول ۳). بر اساس مطالعات قبلی، اسیدآمینه آرژنین پیش‌مادهٔ سنتز پلی‌آمین‌ها می‌باشد که کاربرد قبل از برداشت آن سبب افزایش ترکیب‌های فنلی گردیده و همچنین باعث بهبود پارامترهای کیفی از قبیل سفتی میوه شده که به سبب سفت شدن دیواره سلولی، کاهش وزن کمتری در میوه‌ها مشاهده می‌شوند (Nasibi *et al.*, 2013). اثر پلی‌آمین‌ها در افزایش سفتی را می‌توان به اتصال آنها به گروه کربوکسیلی ترکیبات پکتیکی سلولی نسبت داد که این اتصال مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره از جمله پکتین‌متیل‌استراز و پلی گالاکتوروناز می‌شود (Valero *et al.*, 2002).بنابراین افزایش سفتی میوه در اثر تیمار با اسید آمینه آرژنین را احتمالا می‌توان به نقش آن در سنتز پلی آمین‌ها نسبت داد. در مطالعه حسن و ساروی (Hassan and Sarrwy, 2010)، تیمار درختان آلو رقم هالیود با ترکیبات آمینواسیدی، افزایش میزان سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد نشان داد که نتایج حاصل از مطالعه حاضر با این مطالعه مطابقت داشت.

در پژوهش حاضر محلول‌پاشی آرژنین میزان ویتامین ث را در شرایط کم محلول‌دهی افزایش داد. اسید آمینه آرژنین از طریق افزایش غلظت کلروفیل و به دنبال آن با افزایش میزان فتوسنتز در افزایش محتوی ویتامین ث در درون بافت‌های گیاهی موثر می‌باشد (Souri and Hatamian, 2019).همچنانکه در مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که ترکیبات آمینو اسیدی اثر معناداری بر غلظت ویتامین ث میوه لیمو (Seyoum *et al.*, 2006) و توت‌فرنگی (Abo Sedera *et al.*, 2010) داشتند که نتایج حاصل از مطالعه حاضر با این مطالعات مطابقت داشت. بنابراین افزایش ویتامین ث بعنوان آنتی‌اکسیدان، در شرایط کم محلول‌دهی می‌تواند برای مقابله با تنش اکسیداتیو موثر واقع شود (Falagan *et al.*, 2015). آنتوسیانین‌ها بزرگترین گروه رنگدانه‌های محلول در آب در گیاهان هستند و به زیرمجموعه فلاونوئیدها تعلق دارند. این ترکیبات در سیستم‌های غذایی و به خصوص میوه‌ها پایدار نیستند و تحت تأثیر عواملی چون دما، اکسیژن، نور، آنزیم و سایر تنش‌های محیطی تغییر می‌کنند (Falagan *et al.*, 2015). در پژوهش حاضر محلول‌پاشی آرژنین محتوی آنتوسیانین را در همه سطوح محلول‌دهی نسبت به شاهد بهبود بخشید. در مطالعه‌ای قبلی انجام شده نیز مشخص شد که تیمار

اسیدآمینه محتوای مواد جامد محلول، قندهای کل و آنتوسیانین کل را در مقایسه با شاهد بهبود می‌بخشد (Badi *et al.*, 2018). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، تنش ملایم کم محلول‌دهی میزان آنتوسیانین میوه را افزایش داد. در مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که کم آبیاری، تجمع آنتوسیانین را در پس از برداشت توت‌فرنگی تحریک می‌کند (Mohseni *et al.*, 2015). همچنین در مطالعه‌ای تنش خشکی در توت‌فرنگی، غلظت ترکیباتی از قبیل آنتوسیانین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها و محتوی فروکتوز و گلوکز افزایش یافت (Giné-Bordonaba and Terry, 2016) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمار اسید آمینه آرژنین باعث افزایش محتوی فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی گردید. با توجه به اینکه این اسید آمینه پیش ساز بیوستزی برای بسیاری از متابولیت‌های ثانویه می‌باشد لذا از این طریق باعث افزایش محتوی این ترکیبات شده است. گزارش شده است که اسید آمینه آرژنین پیش ماده سنتز پلی آمین‌ها بوده و کاربرد قبل از برداشت آن سبب افزایش ترکیبات فنلی و آنتی اکسیدانی می‌گردد (Bidaki *et al.*, 2017). همچنان‌که در مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که تیمار اسیدهای آمینه روی انگور بدون دانه (Belal *et al.*, 2016) و میوه هلو (Soleymani Aghdam *et al.*, 2015) باعث افزایش محتوی فنل و فلاونوئید کل در مقایسه با شاهد گردیده و در گیاه کارلا نیز محلول‌پاشی آمینواسیدها تحت تنش کم‌آبی سبب افزایش مقدار فنل کل، فلاونوئیدکل و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شد (Rezaei Alulu *et al.*, 2019) که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت داشت. دلیل افزایش محتوی فنل و فلاونوئید کل در میوه‌های تحت تیمار اسید آمینه آرژنین شاید در نتیجه تاثیر این اسید آمینه در تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و راه‌اندازی مسیر فنیل پروپانوئید باشد که به تبع آن نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد (Soleymani Aghdam *et al.*, 2015). همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کم محلول‌دهی، محتوی فنل و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی را افزایش داده است. افزایش ترکیبات فنلی تحت شرایط تنش شاید به خاطر افزایش فعالیت مسیر هگزوز منو فسفات و مسیر استات و آزاد شدن فنل‌ها توسط آنزیم‌های هیدرولیز کننده باشد. همچنین نتایج مطالعات قبلی نشان می‌دهد که افزایش ترکیبات فنلی تحت شرایط تنش می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز باشد (Rezaei Alulu *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری

امروزه کاربرد ترکیبات آلی و زیستی محتوی اسیدهای آمینه در گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. اسیدهای آمینه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی فعالیت‌های فیزیولوژیک در رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارند. کاربرد خارجی آنها رشد گیاه را متعادل می‌کند و عملکرد و کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد. در مطالعه حاضر بیشترین میزان مواد جامد محلول، طعم میوه، سفتی، ویتامین ث و همچنین کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار آرژنین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی نسبت به شاهد گردید. همچنین بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کل در تیمار آرژنین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در سطح محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) مشاهده شد. تیمار آرژنین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط تنش کم‌محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر)، محتوای آنتی‌اکسیدان کل و آنتوسیانین کل را نسبت به شاهد بهبود بخشید، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی از لحاظ ارزش غذایی و همچنین کیفیت ظاهری میوه گردید. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه شاید بتوان پیشنهاد داد که آرژنین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط کم محلول‌دهی برای بهبود افزایش کیفیت میوه توت-فرنگی استفاده گردد.

منابع

1. Abo Sedera, F.A., Amany, A., Abd El-Latif, L.A.A., Bader, & Rezk, S.M. (2010). Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic and amino acids on yield and quality of strawberry, *Egyption Journal of Applied Science* 25: 154-169.
2. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., & González-Aguilar, G.A. (2007). High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit, *Food Scince and Biotechnology* 45: 166-173.
3. Badi, H.N., Mehrafarin, A., Mustafavi, S.H., & Labbafi, M. (2018). Exogenous arginine improved fenugreek sprouts growth and trigonelline production under salinity condition, *Industrial Crops and Products* 122: 609-616. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.042.
4. Belal, B.E., El-Kenawy, M.A., & Uwakiem, M.K. (2016). Foliar application of some amino acids and vitamins to improve growth, physical and chemical properties of Flame Seedless grapevines, *Egypt Journal of Horticulturae* *43*(1): 123-136.

5. Bidaki, S., Tehranifar, A., & Khorasani, R. (2017). Improving the post-harvest viability of two strawberry cultivars (*Fragaria* × *ananassa* Duch) using amino acids in a soilless cultivation system, *Science and Technology of Greenhouse Crops 2*(9): 1-9. (In Persian)
6. Bor, D., Duncan, J., Lee, A.C., Parr, A., & Owen, A.M. (2006). Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function, *Neuropsychologia 44*(2): 229-237. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.05.010.
7. Cheng, GW., & Breen, PJ. (1991). Activity of phenylalanine ammonialyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit, *Journal Scientia Horticulturae* 116: 865–869.
8. Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits, *Food Chemistry* 113: 557-562. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.025.
9. El-Naggar, A.A.M., Adam, A.I., & El-Tony, F.E.Z.H. (2013). Response of Longiflorum X Asiatic Hybrid Lilium plants to foliar spray with some amino acids, *Journal of Agricultural Research 58*(3): 197-208.
10. Falagan, N., Artes, F., Artes-Hernandez, F., Gomez, P.A., Perez-Pastor, A., & Aguayo, E. (2015). Comparative study on postharvest performance of nectarines grown under regulated deficit irrigation, *Postharvest Biology and Technology* 110: 24-32**.** https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.011.
11. Giné-Bordonaba, J., & Terry, L.A. (2016). Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit and leaves, *Scientia Horticulturae* 199: 63-70. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.026.
12. Hassan, H.S.A., Sarrwy, S.M.A., & Mostafa, E.A.M. (2010). Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees, *Agriculture and Biology Journal of North America 1*(4): 638-643.
13. Hassanpour, H., & Alizadeh, S. (2016). Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran, *Scientia Horticulturae* 200: 125–130. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.015.
14. Hernández, J.L. (2018). Controlled water deficit as abiotic stress factor for enhancing the phytochemical content and adding-value of crops, *Scientia Horticulturae* 234: 354-360. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.049.
15. Jahani, R, Hassani, A., & Samadi, A. (2016). Effect of foliar application of urea, aspartic acid and glutamic acid on growth, physiological and biochemical characteristics of *Agastache foeniculum*, *Soil Applied Research 2*(5): 95-107. (In Persian with English abstract)
16. Jamali, B., & Bunyanpour, A.R. (2016). Growing strawberries, *Technical Journal* 42 p. (In Persian)
17. Jia, H.J., Okamoto, G., & Hirano, K. (2000). Effect of amino acid composition on the taste of 'Hakuho' peaches (*Prunus persica* Batsch) grown under different fertilizer levels, *Journal of Scientia Horticulturae* 69: 135-140. https://doi.org/10.2503/jjshs.69.135.
18. Juanmardi, J., & Sattar, H. (2014). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids greenhouse crop, *Science and Technology 7*(25): 121-129. (In Persian)
19. Kim, T.H., Kim, E.C., Kim, S.W., Lee, H.S., & Choi, D.W. (2010). Exogenous glutamate inhibits the root growth and increases the glutamine content in Arabidopsis thaliana, *Journal of Plant Biology 53*(1): 45-51. https://doi.org/10.1007/s12374-009-9084-0.
20. Lynette, M. (2006). *Hydroponic strawberry production*: A technical guide to the hydroponic production of strawberries (First ed.). Suntec (NZ) Ltd publications.
21. Mohseni, F., Pak Kish, Z., & Panahi, B. (2015). *The role of foliar application of amino acids on vegetative and reproductive characteristics of strawberry (Fragaria × ananassa Duch) of Parus cultivar*. Master Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, *Faculty of Agriculture and Natural Resources*. (In Persian with English abstract)
22. Morgan, R.P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Blackwell Publishing 304 pp.
23. Nasibi, F., Barand, A., Kalantari, K.M., & Rezanejad, F. (2013). The effect of arginine pretreatment on germination, growth and physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in *Pistacia vera* L. in vitro culture, International *Journal Agriculture Crop Scientia 5*(1): 918-925.
24. Rezaei Alulu, A., Azizi, Kh., Thani Khani, M., & Purple, M. (2019). The effect of foliar application of salicylic acid, glycine betaine and gamma aminobutyric acid on the antioxidant activity of Carla under dehydration stress, *Journal of Plant Ecophysiology 12*(40): 151-141. (In Persian with English abstract)
25. Saied, A.S., Keutgen, A.J., & Noga, G. (2005). The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs.'Elsanta' and 'Korona', *Scientia Horticulturae* 103: 289-303. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.015.
26. Sanchez Sanchez, A., Sanchez Anderu, J., Juarez, M., Jorda, J., & Bermudez, D. (2002). Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus, *Humic Sciences* 1197- 1206.

27. Shin, SW., Ghimeray, AK., & Park, CH. (2014). Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidantand allyl isothiocyanate content in the different organs of wasabi Japonica grown in an organic system, African Journal of Traditional. *Complementary and Alternative Medicines 3*(11): 38-45. http://doi.org/10.4314/ajtcam.v11i3.7.
28. Soleymani Aghdam, M., Razavi, F., & Fatemeh, K. (2015). Maintaining the postharvest nutritional quality of peach fruits by γ-Aminobutyric acid, *International Journal Plant Physiology* 5: 1457- 1463.
29. Souri, M.K., & Hatamian, M. (2019). Aminochelates in plant nutrition: a review, *Journal of Plant Nutrition 42*(1): 67-78. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1549671.
30. Seyoum, A., Asres, K., & El-Fiky, F.K. (2006). Structure radical scavenging activity relationships of flavonoid. *Journal Phytochemistry* 67: 2058-2070.
31. Terry, L.A., Chope, G.A., & Bordonaba, J.G. (2007). Effect of water deficit irrigation and inoculation with Botrytis cinerea on strawberry *(Fragaria x ananassa*) fruit quality, *Journal of Agricultural and Food Chemistry 55*(26): 10812-10819.
32. Valero, D., Martinez-Romero, D., & Serrano, M. (2002). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit, *Trends in Journal of Food Science and Technology* 13: 228-234. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00134-6.
33. Voca, S., Jakobek, L., Druzic, J., Sindrak, Z., Dobricevic, N., Seruga, M., & Kovac, A. (2009). Quality of strawberries produced applying two different growing systems Calidad de fresas producidas aplicando dos diferentes sistemas de cultivo, *CyTA-Journal of Food 7*(3): 201-207. https://doi.org/10.1080/19476330902940564.
34. Wang, J., Wang, J., Ye, J., Vanga, S.K., & Raghavan, V. (2019). Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure, *Food Control* 96: 128-136. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.007.
35. Winter, G., Todd, C.D., Trovato, M., Forlani, G., & Funck, D. (2015). Physiological implications of arginine metabolism in plants, *Frontiers in Plant Science* 6: 534. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00534.
36. Yaronskaya, E., Vershilovskaya, I., Poers, Y., Alawady, A.E., Averina, N., & Grimm, B. (2006). Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings, *Planta* 224: 700–709. https://doi.org/10.1007/s00425-006-0249-5.
37. Yildizhan, H. (2018). Energy, exergy utilization and CO_2 emission of strawberry production in greenhouse and open field, *Energy* 143: 417-423. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.139.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 151-166

Increasing Antioxidant Compounds and Maintaining the Appearance Quality of Cherry Fruit after Harvest under the Influence of Marjoram Essential Oil

C. Hosseini[1*], M.R. Asghari[2], M. Khezri[3]

Received: 30-11-2021
Revised: 30-06-2022
Accepted: 09-07-2022
Available Online: 09-07-2022

How to cite this article:
Hosseini, C., Asghari, M.R., & Khezri, M. (2023). Increasing antioxidant compounds and maintaining the appearance quality of cherry fruit after harvest under the influence of marjoram essential oil. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 151-166. (In Persian with English abstract).
http://doi.org/10.22067/jhs.2022.73954.1114

Introduction

Cherry (*Prunus avium* L.) is one of the most important fruit products and due to its polyphenol and antioxidant compounds, it contributes to the nutrition and health of millions of people. Due to its high perishability, this fruit suffers from post-harvest physiological losses. According to the proven antifungal activity of plant essential oils, their use as a natural substance to reduce post-harvest waste, increase shelf life and ensure the health of consumers of horticultural products.

Material and Methods

In the present study, the effect of marjoram essential oil in different concentrations (0, 250, 500, 750 and 1000 µl/l) on biochemical reactions of Mashhad cherry fruit var takdaneh, including phenylalanine ammonialyase enzyme activity, total anthocyanin content, ascorbic acid content, tissue color, polyphenol oxidase enzyme activity, fruit rot and browning of the tail were evaluated with three replications. The treated fruits were transferred to the refrigerator for 30 days at a temperature of 1.0 °C and a relative humidity of 90-95%. Qualitative measurements of fruits were performed during three periods before storage, on the 15th day and on the 30th day of storage. Analysis of variance (ANOVA) was performed based on factorial experiment in a completely randomized design. Mean comparison was performed based on Duncan's multiple range test using SAS software and its graphs were drawn with Excel. Finally, correlation analysis was performed using R software.

Results and Discussion

The results of this evaluation showed that marjoram essential oil maintained the activity of phenylalanine ammonialyase enzyme, total anthocyanin content, ascorbic acid content and color significantly. It also reduced the activity of polyphenol oxidase activity, tissue color change, rot and browning of cherry fruit tail. The level of ascorbic acid in all treated samples decreased over time, but this decrease was more severe in the control sample than the other treatments. Increasing storage time and essential oil concentration improved the amount of anthocyanin in the treated fruits. The essential oil at a concentration of 750 µl/l avoided reduction of color change compared to the control. The activity of phenylalanine ammonialyase enzyme in all essential oil concentrations in both periods had an upward trend. The lowest and highest polyphenol oxidase enzyme activity were recorded in 750 µl/l essential oil treatment and control treatment, respectively. use of essential oil decreased the browning of the fruit tail in which, is probably due to the antioxidant activity of the essential oil. Also, the

1 and 2- Ph.D. Student and Professor Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: ch.hosseini@urmia.ac.ir)
3- Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2022.73954.1114

lowest rate of decay and the highest marketability were observed in the concentration of 750 µl/l of marjoram essential oil. On the other hand, there were significant correlations between most traits. Marketability as one of the most important traits had a positive correlation with traits such as ascorbic acid (r=0.82**) and fruit color (r=0.77**). These results clearly show that the increase of these traits leads to high marketability of cherry fruit. Also, the existence of a negative correlation between the rate of maintaining marketability with the traits of rot (r= -0.95**) and browning of the fruit tail (r= -0.89**) shows that with the increase of these traits, the marketability of the fruit decreases. Finally, according to the findings of the present study and considering the quality and durability of treated cherry fruits compared to untreated fruits, instead of harmful chemical compounds, marjoram essential oil can be recommended as an additive in cherry fruit.

Conclusion

The use of plant essential oils as a natural method can be effective in increasing the shelf life of this fruit by preventing deterioration and degradation. The results of this study showed that marjoram essential oil at a concentration of 750 µl/l by increasing and maintaining ascorbic acid, anthocyanin, PAL enzyme activity, marketability and also by reducing the activity of PPO enzyme, color variability, degree of rot and browning of the fruit tail led to maintaining the internal quality and better durability of the cherry fruit during storage. The reason for this can be related to the phenolic and antioxidant compounds in marjoram essential oil. These compounds directly affect fruit spoilage and indirectly increase the host fruit's defense system and maintain fruit quality. According to the results of this study, marjoram essential oil with a concentration of 750 µl/l can be introduced as a healthy method to maintain physicochemical properties and improve the cherries quality characteristics after harvest.

Keywords: Biological compounds, Defense system, Fruit shelf life, Marketability

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۱۶۶-۱۵۱

افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت ظاهری میوه گیلاس در زمان پس از برداشت تحت تأثیر اسانس مرزنجوش

چنور حسینی[۱*]- محمدرضا اصغری[۲]- مریم خضری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

چکیده

گیلاس از جمله میوه‌هایی است که بدلیل فسادپذیری بالا متحمل ضایعات فیزیولوژیکی پس از برداشت می‌شود. باتوجه به اثبات فعالیت ضد قارچی اسانس‌های گیاهی، استفاده از آن‌ها به‌عنوان یک ایده طبیعی در جهت کاهش ضایعات پس از برداشت، افزایش ماندگاری و تضمین سلامت مصرف‌کنندگان محصولات باغبانی مطرح می‌باشد. در تحقیق حاضر، تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس مرزنجوش (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) و زمان انبارداری (روز ۱۵ام و ۳۰ام) بر واکنش‌های بیوشیمیایی میوه گیلاس شامل فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، محتوای آنتوسیانین کل، میزان اسید آسکوربیک، رنگ بافت، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن دم میوه با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. میوه‌های تیمار شده به مدت ۳۰ روز در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به سردخانه منتقل شدند. اندازه‌گیری کیفی میوه‌ها طی سه دوره زمانی قبل از نگهداری، روز ۱۵ام و روز ۳۰ام نگهداری انجام گرفت. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که اسانس مرزنجوش به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، محتوای آنتوسیانین کل، میزان اسید آسکوربیک و تغییر رنگ را در سطح بالایی حفظ نمود. همچنین سرعت افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، تغییرپذیری رنگ بافت، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس را کاهش داد. این موارد منجر گردید تا با کاربرد اسانس مرزنجوش شاهد ثبات بازارپسندی این میوه طی روزهای نگهداری باشیم. در نهایت مطابق یافته‌های پژوهش حاضر و با توجه به حفظ کیفیت و ماندگاری میوه‌های گیلاس تیمار شده نسبت به میوه‌های بدون تیمار، می‌توان به جای ترکیبات شیمیایی مضر، اسانس مرزنجوش را به‌عنوان افزودنی مجاز در زمان نگهداری میوه گیلاس توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بازارپسندی، ترکیبات زیستی، سیستم دفاعی، ماندگاری میوه

مقدمه

امروزه با افزایش آگاهی مردم نسبت به تغذیه سالم، تقاضا برای مصرف مواد غذایی و محصولات باغبانی با کیفیت، سالم و عاری از بقایای سموم روزبه‌روز در حال افزایش است. در همین راستا، بحث سلامت غذایی مطرح می‌باشد و بایستی همه جوانب استفاده از ترکیبات مختلف در زمان پس از برداشت میوه در نظر گرفته شود تا بدون عوارض جانبی، سلامت غذایی مصرف‌کنندگان را تضمین نماید (Rahemi, 2011). بخش اصلی ضایعات محصولات کشاورزی که در نتیجه عوامل بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی اتفاق می‌افتد، مربوط به مرحله برداشت و پس از برداشت تا زمان رسیدن به دست مصرف‌کننده می‌باشد. این ضایعات خسارت بزرگی برای منابع غذایی در جهان به شمار می‌آیند (Asghari, 2015). عمده‌ترین روش‌های افزایش ماندگاری و جلوگیری از فساد محصولات کشاورزی استفاده از

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ch.hosseini@urmia.ac.ir)
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
DOI: 10.22067/jhs.2022.73954.1114

ترکیبات شیمیایی است. ولی با توجه به محدودیت در استفاده وسیع از این ترکیبات به دلیل اثرات جانبی شدید آن‌ها در انسان، توجه محققین به جایگزینی این مواد با سایر روش‌ها از جمله ترکیبات طبیعی گسترش یافته است (Al-Bayati and Al-Mola, 2008).

از بین این ترکیبات، تولیدات تازه گیاهی از قبیل اسانس‌ها[1] که به‌طور طبیعی از بین می‌روند و سازگار با محیط زیست هستند، به عنوان افزودنی‌های سالم، به‌منظور کنترل میکروبی، شیمیایی و افزایش ماندگاری محصولات باغبانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Asgari Marjanlu *et al*., 2009). یکی از حفاظت‌کننده‌های طبیعی گیاهی، اسانس گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) می‌باشد که ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده آن دارای خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی با سمیت پایین در پستانداران هستند. مرزنجوش از خانواده نعنائیان بوده که فعالیت‌های ضدمیکروبی اسانس آن به ترکیبات فنلی موجود از قبیل کارواکرول[2]، پاراسیمین[3] و تیمول[4] مربوط می‌شود (de Souza *et al*., 2010). ترکیبات فنلی، آنتی‌اکسیدان‌های قوی در گیاهان هستند و دارای فعالیت فیزیولوژیکی متنوع از جمله فعالیت ضدسرطانی، ضدباکتریایی و ضدالتهاب می‌باشند (Beckman, 2000). میوه‌ها و سبزیجات علاوه‌بر این‌که مقادیر قابل توجهی از مواد تغذیه‌ای جیره غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، حاوی ترکیبات دیگری نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که در حفظ و بهبود سلامتی انسان نقش ویژه‌ای دارند.

گیلاس (*Prunus avium* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات میوه‌ای می‌باشد، که به دلیل دارا بودن ترکیبات پلی‌فنل و آنتی‌اکسیدانی شامل اسیدآسکوربیک، کارتنوییدها و آنتوسیانین‌ها از ارزش بالایی در تغذیه و سلامت میلیون‌ها انسان برخوردار است (USDA, 2020). از طرفی گیلاس جزء میوه‌های نافرازگرا است که به‌دلیل بالا بودن میزان تنفس و همچنین فسادپذیری بالا، میزان بسیار کم کربوهیدرات ذخیره‌ای و تغییر رنگ بافت و دم میوه از عمر پس از برداشت کمی برخوردار است (Rahemi, 2011). مطالعات نشان می‌دهند که اسانس‌های گیاهی باعث حفظ رنگ میوه گیلاس و آلبالو و جلوگیری از تخریب کلروفیل و کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی در دم میوه می‌شوند (Asgari Marjanlu *et al*., 2009). همچنین گزارش کرده‌اند که کاربرد اسانس آویشن با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز از قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری می‌کند (Erfani-Moghadam and Mohammadi, 2021). استفاده از اسانس رزماری در پوشش حاوی آلوئه‌ورا باعث تاخیر در پیری و حفظ کیفیت در میوه‌های هسته‌دار منجر می‌شود. محققان با تلفیق اسانس‌های اژنول[5] و منتول[6] در میوه انگور مشاهده کردند که تغییرپذیری رنگ به تعویق افتاده و میزان اسید آسکوربیک و آنتوسیانین در پایان آزمایش در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد بیشتر بود (Tzortzakis, 2007).

در مطالعه‌ای دیگر اثر اسانس مرزنجوش با ترکیب کیتوزان در جلوگیری از رشد دو قارچ *Rhizopus stolonifera* و *Aspergillus nigera* روی میوه انگور بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از پوشش ترکیبی و اسانس مرزنجوش به طور معنی‌داری از رشد میسیلیوم قارچ‌های مورد بررسی جلوگیری نمود (dos Santos *et al*., 2012). همچنین با کاربرد کارواکرول و آنتول[7] در تمشک گزارش شد که میوه‌های تیمار شده، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتوای مواد فنولیکی و آنتوسیانین بیشتری داشته و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نسبت به میوه‌های تیمار نشده بیشتر بود (Jin *et al*., 2012). از آنجا که کاربرد تیمار مناسب پس از برداشت در حفظ ارزش غذایی، رنگ بافت و کیفیت ظاهری محصولات میوه‌ای مؤثر است. در این پژوهش از اسانس مرزنجوش با هدف حفظ و افزایش خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و کیفیت ظاهری میوه گیلاس طی زمان‌های مختلف انبارداری استفاده شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های گیلاس رقم 'تکدانه مشهد' در مرحله رسیدن تجاری (TSS=17%) در تیر ماه سال ۱۳۹۶ از یکی از باغ‌های شهرستان اشنویه واقع در استان آذربایجان غربی برداشت گردیدند. میوه‌ها با شکل‌های غیرطبیعی و عوارض فیزیکی حذف شدند و میوه‌هایی با خصوصیات ظاهری و فیزیکی مناسب و نیز سطح رسیدگی و بلوغ یکنواخت انتخاب و جهت انجام تیمارها به آزمایشگاه و سردخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه منتقل شدند.

مواد گیاهی شامل پیکره رویشی گیاه مرزنجوش، از دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه تهیه شد. پس از خرد کردن ۳۰۰ گرم گیاه، اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر به مدت ۴ ساعت انجام گردید. سپس، اسانس به دست آمده توسط سولفات سدیم انیدرید آبگیری شد و در شیشه‌های تیره در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد درون یخچال تا زمان انجام آزمون‌های بیولوژیکی و بررسی ترکیبات آن نگهداری شد. در زمان اعمال تیمار، اسانس در توئین ۸۰ (۵ درصد) حل شد (Davari and Ezazi, 2016).

1- Essential oil
2- Carvacrol
3- P-cymene
4- Thymol
5- Eugenol
6- Menthol
7- Anethole

میوه‌ها با اسانس مرزنجوش در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسپری شدند و پس از خشک شدن، داخل ظروف پلاستیکی پلی‌استایلن قرار گرفتند و به سردخانه با دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت ۳۰ روز منتقل شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی (اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار شامل سه ظرف که هر ظرف حاوی ۳۰ عدد میوه بود اجرا شد. میوه‌ها پس از خروج از سردخانه مدتی در دمای معمولی قرار گرفتند و سپس اندازه‌گیری صفات مورد نظر پس از ۱۵ و ۳۰ از زمان نگهداری به شرح زیر انجام شد.

رنگ میوه: برای بررسی رنگ سطح میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Minolta Konica CR 400)، رنگ ۳ قسمت مختلف از سطح ۴ میوه در واحد آزمایشی خوانده شد. میزان رنگ با شاخص‌های Chroma بیان شد. میزان تغییرپذیری رنگ در اولین روز برداشت میوه‌ها، روز۱۵ام و روز۳۰ام انبارداری اندازه‌گیری شدند (Castillo *et al*., 2014).

محتوای آنتوسیانین: برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت میوه تازه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و کلریدریک اسید خالص به نسبت حجمی ۹۹ به ۱) به‌طور کامل ساییده و عصاره خالص به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. جذب محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری و برای محاسبه غلظت، ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول در نظر گرفته شد.

اسید آسکوربیک: میزان اسید آسکوربیک عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ دی‌کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) توسط اسیدآسکوربیک اندازه‌گیری شد. در این روش مقدار یک گرم از بافت گوشت و پوست میوه با ۳ میلی لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد و پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط بالا در دمای ۴ درجه سانتی گراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲/۵ میلی لیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. نمونه شاهد (blank) دارای ترکیبات فوق بجز عصاره میوه بود. منحنی استاندارد اسید آسکوربیک با استفاده از غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک (۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵ گرم در لیتر) در حضور DCPIP رسم شد.

فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز[1]: برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز از روش کارتیکیان و همکاران (Karthikeyan *et al*., 2006) با کمی تغییر استفاده شد. مقدار ۱ گرم از بافت تازه میوه با استفاده از ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱درصد پلی‌وینیل‌پیرولیدون[2] و ۱/۴ میلی‌مولار مرکاپتو اتانول، pH=۷) کوبیده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پس از اتمام سانتریفیوژ از عصاره رویی برای سنجش آنزیم استفاده شد. محتوای نمونه برای سنجش آنزیم حاوی ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۱ میلی لیتر بافر سنجش (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی‌وینیل‌پیرولیدین و ۱/۴ میلی‌مولار مرکاپتواتانول) با pH=۸/۸ و ۱ میلی‌لیتر L-فنیل‌آلانین ۱۲ میلی‌مولار بود که به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و جذب نور در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه-گیری گردید. فعالیت آنزیم PAL با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی l.cm-μ و برحسب (نانومول در یک گرم وزن تازه در دقیقه) محاسبه گردید.

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز[3]: فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز بر طبق روش پیتزوکارو و همکاران (Pizzocaro *et al*., 1993) و براساس اکسیداسیون کاتکول اندازه‌گیری شد. ۲/۵ میلی‌لیتر ماده بافری شامل (بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار (۱۷/۹ گرم فسفات سدیم، ۷/۸ گرم فسفات‌دی‌هیدروژن سدیم، pH=۶/۴) و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول) را به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه کرده و پس از قرار دادن در بن‌ماری در دمای ۲۵ °C به مدت ۵ دقیقه منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی شامل میزان تغییر PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در میلی‌لیتر از عصاره آنزیم بود. فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز از طریق رابطه $(\Delta A \times 1000)/(0/001 \times 25)$ محاسبه شد که در آن ΔA اختلاف جذب و ۲۵ میزان گرم آنزیم به‌کار رفته می‌باشد.

وضعیت ظاهری و بازارپسندی میوه‌ها: برای تعیین کیفیت ظاهری میوه، میزان بازارپسندی آن‌ها نمره‌های یک الی پنج به صورت ۱: عالی، ۲: خیلی خوب، ۳: خوب، ۴: متوسط و ۵: ضعیف برای آن‌ها در نظر گرفته شد (Ayala-Zavala *et al*., 2007).

شاخص قهوه‌ای شدن دم میوه: جهت تعیین میزان قهوه‌ای شدن دم میوه‌ها از روش نمره‌دهی استفاده شد. به این منظور میوه‌ها در ۵ دسته به شرح زیر نمره‌دهی شدند؛ ۵: عالی (بدون قهوه‌ای شدن)، ۲: خیلی خوب (تا ۵ درصد قهوه‌ای شدن)، ۳: خوب (۵-۲۰ درصد قهوه‌ای شدن)، ۴: متوسط (۲۰-۵۰ درصد قهوه‌ای شدن) و ۵: ضعیف (بیش از ۵۰ درصد قهوه‌ای شدن).

میزان پوسیدگی: میزان پوسیدگی های قارچی و مقایسه آلودگی

1- Phenylalanine ammonialyase

2- Polyvinylpyrrolidone

3- Polyphenol oxidase enzyme activity

قارچ‌های مورد مطالعه با مشاهده چشمی و بصری مورد ارزیابی قرار گرفتند و به‌صورت درصد بیان شدند. بدین منظور از نمره‌های ۱: میوه‌های بدون پوسیدگی (عالی)، ۲: خوب (۲۵ درصد پوسیدگی)، ۳: متوسط (۵۰ درصد پوسیدگی)، ۴: ضعیف (۷۵ درصد پوسیدگی) و ۵: پوسیدگی کامل (۱۰۰ درصد پوسیدگی) استفاده شد (Ayala-Zavala *et al.*, 2007).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.4) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردیدند. در نهایت جهت بررسی روابط بین صفات، ضرایب همبستگی با استفاده از بسته corrplot در نرم‌افزار R محاسبه شدند.

نتایج و بحث

اسید آسکوربیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری و نیز برهم‌کنش بین آن‌ها بر میزان اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۱ قابل ملاحظه است، میزان اسید آسکوربیک همه نمونه‌های تیمار شده با گذشت زمان کاهش یافته است، ولی این کاهش در نمونه شاهد و تیمار غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس، شدیدتر از سایر تیمارها بود. طبق این نمودار تیمار اسانس مرزنجوش تأثیر معنی‌داری در به تأخیر انداختن تخریب و کاهش اسید آسکوربیک داشت. به طوری‌که در روز ۱۵ام انبارداری تیمار ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس مرزنجوش، بالاترین میزان آسکوربیک‌اسید را نشان داد و چنان‌چه اشاره شد کمترین میزان آن نیز مربوط به تیمار شاهد در روز ۳۰ام بود.

اسید آسکوربیک جزء مهم‌ترین پارامترهای کیفی محصولات میوه‌ای محسوب می‌شود که در مقایسه با سایر پارامترهای تغذیه‌ای در طول مدت زمان نگهداری عمر کوتاه‌تری دارد. عواملی مانند افزایش مدت زمان نگهداری، بالا رفتن درجه حرارت و آسیب‌های فیزیکی موجب کاهش میزان اسید آسکوربیک می‌شوند (Lee and Kader, 2000). از طرفی میزان آن در جریان پیشرفت پیری به‌دلیل مصرف شدن برای حذف رادیکال آزاد کاهش پیدا می‌کند. نقش مهم اسیدآسکوربیک دفع مسمومیت ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال به وسیله آسکوربات اکسیداز می‌باشد که طی این اکسیداسیون میزان اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد. ولتمن و ون شایک (Veltman and Van Schaik, 1997) در آزمایشی روی میوه‌های هلو نشان دادند که کاهش اسید آسکوربیک به دنبال واکنش قهوه‌ای شدن روی می‌دهد. اسانس‌های گیاهی به‌دلیل خاصیت ضداکسایشی که دارند موجب حفظ اسید آسکوربیک می‌شوند (Lounds-Singlton, 2003). در مطالعه‌ای با بررسی اثر اسانس آویشن همراه با پوشش خوراکی روی میوه انگور نتیجه‌گیری شد که نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد از میزان اسید آسکوربیک بالاتری برخوردار بودند (Dehestani Ardakani and Mostofi, 2018)، که مطابق با مطالعه حاضر بود.

محتوای آنتوسیانین: با توجه به نتایج جدول ۱ اثر ساده اسانس و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طبق شکل ۲، میزان آنتوسیانین با گذشت زمان از مرحله برداشت و افزایش غلظت اسانس افزایش یافت. بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار غلظت اسانس ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر در روز ۳۰ام بود و کمترین مقدار آن در نمونه شاهد در روز ۱۵ام مشاهده گردید.

آنتوسیانین‌ها گروهی از ترکیبات فنلی محلول در آب هستند که با استقرار در واکوئل سلول‌های گیاهی تشکیل‌دهنده رنگ قرمز میوه‌هایی مانند گیلاس، آلبالو، توت فرنگی، هلو و سیب می‌باشند (Wafaa *et al.*, 2014). آنتوسیانین‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی هستند که در حذف و جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد نقش مهمی ایفا می‌کنند. میزان آنتوسیانین‌ها در زمان پس از برداشت، در شرایط انبارداری تحت تاثیر عوامل مختلف ممکن است تغییر کنند. در پژوهش حاضر با افزایش زمان نگهداری و غلظت اسانس میزان آنتوسیانین میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش محسوسی داشت. علت چنین افزایشی را می‌توان به پیشرفت فرآیندهای رسیدگی میوه، افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز و ترکیبات فنلی ربط داد (Asghari, 2015). در پژوهشی، غفوری و همکاران (Ghafouri *et al.*, 2016) اثر اسانس آویشن در افزایش میزان آنتوسیانین میوه را بررسی کردند و بیان داشتند که میزان آنتوسیانین میوه تحت تأثیر اسانس آویشن حفظ و افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که آنتوسیانین‌ها ترکیبات ناپایدار و تخریب‌پذیری هستند، اسانس‌های گیاهی به‌دلیل دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی از اکسید شدن آنتوسیانین در مدت زمان نگهداری جلوگیری می‌کنند (Ghafouri *et al.*, 2016). یافته‌های حاصل از این پژوهش با نتایج بدست آمده از آزمایش محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2012) در میوه توت فرنگی تیمار شده با اسانس انیسون و زیره سیاه مطابقت داشت.

رنگ میوه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر ساده اسانس و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان تغییر رنگ معنی‌دار بوده است اما اثر متقابل این دو عامل از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین شاخص کروما در زمان برداشت مشاهده شد که همان‌طور که انتظار می‌رفت با گذشت زمان این شاخص کاهش یافت. با این حال، تیمار اسانس در غلظت ۷۵۰

میکرولیتر بر لیتر توانست به نحو مؤثری مانع از کاهش تغییرپـذیری رنگ نسبت به شاهد شود. لازم به توضیح است که دیگر غلظت‌هـای اسانس از جمله غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر نیـز در در حفظ رنگ میوه تأثیر مثبتی داشتند (شکل ۳).

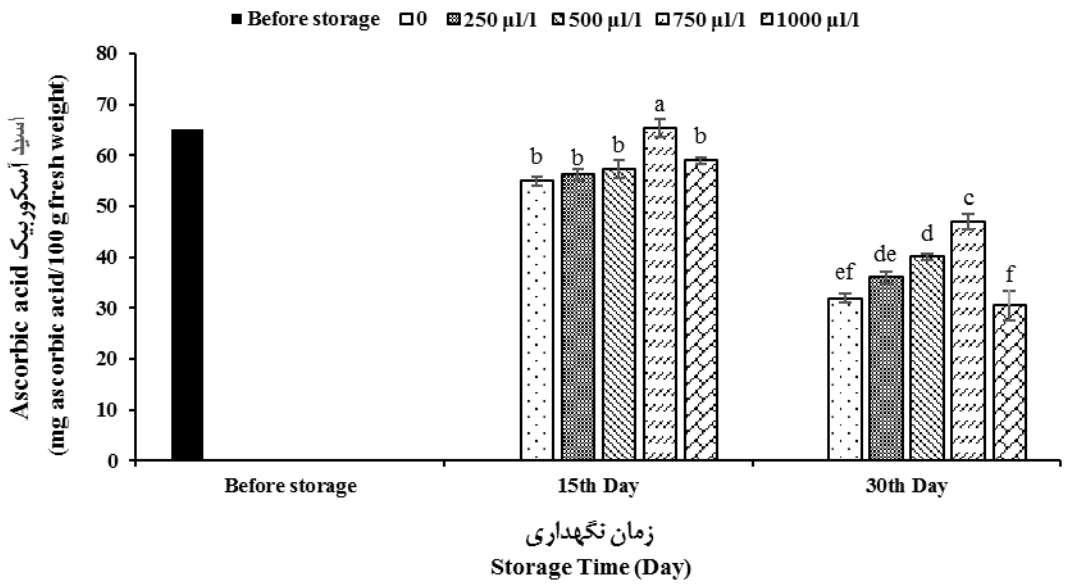
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر اسانس مرزنجوش و زمان انبارداری بر صفات مورد مطالعه در گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Table 1- ANOVA results for the effect of marjoram essential oil and storage time on the studied traits in sweet cherry cv. 'Takdaneh Mashhad'

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	Mean squares میانگین مربعات							
		اسید آسکوربیک Ascorbic acid	آنتوسیانین Anthocyanin	رنگ Color	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenylalanine ammonialyase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidase	بازار پسندی Marketability	قهوه‌ای شدن دم میوه Browning of fruit tail	پوسیدگی میوه Fruit decay
اسانس Essential oil (EO)	4	153**	373**	3.05**	733*	7339**	762**	0.06**	214**
زمان انبارداری Storage time (ST)	1	3471**	4417**	8.06**	6894**	2288**	1904**	0.15**	264**
اسانس × زمان EO × ST	4	29.8**	62.1**	0.06ns	1502**	156ns	27.3*	0.014**	22**
خطا Error	20	6.63	3.17	0.028	216.4	64.2	10.13	0.0009	1.33
ضریب تغییرات CV (%)		5.38	2.18	4.07	12.89	6.08	4.97	8.55	4.15

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

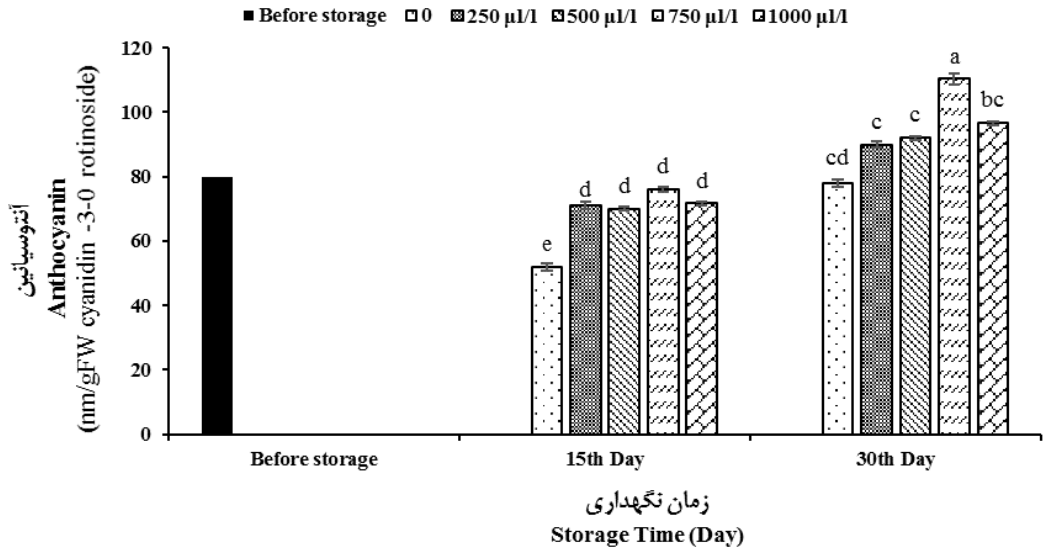
ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.



شکل ۱- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان اسیدآسکوربیک میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 1- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the ascorbic acid content of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad'

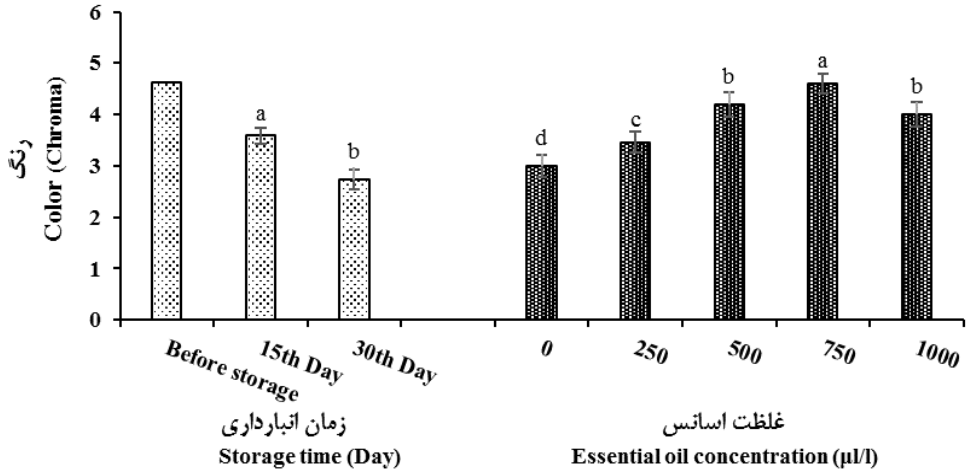
(DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان آنتوسیانین کل میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 2- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the total anthocyanin content of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad'(DMRT, $p\leq0.05$)

رنگ یک عامل مهم در ارزیابی عمر پس از برداشت و کیفیت ظاهری میوه می‌باشد. میوه‌ها با گذشت زمان طی انبارداری با افزایش پیری، تیره می‌شوند و روشنی و شفاف بودن سطح میوه پایین می‌آید (Hernandez-Munoz *et al*., 2008). دلیل تیره‌تر شدن رنگ میوه ادامه بیوسنتز آنتوسیانین و همچنین کاهش میزان رطوبت میوه می‌باشد (Han *et al*., 2004). در این مطالعه درصدهای مختلف غلظت اسانس، اثر مثبتی بر شاخص کرومای میوه داشته و موجب کاهش تغییرپذیری رنگ نسبت به نمونه شاهد در طول مدت زمان نگهداری شدند. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت تلفیق تیمول و منتول سبب تأخیر در تغییر رنگ پوست و میوه توت فرنگی نسبت به شاهد بوده‌اند. در مطالعه‌ای گزارش شد که تأخیر در پیری در اثر کاربرد اسانس‌ها از دلایل کاهش رنگ‌پذیری میوه می‌باشد (Norouzi Faz *et al*., 2016). همچنین گلستانی و رستگار (Golestani and Rastegar, 2017) در مطالعه‌ای اثر مثبت کاربرد اسانس‌های گیاهی در حفظ رنگ میوه انبه را کنترل پوسیدگی و فساد میوه، تأخیر در فرآیند رسیدن میوه و حفظ شاخص‌های رنگی عنوان کردند.

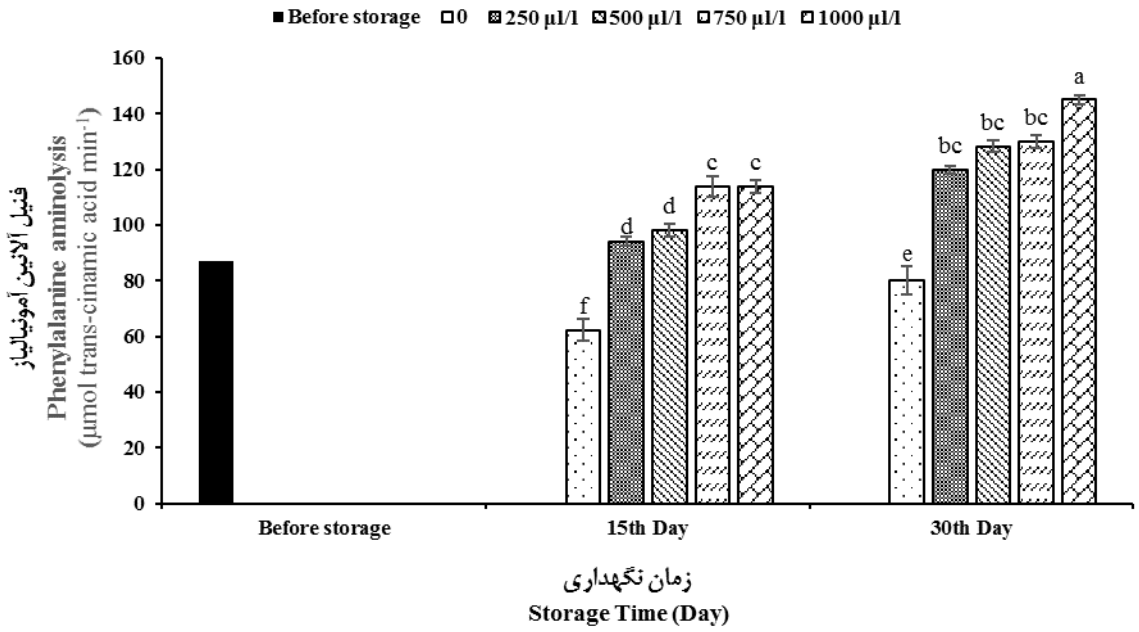


شکل ۳- اثرات ساده کاربرداسانس مرزنجوش و زمان نگهداری بر رنگ میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 3- The simple effects of Oreganom essential oil and storage time on sweet cherry fruit color cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq0.05$)

فعالیت آنـزیم فنیـل آلانـین آمونیالیـاز: اثـر سـاده اسـانس مرزنجوش در سطح احتمال ۵ درصد و اثر زمان نگهداری و همچنـین اثر متقابل بین این دو عامل در سـطح احتمـال ۱ درصـد، بـر میـزان فعالیت آنزیم PAL معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۴ مقایسه میـانگین اثرمتقابل بین اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری بـر میـزان فعالیـت آنزیم PAL میوه را نشان می‌دهد که مطابق آن میـزان فعالیـت ایـن آنزیم در تمام تیمارهای غلظت اسانس در هر دو دوره زمـانی از رونـد صعودی برخوردار بود و بیشترین تأثیر مربوط به غلظت اسانس ۱۰۰۰ میکرولیتر در روز ۳۰ام و کمترین مقدار آن نیز مربوط به نمونه شـاهد در روز ۱۵ام بود.

آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز اصـلی‌تـرین و نخسـتین آنـزیم مسـیر بیوسنتز ترکیبات فنلی است که فنیل آلانین را بـه تـرانس سـینامیک اسید تبدیل می‌کنـد (Randhir *et al.*, 2006). احتمـالاً بـالا بـودن فعالیت آنزیم PAL در میوه‌های تیمار شده با اسـانس مرزنجـوش بـه دلیل القای پاسخ‌های دفاعی در میـوه و سـنتز ترکیبـات فنلـی باشـد. افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیـت میـوه تـوت فرنگـی در نتیجه استفاده از اسانس مرزنجوش به اثبات رسیده است (Rusková *et al.*, 2023). محققان گزارش کرده‌اند که تیمار اسانس زیره سبز به همراه پوشش صمغ باریجه به طور معنـی‌داری میـزان فعالیـت آنـزیم PAL را در میوه گیلاس با گذشت زمان افزایش دادند (Asghari *et al.*, 2019)، که با نتایج تحقیـق حاضـر مطابقـت داشـت. همچنـین پرویزی و همکاران (Parvizi *et al.*, 2020) در مطالعه خود به تـأثیر معنی‌دار اسانس رازیانه به همراه نانوامولسیون کیتوزان بر روی میـزان فعالیت این آنزیم در میوه تمشک سیاه پی بردند.



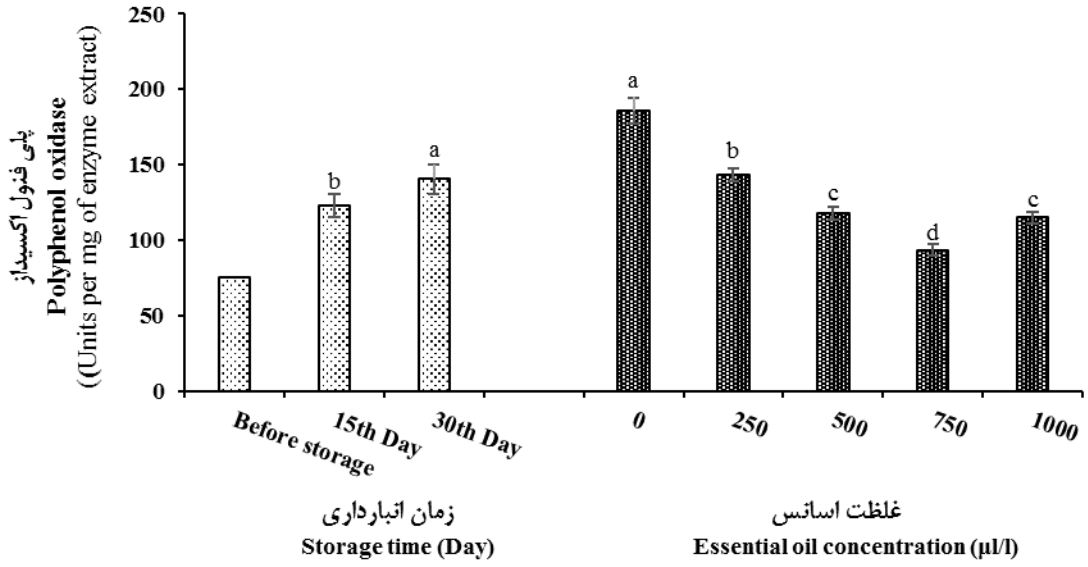
شکل ٤- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر فعالیت آنزیم PAL در میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 4- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the PAL enzyme activity in sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq0.05$)

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز: مندرجات جدول ۱ نشان داد که اثرات ساده اسانس مرزنجوش و زمان نگهـداری در سـطح احتمـال ۱ درصد بر میزان فعالیت آنزیم PPO معنی‌دار بود؛ در حالی‌که اثرمتقابل این دو عامل از نظر آماری غیرمعنی‌دار شد. مقایسه میـانگین تیمارهـا نشان داد که فعالیت آنزیم PPO با گذشت زمـان نگهـداری افـزایش یافته است. کمترین و بیشترین میزان فعالیت آنزیم PPO به‌ترتیب در تیمار غلظت ۷۵۰ میکرولیتر اسانس و تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۵).

همزمان با پیشرفت مراحل رسیدگی میوه فعالیت‌های آنزیمی نیـز افزایش می‌یابد. از جملـه فعالیـت آنـزیم PPO کـه بـه عنـوان یـک کاتالیزور در واکنش‌های اکسیداسیون عمل مـی‌کننـد. ایـن آنـزیم بـا هیدرولیز مونوفنل‌ها به دی‌فنل‌هـا و اکسیداسـیون دی‌فنـل‌هـا را بـه کوینون‌ها معادل آن کاتالیز می‌کند و در نهایت تجمع ملانین رنگیـزه مسئول رنگ قهوه‌ای در بافت‌های گیاهی اتفاق می‌افتـد (Falguera *et al.*, 2011). قهوه‌ای شدن آنزیمی یکی از مهم‌ترین واکنش‌هـای رنگی است که میوه‌ها و سبزیجات را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعـث ایجاد یک تغییر نـامطلوب در بافت مـی‌شـود کـه بـر طعـم، ظـاهر و

کیفیت میوه اثر منفی دارد. اسانس‌های گیاهی همانند پوشش خوراکی و با کاهش تبادل گازها، میزان ورود O_2 به داخل بافت را کاهش می‌دهند که نتیجه آن کاهش فعالیت‌های اکسیژن خواه مانند فعالیت PPO و ACC اکسیداز و تنفس است (Asghari *et al.*, 2018). در مطالعه حاضر اسانس مرزنجوش در کاهش فعالیت آنزیم PPO مؤثر بود. این نتیجه با یافته‌های سیاری و همکاران (Sayyari *et al.*, 2019) که اثر هگزانال، اسانس شمعدانی معطر و روغن کدوی کاغذی را بر روی میوه انگور بررسی کرده بودند، هم‌خوانی داشت. این محققین کاهش تنفس، کاهش دسترسی به اکسیژن و میزان اکسیداسیون فنل‌ها با آنزیم PPO را دلیل کاهش فعالیت این آنزیم‌ها عنوان کردند (Sayyari *et al.*, 2019).

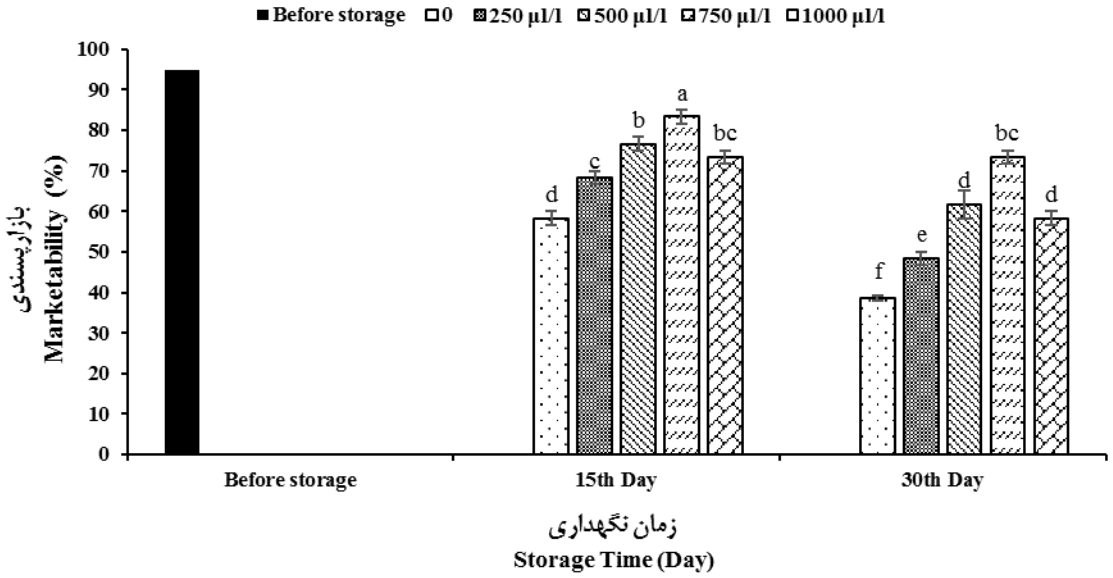


شکل ۵- اثرات ساده کاربرد اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 5- The simple effects of Oreganom essential oil and storage time on the polyphenol oxidase enzyme activity in sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq0.05$)

بازارپسندی: اثرات ساده اسانس و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد و همچنین اثر متقابل بین این دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر حفظ بازارپسندی میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه‌های میانگین تیمارها نشان می‌دهند که با افزایش زمان انبارداری، میزان بازارپسندی میوه‌ها حتی با کاربرد اسانس گیاهی کاهش یافت. در مجموع در میوه‌های تیمارشده نسبت به نمونه‌های شاهد، با افزایش غلظت اسانس تا ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر شاهد روند افزایشی در میزان بازارپسندی بودیم که این افزایش در روز ۱۵ ام زمان نگهداری بیشتر از روز ۳۰ ام بوده است (شکل ۶).

هر عاملی که سرعت پیری، چروکیدگی و تغییر رنگ را کاهش دهد و از شدت علایم پوسیدگی جلوگیری نماید، باعث حفظ وضعیت ظاهری و بازارپسندی میوه می‌شود (Esna-Ashari and Zokaee Khosroshahi, 2009). در پژوهش حاضر، غلظت‌های مختلف اسانس موجب افزایش بازارپسندی میوه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد شدند، که در این میان غلظت ۷۵۰ میکرولیتر به طور چشم‌گیری بازارپسندی میوه را در سطح بالاتری در روز ۱۵ ام حفظ کرد. مظفری و همکاران (Mozafari *et al.*, 2017) نشان دادند که توت فرنگی‌های تیمار شده با اسانس خوشاریزه کیفیت تازه‌تر و بهتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده در طول مدت زمان نگهداری داشته و از بازارپسندی بالاتری برخوردار بودند. نتایج مشابه درباره تأثیر مثبت اسانس آویشن و دارچین بر روی کیفیت و افزایش بازارپسندی گوجه گیلاسی گزارش شده است (El-Sayed *et al.*, 2022). کاربرد همچنین بارتو و همکاران (Barreto *et al.*, 2016) پوشش کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش را بر ظاهر، طعم و رنگ گوجه گیلاسی تأثیرگذار گزارش کردند.



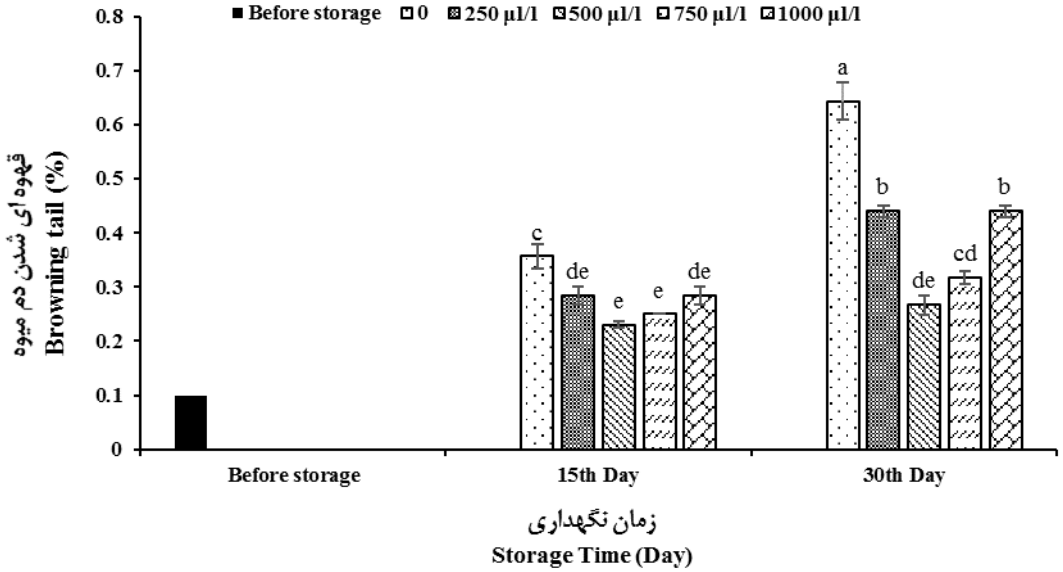
شکل ٦- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر حفظ بازارپسندی میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 6- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the marketability maintaining of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq0.05$)

قهوه‌ای شدن دم میوه: همانند اکثر صفات مورد مطالعه، اثرات ساده و متقابل اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان قهوه‌ای شدن دم میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۷ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری می‌باشد که مطابق آن میزان قهوه‌ای شدن با افزایش زمان افزایش پیدا کرد. تیمار غلظت‌های مختلف اسانس با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بر کاهش میزان قهوه‌ای شدن دم میوه مؤثر بودند. میوه‌های شاهد سریع‌تر سبزی دم میوه خود را از دست دادند. کمترین میزان قهوه‌ای شدن دم میوه به غلظت ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اختصاص داشت و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد در روز ۳۰ام بود.

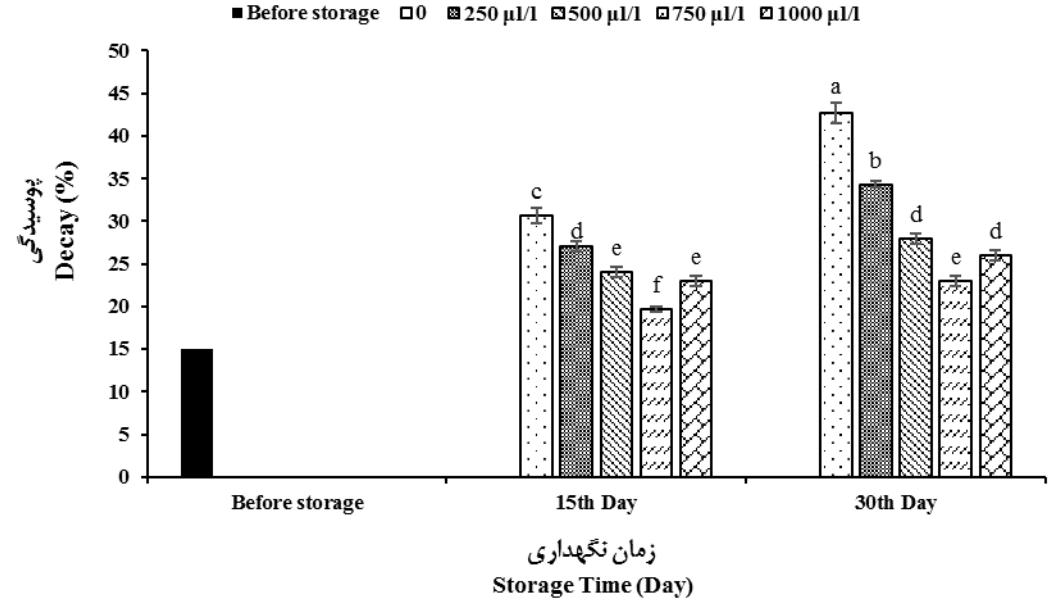
قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس دلایل متعددی دارد که از آن جمله می‌توان به اتلاف آب، فعالیت آنزیم PPO و تخریب کلروفیل اشاره کرد. ابراهیم‌پور و همکاران (Ebrahimpour *et al.*, 2008) تأثیر اسانس‌های گیاهی و دما بر افزایش عمر انباری آلبالو و گیلاس را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آنان، اسانس میخک به غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر تأثیر معنی‌داری بر میزان قهوه‌ای شدن دم میوه در آلبالو و گیلاس داشت. اسانس‌های گیاهی باعث حفظ رنگ میوه و عدم تخریب کلروفیل از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده کلروفیل مانند کلروفیلاز، کلروفیل پراکسیداز و کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی در دم میوه گیلاس و آلبالو شده است (Ebrahimpour *et al.*, 2008). طبق نتایج بدست آمده تأثیر اسانس در کاهش قهوه‌ای شدن دم میوه احتمالاً به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس باشد. از سویی دیگر، اسانس‌ها با کاهش تبادل O_2 و CO_2 از اتلاف آب و قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری می‌کنند و با کاهش تولید اتیلن، میزان فعال شدن آنزیم‌های تخریب‌کننده همانند کلروفیلاز را کاهش می‌دهند. یافته‌های ما نشان داد که میزان قهوه‌ای شدن دم در تیمار غلظت ۱۰۰۰ اسانس افزایش یافت. این امر نشان‌دهنده اثرات سمیت غلظت‌های بالای اسانس روی میوه می‌باشد که مطابق گزارش اصغری مرجانلو و همکاران (Asgari Marjanlu *et al.*, 2009) است.

پوسیدگی: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اسانس مرزنجوش و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل بین این دو در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پوسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها بر میزان پوسیدگی میوه گیلاس در شکل ۸ ارائه شده است. میزان پوسیدگی میوه با افزایش زمان نگهداری افزایش پیدا کرد. همچنین غلظت‌های مختلف اسانس با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار عدم کاربرد اسانس موجب کنترل پوسیدگی شد. کمترین میزان پوسیدگی در غلظت ۷۵۰ میکرولیتر اسانس در روز ۱۵ام مشاهده شد و بالاترین میزان پوسیدگی هم مربوط به نمونه‌های شاهد بود.



شکل ۷- اثرمتقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 7- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the browning of fruit tail of sweet cherry cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq0.05$).

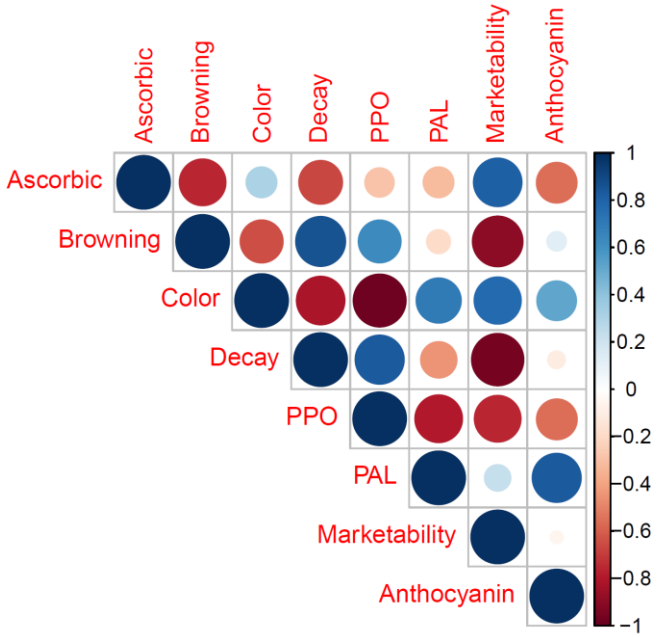


شکل ۸- اثر متقابل کاربرد اسانس مرزنجوش × زمان نگهداری بر میزان پوسیدگی میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 8- The interaction effect of Oreganom essential oil ×storage time on the decay rate of sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad' (DMRT, $p\leq0.05$)

براساس نتایج بدست آمده تیمارهای اسانس مرزنجوش به طور مطلوبی توانستند فساد میوه را کنترل کنند. اسانس‌های گیاهی بر رشد قارچ‌های بیماری‌زا تأثیر مستقیم می‌گذارند، این تأثیر ناشی از فعالیت ترکیبات ضد قارچی اجزای اسانس می‌باشد که منجر به تغییرات ساختاری و مورفولوژیکی در هیف‌های قارچ می‌شوند. در خصوص اثر اسانس‌های گیاهی بر کنترل رشد قارچ‌های بیماری‌زا و کیفیت پس از برداشت محصولات باغبانی، گزارش‌های مختلفی ارائه گردیده است. در مطالعه‌ای، فعالیت بیوکنترلی اسانس‌های گیاهان دارویی مرزنجوش، آویشن، دارچین و رزماری در برابر رشد قارچ‌های مولد فساد در میوه سیب بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که اسانس‌های

مذکور اثر بازدارندگی قوی از رشد قارچ داشتند (Nikkhah *et al.*, 2019). همچنین ربانی نسب (Rabbani Nasab *et al.*, 2012) اثر ضد قارچی پنج اسانس دارویی مرزنجوش، برازمبل، بادرنجبویه، بادرنجبویه پرپر و کاکوتی کوهی روی قارچهای عامل بیماری‌های انگور را بررسی کردند و گزارش نمودند که اسانس مرزنجوش مؤثرترین اثر بازدارندگی از رشد قارچهای بیماری‌زا را دارا بود. این گزارشات با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۹- نتایج تجزیه همبستگی میان صفات مورد ارزیابی در میوه گیلاس رقم 'تکدانه مشهد'

Figure 9- Results of correlation analysis between evaluated traits in sweet cherry fruit cv. 'Takdaneh Mashhad'

روابط بین صفات: مطالعه روابط صفات با استفاده از ضرایب همبستگی می‌تواند به شناسایی عواملی که با کیفیت و ماندگاری میوه ارتباط دارند، کمک کند. ضرایب همبستگی پیرسون در شکل ۹ ارائه شده است، همان‌طور که ملاحظه می‌شود بین اکثر صفات همبستگی‌های معنی‌دار وجود دارد. بازارپسندی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صفات با میزان اسید آسکوربیک (r=۰/۸۲**) و رنگ میوه (r=۰/۷۷**) همبستگی مثبتی داشت. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که افزایش این صفات منجر به بازارپسندی بالای میوه گیلاس می‌گردد. از سوی دیگر وجود همبستگی منفی بین میزان حفظ بازارپسندی با صفات پوسیدگی (r= −۰/۹۵**) و قهوه‌ای شدن دم میوه (r= −۰/۸۹**) نشان می‌دهد که با افزایش این صفات از میزان بازارپسندی میوه کاسته می‌شود. همبستگی مثبت بین فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) و میزان آنتوسیانین کل (r=۰/۸۴**) ثابت می‌کند که آنزیم PAL یک آنزیم کلیدی در بیوسنتز ترکیبات فنلی می‌باشد. در پژوهشی، ارتباط مثبتی بین فعالیت آنزیم PAL با ساخت آنتوسیانین در میوه‌های پرتقال خونی گزارش شده است (Njombolwana *et al.*, 2013). همچنین، توجه به همبستگی‌های منفی ضروری می‌باشد و جنبه دیگری از روابط خطی صفات را آشکار می‌نماید. در اینجا میزان قهوه‌ای شدن دم میوه و اسید آسکوربیک (r= −۰/۷۶*) ارتباط منفی داشتند که نشان‌دهنده این است که افزایش میزان اسید آسکوربیک سرعت فرایندهای تخریبی را کاهش می‌دهد و به عنوان یک پاداکسنده[1] در مقاومت به پیری نقش مؤثری دارد (۵). فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز با میزان پوسیدگی (r=۰/۸۴**) و قهوه‌ای شدم دم میوه (r=۰/۶۴*) همبستگی مثبت دارد. آنزیم PPO یک آنزیم اکسیداتیوی می‌باشد که با اکسید کردن ترکیبات فنلی منجر به قهوه‌ای شدن سطحی میوه‌ها می‌شود که این امر موجب کاهش پلی‌فنل‌ها و فقدان فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد. گرچه با تجزیه رنگیزه آنتوسیانین قهوه‌ای شدن اتفاق می‌افتد (Jannati *et al.*, 2014)، اما در مطالعه حاضر همبستگی خاصی میان محتوای آنتوسیانین و قهوه‌ای شدن دم (r=۰/۱۳^{ns}) مشاهده نشد (شکل ۹). از آنجایی که کاهش صفات بازارپسندی و رنگ بافت با افزایش میزان پوسیدگی ارتباط دارد. لذا به نظر می‌رسد، اسانس مرزنجوش با ممانعت از رشد قارچهای بیماری‌زا موجب حفظ بازارپسندی و جلوگیری از تغییرپذیری رنگ شده باشد. یکی از اثرات

1- Scavenger

مهم اسانس‌های گیاهی بطور غیرمستقیم، فعال کردن سیستم‌های دفاعی گیاه میزبان در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده بخصوص در برابر پاتوژن‌ها می‌باشد. همچنین اسانس این گیاه، به طور مستقیم با تغییر در ساختار فیزیولوژیکی قارچ‌های بیماری‌زا و همچنین آسیب به آنزیم‌های درگیر در تولید انرژی از فساد میوه‌ها جلوگیری می‌کند (Erfani-Moghadam and Mohammadi, 2021). پژوهش حاضر نیز نشان داد که میوه های تیمار شده با اسانس مرزنجوش نسبت به نمونه شاهد از ماندگاری بیشتری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری

میوه گیلاس یکی از محصولات باغبانی مورد پسند مشتری در سراسر جهان می‌باشد که به‌دلیل عمر انبارداری کم نیازمند روش‌های نوین و سالم جهت حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری آن است. کاربرد اسانس‌های گیاهی به‌عنوان یک روش طبیعی با جلوگیری از زوال و سرعت تخریب می‌تواند جهت افزایش زمان ماندگاری این میوه مؤثر واقع شود. نتایج این تحقیق اثبات کرد که اسانس مرزنجوش در غلظت ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر از طریق افزایش و حفظ میزان اسید آسکوربیک و بازارپسندی در روز ۱۵ام و همچنین کاهش تغییر رنگ بافت میوه و میزان آنتوسیانین در روز ۳۰ام زمان نگهداری شد. بالاترین میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز مربوط به غلظت ۱۰۰۰ میکرو لیتر اسانس در روز ۳۰ ام زمان نگهداری بود. علاوه بر این، پایین‌ترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، میزان پوسیدگی مربوط به غلظت ۷۵۰ میکرولیتر اسانس در روز ۱۵ام نگهداری بوده است. در غلظت ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس در روز ۱۵ام بالاترین حفظ میزان قهوه‌ای شدن دم میوه اتفاق افتاد. علت این امر را می‌توان به ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی موجود در اسانس مرزنجوش ربط داد. این ترکیبات به‌طور مستقیم بر فساد میوه و به‌طور غیرمستقیم با افزایش سیستم دفاعی میوه میزبان اثر گذاشته و باعث حفظ کیفیت میوه می‌شود. براساس نتایج این تحقیق می‌توان اسانس مرزنجوش را به‌عنوان یک روش سالم به‌منظور حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بهبود خصوصیات کیفی پس از برداشت میوه گیلاس معرفی نمود.

منابع

1. Al-Bayati, F.A., & Al-Mola, H.F. (2008). Antibacterial and antifungal activities of different parts of *Tribulus terrestris* L. growing in Iraq. *Journal of Zhejiang University Science B* 9(2): 154-159. https://doi.org/10.1631/jzus.B0720251.
2. Asgari Marjanlu, A., Mostofi, Y., Shoeibi, S., & Maghoumi, M. (2009). Effect of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on gray mold control and postharvest quality of strawberry (cv. Selva). *Journal of Medicinal Plants 8*(29): 131-139. (In Persian with English abstract)
3. Asghari, M.R. (2015). *Novel (non-classic) plant hormones and growth regulators*. Urmia University Press, 352 p. (In Persian)
4. Asghari, M.R., Azarsharif, Z., Tajik, H., & Farrokhzad Nansa, A.R. (2019). Effect of galbanum gum coating combined with cumin essential oil and calcium chloride on qualitative and biochemical characteristics of sweet cherry. *Journal of Horticultural Science 32*(4): 665-680. (In Persian with English abstract)
5. Asghari, M.R., Ghafari Baktash, H., & Farokhzad, A. (2018). Changes in quality of apple fruit (cv. Red Delicious) in response to postharvest salicylic acid and nitric oxide treatments. *Plant Production Technology 10*(1): 107-124. (In Persian with English abstract)
6. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., & González-Aguilar, G.A. (2007). High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology 45*(2): 166-173.
7. Barreto, T.A., Andrade, S.C., Maciel, J.F., Arcanjo, N.M., Madruga, M.S., Meireles, B., Cordeiro, Â.M., Souza, E.L., & Magnani, M. (2016). A chitosan coating containing essential oil from *Origanum vulgare* L. to control postharvest mold infections and keep the quality of cherry tomato fruit. *Frontiers in Microbiology* 7: 1724. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01724.
8. Beckman, C.H. (2000). Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants?. *Physiological and Molecular Plant Pathology 57*(3): 101-110. https://doi.org/10.1006/pmpp.2000.0287.
9. Castillo, S., Pérez-Alfonso, C.O., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M., & Valero, D. (2014). The essential oils thymol and carvacrol applied in the packing lines avoid lemon spoilage and maintain quality during storage. *Food Control 35*(1): 132-136. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.052.
10. Davari, M., & Ezazi, R. (2016). Study on the effects of four medicinal plant essential oils and two Trichoderma species on biocontrol of grape fruit rot fungi. *Biological Control of Pests and Plant Diseases* 5(1): 1-12. (In Persian with English abstract)
11. de Souza, E.L., de Barros, J.C., de Oliveira, C.E.V., & da Conceição, M.L. (2010). Influence of *Origanum vulgare* L. essential oil on enterotoxin production, membrane permeability and surface characteristics of *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Food Microbiology 137*(2-3): 308-311.

https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.025.
12. Dehestani Ardakani, M., & Mostofi, Y. (2018). Extension of storage life and quality properties of grape cv. 'Bidaneh Ghermez' by *Thymus* essential oil. *Iranian Journal of Horticultural Science 48*(4): 753-764. (In Persian with English abstract)
13. dos Santos, N.S.T., Athayde, A.J.A., Vasconcelos De, O.C.D., De Sales, C.V., De Melo, S., Sousa da, S.R., Montenegro, S.T.C., & De Souza, E.L. (2012). Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food Microbiology 32*(2): 345-353. https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.014.
14. Ebrahimpour, A., Ghani, A., & Azizi, M. (2008). Effect of temperature, packaging and some natural compounds on storage improvement of Sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15*(1): 28-38. (In Persian with English abstract)
15. El-Sayed, S. F., Atress, A. S., Mahmoud, A. W. M., Maghraby, M. I. F., & El-Mogy, M. M. (2022). Effect of exogenous postharvest application with thyme and cinnamon oils on quality and storability of cherry tomato. *International Journal of Health Sciences 6*(S8): 4582–4594. https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS8.13245.
16. Erfani-Moghadam, J., & Mohammadi, O. (2021). Effect of ascorbic acid and essential oil of *thymbra* spicata on shelf life and quality maintenance of strawberry. *Journal of Crop Production and Processing 11*(2): 93-108. (In Persian with English abstract)
17. Esna-Ashari, M., & Zokaee Khosroshahi, M.R. (2009). *Post-harvest physiology and technology*. First Edition, Bu-Ali Sina University press. 298 p. (In Persian)
18. Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology 22*(6): 292-303. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004.
19. Ghafouri, M., Soleimani, A., Rabiei, V., & Hemmati, R. (2016). The effect of foliar application after harvesting thyme essential oil on shelf life and quality of pomegranate fruit (Tarom red skin cultivar). *Journal of Horticultural Science 29*(4): 547-555. (In Persian with English abstract)
20. Golestani, A., & Rastegar, S. (2017). Effect of rosemary and artemisia essential oil on decay control and quality characters of mango fruit during storage. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture) 40*(2): 53-62. (In Persian with English abstract)
21. Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W., & Traber, M.G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology 33*(1): 67-78. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.01.008.
22. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry 110*(2): 428-435. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020.
23. Jannati, M., Abdossi, V., & Mashhadi Akbar Boujar, M. (2014). Effect of calcium chloride and thyme essential oils application on some postharvest characteristics of strawberry fruit cv. Selva. *Modern Science of Sustainable Agriculture Journal* 2(2): 25-32. (In Persian with English abstract)
24. Jin, P., Wang, S.Y., Gao, H., Chen, H., Zheng, Y., & Wang, C.Y. (2012). Effect of cultural system and essential oil treatment on antioxidant capacity in raspberries. *Food Chemistry* 132(1): 399-405. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.011.
25. Karthikeyan, M., Radhika, K., Mathiyazhagan, S., Bhaskaran, R., Samiyappan, R., & Velazhahan, R. (2006). Induction of phenolics and defense-related enzymes in coconut (*Cocos nucifera* L.) roots treated with biocontrol agents. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18: 367-377. https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000300003.
26. Lee, S.K., & Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207–220. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2.
27. Lounds-Singlton, A.J. (2003). Influence of thermal postharvest stress on mango (*Mangifera indica*) polyphenolics during ripening. University of Florida, U.S.A. 68 P.
28. Mohammadi, S., Aroiee, H., Tehranifar, A., & Jahanbakhsh, V. (2012). Application of essential oils in control postharvest decay of strawberry fruit caused by *Bottrytis cinerea* fungus. *Postharvest Physiology and Technology of Horticultural Crops* 1(2): 55-73. (In Persian with English abstract)
29. Mozafari, A.A., Rahimi, R., & Abdousi, V. (2017). Effects of *Echinophora platyloba* essential oil on quantitative and qualitative characteristics of two varieties of strawberries during shelf-life. *Journal of Food Research* 27(4): 87-102. (In Persian with English abstract)
30. Nikkhah, M., Habibi Najafi, M.B., Hashemi, M., & Farhoosh, R. (2019). Antifungal activity and synergistic effects of thyme, cinnamon, rosemary and marjoram essential oils in combination, against apple rot fungi. *Journal of Food Research* 29(1): 43-54. (In Persian with English abstract)
31. Njombolwana, N.S., Erasmus, A., Van Zyl, J.G., du Plooy, W., Cronje, P.J., & Fourie, P.H. (2013). Effects of citrus wax coating and brush type on imazalil residue loading, green mould control and fruit quality retention of sweet oranges. *Postharvest Biology and Technology* 86: 362-371.

https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.017.
32. Norouzi Faz, F., Mirdehghan, S.H., Karimi, H.R., & Alaei, H. (2016). Effect of thymol and menthol essential oils combined with packaging with celofan on the maintenance of postharvest quality of strawberry cv. Parus. *Iranian Journal of Horticultural Science* 47(1): 81-91. (In Persian with English abstract)
33. Parvizi, V., Shirzad, H., Alirezalu, A., & Rahmanzade Ishkeh, S. (2020). Effect of chitosan nano-emulsion and fennel essential oil on antioxidant activity and biochemical contents of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Pomology Research Scientific Journal* 5(1): 1-15. (In Persian with English abstract)
34. Pizzocaro, F., Torreggiani, D., & Gilardi, G. (1993). Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation* 17(1): 21-30. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1993.tb00223.x.
35. Rabbani Nasab, H., Mousavi, S.A., & Heidarzadeh, N. (2012). Study of antifungal effects of some medicinal plants effect on suupression of growth of post harvest disease fungal agent of grape in north Khorassan. *Postharvest Physiology and Technology of Horticultural Crops* 1(3): 91-106. (In Persian with English abstract)
36. Rahemi, M. (2011). Postharvest: an introduction to the physiology and handing of fruit, vegetables and ornamentals. Fifth edition, *Shiraz university press*, 447 p. (In Persian).
37. Randhir, R., Vattem, D.A., & Shetty, K. (2006). Antioxidant enzyme response studies in H_2O_2-stressed procine muscle tissue folloeing treatment with fava bean sprout extract and L-DOPA. *Journal of Food Biochemistry* 30(6): 671-698. https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2006.00090.x.
38. Rusková, M., Opálková Šišková, A., Mosnáčková, K., Gago, C., Guerreiro, A., Bučková, M., Puškárová, A., Pangallo, D., & Antunes, M.D. (2023). Biodegradable active packaging enriched with essential oils for enhancing the shelf life of strawberries. *Antioxidants* 12(3): 755. https://doi.org/10.3390/antiox12030755.
39. Sayyari, M., Shabanloo, M., & Azizi, A. (2019). Impact of hexanal, pelargonium. essential oil-cucurbita pepo oil and enhanced freshness formulation (EFF) on storage life of grape cv. Bidaneh sefid. *Crops Improvement* 20(4): 889-901. (In Persian with English abstract).
40. Tzortzakis, N.G. (2007). Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8(1): 111-116. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.08.001.
41. USDA, N. (2020). The Plants Database. Greensboro: National plant data team. http://plants.usda.gov/.
42. Veltman, R., & Van Schaik, A. (1997). Membrane demage in fruits perhaps the explanation of hollow core and flesh browning. *Fruitteelt* 87: 12-13.
43. Wafaa, A.A., Sahar, M.A., & Kamel, O.T. (2014). Using safe alternatives for controlling postharvest decay, maintaining quality of crimson seedless grape. *World Applied Sciemces Journal* 31(7): 1345- 1357. https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.31.07.14464.
44. Wagner, G.J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology* 64(1): 88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 167-179

The Effect of Fulvic Acid and Triacantanol Foliar Application on some Biochemical and Physiological Properties and Active Ingredients of *Calendula officinalis*

H. Taghizadeh[1], S. Alizadeh Salteh[2]*, M. Matloobi[3]

Received: 26-12-2021
Revised: 31-05-2022
Accepted: 02-06-2022
Available Online: 06-06-2022

How to cite this article:
Taghizadeh, H., Alizadeh Salteh, S., & Matloobi, M. (2023). The effect of fulvic acid and triacantanol foliar application on some biochemical and physiological properties and active ingredients of *Calendula officinalis*. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 167-179. (In Persian with English abstract).
http://doi.org/10.22067/jhs.2022.74365.1119.

Introduction

Marigold *(Calendula officinalis)* is an herbaceous plant belonging to the family Asteraceae. *C. officinalis* is always one of the most widely used medicinal plants and is widely cultivated for its extract in traditional and herbal medicine especially in Iran. Marigold extract has medicinal effects such as wound healing, anti-inflammatory, antibacterial, immune stimulating, anti-tumor and anti-AIDS. To achieve the higher yield and quality in this plant, it's necessary to have enough nutrition. Fulvic acid stimulates plant metabolism, increases enzyme activity as a catalyst in plant respiration, and increases nutrient efficiency and cell pore permeability. On the other hand, triacanthanol is a type of alcohol with a 30-carbon chain and is found naturally in plant epicotyledonous waxes. The use of triacanthanol increases plant dry weight and reduces the content of sugar, amino acids and protein.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of fulvic acid and triacantanol and their interactions on some characteristics of *C. officinalis*, a factorial experiment with 16 treatments and 3 replications was conducted at greenhouse. Experimental treatments consisted of four levels of fulvic acid (0, 0.5, 1, 2 mg / l) as the first factor and four levels of triacantanol (0, 10^{-5}, 5.5×10^{-4}, 10^{-4} M) as the second factor. Treatments were sprayed on the plant three times in the form of foliar spray. Physiological factors were measured during the growing season and after applying the treatments. Finally, at the end of the growing season, plants were sampled to measure the parameters. Yield and fresh and dry weight (at flowering stage and in the form of fully opened flowers), shoot height with a ruler, number of leaves and leaf area were measured with a leaf gauge. Number of flowers by counting the number of flowers from the time of the first flower to the end of the experiment without taking into account the unopened buds, the time required for flowering (early flowering, late flowering) in terms of days by noting the date of the day At the time of emergence, the first flower in each treatment was examined. Acetone at 100% was used to measure photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoids) and their absorption was measured at 470, 644.8 and 661.6 nm by spectrophotemeter. The measurement of total phenol was performed using a covalent folate reagent in the absorption spectrum of 765 nm in a spectrophotometer. The flavonoid content of all extracts was measured by aluminum chloride colorimetric method. The absorbance of the samples was read at 415 nm by spectrophotometer. Quercetin was used as the standard to obtain the calibration curve. The flavonoid content of the samples was reported as mg quercetin per

1, 2 and 3- M.Sc. Student and Associate Professors, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultur, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.74365.1119

100 g fresh plant weight. DPPH free radical scavenger was used to measure antioxidant activity. The absorbance of the samples was read at 517 nm using a spectrophotometer.

Results and Discussion

Based on the results of this study, it was observed that the foliar application of 10-4 M triacantanol led to an increase in flower yield, leaf area, fresh weight, dry weight, number of flowers, flower height, antioxidant activity, and flavonoid content. On the other hand, the application of 10-5 M triacantanol increased the percentage of evergreen dry matter and phenol content more than the other concentrations. Among the different concentrations of fulvic acid tested, the concentration of 2 mg/l showed the greatest positive impact on the number of leaves, leaf area, fresh weight, dry weight, dry matter percentage, antioxidant activity, and total flavonoid content. Overall, the application of 10-4 M triacantanol and 2 mg/l fulvic acid as a leaf treatment significantly improved most of the measured traits in comparison to the control treatment. It is worth noting that plants treated with 2 mg/l fulvic acid flowered later than the other treatments, and there was a significant interaction between triacanthanol and fulvic acid on flower yield and height.

Conclusion

The results of this study in response to the use of the triacantanol and fulvic acid indicate that the use of these two compounds in foliar spraying can be very useful to achieve sustainable production and achieve organic farming. Triacanthanol promotes growth by regulating many of the genes involved in photosynthesis The use of fulvic acid increases the permeability of the cell membrane and better penetration of nutrients from the membrane. Also, soil permeability to nitrogen uptake increases by plant roots.

Keywords: Antioxidant activity, Flavonoid, Spraying, Yield

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۱۷۹-۱۶۷

تأثیر محلول‌پاشی اسید فولویک و هورمون تریاکانتانول بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و مواد مؤثره گیاه دارویی گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*)

هدیه تقی زاده باغچه جوقی[۱]- سعیده علیزاده سالطه[۲*]- منصور مطلوبی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۲

چکیده

به منظور ارزیابی اثر فولویک‌اسید و تریاکانتانول و اثرات متقابل آن‌ها بر برخی ویژگی‌های گیاه همیشه بهار، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار در گلخانه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح فولویک‌اسید (صفر، ۰/۵، ۱، ۲ میلی‌گرم در لیتر) به عنوان فاکتور اول و تریاکانتانول در چهار سطح (صفر، 10^{-5}، $5/5\times10^{-4}$، 10^{-4}مولار) به عنوان فاکتور دوم بودند. تیمارها به صورت محلول‌پاشی برگی در سه نوبت روی گیاه انجام شدند. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش کاربرد برگی تریاکانتانول 10^{-4} مولار باعث افزایش عملکرد گل‌آذین، سطح برگ، وزن تر و خشک، تعداد گل‌آذین، طول گل‌آذین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فلاونوئید گل‌آذین شد. غلظت 10^{-5} مولار تریاکانتانول میزان درصد ماده خشک و فنول کل را بیشتر از سایر غلظت‌ها افزایش داد. کاربرد غلظت دو میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید این ماده بیشترین اثر را بر تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک، درصد ماده خشک، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فلاونوئید کل داشت. در مجموع اثر ساده کاربرد برگی 10^{-4} مولار تریاکانتانول و دو میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید توانست اکثر صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری بهبود بخشد. گیاهان تیمار شده با دو میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید دیرتر از سایر تیمارها گل دادند. اثر متقابل تریاکانتانول × فولویک‌اسید بر عملکرد و ارتفاع بوته معنی‌دار شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش در واکنش به مصرف هورمون تریاکانتانول و فولویک اسید بیانگر این است که استفاده از این دو ترکیب به صورت محلول پاشی برگی می‌تواند جهت افزایش عملکرد و خصوصیات فیتوشیمیایی همیشه بهار بسیار مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محلول‌پاشی، عملکرد گل

مقدمه

در فرایند پرورش گیاهان دارویی، ارائه روش‌های مناسب تولید جهت افزایش کمیت و کیفیت این گیاهان حائز اهمیت می‌باشد (Ashraf and Orooj, 2006). امروزه گیاهان دارویی از گیاهان مهم اقتصادی هستند که به‌صورت خام یا فرآوری شده در طب سنتی و مدرن مورد استفاده و بهره‌وری قرار می‌گیرند. بنابراین بسیاری از این گیاهان باید در سطح وسیع کشت شوند و می‌باید یک سری عوامل اساسی درنظر گرفته شود تا گیاه کیفیت و میزان مواد مؤثره خود را حفظ کند (Olaniyi and Odedere, 2009). از آنجا که کمیت و کیفیت مواد مؤثره در گیاهان دارویی علاوه بر کنترل ژنتیکی به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Levitt, 1980)، بررسی تیمارهای مدیریتی و نقش آن‌ها در پیش‌بینی و ارزیابی رشد و عملکرد گیاهان دارویی بسیار ضروری است.

همیشه بهار با نام علمی *Calendula officinalis* یکی از پرکاربردترین گیاهان دارویی است که به‌طور وسیعی به منظور استفاده از عصاره آن در طب سنتی و گیاه درمانی پرورش می‌یابد (Azzaz *et al.*, 2007). عصاره همیشه بهار دارای اثرات دارویی از قبیل التیام

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.74365.1119

زخم، ضد التهاب، ضد باکتری، تحریک ایمنی، ضد تومور و ضد ایدز است (Butnariu and Coradini, 2012).

در گیاه دارویی همیشه بهار، محصول اقتصادی موردنظر، عملکرد گل های لوله ای و زبانه ای است که بر روی گل آذین کاپیتول قرار می گیرند در واحد سطح است و مدیریت زراعی بایستی به گونه‌ای باشد که حداکثر میزان محصول به دست آید. تغذیه مطلوب گیاهان و کاهش اثر کمبود عناصر غذایی مهم، یکی از عوامل مؤثربر تولید گیاهان به شمار می‌رود. تأثیر مثبت نیتروژن به عنوان کلاته‌کننده عناصر در افزایش پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه همیشه بهار در آزمایشات مختلف گزارش شده است (Al-Badawy *et al.*, 1995). کاربرد مواد هیومیکی در محلول غذایی از طریق افزایش ظرفیت فتوسنتزی، بهبود جذب عناصرغذایی، افزایش کارایی و راندمان عناصرغذایی و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (فنول کل)، ضمن افزایش عملکرد، منجر به بهبود و افزایش دوام عمر گل شاخه بریده همیشه بهار گردید (Allahverdi and Nazari deljoo, 2014). تولید مطلوب محصولات کشاورزی نیازمند عناصرغذایی کافی و قابل جذب برای گیاه است. فولویک‌اسید موجب تحریک متابولیسم گیاه، افزایش فعالیت آنزیم به عنوان کاتالیزور در تنفس گیاه می‌باشد و کارایی عناصرغذایی و نفوذپذیری منافذ سلولی را افزایش می‌دهد. فولویک‌اسید مجموعه‌ای از زنجیره‌های آلیفاتیک ضعیف و اسیدهای آلی آروماتیک می‌باشد که در کلیه pHها در آب قابل حل می‌باشد و دارای مولکول‌های کوچکی است که همانطور که این مولکول‌ها وارد گیاه می‌شوند، می‌توانند عناصر ریزمغذی را به همراه خود از سطح گیاه وارد بافت کنند. قدرت تبادل یونی فولویک‌اسید بالاست که به دلیل حضور گروه کربوکسیل (COOH) موجود در ساختار آن است. محلول‌پاشی فولویک‌اسید به همراه عناصر ریزمغذی کلات شده تأثیر زیادی بر بالا بردن کیفیت محصول دارد. حتی کاربرد یک بار فولویک اسید در طول رشد می‌تواند به میزان زیادی عناصر ریزمغذی موردنیاز گیاه را تأمین نماید. این ترکیب دارای سازگاری زیادی با گیاه است. بنابراین هیچ‌گونه سمیتی برای گیاه ایجاد نمی‌نماید. همچنین موجب افزایش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول شده و نیز با افزایش سنتز کلروفیل، میزان عملکرد محصول را بالا می‌برد. فولویک اسید موجب افزایش تعداد گل و افزایش محصول می‌گردد (Dixon and Weed, 1989).

تریاکانتانول برای اولین بار در گیاه یونجه (*Medicago sativa* L) کشف شد (Ries et al., 1982). تریاکانتانول، یک الکل نوع اول با زنجیره ۳۰ کربنه [CH_3 $(CH_2)_{28}$ CH_2OH] است و به طور طبیعی در موم اپی‌کوتیکول گیاه یافت می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد تریاکانتانول باعث افزایش وزن خشک گیاه (Knowles and Ries, 1981) و کاهش محتوای قند (Sharma *et al.*, 2002)، آمینواسید و پروتئین می‌شود (Ries *et al.*, 1982). همچنین بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ (Kumaravelu *et al.*, 2000) و فلورسانس کلروفیل برگ اثر مثبت دارد (Chen *et al.*, 2003). تریاکانتانول به عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی، به‌طور قابل توجهی رشد و توسعه گیاه را بهبود می‌بخشد. به‌طورکلی تریاکانتانول، آنزیم‌های تنظیم‌کننده رشد (Chen *et al.*, 2003) و فرآیندهای متابولیسمی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طوری‌که تریاکانتانول نه‌تنها در شرایط بدون تنش، بلکه در محیط‌های تنش‌زا نیز به عنوان تنظیم‌کننده رشد، باعث بهبود رشد و عملکرد محصول می‌شود. به عنوان مثال، کاربرد خارجی تریاکانتانول نقش مثبتی بر افزایش رشد گیاه ریحان داشته است (Borowski and Blamowski, 2009). کاربرد تریاکانتانول باعث بهبود رشد آفتابگردان نیز شد که ممکن است به دلیل تنظیم ژن‌های مربوط به فتوسنتز و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی باشد که با رهاسازی یک پیام‌رسان ثانویه، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر متابولیسم کربوهیدرات و پاسخ به بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه شود (Naeem *et al.*, 2006). با این حال، مکانیسم اساسی تریاکانتانول، افزایش سرعت فتوسنتز می‌باشد که ممکن است به دلیل نقش تریاکانتانول در تنظیم فعالیت آنزیم روبیسکو باشد (Houtz *et al.*, 1985). تعدادی از محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد تریاکانتانول رشد و عملکرد فتوسنتز، سنتز پروتئین، جذب آب و موادغذایی، تثبیت نیتروژن، فعالیت آنزیم‌ها و محتویات اسیدآمینه‌های آزاد، کاهش قند، پروتئین‌های محلول و ترکیبات فعال اسانس را در محصولات مختلف بهبود می‌بخشد (Naeem *et al.*, 2011). بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تیمارهای فولویک اسید و تریاکانتانول بر صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و مواد مؤثره گل همیشه بهار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش مطابق جدول ۱ بود.

برای انجام آزمایش ابتدا نشاهای گل همیشه بهار (بذر خریداری شده از شرکت ویلمورین فرانسه) در گلدان‌هایی به قطر ۲۱ و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر و بستر کشت حاوی یک‌ششم کود دامی کاملاً پوسیده، یک‌ششم ماسه بادی و چهار ششم خاک زراعی بعد از الک کردن، کاشته شد. ضدعفونی گلدان‌ها با قارچکش انجام گرفت و در هر گلدان سه بوته کاشته شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the tested soil

رس Clay (٪)	لای Silt (٪)	شن Sand (٪)	پتاسیم K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	نیتروژن N (٪)	کربن آلی(٪) OC	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
6	18	76	480	36	0.5	1.2	7.8	2

بافت خاک گلدان‌ها شنی لومی بوده و در زمره خاک‌های سبک محسوب می‌شود و از لحاظ هدایت الکتریکی در خاک مذکور هیچگونه خطر شوری وجود نداشته و مقدار فسفر و پتاسیم موجود در آن در حد رضایت‌بخش بود. پس از انتقال نشاهای گیاه همیشه بهار به گلدان‌ها، در شرایط یکسان تا رسیدن به مرحله سه تا چهار برگی برای تیمار، آبیاری شدند و پس از آن تیمارهای فولویک اسید و تریاکانتانول هر کدام در چهار غلظت به مدت سه هفته (یک‌بار در هر هفته) قبل از ظهور گل‌ها اعمال گردید. فولویک‌اسید (صفر، ۰/۵، ۱، ۲ میلی‌گرم در لیتر) و تریاکانتانول (صفر، 10^{-5}، 10^{-4}، $5/5\times10^{-4}$، 10^{-4} مولار) به صورت محلول‌پاشی برگی روی گیاه اسپری شدند (جدول ۲). در طول فصل رشد و پس از اثرگذاری تیمارها بر روی گیاهان فاکتورهای فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد. نهایتاً در انتهای فصل رشد، نمونه‌برداری از گیاهان جهت اندازه‌گیری سایر پارامترها انجام شد.

جدول ۲- نسبت فولویک‌اسید و تریاکانتانول استفاده شده در تیمارها

Table 2- The Ratio of fulvic acid and triacantanol used in treatments

تیمار Treatment	فولویک اسید (میلی‌گرم بر لیتر) F Fulvic acid	تریاکانتانول (مولار) T Triacantanol
F1T1	0	0
F1T2	0	10^{-5}
F1T3	0	$5.5*10^{-4}$
F1T4	0	10^{-4}
F2T1	0.5	0
F2T2	0.5	10^{-5}
F2T3	0.5	$5.5*10^{-4}$
F2T4	0.5	10^{-4}
F3T1	1	0
F3T2	1	10^{-5}
F3T3	1	$5.5*10^{-4}$
F3T4	1	10^{-4}
F4T1	2	0
F4T2	2	10^{-5}
F4T3	2	$5.5*10^{-4}$
F4T4	2	10^{-4}

عملکرد و وزن تر و خشک (در مرحله گلدهی و به صورت گل کامل باز شده) با ترازوی دقیق دیجیتالی، ارتفاع اندام هوایی با خط‌کش، تعداد برگ و اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری گردید. شمارش تعداد گل آذین‌ها از زمان پیدایش اولین گل تا زمان پایان آزمایش بدون احتساب غنچه‌های بازنشده انجام شد، زمان لازم تا گلدهی (زود گل‌ده، دیر گل‌ده بودن) بر حسب روز با یادداشت کردن تاریخ روز در زمان پیدایش اولین گل در هر تیمار مورد بررسی قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری و سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید) از استون ۱۰۰ درصد استفاده گردید و جذب آن‌ها در طول موج ۴۷۰، ۶۴۴/۸ و ۶۶۱/۶ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت کلروفیل a (فرمول یک)، کلروفیل b (فرمول دو)، کلروفیل کل (فرمول سه) و کاروتنوئید (فرمول چهار) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987).

$C_a\ (\mu g/ml) = 16.72\ A_{665.2} - 9.16\ A_{652.4}$ فرمول (۱)

$C_b\ (\mu g/ml) = 34.09\ A_{652.4} - 9.16\ A_{665.2}$ فرمول (۲)

$C_{(X+C)}\ (\mu g/ml) = (1000\ A_{470} - 1.63\ C_a - 104.96\ C_b) / 221$ فرمول (۳)

C_a= a کلروفیل C_b= b کلروفیل $C_{(X+C)} = C_a$ فرمول (۴)

اندازه‌گیری فنول کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو در طیف جذبی ۷۶۵ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (Malik and Singh, 1980).

محتوای فلاونوئید کل عصاره‌ها به روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد. میزان جذب عصاره نمونه‌ها در طول موج

۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد. مقدار فلاونوئید نمونه‌ها به صورت میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر گیاه گزارش گردید (Chang *et al.*, 2002).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH استفاده شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از فرمول پنج محاسبه گردید.

فرمول (۵) $$\%DPPH = \frac{Abs\ control - Abs\ sample}{Abs\ control} \times 100$$

در این فرمول %DPPH درصد بازدارندگی، $Abs_{control}$ میزان جذب DPPH و Abs_{sample} میزان جذب (نمونه + DPPH) می‌باشد (Suh *et al.*, 2014).

این آزمایش به صورت فاکتوریل (فولویک‌اسید× تریاکانتانول) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار در گلخانه انجام شد. محاسبات آماری و رسم نمودارها به ترتیب با استفاده از نرم افزارهای SPSS2 و Excel انجام شد و میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای تریاکانتانول بر عملکرد گل همیشه بهار در سطح احتمال پنج درصد و بر وزن تر و خشک و درصد ماده خشک گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تأثیر تیمارهای فولویک اسید نیز بر وزن تر و خشک در سطح احتمال یک درصد و بر درصد ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌دار داشت. اثر متقابل این دو تیمار بر عملکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کاربرد برگی فولویک‌اسید و تریاکانتانول بر صفات مورفولوژیک گل همیشه بهار

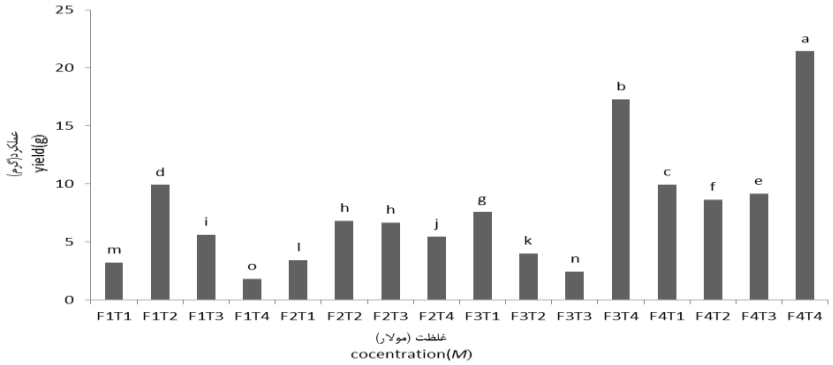
Table 3- ANOVA for foliar applicaton effect of fulvic acid and triacantanol on the morphological traits of *Calendula officinalis*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین‌مربعات Mean squares								
		ارتفاع بوته Height	زمان گلدهی Flowering time	تعداد گل آذین Number of flower	درصد ماده خشک Percentage of dry matter	وزن خشک Dry weight	وزن تر Fresh weight	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Number of leaf	عملکرد گل آذین Yield
فولویک‌اسید Fulvic acid (F)	3	25.171 ns	88.083*	318.722 ns	0.077*	3.211**	8.441**	9245.484*	33496.208*	29.988 ns
تریاکانتانول Triacantanol (T)	3	221.426*	31.417 ns	938.167**	1.646**	0.216**	225.738**	19866.750**	8594.147 ns	96.179*
F× T	9	129.185**	37.269 ns	352.037 ns	0.039 ns	0.010 ns	0.398 ns	2553.263 ns	9951.814 ns	77.148*
خطا Error	32	43.299	21.875	224.375	0.027	0.023	1.603	2774.614	7962.510	29.218
CV (%)		??	??	??	??	??	??	??	??	??

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ns غیرمعنی‌دار

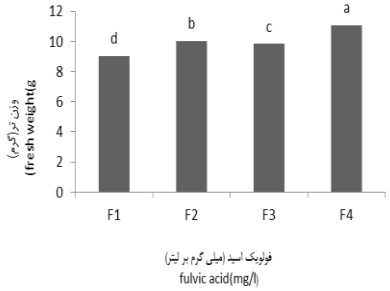
** Significant at 1% of probability level, * Significant at 5% of probability level, ns non-significant

در غلظت 10^{-5} مولار تریاکانتانول عملکرد گیاه نسبت به شاهد کاهش یافته و سپس با افزایش غلظت عملکرد نیز افزایش یافته و در غلظت 10^{-4} مولار به حداکثر مقدار خود رسیده است. اثر متقابل این دو تیمار بر عملکرد نیز معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد را گیاهان دریافت‌کننده 10^{-4} مولار تریاکانتانول و دو میلی‌گرم در لیتر فولویک اسید و کمترین مقدار را گیاهان دریافت‌کننده 10^{-4} مولار تریاکانتانول و صفر میلی‌گرم در لیتر فولویک اسید داشتند (شکل ۱). وقتی غلظت به 10^{-4} مولار تریاکانتانول و دو میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید رسید، عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد به میزان قابل توجهی افزایش یافت. با توجه به شکل ۲ (a، b، c و d) تأثیر تیمارهای فولویک‌اسید و تریاکانتانول بر وزن تر و خشک، بیشترین وزن تر و خشک را در هر دو تیمار گیاهان دریافت کننده 10^{-4} مولار تریاکانتانول و در فولویک‌اسید غلظت دو میلی‌گرم در لیتر داشتند. بیشترین تأثیر تیمارهای فولویک‌اسید بر درصد ماده خشک در غلظت دو میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. با توجه به شکل ۷ در غلظت 10^{-5} مولار تریاکانتانول (T_2) درصد ماده خشک به بیشترین مقدار رسیده است و سپس با افزایش غلظت، درصد ماده خشک کاهش یافته است.



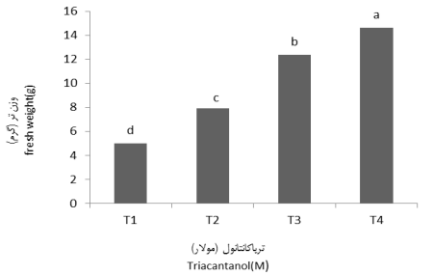
شکل ۱- اثر متقابل سطوح مختلف تریاکانتانول × فولویک‌اسید بر عملکرد گیاه همیشه بهار

Figure 1- Interaction effect of different levels of triacantanol ×fulvic acid on yield of *Calendula officinalis* (DMRT, $p\leq0.05$)



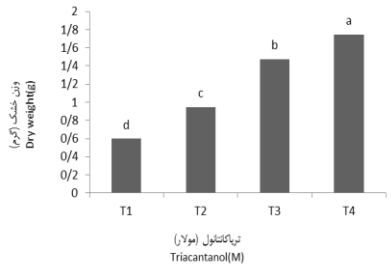
a. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر وزن تر (گرم)

a- The effect of fulvic acid concentrations on fresh weigh



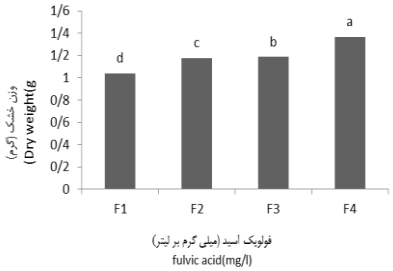
b. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر وزن تر (گرم)

b- The effect of triacantanol concentrations on fresh weight



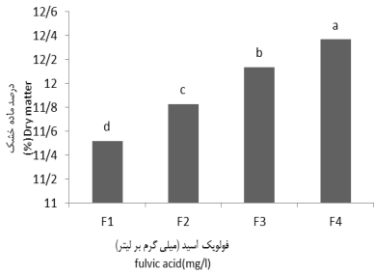
c. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر وزن خشک (گرم)

c- The effect of triacantanol concentrations on dry weight



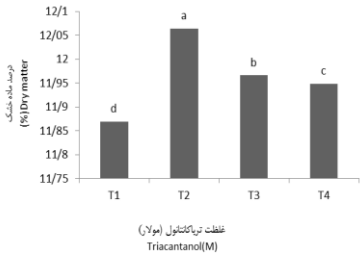
d. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر وزن خشک (گرم)

d- The effect of fulvic acid concentrations on dry weight



e. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر درصد ماده خشک

e- Effect of triacantanol concentrations on dry matter percentage



f. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر درصد ماده خشک

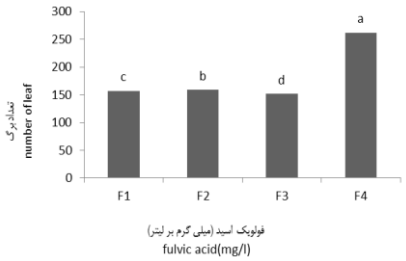
f- Effect of fulvic acid concentrations on dry matter percentage

شکل ۲- اثر سطوح مختلف تریاکانتانول و فولویک‌اسید بر وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک گل همیشه بهار

Figure 2- The effect of different levels of triacantanol and fulvic acid on fresh weight, dry weight and dry matter of *C. officinalis* (DMRT, $p\leq0.05$)

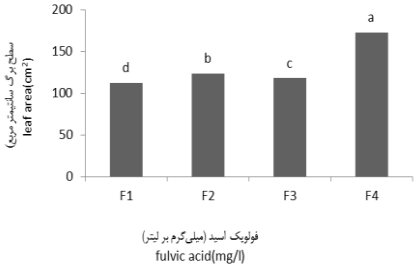
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

اثر غلظت‌های مختلف فولویک اسید بر پارامترهای تعداد برگ و سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثر تیمار تریاکانتانول در سطح احتمال یک درصد بر صفت سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که گیاهان تیمار شده با غلظت دو میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید بیشترین تعداد برگ و سطح برگ را داشتند. همچنین بیشترین سطح برگ را گیاهان دریافت کننده 10^{-4} مولار تریاکانتانول داشتند (شکل ۳؛ a, b, c).



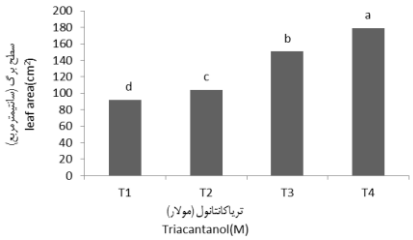
a. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر تعداد برگ

a- The effect of fulvic acid concentrations on leaf number



b. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر سطح برگ (سانتی متر مربع)

b- The effect of fulvic acid concentrations on leaf area



c. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر سطح برگ (سانتی‌متر مربع)

c- The effect of triacantanol concentrations on leaf area

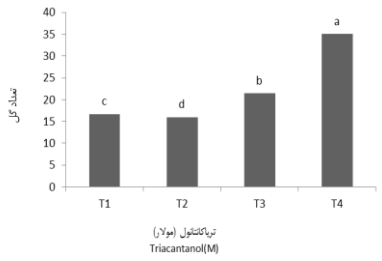
شکل ۳- اثر سطوح مختلف تریاکانتانول و فولویک‌اسید بر سطح برگ و تعداد برگ همیشه بهار

Figure 3- The effect of different levels of triacantanol and fulvic acid on leaf areae and leaf number of *C. officinalis*. (DMRT, $p\leq0.05$)

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

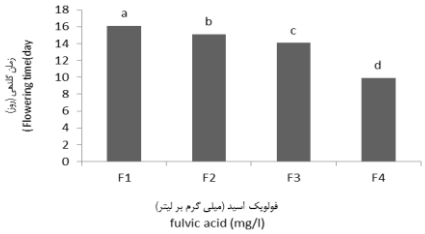
تیمارهای تریاکانتانول بر صفت تعداد گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد گل در تیمار 10^{-4} مولار و کمترین تعداد گل در تیمار 10^{-5} مولار مشاهده شد (شکل ۴- a).

همچنین تیمارهای فولویک‌اسید بر صفت زودگلدهی و دیرگلدهی در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت، به‌طوری‌که گیاهان تیمار شده با بالاترین غلظت فولویک‌اسید دیرتر از بقیه تیمارها گل دادند، در مقابل تیمار شاهد زودگل‌ده بودند. با افزایش غلظت فولویک اسید گل‌ها دیرتر نسبت به شاهد باز شدند (شکل ۴-b).



شکل a. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر تعداد گل در گلدان

a- Effect of triacanthanol concentrations on flower number



b. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر زمان گلدهی

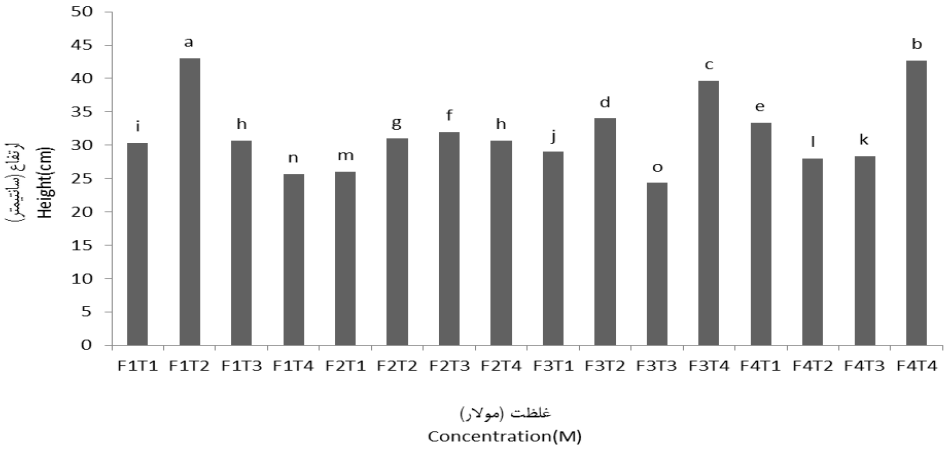
b- Effect of fulvic acid concentrations on flowering time

شکل ۴- اثر سطوح مختلف تریاکانتانول و فولویک‌اسید بر تعداد گل و زمان گلدهی گل همیشه بهار

Figure 4- The effect of different levels of triacantanol and fulvic acid on flower number and flowering time of *C. officinalis* (DMRT, $p\leq0.05$)

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

با توجه به آنالیز واریانس داده‌ها مشاهده شد که اثر متقابل تریاکانتانول و فولویک‌اسید در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). غلظت‌های 10^{-4} مولار تریاکانتانول و دو میلی‌گرم در لیتر فولویک اسید، 10^{-5} مولار تریاکانتانول و صفر میلی‌گرم در لیتر فولویک‌اسید مناسب‌ترین تیمار جهت افزایش ارتفاع بودند (شکل ۵).



شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف تریاکانتانول × فولویک‌اسید بر ارتفاع بوته گل همیشه بهار

Figure 5- Interaction effect of different levels of triacantanol ×fulvic acid on plant height of *Calendula officinalis*. (DMRT, $p\leq0.05$)

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

تریاکانتانول به دلیل تنظیم بسیاری از ژن‌های مرتبط با فتوسنتز موجب بهبود رشد می‌شود (Singh *et al.*, 2012). اولین شرط لازم برای عملکرد بالای گیاهان، افزایش در بیوماس تولیدی از نظر ماده خشک است. تریاکانتانول مانند سایر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به عنوان یکی از مهمترین محرک‌های رشد گیاهی شناخته شده است و بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تنظیم می‌کند (Perveen *et al.*, 2010). شدت فتوسنتز به میزان دی‌اکسیدکربن هوا، دما و شدت نور بستگی دارد. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در میزان و شدت فتوسنتز، مقدار گاز دی‌اکسیدکربن است. تریاکانتانول از طریق افزایش تثبیت دی اکسید کربن و رونویسی بالاتر از ژن روبیسکو در انواع گونه‌های گیاهی باعث بهبود فتوسنتز و افزایش تجمع مواد فتوسنتزی و وزن گیاهان می‌شود (Eriksen *et al.*, 1981). طبق تحقیقات انجام شده، کاربرد فولویک‌اسید سبب افزایش نفوذپذیری غشا سلول و نفوذ بهتر مواد غذایی از غشا می‌شود. همچنین نفوذپذیری خاک نسبت به نیتروژن باعث افزایش قابلیت جذب خاک توسط ریشه‌های گیاه می‌شود. علاوه بر آن، سبب افزایش جذب پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر توسط گیاه نیز گردیده است. لذا افزایش رشد ریشه و اندام‌های هوایی را می‌توان به این ویژگی فولویک‌اسید مرتبط دانست (Haghparast *et al.*, 2011).

به نظر می‌رسد گیاهان تیمار شده با تریاکانتانول به دلیل تعمیر و حفظ پتانسیل آب و افزایش هدایت روزنه‌ای باعث افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن در بافت مزوفیل برگ می‌شود و در نتیجه فتوسنتز و تجمع مواد افزایش یافته است. ردی و همکاران (Redy *et al.*, 2002) گزارش کردند این اثرات ممکن است به دلیل انتقال سریع تریاکانتانول در سراسر گیاه و افزایش سوخت و ساز گیاه می‌شود. در نتیجه باعث افزایش قابل توجه رشد و ماده خشک گیاه می‌شود (Reddy *et al.*, 2002). تریاکانتانول فعالیت‌های خاص آنزیم روبیسکو و آنزیم کربوکسیلاز فسفوانول پیرووات را تحریک می‌کند و بالا بودن سطح و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با فتوسنتز ممکن است مواد جامد محلول و قند برگ‌ها را افزایش دهد. در نتیجه رشد برگ، سطح برگ و تعداد کل برگ افزایش می‌یابد. کاربرد مواد هیومیکی سبب افزایش معنی‌دار در تعداد برگ گیاه دارویی همیشه‌بهار گردید که علت آن فعالیت شبه‌هورمونی مواد هیومیکی بر رشد رویشی بیان شده است (Aghakhani *et al.*, 2014). افزایش در تعداد برگ در مراحل ابتدایی رشد و نمو گیاه احتمالاً به دلیل گسترش سریع سیستم ریشه‌ای گیاه در غلظت‌های زیاد مواد هیومیکی می‌باشد، که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصرغذایی، رشد بهتر گیاه و به دنبال

آن افزایش تعداد برگ می‌گردد (Atiyeh *et al.*, 2002).

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش غلظت تریاکانتانول تعداد گل در بوته افزایش یافته است. با توجه به این مطلب به نظر می‌رسد در تیمار عدم مصرف هورمون تریاکانتانول نسبت به تیمار مصرف هورمون مراحل نموی گیاه سریع‌تر طی شده و گیاه فرصت کافی جهت توسعه‌ی سطح برگ و سنتز مواد پرورده نداشته است (Borowski *et al.*, 2000).

تیمارهای تریاکانتانول در سطح احتمال پنج درصد بر صفت ارتفاع معنی‌دار بود و بیشترین ارتفاع را تیمارهای 10^{-4} مولار داشتند. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با انتقال انواع سیگنال بین و درون سلول نقش مهمی در رشد و توسعه گیاهان ایفا می‌کنند (Iqbal and Ashraf, 2013). تریاکانتانول رشد و عملکرد گونه‌های مختلف گیاهی را در مراحل مختلف رشد افزایش می‌دهد (Singh *et al.*, 2012) و با افزایش تقسیم و حجم سلول باعث افزایش رشد گیاه می‌شود، ولی معمولاً باعث افزایش طولی سلول می‌شود. در نتیجه باعث افزایش گسترش شاخه‌ها می‌شود. بنابراین تریاکانتانول نقش مهمی در جذب آب، طویل شدن سلول، افزایش تقسیم سلولی و نفوذپذیری غشاء ایفا می‌کند (Hangarter *et al.*, 1978). عزیز و همکاران (Aziz *et al.*, 2013) گزارش کردند که محلول پاشی تریاکانتانول به دلیل افزایش سرعت فتوسنتز باعث افزایش طول و قطر ساقه می‌شود (Aziz *et al.*, 2013). بنابراین طبق نتایج حاصل از این پژوهش، تریاکانتانول به عنوان یک محرک رشد گیاه بر صفت ارتفاع گیاه همیشه بهار اثر مثبت داشته است. مواد هیومیکی از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد. همچنین از طریق تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و نیز با افزایش قدرت کلات‌کنندگی و جذب عناصرغذایی بر افزایش رشد و ارتفاع گیاه مؤثر است (Nardi *et al.*, 2002).

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل مشاهده شد که مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل وکاروتنوئید) تحت تأثیر تیمارهای تریاکانتانول، فولویک‌اسید و اثر متقابل آن‌ها، تغییر معنی‌داری نداشته است (جدول ۴).

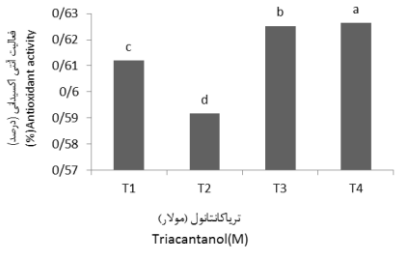
جدول ۴- تجزیه واریانس کاربرد برگی فولویک‌اسید و تریاکانتانول بر صفات بیوشیمیایی گل همیشه بهار

Table 4- ANOVA for foliar applicaton effect of fulvic acid and triacontanol on the biochemical traits of *Calendula officinalis*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares					
		فنول کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid	فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل Total antioxidant activity	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a
فولویک‌اسید Fulvic acid (F)	3	209.974 ns	0.003**	0.003*	216875.028 ns	24734.423 ns	95295.716 ns
تریاکانتانول Triacontanol (T)	3	1418.944**	0.001*	0.003*	243913.226 ns	28460.288 ns	107470.952 ns
فولویک‌اسید × تریاکانتانول T×F	9	72.832 ns	1.131 ns	18.045 ns	194903.082 ns	22482.736 ns	86427.244 ns
خطا Error	32	55.232	0.000	0.001	243460.515	28729.129	106539.770
CV (%)		????	????	????	????	????	????

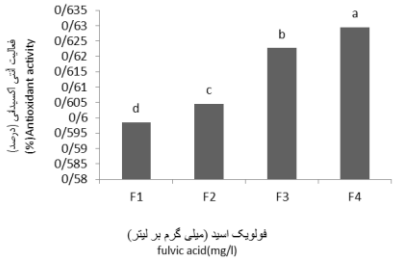
** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

Significant at 1% of probability level, * Significant at 5% of probability level, ns non-significant **



a . تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی

a- The effect of triacantanol concentrations on antioxidant activity



b. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی

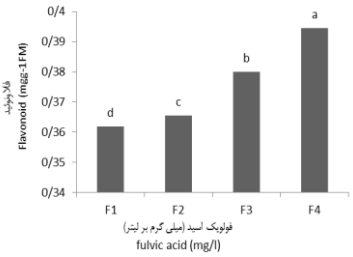
b- The effect of fulvicc acid concentrations on antioxidant activity

شکل ۶- اثر سطوح مختلف تریاکانتانول و فولویک‌اسید بر فعالیت آنتی اکسیدانی همیشه بهار

Figure 6- The effect of different levels of triacantanol and fulvic acid on antioxidant activity of *C. officinalis* (DMRT, $p\leq0.05$)

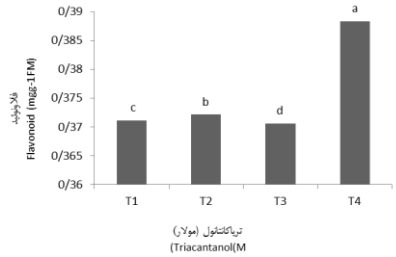
تیمارهای تریاکانتانول و فولویک‌اسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی دار داشتند (جدول ۴). تحت تأثیر غلظت 10^{-5} مولار تریاکانتانول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به تیمار شاهد به اندازه ۱/۲ کاهش یافته است (شکل ۶-a)، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

فولویک‌اسید در سطح احتمال یک درصد بر صفت فلاونوئید کل اثر معنی‌داری داشته است. تریاکانتانول نیز بر فلاونوئید کل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به شکل (۷- a, b) گیاهان دریافت‌کننده بالاترین غلظت فولویک‌اسید (دو میلی‌گرم در لیتر) و بالاترین غلظت تریاکانتانول (10^{-4}مولار)، بیشترین میزان فلاونوئید را در گل همیشه بهار نشان دادند. غلظت‌های مختلف تریاکانتانول، در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر فنول کل داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان فنول کل در مقایسه با شاهد در غلظت 10^{-5} مولار تریاکانتانول (T_2) به دست آمد (شکل ۷- c).



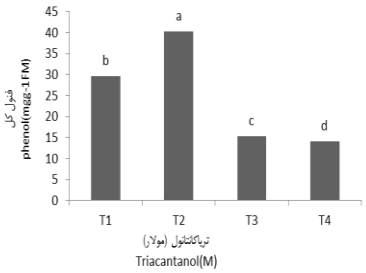
a. تأثیر غلظت‌های فولویک‌اسید بر فلاونوئید

a- Effect of fulvic acid concentrations of flavonoid



b. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر فلاونوئید

b- Effect of triacantanol concentrations of flavonoid



c. تأثیر غلظت‌های تریاکانتانول بر فنول کل

c- Effect of triacantanol concentrations on total phenol content

شکل ۷- اثر سطوح مختلف تریاکانتانول و فولویک‌اسید بر وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک گل همیشه بهار

Figure 7- The effect of different levels of triacantanol and fulvic acid on fresh weight, dry weight and dry matter of *C. officinalis* (DMRT, $p \leq 0.05$)

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

با افزایش غلظت در تیمار T_3 و T_4 فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش غلظت فولویک‌اسید نیز افزایش نشان داده است. دلیل افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاربرد مواد هیومیکی احتمالاً افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله پراکسیداز و کاتالاز بوده است (Ries *et al.*, 1982). مواد هیومیکی و فولویکی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی را از طریق گروه‌های هیدروکسیل، فنول‌ها و پلی فنول‌ها که در ساختار خود دارند تحریک می‌کنند و به عنوان بازدارنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند (Smirnova *et al.*, 2012). فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌های فنولی به طور عمده ناشی از ساختار شیمیایی خاص آن‌هاست که به علت دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل موجود درحلقه آروماتیک، از طریق اهدای الکترون یا اتم هیدروژن، باعث مهار رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Zhang and Tsao, 2016).

فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها، هیدروکسی سینامیک استرها و لیگنین‌ها از ترکیبات فنولی و جزء متابولیت‌های ثانویه مسیر فنیل پروپانوئید می‌باشند که در بافت‌های گیاهی به فراوانی یافت می‌شوند (Soleckad, 1997). مواد هیومیکی از طریق افزایش سرعت فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها به عنوان ترکیبات فنولی مسیرهای بیوسنتزی و سرعت فرایندهای بیوشیمیایی را بیشتر کرده و در نهایت منجر به افزایش میزان ترکیبات فنولی در گیاه می‌گردد (Vaughan and Malcom, 1985). محتوای فنولی برگ نشان‌دهنده‌ی توانمندی گیاه در مهار رادیکال آزاد است که ممکن است این ترکیب برای کمک به

حفظ رشد طبیعی در مراحل مختلف رشد، که از تولید مکرر رادیکال‌های آزاد یا از القای اثرات بد پیری، جلوگیری می‌کند (Dimitrios, 2006). نتایج ما در مورد اثر تریاکانتانول بر فنول کل گل همیشه‌بهار با نتایج برخی از محققین که تیمار تریاکانتانول اثر قابل توجهی بر فنول کل در گیاه گل کاغذی داشت، مطابقت دارد (Khandaker *et al*., 2013). همچنین در مطالعه‌ی واکاس و همکاران (Waqas *et al*., 2016)، محلول‌پاشی تریاکانتانول بر پیکره گیاه، با تحریک رشد، سوخت و ساز، تولید فلاونوئیدها و آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL)، روابط آبی برگ و افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها مشاهده گردید (Waqas *et al*., 2016). افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) می‌تواند دلیلی بر افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه باشد، به‌طوری‌که این آنزیم به عنوان اولین آنزیم مسیر فنیل پروپانوئید، L–فنیل آلانین را با دی آمیناسیون به ترانس سینامیک اسید تبدیل می‌کند و در ادامه منجر به بیوسنتز متابولیت‌های ارزشمندی نظیر فلاونوئیدها، آنتوسیانین، لیگنین، تانن و سایر ترکیبات فنولی می‌شود.

منابع

1- Aghakhani, Z., Azizi, M., & Aroui, H. (2014). *The effect of Bio- Phosphorus and different levels of humic acid on growth and oil of evening primrose* (*Oenothera biennis* L.), Master Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)

2- Al-Badawy, A.A., Abdalla, N.M., & El-Sayed, A.A. (1995). Response of *Calendula officinalis* L. plants to different nitrogenous fertilizers, *Horticultural Scientists 30*(4): 195-914.

3- Allahverdi, N., & Nazari deljoo, M.J. (2014). The effect of Humic acid on Morphophysiological indicators, Absorption of nutrients and Durability after harvest of cut Marigold flowers (*Calendula officinalis* L.), *Greenhouse Science and Technology 5*(18): 133-142.

4- Ashraf, M., & Orooj, A. (2006). Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L.), *Journal of Arid Environments 64*(2): 209-220. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.04.015

5- Atiyeh, R.M., Lee, S., & Edwards, C.A. (2002). the influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth, *Bioresource Technology 84*(1): 7-14. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2

6- Aziz, R., Shahbaz, M., & Ashraf, M. (2013). Influence of foliar application of triacontanol on growth attributes, gas exchange and chlorophyll fluorescence in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under saline stress, *Pakistan Journal Botany 45*(6): 1913-1918.

7- Azzaz, N., Hassan, AEA., & Elemarey, F.A. (2007). Physiological, anatomical, and biochemical studies on pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants, *African Crop Science Conference Proceedings* 8: 1727-1738.

8- Borowski, E., Blamowski, Z.K., & Michałek, W. (2000). Effects of Tomatex/TRIA contanol/on chlorophyll fluorescence and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yields, *Journal of Acta Physiologiae Plantarum 22*(3): 271-274.

9- Borowski, E., & Blamowski, Z.K. (2009). the effects of contanol 'TRIA'and Asahi SL on the development and metabolic activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants treated with chilling, *Folia Horticulturae 21*(1): 39-48.

10- Butnariu, M., & Coradini, C.Z. (2012). Evaluation of biologically active compounds from *Calendula officinalis* flowers using spectrophotometry, *Chemistry Central Journal 6*(35): 1-7.

11- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., & Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods, *Journal of Food and Drug Analysis 10*(3): 178-182.

12- Chen, X., Yuan, H., Chen, R., Zhu, L., & He, G. (2003). Biochemical and photochemical changes in response to Triacontanol in rice (*Oryza sativa* L.), *Plant Growth Regulation 40*(3): 249-256.

13- Dimitrios, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants, *Trends in Food Science & Technology 17*(9): 505-512.

14- Dixon, J.B., & Weed, S.B. (1989). *Minerals in Soil Environments*. Soil Science Society of America. Madison Wisconsin.

15- Eriksen, A.B., Sellden, G., Skogen, D., & Nilsen, S. (1981). Comparative analyses of the effect of Triacontanol on photosynthesis, photorespiration and growth of tomato (C3plant) and maize (C4-plant), *Planta 152*(1): 44-49.

16- Haghparast, R., Zangane, Sh., & Rajabi, R. (2011). *Humic and fulvic acid treatments on germination of wheat seeds under drought stress*. The Sixth National Conference on new ideas in agriculture, Branch, March 2011. Islamic Azad University. (In Persian with English abstract)

17- Hangarter, R., Ries, S.K., & Carlson, P. (1978). Effect of Triacontanol on plant cell cultures *in vitro*, *Plant Physiology 61*(5): 855-857.

18- Houtz, R.L., Ries, S.K., & Tolbert, N.E. (1985). Effect of Triacontanol on Chlamydomonas I. Stimulation of growth and photosynthetic CO_2 assimilation, *Plant Physiology 79*(2): 357-364.

19- Iqbal. M., & Ashraf, M. (2013). Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis, *Environmental and Experimental Botany* 86:76-85. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.06.002.
20- Khandaker, M.M., Faruq, G., Rahman, M.M., Sofian-Azirun, M., & Boyce, A.N. (2013). The influence of 1-TRIAcontanol on the growth, flowering, and quality of potted bougainvillea plants (*Bougainvillea glabra* var. "*Elizabeth Angus*") under natural conditions, *The Scientific World Journal* 1-12.
21- Knowles, N.R., & Ries, S.K. (1981). Rapid growth and apparent total nitrogen increases in rice and corn plants following applications of Triacontanol, *Plant Physiology 68*(6): 1279-1284.
22- Kumaravelu, G., Livingstone, V.D., & Ramanujam, M.P. (2000). Triacontanol-induced changes in the growth, photosynthetic pigments, cell metabolites, flowering and yield of green gram, *Biologia Plantarum 43*(2): 287-290.
23- Levitt, J. (1980). Salt and ion stresses in: Responses of plant to environmental stress. Academic Press, INC.
24- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes, *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
25- Malik, C.P., & Singh, M.B. (1980). *Plant Enzymology and Histo-Enzymology*, Kalyani Publishers, New Delhi.
26- Naeem, M., Khan, M.M.A., & Siddiqui, M.H. (2009). Triacontanol stimulates nitrogen-fixation, enzyme activities, photosynthesis, crop productivity and quality of hyacinth bean (*Lablab purpureus* L.), *Scientia Horticulturae 121*(4): 389-396.
27- Naeem, M., Khan, M.M.A., Idrees, M., & Aftab, T. (2011). Triacontanol-mediated regulation of growth and other physiological attributes, active constituents and yield of *Mentha arvensis* L, *Plant Growth Regulation 65*(1): 195-206. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9588-8.
28- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants, *Soil Biological Biochemistry 34*(11): 1527-1536.
29- Olaniyi, J.Om., & Odedere, M.P. (2009). The effects of mineral N and compost fertilizers on the growth, yield and nutritional values of fluted pumpkin (*Telfairia occientalis*) in south western Nigeria, *Journal of Animal and Plant Sciences 5*(1): 443-449.
30- Perveen, S., Shahbaz, M., & Ashraf, M. (2010). Regulation in gas exchange and quantum yield of photosystem II (PSII) in saltstressed and non-stressed wheat plants raised from seed treated with triacontanol, *Pakistan Journal of Botany 42*(5): 3073-3081.
31- Reddy, B.O., Giridhar, P., & Ravishankar, G.A. (2002). The effect of triacontanol on micropropagation of *Capsicum frutescens* and Decalepis hamiltonii W and A, *Plant Cell Tissue Organ Culture 71*(3): 253–258.
32- Ries, S.K., Wert, V.F., & Houtz, R. (1982). Rapid in vivo and in vitro effects of Triacontanol, *Journal of Plant Growth Regulation* 1: 117-127.
33- Sarkar, F. (2017). *Effect of foliar application of methyl jasmonate and folic acid on the biochemical and antioxidant properties of cherry cultivar Gisi*, Master Thesis, University of Zanjan. (In Persian with English abstract)
34- Sharma, M.K., Joolka, N.K., & Sharma, N. (2002). Effect of Triacontanol and paclobutrazol on photosynthetic efficiency, carbohydrate metabolism and leaf nutrient status of nonpareil almond, *Progressive Horticulture 34*(1): 117-118.
35- Singh, M., Khan, M.M.A., Moinuddin., & Naeem, M. (2012). Augmentation of nutraceuticals, productivity and quality of ginger (*Zingiber officinale Rosc*.) through Triacontanol application, *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology 146*(1): 106-113. https://doi.org/10.1080/11263504.2011.575891.
36- Smirnova, V., Efimova, I.V., & Khilko, S.L. (2012). Antioxidant and pro-oxidant activity of ascorbic and humic acids in radical-chain oxidation process, *Russian Journal of Applied Chemistry 85*(2): 252-255. https://doi.org/10.1134/S1070427212020164.
37- Soleckad, D. (1997). Role of phenylopropaniod compounds in plant responses to different stress factors, *Acta Physiology of Plant 19*(3): 257-268.
38- Suh, S.S., Hwang, J., Park, M., Park, H.S., & Lee, T.K. (2014). Phenol content, antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mangrove plants in Micronesia, *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 7: 531-735. https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60089-4.
39- Vaughan, D., & Malcom, R.E. (1985). Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan D., Malcom R.E. (Eds.) *Soil Organic Matter and Biological Activity*. Martinus Nijhoff/ Junk W, Dordrecht, the Netherlands, 37-76.
40- Waqas, M., Shahzad, R., Khan, A.L., Asaf, S., Kim, Y.H., Kang, S.M., Bilal, S., Hamayun, M., & Lee, I.J. (2016). Salvaging effect of Triacontanol on plant growth, thermotolerance, macro-nutrient content, amino acid concentration and modulation of defense hormonal levels under heat stress, *Plant Physiology and Biochemistry* 99: 118-125. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.12.012
41- Zhang, H., & Tsao, R. (2016). Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and antiFlammatory effects, *Current Opinion in Food Science* 8: 33-42. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 181-191

Estimation of Balance Pruning and Green Pruning on Quantitative Tratis in Table Grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghooti) in Sistan Region

M. Fazeli Rostampour[1*]- H. Mahmoudzadeh[2]

Received: 04-01-2022
Revised: 13-07-2022
Accepted: 23-07-2022
Available Online: 23-07-2022

How to cite this article:
Fazeli Rostampour, M., & Mahmoudzadeh, H. (2023). Estimation of balance pruning and green pruning on quantitative tratis in table grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghooti) in Sistan region. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 181-191. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.74552.1122

Introduction

Yaghooti grape is the earliest grape variety in Iran and is the most important horticultural product in the Sistan region, which is cultivated in more than 90% of the vineyards of this region. Considering the massive project of transferring water through pipes for 46 thousand farmer's fields as a recent approach in agricultural programs of the sistan region and also the necessity of changing the cultivation pattern, the suitable contribution of the new cultivation pattern is allocated for grape. A grapevine canopy is defined as the shoots and leaves system. Bearing and green pruning are defined as factors allows the grape farmers to enhance and maximize their production and quality.

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of balance pruning and green pruning on some traits and fruit yield of Yaghooti grape, the present research was conducted in the Zahak agricultural research station during 2017-2021.This research was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete block design for three years. Four levels of bearing pruning intensity including: control or local custom (B_1), 10 + 60 (B_2), 10 + 40 (B_3), and 10 + 20 (B_4) considered as the first factor and four levels of intensity green pruning including; control or conventional local method (G_1), pruning of cans from above eight leaves on the last cluster (G_2), pruning of unproductive branches + pruning of cans from above eight leaves on the last cluster (G_3), 4-pruning of branches without fruit from the bottom + pruning of unproductive branches + pruning the cans from the top of the eight leaves on the last cluster (G_4) considered as the second factor in three replications. The study was conducted on 12-year-old vines of the Yaghooti cultivar, which were trained using the traditional system and spaced 3 meters apart in both directions. The data collected during cluster formation included morphological traits such as cluster length, cluster width, main and sub axes length of the cluster, berry diameter, cluster axes weight, berry weight, cluster weight, berry number in the cluster, and cluster/vine to fruit yield. The analysis of variance for each variable was performed using the PROC GLM procedure in SAS 9.4. Furthermore, the relationships between the evaluated morphological traits were determined using multiple linear regression.

Results and Discussion

The results showed that bearing pruning had a significant effect on all traits except berry diameter. Green pruning had a significant effect on cluster length, total length of main and sub axes, cluster axis weight, berry weight, cluster weight, number of berries per cluster and yield. The balance pruning (20+10) caused to increase the cluster length, cluster width, berry diameter, cluster axis weight, total length of main and sub axes and berry

1- Horticultural Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.fazeli@areeo.ac.ir)
2- Horticulture Crops Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2022.74552.1122

weight by 32.5, 30.6, 8.97, 32.8, 34.4 and 15.3% compared to the control, respectively while but led to 33.8% reduction in cluster/vine compared to the control. The results of the study showed that pruning of G4 had a significant positive effect on the length and width of clusters, weight of cluster axes, total length of main and sub-axes, and berry weight, increasing them by 11%, 19.5%, 15.8%, 14.6%, and 11.9% respectively, compared to the control. The interaction between balance and green pruning had a significant effect on cluster weight, berry number in cluster, and yield. The B4G4 treatment resulted in a 137.4%, 82.3%, and 14.2% increase in cluster weight, berry number in cluster, and yield compared to the B1G1 treatment. Multiple linear regression analysis indicated that cluster length, berry weight, cluster weight, and cluster/vine were the most important traits that influenced fruit yield in the Yaghooti grape. In general, the results showed that the interaction of balance and green pruning (B_4G_4) increases yield by 17.2% compared the control (B_1G_1).

Conclusion

The shape and structure of the grape vine is very effective on the growth and development of the product. This determines the amount of photosynthesis and carbohydrates production. If the structure of the grape vine is changed in such a way that a greater portion of carbohydrates production belongs to the fruit, the grape production will significantly affected in terms of quality and quantity. Due to the fact that grapes are grown by creeping method in the Sistan region, fruit and green pruning (local custom) led to a high density in the plant crown which reduces light penetration as well as the ratio of producer to the consumer leaves. This method may negatively impact the quality and marketability of grape clusters by reducing the number and weight of the clusters and berries, as well as the length and width of the clusters. However, in this study, we increased the intensity of fruiting and green pruning, which resulted in a reduced crown density and less shading. Our utilized method directed the major portion of photosynthesis to the fruit, which led to quantitative and qualitative fruit yield increment.

Keywords: Cluster properties, Productive branches, Pruning weight, Yield, Yield components

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۱۹۱-۱۸۱

بررسی هرس تعادلی و هرس سبز بر صفات کمی انگور 'یاقوتی' در منطقه سیستان

منصور فاضلی رستم پور[1*] - حسن محمودزاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

چکیده

انگور رقم 'یاقوتی' زودرس‌ترین رقم انگور در ایران و مهم‌ترین محصول باغی منطقه سیستان است که بیش از ۹۰ درصد تاکستان‌های این منطقه را به خود اختصاص داده است. این پژوهش باتوجه به اثر مهم هرس بر عملکرد کمی و کیفی محصول انگور انجام شد. این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی سه سال در ایستگاه تحقیقات زهک انجام شد. چهار سطح شدت هرس تعادلی شامل شاهد یا عرف محل (B_1)، ۱۰+۶۰ جوانه (B_2)، ۱۰+۴۰ جوانه (B_3) و ۱۰ +۲۰ جوانه (B_4) به عنوان فاکتور اول و چهار سطح شدت هرس تابستانه شامل شاهد یا بدون هرس سبز (G_1)، هرس شاخه‌های سبز از بالای هشت برگ روی آخرین خوشه (G_2)، هرس شاخه‌های نرک + شاخه‌های سبز از بالای هشت برگ روی آخرین خوشه (G_3)، هرس شاخه‌های سبز بدون محصول از ته + شاخه‌های نرک + شاخه‌های سبز از بالای هشت برگ روی آخرین خوشه (G_4) به عنوان فاکتور دوم درنظر گرفته شدند. هرس تعادلی B_4 باعث افزایش صفات طول خوشه، عرض خوشه، قطرحبه، وزن محور خوشه، مجموع طول محورهای اصلی و فرعی و وزن حبه بترتیب به‌میزان ۳۲/۵، ۳۰/۶، ۸/۹۷، ۳۲/۸، ۳۴/۴ و ۱۵/۳ درصد نسبت به شاهد و کاهش صفت تعداد خوشه در تاک به‌میزان ۳۳/۸ درصد نسبت به شاهد گردید. همچنین هرس سبز G_4 باعث افزایش صفات طول خوشه، عرض خوشه، وزن محور خوشه، مجموع طول محورهای اصلی و فرعی و وزن حبه به‌ترتیب به‌میزان ۱۱، ۱۹/۵، ۱۵/۸، ۱۴/۶ و ۱۱/۹ درصد نسبت به شاهد شد. برهمکنش هرس تعادلی B_4 × هرس سبز G_4 باعث افزایش صفات وزن خوشه، تعداد حبه در خوشه و عملکرد به‌میزان ۱۳۷/۴، ۸۲/۳ و ۱۴/۲ درصد نسبت به شاهد شد. بطور کلی نتایج نشان داد که هرس تعادلی B_4 همراه با هرس سبز G_4 باعث افزایش عملکرد به‌میزان ۴۷/۲ درصد نسبت به شاهد (بدون هرس سبز) و در شرایط هرس تعادلی ۱۰+۲۰ شد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، خصوصیات خوشه، شاخه بارده، عملکرد، وزن هرس

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) مهم‌ترین محصول باغی منطقه سیستان است. انگور 'یاقوتی' رقم غالب تاکستان های سیستان و جزء انگورهای بی‌دانه است که به مصرف تازه‌خوری رسیده و مهم‌ترین ویژگی آن زودرسی و نوبرانه بودن آن است. کشت و کار انگور در شرایط خشک و نیمه خشک متداول بوده و شرایط نامساعد محیطی رشد و نمو آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Sorori1 *et al.*, 2022). با توجه به سازگاری این‌رقم با شرایط گرم و خشک و طوفان‌های منطقه سیستان، از دیرباز در این منطقه مورد اقبال بوده و کشت می‌شده است (Fazeli Rostampour, 2020). باغداران منطقه اغلب هرس باردهی (خشک یا زمستانه) را انجام داده و سپس اواخر بهمن اقدام به چالکود کود حیوانی و بعضی از کودهای پرمصرف می‌نمایند، اما

۱- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.fazeli@areeo.ac.ir)
۲- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2022.74552.1122

محلول‌پاشی کودها و هرس سبز مرسوم نیست (Fazeli Rostampour and Nejatian, 2021). انگور 'یاقوتی' در منطقه سیستان در نیمه دوم اسفند جوانه زده و اوایل فروردین خوشه‌های آن ظاهر می‌گردد و از اواخر اردیبهشت برداشت آن آغاز و تا پایان خرداد ادامه می‌یابد (Mahmoudzadeh and Fanaei, 2019).

عملکرد کمی و کیفی انگور تحت تأثیر عوامل محیطی، آبیاری بموقع، تغذیه مناسب و هرس صحیح باردهی و سبز است (Kavousi *et al.*, 2009). دو عامل دما و نور از عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد و کیفیت محصول انگور هستند. برگ‌ها تقریباً ۹۰ درصد نور خورشید را جذب می‌کنند. ولی اگر پوشش برگ‌ها بر روی هم زیاد باشد، نفوذ نور خورشید مختل شده و در نتیجه فتوسنتز کاهش می‌یابد که در نهایت رنگ برگ‌های درون تاج زرد شده و ریزش می‌کنند (Fazeli Rostampour, 2023). اگر یک بوته مو هرس نشود بیش از ۲۵ عدد شاخه که بر روی هر کدام حدود ۳۰ عدد جوانه وجود خواهد داشت، تولید می‌گردد. در فصل بهار تقریباً ۶۰ الی ۸۰ درصد این جوانه‌ها رشد خواهند نمود و درخت توانایی تغذیه تمام شاخه‌ها و خوشه‌ها را نخواهد داشت. بنابراین درخت رفته رفته ضعیف و پیر شده و کیفیت محصول و عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد. برای جلوگیری از این وضعیت، لازم و ضروری است که همه ساله درخت مو هرس شود (Mahmoudzadeh, 2020). عملیات هرس به منظور ایجاد تعادل بین رشد رویشی و زایشی و همچنین بین ریشه و شاخساره بوته، ازدیاد قدرت باردهی و پخش محصول بین تمامی شاخه‌ها انجام شود. بطوری که تولید کمی و کیفی میوه، طول عمر و قدرت درخت افزایش یابد (Pirayesh *et al.*, 2015).

شدت هرس توسط قدرت تاک تعیین شده و قدرت تاک با تخمین میزان رشد فصل قبل تعیین می‌شود. هرس انگور بر اساس بنیه تاک، هرس تعادلی نامیده می شود. هرس تعادلی روشی است که درآن توازن باردهی میوه و رشد گیاه مد نظر قرار می‌گیرد، بطوری که گیاه بتواند حداکثر باردهی را بدون کاهش توان و قدرت تاک داشته باشد (Nejatian *et al.*, 2015). انجام هرس تعادلی برای تمامی ارقام انگور یک اصل کلی و پذیرفته شده است اما شدت هرس و به عبارتی فرمول هرس تعادلی در ارقام مختلف با یکدیگر متفاوت است. نتایج یک تحقیق برای رقم 'Cabernet Sauvignon' فرمول هرس۱۰+۳۰ و در تحقیق دیگری برای رقم 'Traminette' فرمول هرس۱۰+۴۰ پیشنهاد شده است (Bowed and Kliewer, 1990 ; Brandon *et al.*, 2012). شدت هرس بطور مستقیم از طریق تأثیر بر صفات تعداد شاخه، تعداد و وزن خوشه بر عملکرد و اجزای عملکرد و بطور غیر مستقیم بر خصوصیات شیمیایی حبه موثر است (Arji and Mahnam, 2018). بطورکلی وزن خوشه در هرس‌های شدید افزایش می‌یابد، اما علت کاهش عملکرد کلی کاهش تعداد خوشه می‌باشد (Bowed and Kliewer, 1990). نتایج یک تحقیق نشان داد که که در انگور 'سیاه سمرقندی'، عملکرد میوه ۸/۹ و ۸/۳ تن در هکتار و تعداد ۵۰ و ۴۰ خوشه، بترتیب در هرس سبک (۲۰+۴۰) و سنگین (۲۰+۲۰) بود (Karami, 2011). طی آزمایش تعیین بهترین شدت هرس تعادلی در انگور رقم 'پیکانی'، مشخص شد که کاهش شدت هرس و باقی گذاشتن تعداد جوانه بیشتر بر روی بوته همراه با کاهش طول شاخه یا هرس کوتاه، باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شده اما انجام هرس بلند بدون توجه به شدت هرس، باعث افزایش تعداد خوشه و راندمان تولید بوته می‌گردد (Nejatian *et al.*, 2015). بیشترین عملکرد تاک در هرس سبک (۲۰+۴۰) همراه با شاخه‌های سه و چهار جوانه‌ای ۲۱/۶ و کمترین عملکرد با ۱۵/۱۹ کیلوگرم مربوط به هرس سنگین (۱۰+۲۰) همراه با شاخه های دو جوانه‌ای بود. عملکرد بالاتر تیمارهای فوق ناشی از تعداد بیشتر جوانه در بوته می‌باشد. در بررسی تأثیر شدت هرس سه، پنج و مختلط سه و پنج جوانه‌ای بر عملکرد و کیفیت میوه انگور رقم 'یاقوتی' مشخص شد که شدت هرس تأثیر معنی‌داری بر طول و قطر حبه داشته به گونه‌ای که بالاترین طول و قطر حبه در تیمار هرس مختلط و کمترین مقدار در هرس متوسط مشاهده شد (Mirsoleimani *et al.*, 2015).

هرس سبز یا تر را می‌توان کامل کننده‌ی هرس باردهی دانست، چرا که این عمل باعث توزیع صحیح و منظم مواد غذایی در اندام‌های گیاه می‌شود. این هرس هنگامی بر روی بوته مو انجام می‌گیرد که جوانه‌ها شروع به رشد کرده باشند و می‌توان در تمام فصل رشد آن را انجام داد (Hiroyuki *et al.*, 2004). هرس سبز باعث افزایش میزان نورگیری و میکروکلیمای داخل تاج شده و در نتیجه به میزان زیادی بر رشد، عملکرد و کیفیت خوشه‌ها تأثیر می‌گذارد و هر چه دریافت نور در تاک بیشتر باشد، کمیت و کیفیت میوه انگور افزایش خواهد یافت (Kavousi *et al.*, 2009). حذف سرشاخه‌ها در اوایل دوره‌ی گلدهی، از رشد طولی ساقه جلوگیری کرده و مواد غذایی که باید صرف رشد رویشی گردند موقتاً به سمت گل‌ها تغییر جهت می‌دهد (Sadeghian *et al.*, 2015). گزارش شده که هرس سبز یک تا دو هفته پس از ظهور خوشه‌ها، نتیجه بهتری را در تقویت و جلوگیری از ریزش بی مورد گل‌ها دارد (Nejatian and Rasouli, 2017). با انجام هرس سبز سطح سبزینه گیاه کاهش یافته و باعث تجمع بیشتر قندهای محلول در اندام‌های گیاه از قبیل میوه و برگ خواهد شد (Fazeli Rostampour, 2020). در آزمایشی بر روی انگور رقم 'عسکری' گزارش شده که تیمار هرس سبز به طور معنی‌داری موجب افزایش درصد مواد جامد محلول، نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته‌ی کل، اسیدیته‌ی آبمیوه و کاهش میزان اسیدیته‌ی کل گردید (Kavousi *et al.*, 2009). گزارش شده که هرس سبز شاخه‌های انگور از بالای گره‌ی پنجم بعد از آخرین خوشه تاثیر زیادی در افزایش کمیت و کیفیت محصول انگور دارد و حذف شاخه‌های جانبی موجب نفوذ نور

کافی به داخل تاج و تهویه‌ی بهتر بوته‌های انگور، بویژه در روش خوابیده یا خزنده شده و به افزایش کیفیت خوشه‌ها می‌انجامد (Jalili Marandi, 2002). گزارش شده که سطوح شدت هرس سبز در انگور رقم کشمشی اثر معنی‌دار بر عرض حبه، تعداد خوشه و تعداد حبه داشت و هرس شش گره‌ای در زمان آبگیری حبه سبب افزایش اکثر صفات گردید. همچنین هرس سبز شدید و زودهنگام حذف شاخه از دو گره و چهار گره بالاتر از آخرین خوشه در زمان تمام گل بر اکثر صفات تاثیر کاهشی داشت. (Sadeghian *et al*., 2015).

با توجه به این‌که در منطقه سیستان بیش از ۱۱۰۰ هکتار انگور رقم یاقوتی با متوسط عملکرد ۵ تن وجود دارد و اغلب باغداران، هرس رقم یاقوتی را با نگهداری تعداد ۸ الی ۹ جوانه در هر شاخه، همراه با نگهداری همه شاخه‌های بارده بدون هرس سبز انجام می‌دهند. لذا هدف از این پژوهش دستیابی به بهترین سطوح هرس باردهی و سبز رقم 'یاقوتی' است که باعث افزایش بنیه تاک و درنتیجه افزایش طول عمر مفید تاکستان در طول زمان و همچنین بهبود عملکرد کمی و کیفی این محصول مهم در منطقه سیستان گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان زهک با عرض جغرافیایی ۳۰/۵۷ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۶۱/۴۱ درجه شرقی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا و با اقلیم خشک و تابستان گرم و طولانی طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های تصادفی در سه تکرار انجام شد. هرس تعادلی در چهار سطح بعنوان فاکتور اول و هرس سبز نیز در چهار سطح بعنوان فاکتور دوم بود. هرس تعادلی شامل شاهد یا عرف محل یا سربرداری همه شاخه‌های بارده از بالای ۸ یا ۹ جوانه (B_1)، ۱۰+۶۰ جوانه (B_2)، ۱۰+۴۰ جوانه (B_3) و ۱۰ +۲۰ جوانه (B_4) بود. هرس تعادلی اواخر دی ماه هرسال، در دوره استراحت و خواب گیاه، بر روی شاخه‌های یکساله انجام شد (Nejatian *et al*., 2015). در هرس تعادلی عدد اول داخل پرانتز اشاره به تعداد جوانه‌های ثابت در بوته در إزای اولین ۴۵۰ گرم وزن چوب شاخه‌های هرس شده یکساله و دومین عدد اشاره به تعداد جوانه باقی مانده در بوته برای هر ۴۵۰ گرم اضافی وزن چوب شاخه‌های هرس شده یکساله بود (Bowed and Kliewer, 1990 ; Brandon *et al*., 2012). هرس سبز شامل ۱-شاهد یا عرف محل یا بدون انجام هرس سبز (G_1)، ۲- هرس شاخه‌های سبز از بالای هشت برگ بالای آخرین خوشه در هر شاخه (G_2)، ۳- هرس شاخه‌های سبز از بالای هشت برگ بالای آخرین خوشه در هر شاخه + هرس شاخه‌های نرک (G_3) و ۴- هرس شاخه‌های سبز از بالای هشت برگ بالای آخرین خوشه در هر شاخه + هرس شاخه‌های سبز بدون محصول از ته + هرس شاخه‌های نرک (G_4) بود. همچنین زمان اعمال هرس سبز در مرحله آبگیری حبه‌ها بود.

این پژوهش در یک باغ تحقیقاتی با شرایط به طور کامل مشابه با تاک‌های ۱۲ ساله انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها سه متر و فاصله روی ردیف‌ها دو متر بود. خاک باغ مورد آزمایش دارای بافت لومی-شنی و دارای هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۱/۴۶ دسی زیمنس بر متر و pH آن برابر ۸/۴ بود. بوته‌ها به شکل خزنده و کوتاه تربیت شده بودند. کود حیوانی، نیتروژن، فسفر، پتاس، آهن، روی و منگنز به‌ترتیب به‌میزان ۵، ۰/۴۵، ۰/۱۵، ۰/۴۵، ۰/۱۵، ۰/۱۵ و ۰/۱۵ کیلوگرم برای هربوته به‌صورت چالکود قبل از شروع فصل رشد توزیع شد (Mostashari *et al*., 2006).

پس از رنگ‌گیری کامل حبه‌ها، برخی صفات خوشه و همچنین عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. صفات طول خوشه، مجموع طول محورهای اصلی و فرعی عرض خوشه و قطر حبه توسط خط‌کش و کولیس اندازه‌گیری شد. صفات تعداد خوشه و تعداد حبه در خوشه شمارش شده و وزن محور خوشه (میانگین وزن سه محور خوشه در هر بوته)، وزن تازه حبه‌ها (میانگین وزن ۱۰ حبه در هر خوشه)، وزن خوشه‌ها (میانگین وزن چهار خوشه از هر بوته) و عملکرد (میانگین عملکرد سه بوته) به وسیله ترازوی دیجیتال OHAUS با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Gatti *et al*., 2012).

جهت واکاوی آماری، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ و با استفاده از رویه GLM انجام شد. تجزیه واریانس مرکب مربوط به ۳ سال وقتی انجام شد که آزمون بارتلت همگنی واریانس‌ها را تایید نمود. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون چندگانه خطی براساس مدل آماری زیر و با هدف بررسی میزان اثرگذاری صفات اندازه‌گیری شده بر عملکرد انجام شد:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_kx_k + e \qquad \text{(مدل ۱)}$$

y متغیر وابسته، b متغیرهای مستقل از ۱ تا k و e خطا یا باقیمانده است.

نتایج و بحث

اثر ساده هرس تعادلی و هرس سبز بر طول خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۱۵/۱ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۱۱/۴ سانتی‌متر) طول خوشه در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به هرس ۱۰+۲۰ جوانه و شاهد بود. همچنین بین هرس ۱۰+۶۰ و ۱۰+۴۰ جوانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). گزارش شده که بیشترین و کمترین طول خوشه انگور 'یاقوتی' بترتیب در هرس سه و نه جوانه‌ای مشاهده شد

(Rahemi *et al*., 2015). بیش‌ترین (۱۴/۱ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۱۲/۷ سانتی‌متر) طول خوشه در شرایط اعمال هرس سبز بترتیب مربوط به هرس سبز G_4 و شاهد بود. بین شاهد یا عرف محل با هرس سبز G_2، G_2 با G_3 و G_3 با G_4 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج یک تحقیق نشان داد که بیشترین طول خوشه در انگور رقم 'کشمشی' در شرایط هرس سبز شدید شش گره‌ای در مرحله آبگیری حبه بدست آمد (Sadeghian *et al*., 2015).

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر هرس تعادلی و سبز بر برخی صفات مورفولوژیکی خوشه و حبه و عملکرد انگور رقم 'یاقوتی'

Table 1- ANOVA for the effect of balance and green pruning on some morohological traits of cluster and berry andyield of grapevine cv. 'Yaghooti'

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares									
		طول خوشه Cluster length	عرض خوشه Cluster width	مجموع طول محورهای اصلی و فرعی TLMSA	قطر حبه Berry diameter	وزن محور خوشه Cluster axes weight	وزن حبه Berry weight	وزن خوشه Cluster weight	تعداد حبه در خوشه Berry number in cluster	تعداد خوشه در تاک Cluster/Vine	عملکرد Yield
سال Year (Y)	2	0.55^{ns}	0.75^{ns}	17.48^{ns}	0.48^{ns}	0.98^{ns}	0.001^{ns}	369.1^{ns}	327.3^{ns}	99.3^{ns}	1201904^{ns}
سال×تکرار Y×R	6	4.46	3.61	59.2	3.19	0.77	0.01	269	1261	162.2	351079
هرس تعادلی Balance pruning (B_P)	3	92.96^{*}	31.7^{**}	970^{**}	8.02^{**}	9.4^{**}	0.13^{**}	1783^{*}	40842^{**}	4651^{**}	6613803^{**}
هرس سبز Green pruning (G_P)	3	11.8^{**}	13.55^{*}	204.3^{**}	0.18^{ns}	7.21^{**}	0.08^{**}	8464^{**}	12194^{**}	28.4^{ns}	20585407^{*}
$B_P \times G_P$	9	0.35^{ns}	1.28^{ns}	23.2^{ns}	0.16^{ns}	0.3^{ns}	0.005^{ns}	728.1^{*}	6362^{**}	12.3^{ns}	593955^{**}
$Y \times B_P$	6	1.62^{ns}	2.45^{*}	72^{**}	1.24^{ns}	1.3^{**}	0.015^{*}	886.4^{*}	3984^{*}	35.9^{ns}	833631^{ns}
$Y \times G_P$	6	0.34^{ns}	0.46^{ns}	11.6^{ns}	0.28^{ns}	0.14^{ns}	0.006^{ns}	322^{ns}	910.97^{ns}	47.4^{ns}	56175^{ns}
$Y \times B_P \times G_P$	18	0.37^{ns}	0.38^{ns}	5.9^{ns}	0.34^{ns}	0.089^{ns}	0.003^{ns}	349.19^{ns}	1150.5^{ns}	26.9^{ns}	2925996^{ns}
خطا Erorr	90	1.69	1.08	17.1	0.94	0.36	0.004	327.2	1263.9	56.9	466205
CV (%)	-	9.7	12.4	10.3	9.9	8.1	7	23.2	12.8	11.5	9.8
آزمون بارتلت bartllet test		0.7	0.86	0.67	0.63	0.23	0.48	0.44	0.3	0.77	0.6

$^{n.s}$، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and ** indicate non-significant, and significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively

TLMSA: Total length of main and sub axes

جدول ۲- تاثیر هرس تعادلی و هرس سبز بر برخی صفات مورفولوژیکی خوشه و حبه انگور رقم 'یاقوتی'

Table 2- The effect of balance and green pruning on some morohological traits of cluster and berry of grapevine cv. 'Yaghooti'

تیمار Treatment	طول خوشه Cluster length (cm)	عرض خوشه Cluster width	مجموع طول محورهای اصلی و فرعی TLMSA (cm)	قطر حبه Berry diameter (mm)	وزن محور خوشه Cluster axes weight (g)	وزن حبه Berry weight (g)	تعداد خوشه در تاک Cluster No./Vine
هرس تعادلی Balance pruning							
B_1	11.4^{d}	7.2^{d}	34.44d	9.36^{b}	6.1^{c}	0.85^{c}	77^{a}
B_2	12.9^{c}	8.2^{c}	37.47c	10.14^{a}	7.4^{b}	0.93^{b}	72^{b}
B_3	14.2^{b}	8.7^{b}	42.00b	9.36^{b}	7.5^{b}	0.97^{ab}	63^{c}
B_4	15.1^{a}	9.4^{a}	46.29a	10.2^{a}	8.1^{a}	0.98^{a}	51^{d}
هرس سبز Green pruning							
G_1	12.7^{c}	7.7^{c}	37.48c	-	6.9^{d}	0.89^{c}	-
G_2	13.2^{bc}	8.2^{b}	38.91c	-	7.3^{c}	0.92^{b}	-
G_3	13.7^{ab}	8.4^{b}	40.86b	-	7.6^{b}	0.93^{b}	-
G_4	14.1^{a}	9.2^{a}	42.96a	-	7.99^{a}	0.996^{a}	-

میانگین‌های که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Means composed of same letters in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

TLMSA: Total length of main and sub axes

اثر هرس تعادلی و هرس سبز بر عرض خوشه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۹/۴ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۷/۲ سانتی‌متر) عرض خوشه در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به هرس ۱۰+۲۰ جوانه و شاهد بود. همچنین عرض خوشه در هرس ۱۰+۴۰ جوانه بصورت معنی‌داری از ۱۰+۶۰ جوانه بیشتر بود (جدول ۲). گزارش شده که هرس باردهی بر عرض خوشه انگور 'یاقوتی' تأثیر معنی داری نداشت (Rahemi *et al.*, 2015). اما بیشترین و کمترین عرض خوشه بترتیب در هرس سه و نه جوانه‌ای مشاهده گردید. بیش‌ترین (۹/۲ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۷/۷ سانتی‌متر) عرض خوشه در شرایط اعمال هرس سبز بترتیب مربوط به هرس سبز G_4 و شاهد بود. همچنین بین G_2 با G_3 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج یک تحقیق نشان داد که بیشترین عرض خوشه در انگور رقم 'کشمشی' در شرایط هرس سبز شدید شش گره‌ای در مرحله آبگیری حبه بدست آمد (Sadeghian *et al.*, 2015).

اثر ساده هرس تعادلی و هرس سبز بر مجموع طول محورهای اصلی و فرعی معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۴۶/۳ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۳۴/۴ سانتی‌متر) مجموع طول محورهای اصلی و فرعی در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به هرس ۱۰+۲۰ جوانه و شاهد بود. همچنین بین B_4 با B_3، B_3 با B_2 و B_2 با B_1 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲). بیش‌ترین (۴۳ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۳۷/۵ سانتی‌متر) مجموع طول محورهای اصلی و فرعی در شرایط اعمال هرس سبز بترتیب مربوط به هرس سبز G_4 و شاهد بود. ضمن این که بین G_1 با G_2 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

اثر هرس تعادلی بر قطر حبه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۱۰/۲ میلی‌متر) و کم‌ترین (۹/۳ میلی‌متر) قطر حبه در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به هرس ۱۰+۲۰ و ۱۰+۴۰ جوانه بود. همچنین بین هرس ۱۰+۶۰ جوانه و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج یک تحقیق با هدف بررسی اثر هرس باردهی (۳، ۶ و ۹ جوانه‌ای) بر انگور 'یاقوتی' نشان داد که هرس باردهی بر صفت قطر حبه تأثیر معنی‌داری نداشت (Rahemi *et al.*, 2015). گزارش شده که بیشترین و کمترین طول خوشه در انگور 'بیدانه سفید' بترتیب در شرایط هرس سبز متوسط و سنگین بدست آمد (Taherkhani and Golchin, 2012).

اثر هرس تعادلی و هرس سبز بر وزن محور خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۸/۱ گرم) و کم‌ترین (۶/۱ گرم) وزن محور خوشه در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به هرس ۱۰+۲۰ جوانه و شاهد بود. همچنین بین هرس ۱۰+۶۰ و ۱۰+۴۰ جوانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). بیش‌ترین (۷/۹۹ گرم) و کم‌ترین (۶/۹ گرم) وزن محور خوشه در شرایط اعمال هرس سبز بترتیب مربوط به هرس سبز G_4 و شاهد بود. ضمن این‌که G_2 با هرس G_3 تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). در یک آزمایش اثر هرس ۲۰+۴۰ و ۲۰+۲۰ و سه طول شاخه‌ی

سه، شش و نه جوانه در انگور 'بیدانه سفید' بررسی داشت و نشان داد که بیشترین وزن چوب خوشه مربوط به هرس ۲۰+۲۰ و طول شاخه ۳ جوانه‌ای بود (Moradi Kia *et al*., 2004).

اثر هرس تعادلی و هرس سبز بر وزن حبه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۰/۹۸گرم) و کم‌ترین (۰/۸۵ گرم) وزن حبه در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به هرس ۲۰+۱۰ جوانه و شاهد بود. همچنین هرس ۲۰+۱۰ با ۴۰+۱۰ جوانه و هرس ۴۰+۱۰ با ۶۰+۱۰ جوانه تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲). گزارش شده که با افزایش شدت هرس از شاخه‌های شش جوانه‌ای به دو جوانه‌ای وزن حبه به‌میزان ۱۱/۸ درصد افزایش یافت. بیش‌ترین (۰/۹۹۶ گرم) و کم‌ترین (۰/۸۹ گرم) وزن حبه در شرایط اعمال هرس سبز بترتیب مربوط به هرس سبز G_4 و شاهد بود (Arji *et al*., 2015). ضمن این که بین G_2 با G_3 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج یک تحقیق نشان داد که بیشترین وزن حبه در انگور رقم 'کشمشی' در شرایط هرس سبز شدید شش گره‌ای در مرحله آبگیری حبه بدست آمد (Sadeghian *et al*., 2015).

اثر هرس تعادلی، هرس سبز و برهمکنش هرس تعادلی و هرس سبز بر وزن خوشه معنی‌دار بود (جدول ۱). برهمکنش هرس تعادلی و هرس سبز بر صفت وزن خوشه نشان داد که در تمام سطوح هرس تعادلی، هرس سبز باعث افزایش آن گردید. هرس تعادلی همراه با هرس سبز G_4 بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن خوشه داشت. کم‌ترین (۴۹/۷ گرم) و بیشترین (۱۱۸ گرم) وزن خوشه بترتیب در شرایط هرس تعادلی و سبز B_1G_1 و B_4G_4 مشاهده شد. برهمکنش هرس تعادلی و سبز B_4G_4 باعث افزایش صفت وزن خوشه به‌میزان ۱۳۷/۴ درصد نسبت به شاهد (B_1G_1) گردید. همچنین بین B_1G_1 و B_2G_1 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. اما B_4G_4 با تمام سطوح تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳). در یک تحقیق تأثیر شدت هرس در انگور رقم 'پرلت' موردبررسی قرار گرفت و مشخص شد که بیشترین وزن خوشه در شدت هرس شش جوانه در مقایسه با هشت و ۱۰ جوانه بدست آمد (Ahmad *et al*., 2004). گزارش شده که کمترین و بیشترین وزن خوشه انگور 'سیاه سمرقندی' بترتیب در هرس سبک و سنگین مشاهده گردید (Karami, 2011). طی یک تحقیق مشاهده شد که بیشترین و کمترین وزن خوشه در انگور 'بیدانه سفید' بترتیب در شرایط هرس سبز متوسط و سنگین بدست آمد (Taherkhani and Golchin, 2012). طی یک تحقیق بیشترین وزن خوشه در بوته در انگور رقم 'کشمشی' در شرایط هرس سبز شدید شش گره‌ای در مرحله آبگیری حبه بدست آمد (Sadeghian *et al*., 2015).

جدول ۳- برهمکنش هرس تعادلی × هرس سبز بر صفات عملکردی انگور رقم 'یاقوتی'

Table 3- The interaction effect of balance pruning ×green pruning on yield traits of grapevine cv. 'Yaghooti'

Treatments		Traits		
هرس تعادلی Blance pruning	هرس سبز Green pruning	وزن خوشه Cluster weight (g)	تعداد حبه در خوشه Berry number in cluster	عملکرد Yield ($kg.ha^{-1}$)
B_1	G_1	49.7^{h}	220^{g}	6759^{de}
	G_2	70^{d-g}	248^{fg}	7344^{bc}
	G_3	75.6^{c-g}	259^{df}	7792^{ab}
	G_4	84.7^{b-f}	256^{df}	7953^{a}
B_2	G_1	65.6^{f-h}	253^{e-g}	5966^{g}
	G_2	68.2^{e-g}	265^{c-f}	6792^{de}
	G_3	76.2^{c-g}	258^{d-f}	7492^{bc}
	G_4	88.2^{b-d}	256^{ef}	7820^{ab}
B_3	G_1	70.6^{d-g}	287^{b-f}	6140^{fg}
	G_2	77.5^{c-f}	276^{c-f}	6673^{e}
	G_3	85.2^{b-e}	281^{b-f}	7166^{cd}
	G_4	93.9^{bc}	297^{bc}	7594^{abc}
B_4	G_1	58.1^{gh}	275^{c-f}	5244^{h}
	G_2	68.1^{eg}	294^{b-d}	5962^{g}
	G_3	98.3^{b}	316^{b}	6752^{e}
	G_4	118^{a}	401^{a}	7720^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه می‌باشند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

In each column means composed of same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

اثر هرس تعادلی، هرس سبز و برهمکنش هرس تعادلی و هرس سبز بر تعداد حبه در خوشه معنی‌دار بود (جدول ۱). کم‌ترین (۲۲۰) و بیشترین (۴۰۱) حبه بترتیب در شرایط هرس تعادلی و سبز B_1G_1 و B_4G_4 مشاهده شد. برهمکنش هرس تعادلی و سبز B_4G_4 باعث افزایش صفت تعداد حبه در خوشه به‌میزان ۸۲/۳ درصد نسبت به شاهد (B_1G_1) گردید. بین B_1G_1 با B_1G_2 و B_2G_1 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. اما B_4G_4 با تمام سطوح تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳). نتایج یک تحقیق نشان داد که تعداد خوشه در بوته در هرس

شاخه‌ها بصورت دو جوانه‌ای نسبت به شاخه‌های شش جوانه‌ای به‌میزان ۲۵۹ درصد کمتر بود (Arji *et al.*, 2015).

اثر هرس تعادلی بر تعداد خوشه در تاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۷۷ خوشه) و کم‌ترین (۵۱ خوشه) تعداد خوشه در تاک در شرایط اعمال هرس تعادلی بترتیب مربوط به شاهد و هرس ۱۰ +۲۰ جوانه بود که کاهش ۵۱ درصدی نشان داد. ضمن این‌که بین تمامی سطوح هرس تعادلی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). گزارش شده که در هرس سبک و سنگین انگور 'سیاه سمرقندی' تعداد خوشه بترتیب ۵۰ و ۴۰ خوشه در تاک بود (Karami, 2011). گزارش شده که بیشترین و کمترین تعداد خوشه در تاک بترتیب در هرس سه و نه جوانه‌ای مشاهده شد (Rahemi *et al.*, 2015).

اثر ساده هرس تعادلی، هرس سبز و برهمکنش هرس تعادلی و هرس سبز بر عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۱). برهمکنش هرس تعادلی و هرس سبز نشان داد که هرس سبز G_4 در تمام سطوح هرس تعادلی بالاترین عملکرد را داشت. برهمکنش هرس تعادلی و سبز نشان داد که افزایش عملکرد B_1G_4 نسبت به شاهد (B_1G_1) برابر با ۱۷/۷ درصد بود. بیش‌ترین عملکرد بین سطوح B_1G_3، B_4G_4، B_2G_4، B_3G_4 و B_1G_4 مشاهده شد و میزان عملکرد آن‌ها بترتیب برابر با ۷۷۹۲، ۷۷۲۰، ۷۸۲۰، ۷۵۹۴ و ۷۹۵۳ گرم بود. همچنین بین این سطوح تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۳). نتایج یک پژوهش نشان داد که شدت هرس چهار، پنج و شش جوانه با ۱۲، ۱۶ و ۲۰ شاخه میوه‌ده بر روی رقم هیمرود در شدت هرس چهار جوانه‌ای همراه با ۱۲ شاخه میوه ده بیشترین عملکرد را داشت (Feza, 2008). گزارش شده که در هرس سبک و سنگین عملکرد انگور 'سیاه سمرقندی' بترتیب ۸/۹ و ۸/۳ تن در هکتار بود (Karami, 2011). آنالیز رگرسیون چندگانه خطی برای عملکرد انگور 'یاقوتی' انجام شد و نشان داد که از بین صفات اندازه گیری شده، صفات طول خوشه (CL)، وزن حبه (BW)، وزن خوشه (CW) و تعداد خوشه در تاک (CN) بر عملکرد (Yield) تأثیر معنی‌دار داشت.

$$Yield = ۲۳۷۰ - ۱۲۹\ CL + ۲۸۹۸\ BW + ۱۶/۷\ CW + ۳۱/۵\ CN$$

انگور ظرفیت محدودی برای تعداد خوشه‌هایی دارد که در فصل رشد می‌توانند برسند. بنابراین تاک انگور را باید متناسب با ظرفیت آن هرس کرد. شدت هرس باردهی از طریق تأثیر بر تعداد شاخه، تعداد جوانه، تعداد و وزن خوشه، تعداد و وزن حبه و طول و عرض خوشه بطور مستقیم بر عملکرد موثر است (Karami, 2011). در آزمایش حاضر از یک طرف هرس تعادلی ۱۰+۲۰ باعث کاهش تعداد خوشه در تاک شده و از طرف دیگر با کنترل رشد رویشی بدلیل اعمال هرس سبز G_4، سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی و قندی در اختیار میوه قرار گرفت و به‌همین دلیل با افزایش شدت هرس تعادلی و هرس سبز، صفات طول و عرض خوشه، وزن محور خوشه، محورهای اصلی و فرعی خوشه و وزن حبه بهبود یافته و درنتیجه وزن خوشه افزایش یافت. با تعیین شدت هرس تعادلی مناسب، بین قسمت‌های رویشی و زایشی تاک تعادل ایجاد شده و درنتیجه ضمن محدود شدن رشد رویشی، بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی به تولید میوه انگور اختصاص می‌یابد (Fazeli Rostampour, 2023). باتوجه به این که نوک شاخه‌های در حال رشد، محل مصرف قوی مواد غذایی حاصل از فتوسنتز بوده و با خوشه‌ها رقابت می‌کنند، بنابراین حذف انتهای شاخه‌ها از رشد طولی شاخه‌ها جلوگیری نموده و با افزایش شدت هرس سبز قسمتی از مواد فتوسنتزی و قندهایی که برای رشد شاخه‌های جدید مصرف می‌گردید، صرف رشد میوه می‌شود (Salem *et al.*, 1996; Kavousi *et al.*, 2020). انگور 'یاقوتی' در طول فصل رشد دارای رشد رویشی نسبتاً زیادی است، بنابراین پوشش زیاد برگ‌ها بر روی هم نفوذ نور خورشید را مختل نموده و در نتیجه فتوسنتز کاهش می‌یابد (Dardeniz and Kismali, 2002). به عبارت دیگر رشد شاخه‌ها و برگ‌ها، باعث کاهش نفوذ نور درون بوته‌ها و سایه‌اندازی بر روی خوشه‌ها، تهویه کم‌تر و کاهش میزان کربوهیدرات‌ها می‌شود (Salem *et al.*, 1996). با افزایش صفات موثر بر کاهش فشردگی خوشه دراین آزمایش، شامل طول و عرض و محورهای اصلی و فرعی خوشه، کیفیت و بازارپسندی انگور 'یاقوتی' افزایش یافت. عملکرد در تیمارهای برهمکنش هرس تعادلی B_2، B_3 و B_4 با سطوح هرس سبز G_1 و G_2 نسبت به شاهد (عرف محل) کاهش یافت که دلیل اصلی آن کاهش تعداد جوانه در درختچه انگور در اثر هرس تعادلی و سایه‌اندازی و کاهش سهم میوه از مواد فتوسنتزی بدلیل عدم کنترل (G_1) و یا کنترل ناکافی (G_2) رشد رویشی بود. اگرچه در شرایط هرس تعادلی B_3 و B_4، صفت وزن خوشه افزایش یافت، اما تأثیرگذاری آن به اندازه اثر صفت تعداد خوشه بر عملکرد نبود. از طرف دیگر بیشترین افزایش عملکرد تاک در تمام سطوح هرس تعادلی (B_1، B_2، B_3 وB_4) در شرایط اعمال هرس سبز G_4 اتفاق افتاد. بطور کلی نتایج نشان داد که هرس تعادلی ۱۰+۲۰ جوانه همراه با هرس سبز G_4 باعث افزایش عملکرد به‌میزان ۱۷/۲ درصد نسبت به شاهد (B_1G_1) شد.

نتیجه‌گیری

شکل‌دهی و ساختار تاک انگور بر رشد و نمو و محصول تولیدی بسیار موثر است. این مهم تعیین‌کننده میزان فتوسنتز و کربوهیدرات تولیدی است. اگر ساختار تاک انگور به گونه‌ای تغییر یابد که میوه سهم بیشتری از کربوهیدرات‌های تولیدی داشته باشد، محصول تولیدی از نظر کیفیت و کمیت قابل توجه خواهد بود. باتوجه به این که انگور در سیستان به روش خزنده تربیت می‌شود، بنابراین در

شرایط هرس باردهی و سبز شاهد (عرف منطقه)، تاج گیاه از تراکم بالایی برخوردار بوده که این عامل از یک طرف نفوذ نور را کاهش داده و از طرف دیگر نسبت برگ‌های تولیدکننده به مصرف کننده را کاهش می‌دهد. در چنین شرایطی صفات تاثیرگذار بر بازارپسندی خوشه شامل تعداد و وزن خوشه، تعداد و وزن حبه و طول و عرض خوشه کاهش یافت که باعث کاهش کیفیت خوشه گردید. با افزایش شدت هرس باردهی و سبز تراکم تاج تاک کاهش یافت و باعث کاهش سایه‌اندازی و افزایش سهم میوه از فتوسنتز شد که بدنبال آن عملکرد کمی و کیفی میوه افزایش یافت. بطور کلی نتایج نشان داد که هرس تعادلی ۱۰+۲۰ جوانه همراه با هرس سبز G_4 باعث افزایش عملکرد به‌میزان ۱۷/۲ درصد نسبت به شاهد (B_1G_1) شد.

منابع

1. Ahmad, W., Junaid, M., Nafees, M., Farooq, M., & Saleem, B.A. (2004). Effect of Pruning Severity on Growth Behavior of Spur and Bunch Morphology of Grapes (*Vitis vinifera* L.) Cv. Perlette. *International Journal of Agriculture and Biology 6*(1): 160-161.
2. Arji, I., Fayz, R., & Gerdakaneh, M. (2015). The effect of charging and number of buds per shoot on the yield and productivity coefficient of perlette grape cultivar. *1st National Symposium on Small Fruits* 238-244. (In Persian)
3. Arji, I., & Mahnam, S. (2018). Effect of bud number on some quantitative and quality related traits of Yaghooti grapevine cultivar in Sarpol-e-Zehab region. *Journal of Scientific-Extension Research Findings in Crops and Horticultural Plants 7*(1): 49-62. (In Persian). https://doi.org/10.22055/ppd.2019.22517.1485.
4. Bowed, P.A., & Kliewer, W.M. (1990). Influence of clonal variation, pruning severity, and cane structure on yield component development in 'Cabernet Sauvignon' grapevines. *Journal American Society Horticulture Science 115*(4): 530-534. https://doi.org/10.21273/JASHS.115.4.530.
5. Brandon, O'Daniel, S., Douglas, D.A., & Kaan Kurtural, S. (2012). Effects of balanced pruning severity on traminette (*Vitis spp*.) in a warm climate. *American Journal of Enology and Viticulture 63*(2): 284-290. https://doi.org/10.5344/ajev.2012.11056.
6. Dami, I., Bordelon, B., Ferree, D.C., Brown, M., Ellis, M.A., William, R.N., & Doohan, D. (2005). Midwest grape production guide. *Ohio State University Extension Bulletin* 919-05, Wooster.
7. Dardeniz, A., & Kismali, I. (2002). Investigations on the effect of diffetent crop load of Amasya and Cardinal grape cultivars on the yields and qualities of grape and cuttings. *Ege Universitesi Ziraat Fakultesi Dergis 39*(1): 9-16.
8. Fazeli Rostampour, M. (2020). The effect of irrigation regime and green pruning on some physiologic traits and yield of Yaghooti grape. *Journal of Horticultural Science 34*(1): 185-196. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V34I1.83688.
9. Fazeli Rostampour, M. (2023). Intensity effect of severity of balance pruning and green pruning on some physiological, quality and yield traits of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghouti) in the Sistan region. *Articles in press.* (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijhs.2022.335563.1991.
10. Fazeli Rostampour, M., & Nejatian, M.A. (2021). The Effect of defoliation, cluster thining and gibberellic acid on the cluster compactness of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghooti). *Horticultural Science and Technology 22*(2): 203- 212. (In Persian) https://doi.org/20.1001.1.16807154.1400.22.2.7.0.
11. Feza, A.M. (2008). Influence of pruning severity on yield and quality of Himrod grape under Kashmir conditions. *Indian Journal of Horticulture 65*(1): 16-19.
12. Gatti, M., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Poni, S. (2012). Effects of cluster thinning and preflowering leaf removal on growth and grape composition in cv. Sangiovese. *American Journal of Enology Vitic 63*(3): 325-332. https://doi.org/10: 5344/ajev.2012.11118.
13. Hiroyuki, F., Tadushi, F., Masashi, M., & Inadomi, K. (2004). Effect of summer pruning on the growth and the tree vigor of "Kyoho" grape in early heating greenhouse. *Bulletin of the Saga Prefectural Fruit Tree Experiment Station* 15: 15-21.
14. Jalili Marandi, R. (2002). *Small fruits*. Urmia University Press Pp: 290. (In Persian)
15. Karami, M.J. (2011). Effect of pruning severity and cane length on yield and quality of grape cv. Siah-e-Samarghandi. *Seed and Plant Production Journal 26-2*(4): 445-456. (In Persian). https://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110419.
16. Kavousi, B., Eshghi, S., & Tafazoli, A. (2009). Effects of cluster thinning and cane topping on balanced yield and fruit quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Askari. *Agricultural Science and Technology and Natural Resources 13*(48): 15-27. (In Persian). https://doi.org/20.1001.1.24763594.1388.13.48.2.2.
17. Kavousi, B., Saeedi, K., & Hassanpour, B. (2020). Principles and role of green pruning in vineyard management. *Grape Extension Magazine 1*(2): 6-1. (In Persian)
18. Mahmoudzadeh, H. (2020). *Technical principles of dry and green pruning*. Publication of agricultural education Pp: 32. (In Persian)

19. Mahmoudzadeh, H., & Fanaei, H. (2019). Promoting the best clones of Yaghooti grapes for the construction of new garden and branch cultivation in Zabol region. *Grape Extension Magazine* 1: 48-44. (In Persian)
20. Mirsoleimani, A., Amin, H., & Jafari, R. (2015). *Effect of pruning severity on the yield and quality of "Yaghoti" grape*. 1st National Symposium on Small Fruits 153-157. (In Persian)
21. Moradi Kia, A., Rabiee, W., & Karami, M.J. (2004). *Effect of pruning intensity on yield and quality of White seedless cultivar*. Ministry of Science, Research and Technology, Zanjan University, Zanjan Faculty of Agriculture. (In Persian).
22. Mostashari, M., Khosravi, Nejad, A., Baybordi, A., Basirat, M., Akhiani, A., Sedri, M. H., & Majidi, A. (2006). Guide to plant nutrition of grapes. *Technical Journal of Soil and Water Research Institute* 1-31. (In Persian)
23. Nejatian, M.A., Moradi, M., & Moghadam, E.G. (2015). *Estimation on the best severity of balance pruning in Peykani grape from Kashmar*. 1st National Symposium on Small Fruits 245-251. (In Persian)
24. Nejatian, M.A., & Rasouli, V. (2017). *Pruning of green grapes*. Agricultural Education Publication 1-18. (In Persian)
25. Pirayesh, A., Ganjeh, R., & Jahani, Y. (2015). The pruning correct method in keshmeshi cultivar grape. *Technical Manual Journal* 42: 1-12. (In Persian)
26. Rahemi, M., Pendashteh-khademi, A., & Eshghi, S. (2015). *Effect of bud number in cane on yield and quality of grape (Vitis vinifera L. cv.Yaghouti)*. 9th Congress of Horticultural Sciences Ahvaz 1-4.
27. Sadeghian, F., Seifi, E., Dadar, A., Alizadeh, M., & Sharifani, M. (2015). Effect of green pruning on fruit yield and quality in cultivated grape boots of cultivar raisin in climatic conditions of Shirvan. *Journal of Horticultural Science 29*(2): 232-239. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.31869.
28. Salem, A., Kilani, A., & Shaker, G. (1996). Growth and quality of two grapevine cultivars as affected by pruning severity. *V Temperate Zone Fruit in the Tropics and Subtropics* 441: 309-316. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.441.43.
29. Sorori, Sh., Asgharzadeh, A., Marjani, A., & Samadi-Kazemi, M. (2022). Evaluation of drought stress tolerance among some of grape cultivars using physiological and biochemical studies. *Journal of Horticultural Science 36*(2): 373-388. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JHS.2021.67767.1004.
30. Taherkhani, A., & Golchin, A. (2012). The effect of drought stress on yield and quantitative and qualitative traits of seedless white grape cultivar in Takestan region. *Journal of Horticultural Science 26*(2): 215-222. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.14732.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 193-203

Preparation and Production of Nano Capsules of *Aloe vera* Gel Containing *Ziziphora tenuior* L. Essential Oil

T. Baeradeh[1], H. Arouiee[2*], M. Naseri[3], M. Mamarabadi[4]

Received: 23-01-2022
Revised: 22-06-2022
Accepted: 05-07-2022
Available Online: 05-07-2022

How to cite this article:
Baeradeh, T., Arouiee, H., Naseri, M., & Mamarabadi, M. (2023). Preparation and production of nano capsules of *Aloe vera* gel containing *Ziziphora tenuior* L. essential oil. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 193-203. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.74607.1124

Introduction

Fruits and vegetables are perishable due to high humidity and biological activity after harvesting (breathing, transpiration and biochemical activities). Covering fruits with antimicrobial compounds, while being edible and safe for consumers, is an effective solution to prevent the spoilage of fruits and increase their shelf life. In developing countries, packaging, storage and transportation technologies for these products have not been developed yet. One of the cheap and high-performance methods to increase the shelf life of fruit and maintain its quality during the storage period is to use a coating on the fruit. The purpose of coating application is to reduce water loss, slow aging, polish and better marketing. In addition to improving quality, coating can protect the fruit from pathogens and contamination. Edible coatings create a thin layer on the surface of the food that are effective and eco-friendly alternatives and maintain the firmness of fresh fruits and vegetables. The main components of edible coatings are natural polysaccharides, including starch, cellulose, pectin, alginates and chitosan. These coatings apply by spraying, immersion or rubbing. The use of essential oils and other extracts of medicinal plants has been evaluated in the development of edible coatings.

Adding *Ziziphora tenuior* L. essential oil to food has been considered as an antioxidant and antimicrobial compound. Directly use of essential oils for fruits and vegetable shelf life has some limitations due to low solubility in water, high vapor pressure and physical and chemical instability. One of the ways to reduce these limitations is the nanoencapsulation of essential oil as. Applications of nano technology to the development of edible coatings (included various nanosystems, including polymeric nanoparticles, nanoemulsions), efforts to control the release of essential oils. *Aloe vera* gel, which is extracted from the inner parts of the leaves, is clear, odorless, completely healthy and environmentally friendly and can replace the coverings used after harvesting fruits. This is a polysaccharide gel, it dissolves easily in water and has advantages such as preserving the aromatic substances inside the fruit, covering the wound and cuts and it is possible to add substances such as vitamins and essential oils to this gel. Due to the antibacterial properties of aloe vera, adding aloe vera gel to edible coatings can increase the antibacterial properties of this biodegradable coating. On the other hand, using nano technology can increase the efficiency, consistency and better quality of food coatings.

Materials and Methods

The aim of the present study was to prepare and produce an oral coating of nanoecapsule containing *Ziziphora tenuior* L. essential oil. The components of the nanocapsule of *Aloe vera* gel was water, toewin and

1 and 2- M.Sc Student and Associate Professor, Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: aroiee@um.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
4- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2022.74607.1124

Ziziphora tenuior L. essential oil. Fresh *Aloe vera* leaves were used to prepare gel. Zeta-average diameter, particle size distribution, scattering index (PDI) and zeta potential (particle surface charge) were measured. Transmission electron microscopy (TEM) imaging was used to evaluate the morphology of the nanocapsule. The stability of produced nanocapsule was evaluated by measuring the particle size changes for 3 months .

Results and Discussion

21 compounds were identified in the essential oil of *Ziziphora tenuior*. The main and important constituents of *Ziziphora tenuior* L. essential oil were Pulegone, Menthofuran and 1,8-Cineole. The results showed that the particle size of nanocapsule containing essential oil was 84.46 nm and zeta potential was -16.02 mV. The results of transmission electron microscope (TEM) photos showed that the size of the particles is less than 200 nanometers and the shape of the particles is almost spherical. The outer surface of the capsules is completely smooth and uniform. Stability studies of particle size and zeta potential for 3 months showed that nanocapsule containing essential oils had good stability. In this formulation, the zeta potential was about -16 mV, which is due to the non-ionic parts of the surfactant on the surface of the nanocapsule, which contributes to the repulsion force and caused the stability of the size of the nanocapsules. In order to determine the amount of essential oil in the nanocapsule, spectrophotometric method was used. The percentage of essential oil in nanocapsule was 83.25% .

Conclusion

Nanoencapsulation of essential is one of the ways to reduce the limitations of essential oil aplication. In the present study, a nancapsule with natural and biodegradable materials (*Aloe vera* gel) containing *Ziziphora tenuior* L. essential oil was prepared and the results showed that *Ziziphora tenuior* L. essential oil was successfully encapsulated in *Aloe vera* gel. In general, the results of the present study showed that the nanocapsule of *Aloe vera* gel is a suitable carrier for *Ziziphora tenuior* L. essential oil and can be used as an oral coating to preserve fruits and vegetables.

Keywords: Edible coating, Electron microscope, Essential oil, Nano particle, Particle size

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۰۳-۱۹۳

تهیه و تولید نانو کپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی *Ziziphora tenuior* L.

طیبه باازاده[۱]- حسین آرویی[۲*]- محبوبه ناصری[۳]- مجتبی ممرآبادی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۴

چکیده

میوه‌ها و سبزی‌ها به دلیل داشتن رطوبت بالا و فعالیت بیولوژیکی بعد از برداشت (تنفس، تعرق و فعالیت‌های بیوشیمی) فسادپذیرند. پوشش‌دهی میوه‌ها با ترکیبات ضدمیکروبی و در عین حال خوراکی و ایمن برای مصرف‌کنندگان راهکار موثری برای جلوگیری از فساد میوه‌ها و افزایش ماندگاری آن است. تولید این قبیل پوشش‌های خوراکی با بهره‌گیری از فناوری نانو سبب افزایش کارایی مواد تشکیل دهنده پوشش می‌شود. در همین راستا این پژوهش با هدف تهیه و تولید پوشش خوراکی نانوکپسول حاوی اسانس کاکوتی انجام شد. اجزای سازنده فرمولاسیون نانوکپسول، ژل آلوئه ورا، آب، توئین و اسانس کاکوتی بود. جهت شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه گازی کروماتوگرافی GC و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی GC-MS استفاده شد. میانگین اندازه ذره‌ای و پتانسیل زتا، تصویر میکروسکوپ الکترونی نانوکپسول و میزان پایداری ذرات و درصد کارایی نانوکپسول محاسبه شد. در اسانس گیاه کاکوتی (*Ziziphra tenuior* L.) ۲۱ ترکیب شناسایی شد. ترکیبات اصلی و مهم اسانس کاکوتی شامل پولگون (۶۵/۲۳ درصد)، منتوفوران (۱۲/۷۲ درصد) و ۱و۸- سینئول (۶/۰۱ درصد) بودند. اندازه نانوکپسول حاوی اسانس، ۸۴/۴۶ نانومتر و پتانسیل زتا ۱۶/۰۲- میلی‌ولت بود. براساس نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی، اندازه ذرات کمتر از ۲۰۰ نانومتر بود. سطح خارجی نانوکپسول‌ها کاملاً صاف و یکنواخت بود. درصد انکپسولاسیون اسانس ۸۳/۲۵ درصد محاسبه شد. مطالعات پایداری اندازه ذرات و پتانسیل زتا در مدت ۳ ماه نشان داد که نانوکپسول حاوی اسانس از پایداری خوبی برخوردار بوده است. به طور کلی نتیجه تحقیق حاضر نشان داد نانوکپسول ژل آلوئه ورا حامل مناسبی برای اسانس کاکوتی است و می‌توان به عنوان پوشش خوراکی برای ماندگاری میوه‌ها از آن استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اندازه ذره‌ای، پوشش خوراکی، میکروسکوپ الکترونی، نانو ذرات

مقدمه

میوه‌ها وسبزی‌ها به دلیل داشتن رطوبت بالا و فعالیت بیولوژیکی بعد از برداشت (تنفس، تعرق و فعالیت‌های بیوشیمی) فسادپذیرند (Shahavi *et al.*, 2019). در کشورهای در حال توسعه برای این محصولات فناوری‌های بسته‌بندی و انبارداری و حمل و نقل، هنوز توسعه زیادی نیافته است. یکی از روش‌های ارزان قیمت و با کارایی بالا برای افزایش طول عمر ماندگاری میوه و حفظ کیفیت آن در طول دوره نگهداری استفاده از پوشش بر روی میوه است (Pirhayati *et al.*, 2019) هدف از کاربرد پوشش، کاهش افت آب، کند کردن پیری، جلا دادن و بازاریابی بهتر است. علاوه بر بهبود کیفیت، پوشش می‌تواند میوه را در مقابل پاتوژن و آلودگی محافظت کند. این پوشش‌ها به صورت لایه نازک بر سطح میوه قرار می‌گیرند و نقش مهمی در جلوگیری از کاهش رطوبت محصول، تبادل گاز، حفاظت از ترکیبات فرار، بافت، رنگ میوه‌ها و سبزی‌ها دارند (Del- Valle *et al.*, 2005). مطالعات نشان داده است که بسیاری از اسانس‌ها خواص ضد میکروبی دارند و می‌توانند از میوه‌ها و سبزی‌ها در مقابل عوامل میکروبی پس از برداشت میوه‌ها محافظت کنند (Davidson *et al.*, 2003). طراحی فرمولاسیون مناسب برای استفاده از اسانس‌ها به عنوان پوشش مناسب برای افزایش ماندگاری پس از برداشت

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: aroiee@um.ac.ir
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه
۴- دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jhs.2022.74607.1124

میوه‌ها یک چالش بزرگ است زیرا اسانس‌ها شدیداً در برابر شرایط محیطی ناپایدار می‌باشند. مصرف اسانس‌ها به طور کلی به دلیل حلالیت پایین درآب، فشار بخار بالا وناپایداری فیزیکی وشیمیایی با دشواری‌هایی درکاربرد همراه هستند همچنین اسانس‌ها با ایجاد بو و مزه در محصول، خوشایند مصرف‌کنندگان نمی‌باشند. بنابراین امروزه تلاش می‌شود تا اثرات نامطلوب اسانس‌ها کاسته شود. برای رفع این مشکل تحقیقات زیادی در زمینه تکنولوژی‌های ترکیبی انجام شده است درهمین راستا بهترین نتایج از الحاق اسانس‌ها باپوشش‌های خوراکی و زیست تجزیه پذیر وریزپوشانی کردن‌آن‌ها درون نانوکپسول‌ها حاصل شد (Aswathanarayan andVittal , 2019).

ژل آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) که از قسمت‌های داخلی برگ استخراج می‌شود شفاف، بی‌بو، کاملاً سالم و سازگار با محیط زیست است و می‌تواند جایگزین پوشش‌های مورد استفاده در پس از برداشت میوه‌ها شود. این ژل پلی ساکاریدی است، به راحتی در آب حل می‌شود و دارای مزایایی مانند حفظ مواد معطر داخل میوه، پوشش محل زخم و بریدگی است و قابلیت افزودن موادی مثل ویتامین و اسانس به این ژل وجود دارد (Choi and Chung, 2001). به دلیل خواص ضدباکتری آلوئه ورا، افزودن ژل آلوئه ورا در پوشش‌های خوراکی می‌تواند موجب خاصیت ضد باکتری این پوشش زیست تجزیه‌پذیر شود. از طرف دیگر می‌توان با استفاده از فناوری نانو، باعث افزایش کارایی، سازگاری و کیفیت بهتر پوشش‌های خوراکی شد. استفاده از ژل آلوئه ورا درگیلاس باعث کاهش میزان تنفس به میزان ۵۰ ٪ طی ۱۶ روز انبارداری سرد به اضافه یک روز در دمای معمولی اتاق شد(Moghimi *et al.*,2016).

رضوی و همکاران (Razavi *et al.*, 2019) در تحقیقی خواص فیزیکی وشیمیائی پوشش نانوامولسیون اسانس آویشن شیرازی را بر ماندگاری قارچ خوراکی دکمه‌ای بررسی کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که کاهش وزن در تیمارهای دارای پوشش نانوامولسیون حاوی اسانس آویشن شیرازی نسبت به شاهدتفاوت معنی‌داری داشتند. در این پژوهش پوشش کربوکسی متیل سلولزحاوی نانوامولسیون اسانس آویشن شیرازی باعث ماندگاری قارچ دکمه‌ای شد وغلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو امولسیون اسانس آویشن شیرازی مناسب‌ترین غلظت ازلحاظ استحکام بافت وسایر موارد بود (Razavi *et al.*, 2019). امروز به منظور اهمیت سلامت مصرف‌کنندگان و حفظ محیط زیست از مواد شیمیایی، پوشش‌های ارگانیک به دست آمده از منابع طبیعی مورد توجه اکثر کشورهای توسعه یافته و همچنین کشور ما قرار گرفته است. با توجه به مطالعات انجام شده و خاصیت ضد میکروبی و زیست سازگاری اسانس گیاه دارویی کاکوتی و ژل آلوئه ورا در این تحقیق پوشش خوراکی نانوکپسول با ژل آلوئه ورا و اسانس کاکوتی تهیه شد و ویژگی‌های آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش

تهیه اسانس

اسانس کاکوتی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت داروسازی باریج اسانس (کاشان– ایران) تهیه شد.

شناسایی ترکیبات اسانس

جهت شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاهای گازی کروماتوگرافی GC و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی GC-MS استفاده شد. مشخصات دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل GC TRACE ساخت شرکت Finnigan-Thermoquest مجهز به MS با ستونDB-5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر بود. برنامه ریزی حرارتی آون از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۵ درجه در دقیقه انجام گردید. گاز حامل نیتروژن بود (Adams, 2007) پس از تزریق اسانس به دستگاه گاز کروماتوگراف و یافتن مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی ستون، جهت دستیابی به بهترین جداسازی، اسانس کاکوتی با هگزان نرمال، رقیق و به دستگاه گاز کروماتوگراف کوپل شده با طیف‌سنج جرمی GC/MS تزریق و طیف‌های جرمی و کروماتوگرام‌های مربوط به دست آمد. سپس با استفاده از زمان بازداری، شاخص بازداری کواتس، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیبات تشکیل دهنده اسانس‌ها مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت (Adams, 2007).

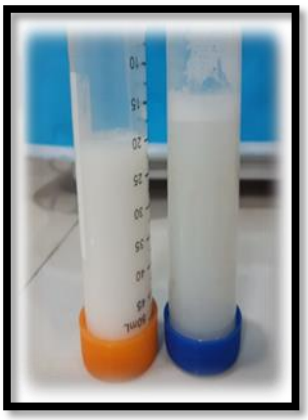
تهیه ژل آلوئه ورا

برای تهیه ژل آلوئه ورا از برگ‌های تازه آلوئه ورا استفاده شد. برگ‌ها با آب مقطر استریل شستشو داده شد و سپس با الکل ۷۰ درصد سطح برگ‌ها استریل شدند و نوک، انتها و لبه برگ‌ها بریده و سپس به روش دستی، قسمت میانی برگ به صورت طولی برش داده شده که در نتیجه پوست (اپیدرم) روی برگ‌ها از پالپ وسط برگ که حاوی ژل می‌باشد، جدا شد. ژل‌ها پس از جدا سازی توسط مخلوط کن به خوبی خرد و مخلوط شده تا یکنواخت شدند. مخلوط حاصل از پارچه ململ عبور داده شدند تا مایع ژل آلوئه ورا بدست آمد. در نهایت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه پاستوریزه گردید (Aswathanarayan and Vittal, 2019).

تهیه نانوکپسول

فرمولاسیون نانوکپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی شامل ۴ درصد وزنی اسانس، ۵۰ درصد وزنی آلوئه ورا و ۲ درصد توئین ۸۰ (امولسیفایر) بود. ابتدا آب، اسانس، امولسیفایر و ژل آلوئه ورا به طور

جداگانه با توجه به مقدار لازم در محاسبات فرمولاسیون، وزن شدند. اسانس و توئین ۸۰ در مرحله ورتکس مخلوط گردیده و پس از آن، کمی آب مقطر و ژل آلوئه ورا مورد نیاز به مخلوط افزوده شد و مخلوط حاصل با استفاده از همزن مغناطیسی (دور ۱۰ و مدت ۴۰ دقیقه) تهیه شد. نانو کپسول اولیه شیری رنگ بود و سریعاً درون ظرف بزرگتر (حاوی یخ) قرار گرفته و ظرف را زیر دستگاه اولتراسونیک (Hielscher -UP 400s) پروب‌دار با فرکانس ۲۴ کیلوهرتز و توان ۴۰۰ وات به صورت پالسی (۰/۵ ثانیه) به مدت ۷ دقیقه روشن و سپس ۳ دقیقه استراحت و مجدداً ۷ دقیقه روشن قرار گرفت و نمونه یکنواخت شد (Jafari *et al.*, 2013) (شکل ۱).



شکل ۱- نانوکپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس

Figure 1- Nanocapsule of *Aloe vera* gel containing essential oil

آنالیز خصوصیات نانوکپسول

– تعیین اندازه ذره‌ای نانوکپسول و پتانسیل زتا

میانگین قطر اندازه ذرات (Z-average)، توزیع اندازه ذرات و شاخص پراگندگی چندگانه (PDI) و پتانسل زتا (بار الکتریکی سطح ذرات) با دستگاه Particle size analyzer در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. این دستگاه اندازه ذرات را بر حسب تعداد، حجم و شدت بیان می‌کند (Wang *et al.*, 2019).

–بررسی مورفولوژی نانوکپسول با میکروسکوپ الکترونی برای بررسی مورفولوژی نانومولسیون از عکسبرداری میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) استفاده شد. پس از آماده‌سازی نمونه از فیلتر سرسنگی عبورداده شد و نمونه به نسبت ۱ به ۱۰۰ با آب مقطر رقیق شد، سپس ۲۰ ماکرولیتر از نمونه بر روی گرید ۳۰۰ مشبک کربن کد (پوشش کربن دار) به مدت دو دقیقه قرار گرفت و سپس رنگ آمیزی منفی با اورانیل استات ۲ درصد به مدت دو دقیقه انجام شد و نمونه توسط دسیکاتور خلا خشک شد، پس از خشک شدن، نمونه زیر میکروسکوپ الکترونی مشاهده شد (Wang *et al.*, 2019).

تعیین کارایی درون پوشانی

مقدار اسانس انکپسوله شده در نانوکپسول به وسیله روش شیخ زاده و همکاران (KarimiSani *et al.*, 2019) با کمی اصلاحات تخمین زده شد. برای اندازه‌گیری کارایی انکپسولاسیون، ابتدا ۱ میلی‌لیتر از نمونه به منظور جداسازی کپسول‌ها در دور ۱۳۰۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. بعد از اینکه تشکیل دو فاز دادند. فاز پایینی از فیلتر سرسنگی ۰/۲۲ عبور داده شد و نمونه با اتانول رقیق شد. جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی ماوراء بنفش (درطول موج ۳۹۹ نانومتر) خوانده شد. اسانس کاکوتی در این طول موج دارای حداکثر جذب است. غلظت‌های متفاوت اسانس کاکوتی به منظور رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شدند. محتوای اسانس کل با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

معادله (۱):

$$EE\% = \text{TotalEO- Free EO / Total EO} \times 100$$

EE: Efficiency Encapsulation کارایی درون پوشانی

Free EO: Free Essential oil اسانس آزاد

تعیین پایداری نانوکپسول حاوی اسانس

پایداری نانوکپسول‌های تولید شده با اندازه‌گیری تغییرات ذرات و همچنین ظاهر آن‌ها برای مدت ۳ ماه بررسی شدند. بدین منظور اندازه ذرات تولید شده در روزهای اول، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز با دستگاه Particle size analyzer در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

آنالیز آماری با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵درصد انجام شد. شکل ها نیز با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

شناسایی ترکیبات اسانس کاکوتی

با بررسی اندیس‌های بازداری، طیف‌های جرمی و مقایسه این پارامترها با ترکیبات استاندارد و تزریق جداگانه برخی از استانداردهای موجود، ۲۱ ترکیب در اسانس گیاه کاکوتی (*Ziziphora tenuior*) شناسایی شد (جدول ۱). ترکیبات اصلی و مهم اسانس کاکوتی شامل پولگون ۶۵/۲۳، منتوفوران ۱۲/۷۲ و ۱و۸ سینئول ۶/۰۱ درصد بودند.

جدول ۱- ترکیبات اسانس کاکوتی

Table 1- Chemical compositionofessential oil of *Ziziphora tenuior* L.

No ردیف	Components اجزاء اسانس (ترکیبات)	Quantity (%) مقدار (درصد)	RT (min) زمان بازداری
1	α -Pinen	1	6.51
2	Camphene	0.2	7.03
3	β-Phellandrene	0.6	7.73
4	ß-Pinene	1.2	7.92
5	ß-Myrcene	0.3	8.24
6	3-Octanol	0.3	8.54
7	o-Cymene	0.2	9.59
8	Limonene	1	9.73
9	1,8-Cineole	6.01	9.89
10	3-Cyclopentene-1-ethanol, 2,2,4-trimethyl-	3.3	14.78
11	l-Menthone	0.6	15.09
12	Menthofuran	12.72	15.37
13	l-Menthone	0.8	15.49
14	Isoborneol	0.3	15.75
15	cis-Dihydrocarvone	1.5	15.99
16	α-Terpineol	0.2	16.8
17	Pulegone	65.23	18.83
18	Thymol	0.8	21.36
19	3-Methyl-2-(2-methyl-2-butenyl)-furan	0.7	23.16
20	Caryophyllene	0.6	26.37
21	tetrahydro-5H-chromene	1.5	51.82
Total		99.06	

جدول ۲- اندازه ی ذره‌ای و پتانسیل زتا در نانوکپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی

Table 2– Particle size and zeta potential of nanocapsule of *Aloe vera* gel containing *Ziziphora tenuior* L. essential oil

پتانسیل زتا Z-Potential (mv)	شاخص پراکندگی PDI	میانگین اندازه ذره Z-average (nm)
-16.02	0.306	84.46

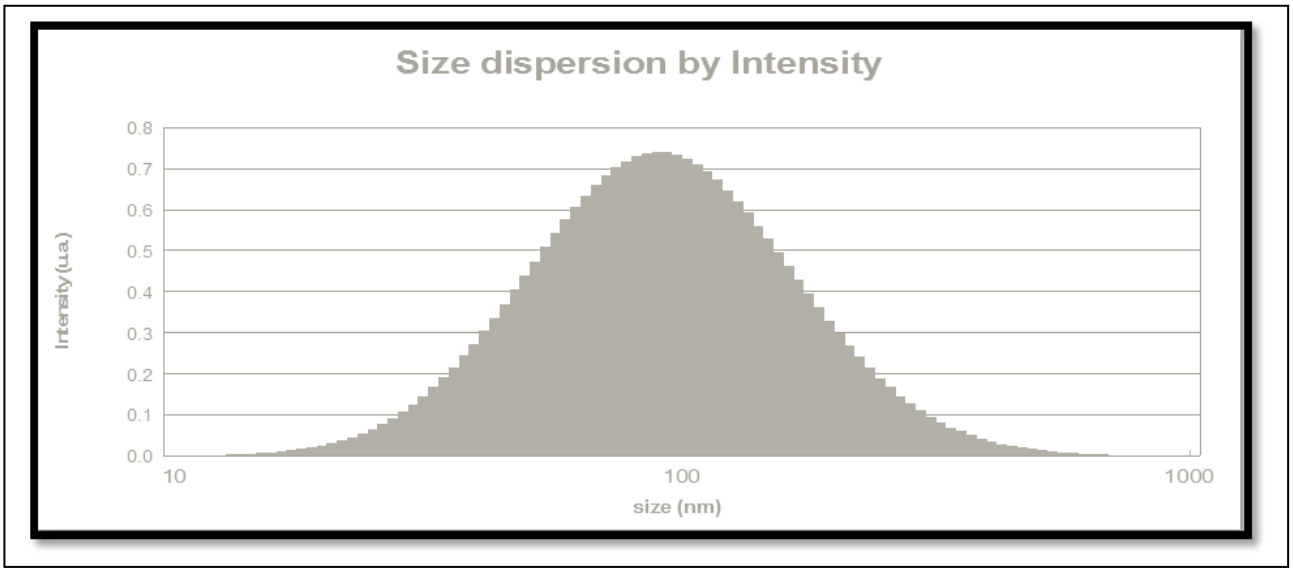
اندازه و توزیع اندازه ذرات

از مهمترین ویژگی مرتبط با کیفیت نانوکپسول، میانگین اندازه ذرات و توزیع آن است. پارامترهای مختلفی از جمله ترکیب فرمولاسیون، روش تولید و شرایط محیط (زمان، حرارت، فشار، تعداد سیکل، تجهیزات) بر روی اندازه ذرات تأثیرگذار است. نتایج میانگین اندازه ذرات و پتانسیل زتای فرمولاسیون ساخته شده در جدول ۲ می‌باشد.

برای تهیه نانوکپسول با اندازه قطرات پایدار، استفاده از سورفکتانت ضروری است. توین ۸۰ به دلیل سازگاری بالا با اجزای دیگر فرمولاسیون و سمیت پایین به عنوان سورفکتانت بی خطر در این فرمولاسیون استفاده شد. توین ۸۰ آب دوست و حلالیت بیشتری نسبت به اسانس دارد. برای تولید یک نانوکپسول پایدار باید در فرمولاسیون توازن بین ویژگی‌های آب دوستی و چربی دوستی باشد. این سورفکتانت غیر یونی و ملکول‌های بدون بار است و محصول بی خطر و زیست سازگار است و تحت تأثیر تغییرات pH قرار نمی‌گیرد (Nasseri *et al.*, 2016). با توجه به جدول ۲ و شکل ۲ اندازه نانوکپسول‌ها در این تحقیق ۸۴/۴۶ نانومتر بدست آمد. برای اهداف صنایع غذایی و پوشش‌های غذایی هر چقدر که اندازه ذرات کوچک تر باشد، بهتر است زیرا با کاهش اندازه ذرات، نسبت سطح به حجم، دسترسی زیستی و شفافیت محلول حاوی نانوکپسول افزایش می‌یابد (۱۷).

وجود ترکیبات فعال سطحی باردار مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و سورفکتانت‌ها منجر به ایجاد بارهای الکتریکی متفاوت در سطح ذرات می‌شود. پتانسیل زتا درپایداری نانوکپسول‌ها اهمیت دارد هر چه مقدار پتانسیل زتا بیشتر باشد به معنی وجود نیروهای دافعه‌ی بیشتر بین ذرات و تمایل کمتر آن‌ها برای به هم چسبیدن است (Moghimi *et al.*, 2016). همچنین پتانسیل زتا شاخصی برای مقدار برهمکنش دافع بین ذرات‌کلوئیدی است. پتانسیل زتا درفرمولاسیون تهیه شده

۱۶- میلی‌ولت بود. بالا بودن پتانسیل زتای نانوذرات موجب بالا رفتن نیروی دافعه الکترواستاتیک و درنتیجه افزایش پایداری فیزیکی سیستم می‌شود. هرچه پتانسیل زتا کمتر شود، نیروهای جاذبه بر دافعه غلبه کرده وذرات در کنار هم جمع می‌شوند (Razavi *et al*., 2019).

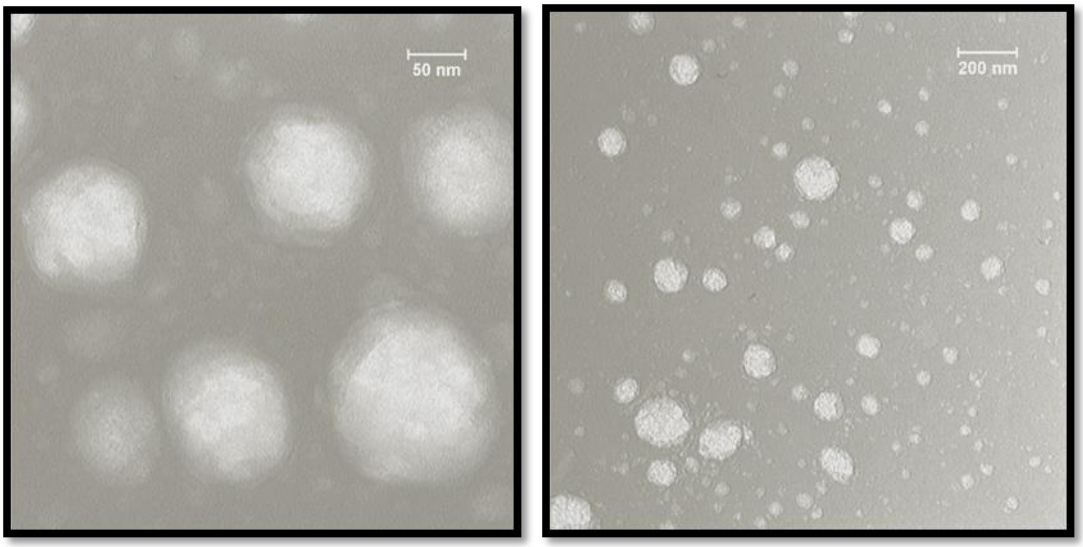


شکل ۲- توزیع اندازه ذرات نانوکپسول اسانس کاکوتی

Figure 2- Size distribution of nanocapsule particles of *Ziziphora tenuior* L. essential oil

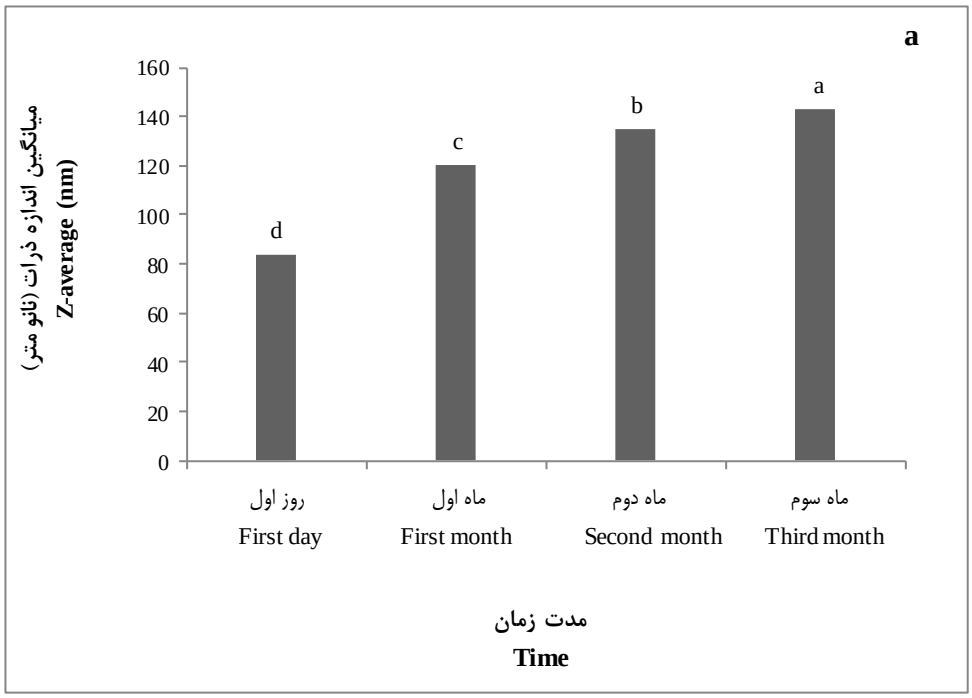
بررسی مورفولوژی نانوکپسول بامیکروسکوپ الکترونی عبوری

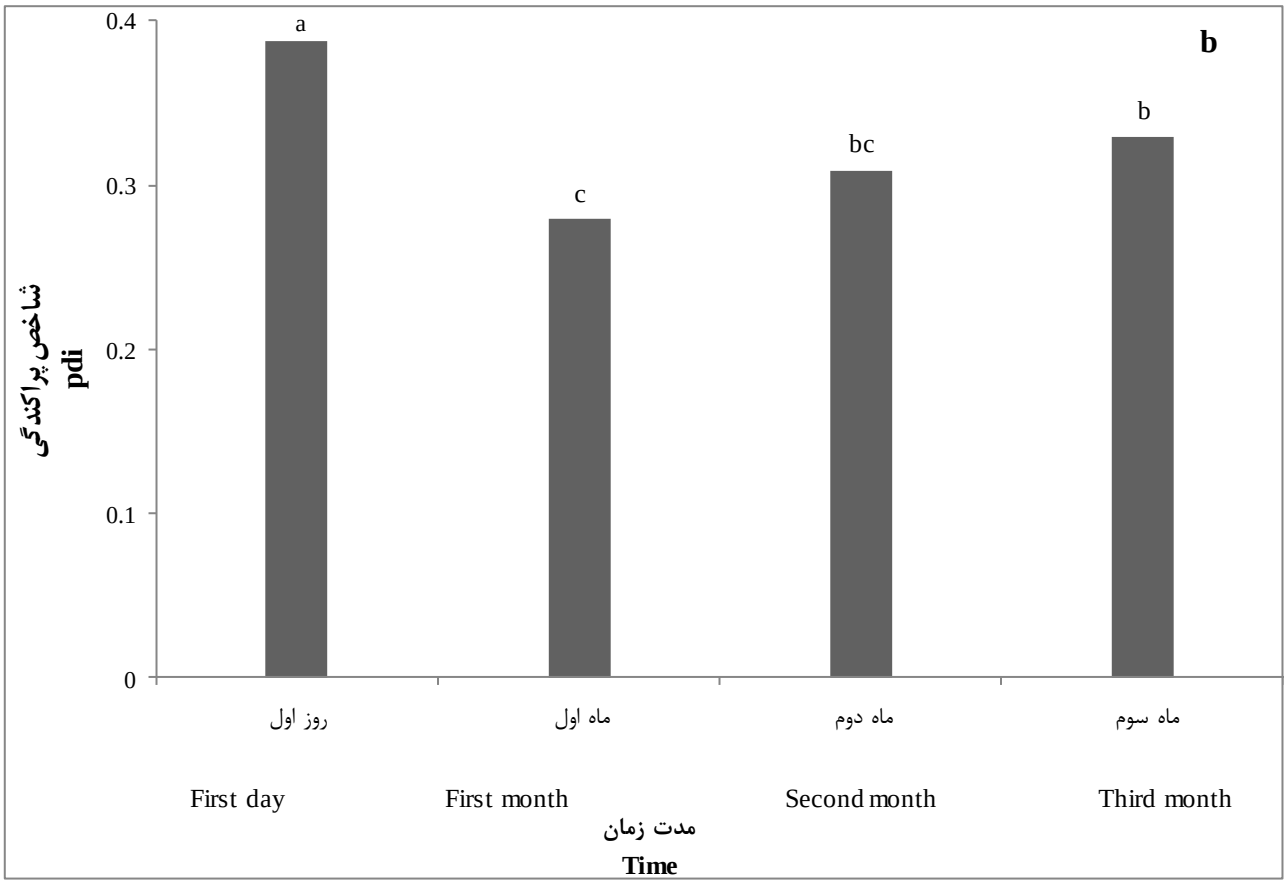
نتایج حاصل از عکس‌های میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نشان دادکه اندازه ذرات کمتر از ۲۰۰نانومتر بوده و شکل ذرات تقریبا کروی است (شکل ۳). سطح خارجی‌کپسول‌ها کاملاً صاف و یکنواخت است. کروی بودن نانوکپسول بیشترین توانایی را جهت آزادسازی کنترل شده و محافظت از اسانس احتباس یافته دارد. شکل کروی نسبت به سایر اشکال نانو ذرات دارای طولانی‌ترین مسیر جهت حرکت اسانس محبوس شده است و کمترین سطح تماس با محیط آبی دارد (Nasseri *et al*., 2016).

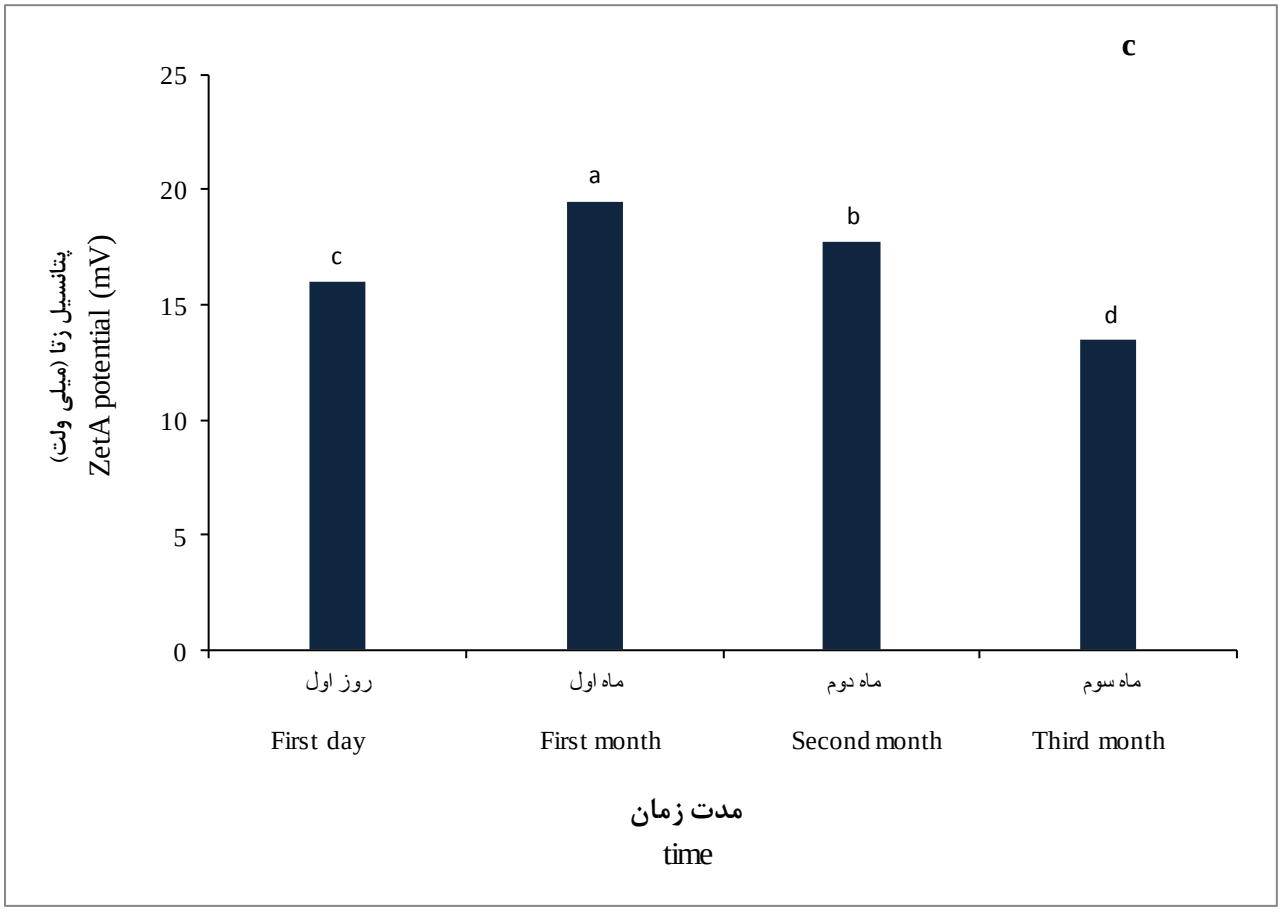


شکل ۳- عکس میکروسکوپ الکترونی TEM نانوکپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی

Figure 3- TEM electron microscope image of nanocapsule of *Aloe vera* gel containing *Ziziphora tenuior* L. essential oil


a
میانگین اندازه ذرات (نانو متر)
Z-average (nm)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
d
c
b
a
روز اول
ماه اول
ماه دوم
ماه سوم
First day
First month
Second month
Third month
مدت زمان
Time


b
شاخص پراکندگی
pdi
0.4
0.3
0.2
0.1
0
a
c
bc
b
روز اول
ماه اول
ماه دوم
ماه سوم
First day
First month
Second month
Third month
مدت زمان
Time



شکل ٤- پایداری میانگین اندازه ذرات (a)، شاخص پراکندگی (b) و پتانسیل زتا (c) در نانوکپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانس کاکوتی در مدت سه ماه پس از تهیه

Figure 4- Stability of mean particle size (a), dispersion index (b) and zeta potential (c) in the nanocapsule of *Aloe vera* gel containing *Ziziphora tenuior* L. essential oil for three months after preparation (♀Duncan Test, $p \leq 0.05$)

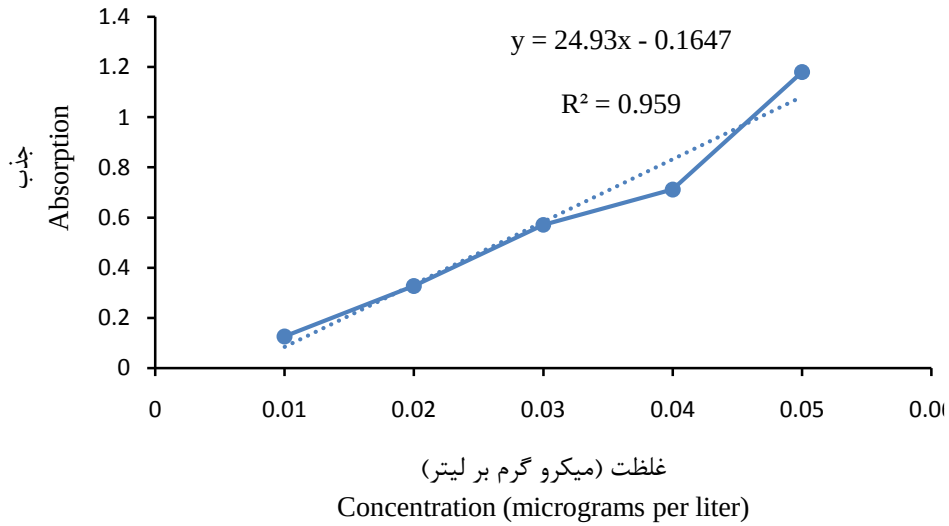
بررسی پایداری نانوکپسول

پایداری میانگین اندازه ذرات، پتانسیل زتا و شاخص پراکندگی مربوط به فرمولاسیون نانوکپسول ژل آلوئه ورا حاوی اسانسکاکوتی برای‌مدت سه ماه بررسی شد. با توجه به شکل اندازه ذرات پس از ۳ ماه، پایداری مناسبی داشتند، این افزایش در اندازه ذرات، طبیعی می‌باشد زیرا پتانسیل زتا بعد از ۳ ماه کاهش یافت که همین موضوع باعث کاهش دافعه‌ی بین ذرات می‌شود و در نهایت ذرات به هم متصل می‌شود و اندازه آن ها افزایش می‌یابد (شکل ۴). با این حال در این فرمولاسیون پتانسیل زتا حدود ۱۶- میلی ولت بود که به علت بخش‌های غیر یونی سورفاکتانت در سطح نانوکپسول می‌باشد که به نیروی دافعه کمک می‌کند وباعث پایداری اندازه نانوکپسول‌ها شد.

در مطالعه‌ای نانوامولسیون حاوی اسانس رزماری تهیه شد که اندازه نانو ذرات برای مدت یک ماه پایداربود و کمتر از ۲۰۰ نانومتر بود. در تحقیق شهاوی و همکاران (Shahavi *et al.*, 2019) نانوامولسیون حاوی اسانس میخک تهیه شد که اندازه ذرات ۴۳ نانومتر بود و اندازه ذرات بعد از ۶ ماه ۱۰۰ نانومتر بود.

تعیین کارایی درون پوشانی

به منظور تعیین مقدار اسانس موجود در نانوکپسول از روش اسپکتروفتومتراستفاده شد و برای رسم نمودار استاندارد، درصدهای مختلفی از اسانس کاکوتی را با طول موج ۳۹۹ نانومتر بادستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و مقدار اسانس احتباس یافته محاسبه شد. درصد احتباس یافته اسانس درون نانوامولسیون ۸۳/۲۵ درصد محاسبه شد (شکل ۵).



شکل ۵- منحنی استاندارد اسانس کاکوتی برای تعیین میزان اسانس محبوس شده در نانوکپسول

Figure 5- Standard curve of *Ziziphora tenuior* L. to determine the amount of essential oil trapped in the nanocapsule

نتیجه‌گیری

پوشش‌های خوراکی یکی از نوآورانه‌ترین روش‌ها برای حفظ کیفت و افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات تازه است. از طرف دیگر پوشش‌دهی میوه باعث کوچکتر شدن قطر منافذ تنفسی سطح میوه و کاهش نفوذپذیری آن نسبت به اکسیژن و آب شده در نتیجه، فعالیت آنزیمی میوه کمتر خواهد بود و فاسد شدن میوه به تعویق خواهد افتاد. اسانس‌های‌گیاهی ترکیبات فراری هستند که از بخش‌های مختلف گیاه (ریشه، گل، دانه، برگ، چوب یا میوه) بدست می‌آیند. از موارد محدودکننده استفاده ازاسانس‌ها می‌توان به عدم انحلال پذیری‌آن‌ها در آب و عدم پایداری آن‌ها اشاره کرد. پیشرفت‌ها در حوزه نانوتکنولوژی راه‌حل‌هایی در این زمینه فراهم نموده است. استفاده از نانوکپسول اسانس‌های گیاهی از طریق پوشش دادن در روی میوه جهت افزایش طول عمر ماندگاری محصولاتی مانند سبزی و میوه می‌شود. کاهش اندازه ذرات سبب افزایش کارایی مواد تشکیل دهنده پوشش می‌شود. در پژوهش حاضر نانوکپسول با مواد طبیعی و زیست تجزیه‌پذیر (ژل آلوئه ورا) که حاوی اسانس کاکوتی بود تهیه شد و نتایج نشان داد که اسانس کاکوتی با موفقیت در نانوامولسیون ژل آلوئه ورا کپسوله شد و برای مدت ۳ ماه ماندگاری مناسبی داشت.

منابع

1- Adams, R.P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry* (Vol. 456, pp. 544-545). Carol Stream: Allured publishing corporation.

2- Aswathanarayan J.B., & Vittal R.R. (2019). Nanoemulsions and their potential applications in food industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3: 95. https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00095.

3- Choi, S., & Chung, M.H. (2003, March). *A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic effects*. In Seminars in integrative medicine (Vol. 1, No. 1, pp. 53-62). WB Saunders.

4- Davidson, P.M., & Zivanovic, S. (2003). *The use of natural antimicrobials*. In: Foodpreservation techniques. Woodhead Publishing(pp. 5-30). Woodhead Publishing.

5- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M.J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus* indica) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry 91*(4): 751-756. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.002.

7- Jafari, S.M., Beheshti, P., & Assadpour, E. (2013). Emulsification properties of a novel hydrocolloid (Angum gum) for d-limonene droplets compared with Arabic gum. *International Journal of Biological Macromolecules* 61: 182-188. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.06.028.

7- Karimi Sani, I., Alizadeh, M., Pirsa, S., & Moghaddas Kia, E. (2019). Impact of operating parameters and wall material components on the characteristics of microencapsulated *Melissa officinalis* essential oil. *Flavour and Fragrance Journal 34*(2): 104-112. https://doi.org/10.1002/ffj.3482.

8- Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology 39*(1): 93-100. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006.

9- Moghimi, R., Ghaderi, L., Rafati, H., Aliahmadi, A., & McClements, D.J. (2016). Superior antibacterial activity of nanoemulsion of *Thymus daenensis* essential oil against *E. coli*. *Food Chemistry* 194: 410-415. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.139.

10- Nasseri, M., Golmohammadzadeh, S., Arouiee, H., Jaafari, M. R., & Neamati, H. (2016). Antifungal activity of Zataria multiflora essential oil-loaded solid lipid nanoparticles in-vitro condition. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences 19*(11): 1231-1237. https://doi.org/10.22038/ijbms.2016.7824.

11- Ozturk, B., Argin, S., Ozilgen, M., & McClements, D.J. (2015). Formation and stabilization of nanoemulsion-based vitamin E delivery systems using natural biopolymers: Whey protein isolate and gum arabic. *Food Chemistry* 188: 256-263.

12- Pirhayati, A., Gholami, M., Mirzakhani, A., & Khalilzadeh Ranjbar, G. (2019). Application of *Aloe vera* gel coating enriched with golpar essential oil on the shelf life of peach fruit) *Prunus persica* var, Zafarani. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology 13*(4): 75-88. http://nsft.sbmu.ac.ir/article-1-2490-en.html.

13. Rastegae, M. (2019). Investigation of the Physical and Chemical Properties of *Zataria multiflora* Essential oil Nano Emulsions on the Preservation of *Agaricus Bispporus* Button Mushroom. *Journal of Food Science and Technology* (Iran) *16*(87): 79-86.

14- Shahavi, M.H., Hosseini, M., Jahanshahi, M., Meyer, R. L., & Darzi, G.N. (2019). Evaluation of critical parameters for preparation of stable clove oil nanoemulsion. *Arabian Journal of Chemistry 12*(8): 3225-3230. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.08.024.

15- Tadros T., Izquierdo P., Esquena J., & Solans C. (2004). Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science* 108–109: 303–318. https://doi.org/10.1016/j.cis.2003.10.023.

16- Thumula, P. (2006). Studies on storage behaviour of tomatoes coated with chitosan-lysozyme films.

17- Wang, S. H., Smith, D., Cao, Z., Chen, J., Acosta, H., Chichester, J. A., & Baker Jr, J.R. (2019). Recombinant H5 hemagglutinin adjuvanted with nanoemulsion protects ferrets against pathogenic avian influenza virus challenge. *Vaccine 37*(12): 1591-1600. https://doi.10.1016/j.vaccine.2019.02.002.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 205-217

Investigation of *Tomato Spotted Wilt Virus* and Fe Interaction on some Physiological Characteristics of Tomato in Greenhouse Conditions

N. Haresabadi[1], S.A. Hosseini[2*], M.H. Aminifard[3]

Received: 07-02-2022
Revised: 26-03-2022
Accepted: 11-05-2022
Available Online: 11-05-2022

How to cite this article:
Haresabadi, N., Hosseini, S.A., & Aminifard, M.H. (2023). Investigation of *Tomato spotted wilt virus* and Fe interaction on some physiological characteristics of tomato in greenhouse conditions. *Journal of Horticultural Science* *37*(1): 205-217. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.75082.1134

Introduction

Tomato, scientifically known as *Solanum lycopersicum* L., belongs to the Solanaceae family and is susceptible to various diseases, resulting in reduced yield. Among the diseases, the *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), which belongs to the Tospovirus genus and Bunyaviridae family, causes significant damage to tomato crops and other greenhouse plants. Therefore, it is crucial to find ways to increase plant resistance and control viral infections. One effective method is through proper plant nutrition, which can enhance plant resistance by balancing fertilizer consumption and nutrient supply. Iron (Fe) is an essential element for plants and plays a significant role in increasing their tolerance to various stresses. In Order to evaluate the interaction effects of *Tomato spotted wilt virus* and Fe on some biochemical traits of Mobil and RioGrand tomato cultivars, a study was conducted in Birjand Faculty of Agriculture.

Materials and Methods

Experiment in a Random complete design with greenhouse conditions, with 3 replications and 4 treatments Done. Experimental factors include cultivar with two levels (Mobil cultivar and Rio Grand cultivar) and Fe foliar application in the presence of virus with these three (zero, 1.5 and three milliliter of Fe fertilizer per liter of water). First, two varieties of RioGrand and Mobil tomato seeds were prepared and planted in seedlings. Then, in the two-leaf stage, they were transferred to pots filled with sterile soil and kept in greenhouse conditions. After seedling establishment, the first foliar application of Fe fertilizer was done and in the five to seven leaf stage, the virus was inoculated on all leaves. Then, the second stage of fertilizer was applied 10 days after the first fertilizer and finally, after the last stage of foliar application, the samples were transferred to the laboratory. In Order to accurately investigate the effect of Fe on important plant factors, extracts were taken from the samples. Then, the amount of antioxidants, carbohydrates, Flavonoids, Chlorophyll (a, b and total chlorophyll) and phenol was measured. Finally, the final data analysis was performed using SAS statistical software.

Results

The results showed that the simple effect of cultivar on the amount of phenol and flavonoids was significant at the level of one percent and the highest amount of phenol was recorded in Mobil cultivar and the highest amount of flavonoids was recorded in RioGrand cultivar. The effect of treatments on chlorophyll a, total chlorophyll index and antioxidant enzymes was significant at the level of 1% probability and carbohydrate content at the level of 5% probability. The results showed that feeding Fe at a concentration of 1.5 milliliter had a favorable effect on carbohydrate content and increased its amount in infected plants compared to control plants. This Increase effect may be useful for improving tolerance in a variety of tomatoes. According to the results, an increase in foliar application concentration to 3 milliliters led to a decrease in carbohydrate levels. Mechanical inoculation with a positive sample of the virus resulted in plant contamination. However, virus

1, 2 and 3- Master of Plant Pathology and Associate Professors Department of Plant Protection and Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Birjand, respectively.
(*- Coresponding Author Email: ahosseini@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.75082.1134

infection increased carbohydrate and antioxidant enzyme levels in tomatoes. The effect of cultivar on treatment was only significant in the amount of antioxidant enzymes at a one percent probability level, with the Mobil cultivar showing the highest response to virus infection treatment. Therefore, it can be concluded that a concentration of 1.5 milliliters of Fe fertilizer could be effective in increasing carbohydrate levels, as well as utilizing enzymatic and non-enzymatic antioxidant components to prevent viral penetration to some extent and reduce symptoms, particularly in the Mobile cultivar. However, the RioGrand cultivar produced less antioxidant components. Different cultivars of the same plant species have been reported to have varying responses to different types of infections, such as viruses, fungi, and bacteria. These differences are attributed to genetic variations among cultivars, which leads to different resistance mechanisms.

Conclusion

The final results showed that in the early stages of greenhouse tomato growth, Fe nutrition had an effect on the biochemical properties of the plant and had a positive effect on some traits. In total, Fe fertilizer with a concentration of 1.5 milliliter increased carbohydrates in plants infected with *Tomato spotted wilt virus* and together with phenol and antioxidants affected the spread of the virus, especially in Mobil cultivar.

Keywords: Biochemical traits, Bunyaviridae, Mechanical inoculation, Nutrients, Tospovirus

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۱۷-۲۰۵

بررسی برهم کنش ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی (*Tomato spotted wilt virus*) و آهن روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه

نیلوفر حارث آبادی[۱]- سیده عاطفه حسینی[۲*]- محمدحسین امینی فرد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۱

چکیده

ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی (*Tomato spotted wilt virus*) متعلق به جنس توسپوویروس (Tospovirus) و خانواده بنیاویریده (Bunyaviridae) می‌باشد. این ویروس خسارت زیادی به کشت‌های گوجه‌فرنگی و انواع گیاهان در گلخانه‌های کشور وارد نموده است. همواره به جهت افزایش مقاومت گیاهان و کنترل آلودگی‌های ویروسی از تغذیه کودی گیاهان استفاده می‌شود. یکی از عناصر مورد نیاز گیاه عنصر آهن می‌باشد که در روند تحمل گیاه به انواع تنش‌ها اثر زیادی دارد. بنابراین، به منظور بررسی اثرات متقابل ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی و عنصر آهن بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم گوجه‌فرنگی ، تحقیقی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم با دو سطح (رقم 'موبیل' و رقم 'ریوگراند') و محلول‌پاشی آهن در حضور آلودگی ویروسی با سه غلظت (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌لیتر کود آهن مایع در یک لیتر آب) اعمال شد. صفات بیوشیمیایی مورد بررسی در این آزمایش شامل قندکل، فنل، فلاونوئید، آنتی‌اکسیدان و کلروفیل (a، b و کلروفیل کل) بودند. نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد برگی کود آهن در غلظت ۱/۵میلی‌لیتر منجر به افزایش محتوی قند کل در گیاهان آلوده شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بیشترین میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان آلوده به ویروس با ۷۳/۳۴ درصد مشاهده شد. در بین ارقام از نظر میزان فنل و فلاونوئید تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت به نحوی که بیشترین میزان فنل در رقم 'موبیل' با ۰/۶۸میلی‌گرم در صد گرم و بیشترین میزان فلاونوئید در رقم 'ریوگراند' با ۰/۵۱ میلی‌گرم در گرم وزن تازه مشاهده شد. در مجموع کود آهن با غلظت ۱/۵ میلی‌لیتر باعث بهبود قندکل در گیاهان آلوده به ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی شد و همراه با فنل و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بر کاهش گسترش ویروس به ویژه در رقم 'موبیل' تاثیر مثبتی گذاشت و منجر به کاهش شدت علائم شد.

واژه‌های کلیدی: بنیاویریده، تلقیح مکانیکی، توسپوویروس، صفات بیوشیمیایی، مواد مغذی

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی (*Solanum lycopersicum* L.) ازجمله سبزی‌های پرمصرف متعلق به تیره سیب‌زمینیان (Solanaceae) می‌باشد (Afroz *et al*., 2010). گوجه‌فرنگی گیاهی است چند ساله با برگ‌های مرکب و میوه سته گوشتی که واریته‌های زیادی از آن به جهت مصرف افراد کشت می‌شود (Wei *et al*., 2017). این گیاه از نظر اقتصادی بین محصولات باغبانی جایگاه دوم را به خود اختصاص داده است (Flores *et al*., 2010). فرایند کشت گوجه‌فرنگی در حضور بیمارگرهای گیاهی با محدودیت‌های زیادی همراه است. در این میان ویروس‌ها از مهمترین عوامل بیماری‌زای گیاهی محسوب می‌شوند. ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی (TSWV) گونه تیپ

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی و دانشیاران گروه گیاه‌پزشکی و باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: (Email: ahosseini@birjand.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2022.75082.1134

جنس توسپوویروس (Tospovirus) است و با دامنه میزبانی وسیعی که دارد باعث بروز خسارت‌های زیادی در گوجه‌فرنگی می‌شود. این ویروس جزء ۱۰ ویروس با بیشترین میزان خسارت‌زایی در گیاهان می‌باشد. همچنین گزارش‌هایی مبنی بر خسارت TSWV روی سایر گیاهان مانند سیب‌زمینی، کوکب کوهی، سویا و گیاهان زینتی وجود دارد (Golnaraghi *et al*., 2007 ;Ghotbi *et al*., 2005). نخستین ردیابی این ویروس در استرالیا به وسیله بریتل بلنک صورت گرفته است (Shoshtari *et al*., 2011). ژنوم ویروس از سه قسمت با اندازه‌های متفاوت تشکیل شده است که درون یک پیکره گرد، از نوع RNA تک رشته قرار می‌گیرد. فرایند انتقال ویروس با روش مکانیکی و یا ناقلین صورت می‌گیرد. تریپس‌ها با روش گردشی تکثیری مهم‌ترین حشره انتقال دهنده ویروس می‌باشند (Pappu *et al*., 2009). در اثر رقابت ویروس و گیاه بیماری ایجاد می‌شود. علائم بیماری بسته به سن گیاه، دما و شرایط محیطی متفاوت است. در مجموع ویروس روی گیاهان نشانه‌های نکروز، کلروز و لکه‌های حلقوی ایجاد می‌کند (Chen *et al*., 2011). شدت علائم در گوجه‌فرنگی بسیار گسترده می‌باشد به نحوی که منجر به پیچیدگی برگ، لکه‌های قهوه‌ای مایل به سیاه، کوتولگی گیاه بالغ و ایجاد نقاط گرد رنگ پریده روی میوه می‌شود (Lian *et al*., 2013). از طرفی ساز و کارهایی در بیمارگرهای گیاهی وجود دارد که منجر به دریافت عنصر آهن از محیط اطراف می‌شود (Tariqi *et al*., 2019). این در حالی است که با مصرف متعادل کود و تامین عناصرغذایی می‌توان میزان مقاومت گیاه را افزایش داد و عنصر آهن نیز در روند تحمل گیاه به انواع تنش‌ها اثر زیادی دارد. به طور کلی وضعیت آهن گیاه می‌تواند روابط بیمارگر- میزبان را در مسیرهای مختلف بیماری‌زایی بیمارگر و همچنین دفاع میزبان تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی برهمکنش ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی و عنصر آهن بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار به مدت سه ماه در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم با دو سطح (رقم 'موبیل' و رقم 'ریوگراند') و اعمال سطوح مختلف آهن در حضور آلودگی ویروسی با سه سطح (غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌لیتر کود آهن مایع در یک لیتر آب) اعمال شد. جهت تغذیه نشاها، از کود آهن مایع فروسیت سمیران استفاده شد. ابتدا دو رقم بذر گوجه‌فرنگی تهیه و در سینی نشا کاشته شد. سپس، نشاها در مرحله دو برگی به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر پر شده با خاک استریل (مخلوطی از خاک، ماسه و خاک برگ) منتقل و در شرایط گلخانه نگهداری شدند. دور آبیاری هر سه روز یک بار و به صورت دستی انجام شد. پس از استقرار گیاه اولین مرحله محلول‌پاشی به صورت اسپری کردن کود آهن مایع انجام شد. به منظور تلقیح ویروس، ابتدا در آزمایشگاه نمونه مثبت ویروس با دو میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۰۱مولار (pH هفت) درون هاون چینی استریل کاملاً کوبیده شد و بعد از له شدن روی سطح برگ‌ها مایه‌زنی صورت گرفت (Hall, 2009). سپس، ۱۰ روز بعد از اولین محلول‌پاشی مرحله دوم کوددهی انجام شد. بعد از آخرین محلول‌پاشی برگی نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های نهایی به آزمایشگاه منتقل شدند. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز نهایی داده‌ها صورت گرفت.

اندازه‌گیری قند کل

به منظور سنجش میزان قند ابتدا معرف آنترون آماده شد. برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر معرف آنترون، ۷۶ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد با ۳۰ میلی‌لیتر آب رقیق گردید. بعد از سرد شدن محلول، ۱۵۰میلی‌گرم آنترون در آن حل و در ظرف کهربایی نگهداری شد. سپس، جهت اندازه‌گیری محتوی قند ابتدا یک گرم از بافت تازه برگی به همراه ۱۰میلی‌لیتر متانول ۹۶ درصد در داخل هاون چینی کوبیده و له شد. در مرحله بعد در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ قرار گرفت. سپس، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده را برداشته و به آن ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون اضافه گردید. نمونه به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفته و پس از خنک شدن جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Mocready *et al*., 1950).

اندازه‌گیری فنل

اندازه‌گیری فنل با استفاده از روش زیر انجام شد. ابتدا یک گرم از بافت تازه برگ با ۱۰میلی‌لیتر متانول ۹۶ درصد در هاون چینی کوبیده شد. بعد از سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه، ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول فوق به ۰/۴ میلی‌لیتر فولین ۵۰ درصد اضافه شد. سپس بعد از سه دقیقه، یک میلی‌لیتر کربنات سدیم دو درصد به آن اضافه شد و به مدت ۴۵ دقیقه در محفظه تاریک قرار گرفت. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر یادداشت شد (Krizek *et al*., 1997).

اندازه‌گیری فلاونوئید

برای محاسبه میزان فلانوئید ابتدا ۰/۱گرم برگ در هاون چینی با ۱۰میلی‌لیتر اتانول اسیدی (۹۹ میلی‌لیتر اتانول+ یک میلی‌لیتر استیک اسید) در دمای آزمایشگاه همگن گردید و پس از سانتریفیوژ عصاره با

دور ۸۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه، در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. درنهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۳۰۰ نانومتر قرائت گردید (Krizek *et al*., 1998).

اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان

به منظور اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان ابتدا یک گرم از بافت تازه برگ با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۶ درصد کوبیده شد. سپس، سانتریفیوژ محلول به مدت ۱۰ دقیقه با دور۴۰۰۰ انجام شد. در مرحله بعد، به ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول فوق چهار میلی‌لیترمحلول DPPH (۱۵ میلی‌گرم DPPH + ۲۵۰ میلی‌لیتر متانول) اضافه و به سرعت هم زده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در محفظه تاریک قرار گرفت. در پایان میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد (Turkmen *et al*., 2005).

اندازه‌گیری کلروفیل (a، b و کلروفیل کل)

جهت اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیل ۰/۱گرم از بافت تازه برگ در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده، سپس حجم محلول با استون به ۱۰میلی‌لیتر رسانده شد. محلول بدست آمده ۱۰دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. سپس، شاخص کلروفیل a در طول موج ۶۶۳ نانومتر و میزان کلروفیل b در طیف جذبی ۶۴۴ نانومتر یادداشت شد (Lichtenthaler, 1987).

آنالیز آماری

این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی تحت شرایط گلخانه انجام شد. پس از اعمال تیمارهای آزمایشی و مشاهده علائم ویروسی، نمونه‌ها برای انجام آزمایش و ثبت داده‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس، توسط نرم‌افزار آماری SAS آنالیز نهایی صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده رقم بر میزان فنل و فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر تیمارها بر شاخص کلروفیل a، کلروفیل کل و آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال یک درصد و محتوی قند در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری نشان داد. بر اساس نتایج اثر رقم بر تیمار تنها در میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱)

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر صفات شیمیایی برگ گوجه‌فرنگی

Table 1- ANOVA for the effect of experimental factors on the chemical properties of tomato leaf

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	فنل Phenol	آنتی‌اکسیدان Antioxidant	فلاونوئید Flavonoid	کربوهیدرات Carbohydrate	کلرفیل کل Chlorophyll Total	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a
رقم Cultivar	1	0.24**	71.50^{ns}	0.054**	0.0003^{ns}	6.31^{ns}	1.17^{ns}	2.04^{ns}
تیمار Treatment	3	0.01ns	286.73**	0.003^{ns}	0.016*	11.99**	1.14^{ns}	6.02**
رقم× تیمار Cultivar× treatment	3	0.01ns	113.66**	0.009^{ns}	0.008^{ns}	1.97^{ns}	2.30^{ns}	1.22^{ns}
خطا Error	32	0.006	17.63	0.006	0.005	2.20	2.37	0.63
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.06	6.17	17.31	14.75	9.88	18.42	11.95

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

قند کل

نتایج محلول‌پاشی برگی نشان داد تغذیه آهن در غلظت ۱/۵ میلی‌لیتر اثر مطلوب بر محتوی قند داشت (جدول ۲) و میزان قند را در گیاهان آلوده نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. در بررسی اثر کود آهن بر صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی نعناع فلفلی گزارش شد محلول‌پاشی آهن در شرایط تنش شوری منجر به افزایش محتوی کربوهیدرات شد (Rostami *et al*., 2018). به علاوه در گزارش‌هایی بیان شد تیمار محلول‌پاشی آهن، منگنز و روی در گیاه پیاز باعث افزایش میزان قند گردید (Singh and Riwari, 1996). همچنین نتایج این آزمایش بیانگر آن است که در شرایط تنش ویروسی با افزایش غلظت محلول‌پاشی از میزان قند کاسته شد. به نحوی که در تیمار کود آهن سه میلی‌لیتر، میزان قندکل با ۰/۴۴میلی‌گرم بر گرم به حداقل رسید (جدول ۲). یافته‌های محققان در گیاه شنبلیله موید این مطلب می‌باشد که با افزایش میزان کود محتوی قند کاهش می‌یابد (Shokhmgar *et al*., 2013). آنان گزارش کردند تیمار ۵۰کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن باعث افزایش میزان قند شد درحالی که با افزایش کود از محتوی قند کاسته شد. بررسی‌ها حاکی از آن است که در تنش رطوبتی و سطوح مختلف کلات آهن کاهش محتوی قند مشاهده شد (Fathi Amirkhiz *et al*., 2011).

به علاوه نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در تیمار آلودگی ویروسی محتوی قند افزایش یافت (جدول ۲). در تحقیقی بیان شد طی تنش‌های آلودگی، شوری و سرما میزان کربوهیدرات افزایش می‌یابد (Van Assche and Clijsters, 1990). همچنین محققان گزارش کردند محافظت گیاه علیه عفونت‌ها و سم‌زدایی ترکیبات خارجی برعهده قندها می‌باشد (Smeekens, 2000). در آزمایش انجام شده توسط پژوهشگران بیان شد آلودگی سیب‌زمینی به ویروس y سیب‌زمینی (pvy) منجر به افزایش محتوی قند شد (Herbers *et al*., 2000). به علاوه نتایج بررسی روی گیاه چغندرقند نشان داد مایه‌زنی مکانیکی ویروس زردی نکروتیک رگبرگ چغندرقند *Beet necrotic yellow vein virus* منجر به آلودگی و افزایش محتوی کربوهیدرات در گیاه شد (Qorbani *et al*., 2017). نتایج مشابهی روی گوجه‌فرنگی گزارش شد. به نحوی که پژوهشگران بیان کردند محتوی کربوهیدرات تحت تاثیر تنش شوری در بالاترین سطح قرار گرفت (Askari *et al*., 2014 ;Mokhtary *et al*., 2010).

به علاوه نتایج نشان داد بین ارقام گوجه‌فرنگی در میزان قند کل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بررسی اثر رقم در تیمار بیانگر غیر معنی‌داری اثرات متقابل بر محتوی قند می‌باشد.

جدول ۲- اثر کاربرد برگی محلول آهن بر محتوی کربوهیدرات در برگ گوجه‌فرنگی های آلوده به ویروس

Table 2- The effect of Fe foliar application of on Carbohydrate tomato of virus infected plants

تیمارها Treatments	کربوهیدرات Carbohydrate ($mg.g^{-1}$)
شاهد Control	0.47^{b}
آلودگی ویروسی Virus infected	0.53^{a}
آهن ۱/۵ Fe 1.5ml	0.52^{a}
آهن ۳ Fe 3ml	0.44^{b}

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Numbers with common letter in each column do not differ significantly at the 5% of probability level.

فنل

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین ارقام از نظر میزان فنل تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت و در رقم 'موبیل' میزان فنل تولیدی بیشتر مشاهده شد (جدول ۳) که با نتایج تحقیقات روی ارقام توتون آلوده به ویروس وای سیب‌زمینی (PVY) مطابقت دارد (Abdullahi *et al*., 2015). این محققان بیان کردند میزان فنل در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد و گزارش کردند بیشترین میزان فنل در رقم VAM مشاهده شد. در مطالعه‌ای دیگر تاثیر ویروس زردی نکروتیک رگبرگ چغندرقند (BNYVV) روی چغندرقند بررسی شد و نتایج نشان داد مایه‌زنی مکانیکی ویروس منجر به تغییر معنی‌دار محتوای فنل شد به طوری که بیشترین فنل در گیاهان مقاوم گزارش شد (Qorbani *et al*., 2017). با توجه به نتایج نهایی به نظر می‌رسد افزایش ترکیبات فنلی در رقم 'موبیل'

توانسته اثر مخرب عامل بیماری را کاهش و از شدت علائم ویروسی بکاهد. محققان بیان کردند چنانچه ترکیبات فنلی به موقع و سریع تولید شوند مانع از نفوذ بیمارگر به گیاه می‌شوند (Sundararaju and Suba, 2006). به طور کلی پژوهش‌ها نشان می‌دهد میزان ترکیبات فنلی وابسته به مرحله رشد گیاه، نوع اندام، نوع ژنوتیپ و شرایط آب و هوایی می‌باشد (Bystricka *et al*., Labuckas *et al*., 2008 ; 2010).

همچنین نتایج برهمکنش رقم و تیمار بر میزان فنل تاثیر معنی‌داری نشان نداد. به علاوه در تمام تیمارها میزان فنل در یک سطح قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳- محتوی فنل در دو رقم گوجه‌فرنگی

Table 3- The phenol content in two tomato cultivars

ارقام Cultivar	فنل Phenol (mg.hundred g^{-1})
ریوگراند RioGrand	0.52^{b}
موبیل Mobil	0.68^{a}

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Numbers with common letter in each column do not differ significantly at the 5% probability level.

فلاونوئید

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر تیمارها بر میزان فلاونوئید معنی‌داری نشان نداد به نحوی که بین هیچ یک از تیمارها در میزان فلاونوئید تفاوتی مشاهده نشد. همچنین در اثرات متقابل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این در حالی است که بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد تاثیر رقم بر میزان فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد و رقم 'ریوگراند' بهتر شناخته شد (جدول ۴). نتایج مشابهی در این زمینه توسط محققان گزارش شد. آن‌ها بیان نمودند در شرایط تنش خشکی میزان فلاونوئید فندق تحت تاثیر ارقام قرار گرفت و در رقم گرد بالاترین مقدار به ثبت رسید (Shahi Qaralar *et al*., 2020). به طور کلی فلاونوئیدها گروهی پیچیده از متابولیت‌های ثانویه می‌باشند و در مواجهه با عوامل بیماری‌زا به عنوان پیام‌رسان عمل می‌کنند و منجر به سازگاری گیاه در شرایط تنش می‌شوند. پژوهشگران گزارش کردند فلاونوئیدها دارای خواص ضد ویروس، ضد باکتری، ضد التهاب می‌باشند و در مرحله خاصی از رشد گیاه به وسیله برخی بافت‌ها تولید می‌شوند (Jaakola *et al*., 2002 ;Cook and Samman,1996).

جدول ۴- محتوی فلاونوئید در دو رقم گوجه‌فرنگی

Table 4- Flavonoid content in two tomato cultivars leaf

ارقام Cultivar	فلاونوئید Flavonoid (mg.g^{-1} fresh weight)
ریوگراند RioGrand	0.51a
موبیل Mobil	0.44b

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Numbers with common letter in each column do not differ significantly at the 5% probability level.

آنتی‌اکسیدان

آنتی‌اکسیدان‌ها سریع‌ترین واحدهای مقابله با تنش می‌باشند که وظیفه حفاظت از گیاه را با تولید آنزیم‌ها و یا اجزای غیرآنزیمی برعهده دارند. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش، میزان آنتی‌اکسیدان تحت تاثیر تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج، تنش ویروسی به طور معنی‌داری درصد آنتی‌اکسیدان را افزایش داد و در بالاترین سطح قرار داد. افزایش درصد آنتی‌اکسیدان در تیمار آلودگی ویروسی این آزمایش در راستای نتایج سایر محققان می‌باشد (Zarinjoo *et al*., 2020). آنان افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان کلزا تیمار شده با ویروس *cauliflower mosaic virus*) را گزارش کردند. همچنین در گزارشی بیان شد به هنگام آلودگی گیاهان با ویروس‌های بیماری‌زا، ساز و کارهای دفاعی در گیاه فعال می‌گردد و منجر به افزایش درصد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود (Ashfaq *et al*., 2010). پژوهش‌های دیگری

مبنی بر افزایش آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش ویروسی وجود دارد. در بررسی‌های محققان گزارش شد میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه فلفل در مراحل اولیه پس از آلودگی به ویروس موزاییک زرد فلفل *(Pepper yellow mosaic virus)* افزایش یافت (Goncalves *et al*., 2013). در این زمینه پژوهشگران اعلام کردند طی آلودگی گیاه پامچال به ویروس موزاییک نواری گندم *(Wheat streak mosaic virus)* افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه مشاهده شد (Clarke *et al*., 2002). در تحقیق روی گیاه گوجه‌فرنگی نیز افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان طی تنش سرمایی (Haghighi and Abolghasemi, 2019) و همچنین اعمال تنش کم آبی گزارش شد (Barzegar *et al*., 2019).

به علاوه نتایج نشان داد در گیاهان آلوده به ویروس تیمارهای کودی آهن، اثر افزایشی بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نداشت. در این راستا محققان اظهار داشتند مصرف نانوکلات آهن در شرایط تنش خشکی منجر به کاهش آنتی‌اکسیدان در برخی اکوتیپ‌های بابونه شد (Azad *et al*., 2018). به علاوه نتایج مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تفاوت معنی‌داری را بین دو رقم نشان نداد.

همچنین با درنظر گرفتن تعامل بین ارقام و تیمارهای اعمال شده مشخص شد رقم 'موبیل' بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را در هنگام آلوده شدن به ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزایش این آنزیم‌ها از نفوذ بیشتر عامل ویروسی تا حد زیادی جلوگیری نموده و در نهایت شدت علائم مشاهده شده روی گیاه را کاهش داده است. محققان بیان کردند با اعمال تنش، رقم‌های متحمل گیاهی با مکانیسم افزایش آنتی‌اکسیدان توان بیشتری در محافظت از خود دارند (Bandeoglu *et al*., 2004). در تحقیقی اثر ویروس موزائیک کوتولگی ذرت (*Maize Dwarf Mosaic Virus*) در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس ذرت مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بیانگر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه به منظور مقابله با ویروس بود. در این گزارش بیان شد آنزیم پراکسیداز در ژنوتیپ متحمل نسبت به ژنوتیپ حساس به میزان بالاتری تولید شد (Mostafavi Neishaburi *et al*., 2018). در مطالعه‌ای دیگر روی گیاه ماش گزارش شد پس از آلودگی گیاه به ویروس چروکیدگی برگ ماش *(Urdbean leaf crinkle virus)*، میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به طور معنی‌داری افزایش داشت و تجمع آنزیم‌ها در رقم مقاوم به ویروس بیشتر بود (Ashfaq *et al*., 2010). یافته‌های محققان در بررسی پنج ژنوتیپ گوجه‌فرنگی نشان داد ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در شرایط تنش خشکی سیستم آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری دارند (Sanchez-Rodriguez *et al*., 2010).

جدول ۵- اثر متقابل کاربرد برگی محلول آهن × رقم بر محتوی آنتی‌اکسیدان برگ گوجه‌فرنگی آلوده به ویروس TSWV

Table 5- The interaction effect of Fe foliar application ×cultivaron the antioxidant content of TSWV -infected tomato leaf

رقم Cultivar	تیمارها Treatment	آنتی‌اکسیدان Antioxidant (%)
ریوگراند RioGrand	شاهد Control	71.85[a]
	آلوده به ویروسی virus contamination	71.71[a]
	آهن ۱/۵ Fe 1.5ml	63.88[b]
	آهن ۳ Fe 3ml	59.09[b]
موبیل Mobil	شاهد Control	71.23a
	آلوده به ویروس virus infected	74.97a
	آهن ۱/۵ Fe 1.5ml	60.12b
	آهن ۳ Fe 3ml	70.91a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Numbers with common letter in each column do not differ significantly at the 5% probability level.

کلروفیل (a، b و کلروفیل کل)

کلروفیل a: نتایج حاصل از آزمایش نشان داد شاخص کلروفیل a تحت تاثیر تیمار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بین ارقام و اثر متقابل تیمارها و ارقام نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

کلروفیل b: نتایج حاصل از تحقیق نشان داد کود آهن اثری مبنی بر افزایش کلروفیل b نداشت به طوری که بین تیمارهای آزمایشی تفاوت محسوسی مشاهده نشد. همچنین بررسی اثر ساده رقم بیانگر آن است که در محتوی کلروفیل b هیچ یک از رقم‌ها نسبت به دیگری برتری بروز نداد. نتایج آنالیز واریانس بیانگر آن است که میزان کلروفیل b در اثر متقابل رقم در تیمار نیز معنی‌دار نبوده است.

کلروفیل کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان کلروفیل کل تحت تاثیر تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج شاخص کلروفیل کل تحت تاثیر رقم و اثرات متقابل رقم و تیمار قرار نگرفت.

باتوجه به نتایج نهایی به نظر می‌رسد بالابودن میزان کلروفیل در گیاهان آلوده به ویروس، واکنش گیاه مربوط به القای مقاومت بوده است. چراکه شاخص کلروفیل در این تیمار با گیاهان شاهد تفاوت زیادی نشان نداد (جدول ۶). این موضوع در تحقیقات انجام شده روی سیب‌زمینی نیز گزارش شده است. محققان بیان کردند اثر تیمار ویروس potato virus Y (pvy) بر شاخص کلروفیل در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بالاترین محتوی کلروفیل در سیب‌زمینی آلوده به ویروس مشاهده شد (Hadi *et al*., 2014). آنان دلیل این افزایش را مقابله گیاه با تنش ویروسی بیان کردند که در راستای نتایج این آزمایش می‌باشد. بر اساس گزارش‌ها مشخص شد گیاهان در مواجهه با انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی به منظور مقاومت بالا اقدام به ایجاد تغییرات سازگار می‌کنند (Atkinson and Urwin, 2012). به طور کلی در مبحث افزایش یا کاهش محتوی کلروفیل تحت شرایط تنش نتایج متناقضی برحسب گونه گیاهی وجود دارد. به نحوی که در برخی گزارش‌ها کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش مشاهده شد. همچنین نتایج آزمایش نشان داد تیمار کود آهن در شرایط تنش ویروس بر میزان کلروفیل اثرگذاری مثبتی نداشت. در همین راستا پژوهشگران گزارش کرند مصرف نانو کلات آهن منجر به کاهش شاخص کلروفیل a، b و کل در برخی از ژنوتیپ‌های گیاه بابونه طی تنش خشکی شد. آنان اثر متفاوت آهن را وابسته به نوع ژنوتیپ بیان کردند (Azadqujeh Biglo *et al*., 2017).

جدول ۶- اثر کاربرد برگی محلول آهن بر محتوی کلروفیل a و کلرفیل‌کل در گوجه‌فرنگی های آلوده به ویروس TSWV

Table 6- The effect of Fe foliar application on the content of Chlorophyll a and Chlorophyll Total of TSWV-infected tomato leaf

تیمارها Treatments	کلروفیل a Chlorophyll a ($\mu g.ml^{-1}$)	کلرفیل کل Chlorophyll Total ($\mu g.ml^{-1}$)
شاهد Control	6.86^{ab}	15.45^{ab}
آلوده به ویروس virus infected	7.66^{a}	16.32^{a}
آهن ۱/۵ Fe 1.5ml	5.90^{b}	13.82^{b}
آهن ۳ Fe 3ml	6.23^{b}	14.48^{ab}

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Numbers with common letter in each column do not differ significantly at the 5% probability level

بررسی علائم ویروس TSWV روی گوجه‌فرنگی

نتایج این مطالعه نشان داد بعد از مایه‌زنی ویروس به تدریج نشانه‌های لکه موضعی، پیچیدگی برگ و کاهش رشد در هر دو رقم گیاه مشاهده شد (شکل ۱) اما شدت علائم در رقم 'ریوگراند' بیشتر بود. با توجه به این که نوع میزبان اثر انتخابی مثبت در ژنوم TSWV دارد (Kaye *et al*., 2011)، می‌توان گزارش نمود که آلودگی TSWV در گوجه‌فرنگی دور از انتظار نمی‌باشد. در این راستا محققان گزارش کردند آلودگی گوجه‌فرنگی به ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی به دلیل حساسیت زیاد میزبان و توان بیماری‌زایی بالا TSWV نسبت به گیاه زعفران بیشتر می‌باشد (Pappu *et al*., 2009).



شکل ۱- علائم ویروس TSWV روی گیاه گوجه‌فرنگی. ۱) گیاه شاهد رقم 'موبیل'. ۲) نشانه‌های ویروسی در رقم 'موبیل'. ۳) گیاه شاهد رقم 'ریوگراند'. ۴ و ۵) نشانه‌های ویروسی در رقم 'ریوگراند'

Figure 1- Symptoms of TSWV on tomato plant. 1) Control plant of 'Mobil' cultivar. 2) virus Symptomes in 'Mobil' cultivar. 3) Healthy plant of 'RioGrand' cultivar. 4 and 5) virus Symptomes in 'RioGrand' cultivar

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج تحقیق نشان داد غلظت ۱/۵ میلی‌لیتر کود آهن بر بهبود برخی از جنبه‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی آلوده به ویروس اثر گذاشت و منجر به افزایش محتوای قندکل در گیاهان آلوده شد که ممکن است برای ارتقا تحمل در انواع گوجه‌فرنگی مفید باشد. چراکه کربوهیدرات‌ها در تولید بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌ها ضروری می‌باشند. همچنین همانطور که در نتایج مشخص شد طی اعمال تنش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بالاترین سطح قرار گرفت. از طرفی ترکیبات فنلی که وظیفه حفاظت از گیاه را برعهده دارند در رقم 'موبیل' به طور معنی‌داری افزایش داشت. به این ترتیب می‌توان بیان نمود کود آهن با غلظت ۱/۵ میلی‌لیتر در هزار با اثر افزایشی که در میزان قندکل داشت توانست همراه با اجزای آنزیمی و غیر آنزیمی آنتی‌اکسیدان تاحدودی از گسترش زیاد ویروس جلوگیری نماید و منجر به بروز علائم کمتر به ویژه در رقم 'موبیل' شود. این در حالی است که میزان تولید اجزا آنتی‌اکسیدانی در رقم 'ریوگراند' کمتر بوده و گیاه نتوانسته از شدت اثر ویروس جلوگیری نماید. به علاوه احتمال دارد سرعت گسترش عامل بیماری‌زا نسبت به واکنش دفاعی رقم 'ریوگراند' بیشتر بوده و به همین جهت گیاه نتوانسته در زمان مناسب اقدام به مقاومت نماید. به طور کلی در رقم‌های یک گونه گیاهی اثر هر آلودگی از قبیل ویروسی، قارچی یا باکتریایی متفاوت می‌باشد. علت آن این است که تفاوت‌های ژنتیکی ارقام منجر به بروز ساز و کارهای مقاومتی متفاوت در هر رقم می‌شود. به نحوی که درصد کاهش رشد و شانس بقا گیاه، رقم مقاوم را معرفی می‌کند. در این زمینه محققان گزارش کردند گیاهی که در تهاجم عامل بیماری‌زا آسیب کمتری ببیند رقم مقاوم محسوب می‌شود (Hadi *et al*., 2014).

نتایج نهایی نشان داد در مراحل اولیه رشد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، تغذیه آهن بر خصوصیات بیوشیمیایی گیاه اثرگذار بود و در برخی صفات تاثیر مثبت داشت. در مجموع کود آهن با غلظت ۱/۵ میلی‌لیتر باعث بهبود قندکل در گیاهان آلوده به ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی شد و همراه با مواد موثره از گسترش زیاد ویروس جلوگیری کرد.

منابع

1. Abdullahi, A.R., Nasrollah Nejad, S., Jafari, S.M., Yazdanian, M., & Taghi Nasab, M. (2015). Evaluation of changes in protein and phenolic compounds in the leaves of susceptible and resistant tobacco cultivars infected with potato virus (PVY). *Journal of Plant Production Research 22*(3): 129-153. (In Persian). https://jopp.gau.ac.ir/article_2672_1f875d951b1c5f1b4b14a22359842f57.pdf
2. Afroz, A., Chaudhry, Z., Rashid, U., Khan, M.R., & Ali, G.M. (2010). Enhanced regeneration in explants of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) with the treatment of coconut water. *African Journal of Biotechnology 9*(24): 3634-3644.
3. Ashfaq, M., Khan, M.A., Javed, N., Mughal, S.M., Shahid, M., & Sahi, S.T. (2010). Effect of urdbean leaf crinkle virus infection on total soluble protein and antioxidant enzymes in blackgram plants. *Pakistan Journal of Botany 42*(1): 447-454.
4. Askari, M., Amini, F., & Jamali, F. (2014). Effects of Zinc on growth, amount of photosynthetic pigments, proline, protein and carbohydrates of tomato under salinity stress. *Journal of Plant Process and Function 3*(9): 45-58. (In Persian). http://jispp.iut.ac.ir/article-1-115-fa.html

5. Atkinson, N.J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *Journal of Experimental Botany 63*(10): 3523-3543. https://doi.org/10.1093/jxb/ers100
6. Azad, H., Fakheri, B.A., Mehdi Nejhad, N., & Parmoon, Q. (2018). The effect of drought stress and foliar application of iron nanochlat on the activity of antioxidant enzymes and flower yield of chamomile ecotypes (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Plant Process and Function 7*(26): 223-238. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727.1397.7.26.3.2
7. Azadqujeh Biglo, H., Fakheri, B.A., Mehdi Nejhad, N., & Parmoon, Q. (2017). Response of different irrigation on nano iron chelated to chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) genotypes. *Journal of Crop Ecophysiology 11*(3): 565-584. (In Persian with English abstract). https://jcep.tabriz.iau.ir/article_536646.html.
8. Bandeoğlu, E., Eyidoğan, F., Yücel, M., & Öktem, H.A. (2004). Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. *Plant Growth Regulation 42*(1): 69-77. https://doi.org/10.1023/B:GROW.0000014891.35427.7b
9. Barzegar, T., Isfahani, Z., Qahramani, Z., & Nikbakht, J. (2019). Investigation of some Physiological and biochemical responses of Tomato cultivar (*Lycopersicon esculentum* cv. Rio Grande) to foliar application of bio-stimulant under low water stress. *Journal of Plant Process and Function 8*(29): 229-239. (In Persian). http://jispp.iut.ac.ir/article-1-852-fa.html.
10. Bystricka, J., Vollmannova, A., & Margitanova, E. (2010). Dynamics of polyphenolics formation in different plant parts and different growth phases of selected buckwheat cultivars. *Acta Agriculturae Slovenica 95*(3): 225. https://doi.org/10.2478/v10014-010-0014-0.
11. Chen, S., Gu, H., Wang, X., Chen, J., & Zhu, W. (2011). Multiplex RT-PCR detection of Cucumber mosaic virus subgroups and Tobamoviruses infecting Tomato using 18S rRNA as an internal control. *Acta Biochim Biophys Sin 43*(6): 465-471. https://doi.org/10.1093/abbs/gmr031.
12. Clarke, S.F., Guy, P.L., Burritt, D.J., & Jameson, P.E. (2002). Changes in the activities of antioxidant enzymes in response to virus infection and hormone treatment. *Physiologia Plantarum 114*(2): 157-164. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1140201.x.
13. Cook, N.C., & Samman, S. (1996). Flavonoids—chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *The Journal of Nutritional Biochemistry 7*(2): 66-76. https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9.
14. Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Estañ, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., & Bolarín, M.C. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia horticulturae 125*(3): 211-217. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026
15. Ghotbi, T., Shahraeen, N., & Winter, S. (2005). Occurrence of *tospoviruses* in ornamental and weed species in Markazi and Tehran provinces in Iran. *Plant Disease 89*(4): 425-429. https://doi.org/10.1094/PD-89-0425.
16. Golnaraghi, A. R., Pourrahim, R., Farzadfar, S., & Ahoonmanesh, A. (2007). Identification and partial characterization of a *Tospovirus* causing leaf and stem necrosis on potato. *Plant Pathology Journal (Faisalabad) 6*(3): 227-234. https://doi.org/10.3923/ppj.2007.227.234.
17. Gonçalves, L.S.A., Rodrigues, R., Diz, M.S.S., Robaina, R.R., Júnior, A., Carvalho, A., & Gomes, V. (2013). Peroxidase is involved in Pepper yellow mosaic virus resistance in Capsicum baccatum var. pendulum. *Genetics and Molecular Research* 12: 1411-1420. https://doi.org/10.4238/2013.April.26.3.
18. Hadi, M.R., Balali Dehkordi, G.R., Moosavi, S.M.R., & Hosseini, F. (2014). The Effects of salicylic acid in reducing potato virus Y damage in two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars, Agria and Marfona. *Iranian Journal of Plant Biology 6*(20): 171-183. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088264.1393.6.20.12.5
19. Hall, R. (2009). Mechanical inoculation of plant viruses. *Current protocols in Microbiology 3*(2): 13-19. https://doi.org/10.1002/9780471729259.mc16b06s13.
20. Haghighi, M., and Abolghasemi, R. (2019). The Effect of High and Low Temperature Stress on Growth, Photosynthesis and Antioxidant Activity in Vegetative Growth Stage of Tomato. *Journal of Vegetable Sciences 3*(5): 53-65. (In Persian)
21. Herbers, K., Takahata, Y., Melzer, M., Mock, H.P., Hajirezaei, M., & Sonnewald, U. (2000). Regulation of carbohydrate partitioning during the interaction of potato virus Y with tobacco. *Molecular Plant Pathology 1*(1): 51-59. https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2000.00007.x.
22. Jaakola, L., Määttä, K., Pirttilä, A.M., Törrönen, R., Kärenlampi, S., & Hohtola, A. (2002). Expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis in relation to anthocyanin, proanthocyanidin, and flavonol levels during bilberry fruit development. *Plant Physiology 130*(2): 729-739. https://doi.org/10.1104/pp.006957.
23. Kaye, A.C., Moyer, J.W., Parks, E.J., Carbone, I., & Cubeta, M.A. (2011). Population genetic analysis of Tomato spotted wilt virus on peanut in North Carolina and Virginia. *Phytopathology 101*(1): 147-153. https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-10-0035.
24. Krizek, D.T., Britz, S.J., & Mirecki, R.M. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiologia Plantarum 103*(1): 1-7 https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1030101.x.

25. Krizek, D.T., Mirecki, R.M., & Britz, S.J. (1997). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cucumber. *Physiologia Plantarum 100*(4): 886-893.
26. Labuckas, D.O., Maestri, D.M., Perello, M., Martínez, M.L., & Lamarque, A.L. (2008). Phenolics from walnut (*Juglans regia* L.) kernels: Antioxidant activity and interactions with proteins. *Food Chemistry 107*(2): 607-612. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.051.
27. Lian, S., Lee, J.S., Cho, W.K., Yu, J., Kim, M.K., Choi, H.S., & Kim, K.H. (2013). Phylogenetic and recombination analysis of tomato spotted wilt virus. *PloS One 8*(5): 63380. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063380.
28. Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1.
29. Mocready, R. M., Guggolz, J., Silviera, V., & Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. *Analytical Chemistry* 22: 1156-1158. http://dx.doi.org/10.1021/ac60045a016.
30. Mokhtary, I., Ganjali, A., & Abrishamchi, P. (2010). Ameliorative Effects of CaCl2 and CaSO4 on growth, content of solouble proteins, solouble sugars, proline and some mineral nutrients (Na+, K+) in leaves of *Lycopersicon esculentom* var Mobile under salt stress. *Iran Journal of Plant Biology 23*(1): 62-72. (In Persian with English abstract)
31. Mostafavi Neishaburi, F.S., Sabbagh, S.K., Yamchi, A., Nasrollanejad, S., & Panjekeh, N. (2018). Molecular study on some of physiological changes in susceptible and tolerant genotypes of maize in response to *Maize Dwarf Mosaic Virus* infection. *Journal of Applied Research in Plant Protection 7*(3): 1-17. (In Persian with English abstract). https://sid.ir/fa/journal/AdvanceWriter.aspx?str.
32. Pappu, H.R., Jones, R.A.C., & Jain, R.K. (2009). Global status of *tospovirus* epidemics in diverse cropping systems: successes achieved and challenges ahead. *Virus Research 141*(2): 219-236. https://doi.org/10.1016/j.virusres.2009.01.009.
33. Qorbani, A., Izadpanah, K.O., Hamzeh Zarqani, H.O., & Alamzadeh, E. (2017). Evaluation of physiological changes in resistant and susceptible sugar beet cultivars to Beet Necrotic Yellow Vein Virus. *Journal of Sugar Beet 33*(2): 209-219. (In Persian). https://doi.org/10.22092/jsb.2017.110056.1153
34. Rostami, Q., Moghadam, M., Ghasemi Pir Balouti, A.O., & Tehranifar, A. (2018). Effect of Foliar application of iron and zinc to sulfated and nanoparticle forms on morphological and biochemical properties of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salinity stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences 11*(3): 707-720. (In Persian). https://doi.org/10.22077/escs.2018.870.1170.
35. Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., & Ruiz, J.M. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science 178*(1): 30-40.
36. Shahi Qaralar, A., Fatahi Moghadam, M.R., Zamani, Z.O., & Maali-Amiri, R. (2020). Study of Physiological and biochemical responses of some hazelnut cultivars under drought stress and re-watering conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science 51*(1): 229-244. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.219771.1119.
37. Shokhmgar, M., Baradaran, R., Mosavi, G.h.R., Poyan, M., & Arazmjoo, E. (2013). Effects of Irrigation interval and nitrogen on seed yield and physiological characteristics of Fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29*(3): 527-538. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.4037.
38. Shoshtari, S., Jafarpour, B., & Falahati-Rastegar, M. (2011). Molecular and serological detection of Tomato spotted wilt virus from Khorasan-Razavi. *Plant Protection* 26: 348-356. (In Persian with English abstract)
39. Singh, D.P., & Riwari, R.S. (1996). Effect of micronutrients on yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) variety Pusa Red. *Horticulture* 3(1): 111-117.
40. Smeekens, S. (2000). Sugar-induced signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology 51*(1): 49-81. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.49.
41. Sundararaju, P., & Suba, K.P. (2006). Biochemical and molecular changes in banana plants induced by Pratylenchus coffeae and Meloidogyne incognita. *Indian Journal of Nematology 36*(2): 239-242.
42. Tariqi, S., Ebadi, A., & Dehghan Nairi, M. (2019). *The Role of Fe in plant pathogens*. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad Press.
43. Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y.S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry 93*(4): 713-718. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038.
44. Van Assche, F., & Clijsters, H. (1990). Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell & Environment 13*(3): 195-206. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3040.1990.tb01304.x.
45. Wei, D., Zhang, W., Wang, C., Meng, Q., Li, G., Chen, T.H., & Yang, X. (2017). Genetic engineering of the biosynthesis of glycinebetaine leads to alleviate salt-induced potassium efflux and enhances salt tolerance in tomato plants. *Plant Science* 257: 74-83. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.01.012.

46. Zarinjoo, A., Saadati, M., Safaie, N., & Shams-bakhsh, M. (2020). Interaction of *Turnip mosaic virus* or *Cauliflower mosaic virus* with *Phoma lingam* in Canola. *Plant Diseases 56*(3): 303-318. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/ijpp.2020.241965.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 219-229

Engineering of Secondary Metabolites in Cell Suspension Culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. with the Presence of Biological and Non-biological Stimulants

M. Sohrabi[1], D. Samsampour[2*], A. Bagheri[3]

Received: 16-02-2022
Revised: 16-04-2022
Accepted: 02-05-2022
Available Online: 02-05-2022

How to cite this article:
Sohrabi, M., Samsampour, D., & Bagheri, A. (2023). Engineering of secondary metabolites in cell suspension culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. With the presence of biological and non-biological stimulants. *Journal of Horticultural Science* *37*(1): 219-229. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.75356.1142

Introduction

Medicinal plants have historically been one of the main sources of medicine and pharmacy in most parts of the world, that among these plants, we can mention the species *Citrullus colocynthis* L. Schrad. Cell suspension culture is a widely used method to increase the rate of secondary metabolites. The secondary metabolites of plants, are species compounds often produced during a certain period of growth and development and have important ecological functions in plants. They induce the ability of plants to cope with herbivores, microbial pathogens, adsorbents, and seed-spreading organisms. Also, due to the role of fungal elicitors to increase the rate of secondary metabolites in plants, in this study, we studied the role of the endophytes *Alternaria solani*. *Fusarium* sp. and *Setosphaeria rostrata* extracted from *Citrullus colocynthis* L. Schrad were collected from different regions of Hormozgan province as bio-elicitors in a cell suspension culture medium.

Materials and Methods

The study was performed based on a factorial experiment in a completely randomized design with two factors (the first factor had two levels of different hormonal composition and the second factor had eight levels of endophytic fungal extracts) with three replications in the biotechnology laboratory of Hormozgan University and the results were analyzed statistically using SAS 9.4 software. To produce the callus and culture of cell suspension under hormone treatment, watermelon seeds were first disinfected for a period of time and then the seeds were transferred to a culture medium containing MS and placed in a suitable incubator for seed germination. After germination and leaflet production, pieces with an area of approximately 1 mm^2 were separated from the primary leaves and for callus formation were transferred to Petri dishes containing MS medium (3% sucrose, 0.8% agar), with two levels of 1mg 2,4-D + 1mg BA and 1mg 2,4-D + 1mg kin and placed in a suitable incubator for three weeks. Three fungal endophytes Alternaria solani, Setosphaeria rostrata, and Fusarium sp. were transferred separately to PDA (Potato Dextrose Agar) culture medium to prepare the bio elicitor and placed at 30 ° C for 7 days. From 7-day cultures, 1 cm^2 of mycelium was isolated and inoculated into 150 ml of PDB (Potato Dextrose Broth) culture medium. The cultured cells were stored at 30 ° C in a 500 ml Erlenmeyer flask and placed on a shaker for 7 days at 120 rpm. The fungal cells were isolated and dried at 65 ° C for 24 hours. The powder from the dried cells was dissolved in water (10 g / l) and autoclaved for 20 minutes at 121 ° C. The extracts of these cells were finally used as a bio elicitor to study the change in the number of secondary metabolites. After that, the growth rate of cells in cell suspension culture was measured before and

1 and 2- M.Sc. and Associate Professor Horticulture Sciences Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
(*- Corresponding Author Email: samsampoor@hormozgan.ac.ir)
3- Associate Professor of Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organiziation (AREEO), Bandar Abbas, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2022.75356.1142

after the application of fungal extract. Parameters such as total phenol content, antioxidant activity, and flavonoids were also studied.

Results and Discussion

The results showed that the treatment combinations of 1mg 2,4-D + 1mg BA and inoculation of the plant with three fungi, the amount of phenol and flavonoids increased by 62.11% and 49.18%, respectively, compared to the control and at the levels of 1% and 5% probability were significant and was observed in the combination of hormonal treatment 1mg 2.4-D + 1mg Kin and inoculation of three fungi, the amount of antioxidant production increased by 62.78% compared to the control and at the levels of 1% probability was significant. The results indicated that the cell extraction of the fungal endophyte *Alternaria solani*, *Fusarium* sp., and *Setosphaeria rostrata* under condition hormonal treatment can be used as an effective stimulant in increasing the amount of secondary metabolites (phenol, flavonoids and antioxidant) of *Citrullus colocynthis* L. Schrad.

Conclusion

It was revealed that by adding the elicitor to the culture medium, cell growth was increased. The results showed that the combination of three types of endophytic fungi *Alteynaria solani*, *Setosphaeria rostrata* and *Fusarium* sp. led to a significant increase in cell dry weight compared with the control treatment. Also, an increase in cell growth was observed even when a fungal extract was used alone. The amount of metabolites in cells treated with fungal extracts (fungal elicitors) was significantly higher than metabolites produced in the control. According to the results of this experiment, using a combination of three fungal extracts was the best treatment to increase the metabolite production in the culture of cell suspension of *Citrullus colocynthis* L. Schrad.

Keywords: Cell suspension, *Citrullus colocynthis* L. Schrad, Elicitor, Endophyte, Secondary metabolite

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۲۹-۲۱۹

مهندسی متابولیت ثانویه در کشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* (L). Schrad.) با حضور محرک زیستی و غیر زیستی

معصومه سهرابی[۱]- داود صمصام پور[۲]*- عبدالنبی باقری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲

چکیده

گیاهان دارویی در طول تاریخ جزء منابع اصلی پزشکی و داروسازی در اکثر نقاط جهان بوده‌اند. از جمله این گیاهان می‌توان به هندوانه ابوجهل با نام علمی *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. اشاره کرد. کشت سوسپانسیون سلولی یکی از موثرترین و پرکاربردترین روش‌ها برای بررسی میزان تغییرات متابولیت‌های ثانویه است. همچنین با توجه به نقش الیسیتورهای قارچی در افزایش میزان متابولیت‌های ثانویه، از قارچ‌های اندوفیت *Alternaria solani*، *Fusarium* sp. و *Setosphaeria rostrata* استخراج شده از گیاه هندوانه ابوجهل (جمع آوری شده از استان هرمزگان) به عنوان الیسیتور زیستی در محیط کشت سوسپانسیون سلولی استفاده شد. این مطالعه بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل (عامل اول شامل دو سطح ترکیب هورمونی مختلف و عامل دوم نیز هشت سطح از عصاره قارچ‌های اندوفیت) با سه تکرار در آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشگاه هرمزگان انجام شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنظیم کننده رشد × عصاره قارچی نشان داد که در شرایط ترکیب تیماری هورمون 1mg 2,4-D + 1mg BA و تلقیح توام گیاه با سه قارچ، میزان فنول و فلاونوئید به ترتیب ۶۲/۱۱ و ۴۹/۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی دار بود، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی به میزان ۶۲/۷۸ درصد در ترکیب تیمار هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg Kin و تلقیح توام سه قارچ نسبت به شاهد افزایش نشان داد و در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. بطورکلی نتایج نشان داد که برهمکنش قارچ و هورمون می‌تواند نقش موثری در افزایش میزان متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی هندوانه ابوجهل داشته باشد. این کار از طریق فعال کردن مسیرهای هورمونی انجام می‌شود که در تولید متابولیت‌های ثانویه نقش دارند.

واژه‌های کلیدی: الیسیتور، اندوفیت، سوسپانسیون سلولی، متابولیت ثانویه، هندوانه ابوجهل

مقدمه

گیاهان دارویی به واسطه دارا بودن ترکیبات شیمیایی و متابولیت های ثانویه با ارزش، از سالیان دراز به عنوان منبع ارزشمندی برای درمان و دیگر کاربردهای پزشکی مورد استفاده قرار گرفته و هم اکنون حجم وسیعی از داروها، دارای منشا گیاهی هستند (Bensaddek *et al.*, 2008). همچنین طبق مشاهدات محققین (Bensaddek *et al.*, 2008) متابولیت‌های ثانویه گیاهان، منحصر به گونه یا حتی نژاد آن، اغلب در طی یک دوره رشد و نموی خاص تولید می‌شوند و دارای عملکرد اکولوژیک مهم در گیاهان هستند. این دسته از ترکیبات، در حفاظت گیاهان در مقابل

۱ و ۲- کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: samsampoor@hormozgan.ac.ir)
۳- استادیار گروه تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
DOI: 10.22067/jhs.2022.75356.1142

گیاهخواران، عوامل بیماری‌زای میکروبی، جذب گرده افشان‌ها و جانوران منتشر کننده بذر، رقابت گیاه با گیاه و همزیستی گیاه با میکروب، نقش دارند. متابولیت‌های ثانویه به عنوان دارو، علف کش‌های زیستی، عوامل طعم دهنده، رنگ‌های طبیعی، سم‌ها، مواد توهم‌زا (مانند کوکائین، هروئین ، مورفین) کاکوئین و عطرها، در زیست فناوری مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به مشاهدات، مقدار این ترکیبات در گیاهان دارویی نسبتاً کم می‌باشد و امروزه برای افزایش تولید آن از تکنیک‌های ویژه‌ای از جمله کشت بافت بیشتر استفاده می‌شود (Lam, 2007). با توجه به رشد چشمگیر و افزایش تمایل در مصرف داروهای گیاهی و ترکیبات موثره آن‌ها، به نظر می رسد که تکنیک کشت سوسپانسیون سلولی به عنوان یکی از چشم اندازهای آینده، در صنعت گیاهان دارویی به حساب خواهد آمد. تکنیک کشت سوسپانسیون سلولی یکی از موثرترین و پرکاربردترین روش‌ها برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه است. کشت سلول گیاهی منبع جایگزینی به جای استفاده از کل گیاه برای تولید متابولیت‌های ثانویه است. یکی از مزیت‌های روش کشت سلول، مستقل بودن از تغییرات جغرافیایی و عوامل محیطی و در عین حال با سرعت بالای رشد می‌باشد. در این روش ممکن است ترکیبات جدیدی تولید شود که در شرایط طبیعی در گیاه مادری وجود نداشته باشند. اولین و مهم‌ترین چالش تولید متابولیت‌ها با استفاده از تکنیک کشت سلول، عملکرد پایین و تجمع کم متابولیت‌ها در سلول‌های از تمایز خارج شده است (Bensaddek *et al.*, 2008). در تعداد زیادی از گیاهان دارویی این روش، بهینه شده و امروزه نیز با استفاده از بیورآکتورها توانسته اند حجم تولید را به مقدار قابل توجهی افزایش دهند (Bensaddek *et al.*, 2008). بر اساس مشاهدات محققین به منظور افزایش تولید انواع متابولیت‌های ارزشمند در گیاه دارویی، مهندسی‌های متابولیت فراوانی انجام شده است که یکی از این روش‌ها استفاده از الیسیتورهاست (Zhao *et al.*, 2005). الیسیتورها ترکیباتی با منشا زیستی و یا غیرزیستی هستند که از طریق القای پاسخ‌های دفاعی باعث بیوسنتز و انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌شوند. با توجه به مشاهدات محققین الیسیتورهای زیستی شامل پلی‌ساکاریدها، پروتئین و گلیکوپروتئین‌ها و یا قطعات دیواره سلول قارچ‌ها، گیاهان (سلولز و پکتین) و میکروارگانیسم‌ها (کیتین و گلوکان) می‌باشد (Vasconsuelo and Boland, 2007). الیسیتورهای زیستی ممکن است مانند کیتین و کیتوزان دارای ترکیب مشخص باشند و یا مانند میسیلیوم قارچ و عصاره مخمر دارای ترکیب زیستی نامشخص باشند. به طور کلی استفاده از الیسیتورها در پژوهش‌های مربوط به زیست فناوری متابولیت‌های ثانویه گیاهی دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: نخست کسب یافته‌هایی در زمینه مسیرهای بیوسنتزی که منجر به تشکیل و تنظیم متابولیت‌های ثانویه می‌شود. دوم افزایش تولید متابولیت های ثانویه در راستای کاربردهای تجاری می‌باشد (Esmaeilzadeh Bahabadi, 2011).

الیسیتورهای قارچی برای ارتقای سنتز ترکیبات مهم تجاری از محیط کشت سلول‌های گیاهی به صورت وسیع‌تری مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. قارچ‌هایی که معمولاً باعث پاسخ‌های فوق حساسیتی در سلول‌های گیاهی می‌شوند، باعث فعال شدن مسیرهای دفاعی گیاهی شده و منجر به افزایش تولید فیتوالکسین می‌شود (Bonfante, 2009). و همچنین با کشف *Piriformospora indica*، یک قارچ اندوفیت که توانایی کشت خالص دارد، و توانایی قارچ های آربوسکولار مایکوریزال را تقلید می‌کند، پنجره جدیدی برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه با منشاء گیاهی در محیط کشتی که دارای این قارچ به عنوان الیسیتور می‌باشد، باز شده است. یکی از راهکارهای ایده‌آل برای تولید پودوفیلوتوکسین، استفاده از سلول‌ها یا بافت‌های گیاهی با رشد سریع و راحت در محیط کشت حاوی لیگنن بالا می‌باشند. مشخص شده است که گونه قارچی (*P.indica* حاوی لیگنین) برای بهبود تولید پودوفیلوتوکسین در محیط کشت سلولی گیاه مناسب است. این امر می‌تواند تکنیک مناسبی در تولید تجاری متابولیت‌های ثانویه با منشاءگیاهی ایجاد کند (Bonfante, 2009).

در بررسی اثر الیسیتورها در میزان تجمع آلکالوییدها، محققین نشان دادند که پس از گذشت پنج تا ده ساعت از اضافه کردن قارچ *Botrytis* sp. به کشت سوسپانسیون خشخاش، میزان سنگویی نارین (Sanguinarine) آن، به طرز چشمگیری افزایش یافت (Facchini *et al.*, 1996). هر یک از الیسیتورهای قارچی می‌تواند تاثیرات متفاوتی روی گیاهان دارویی مختلف داشته باشد (Xin). بنابراین، فوزاریوم، مخمر، و گونه پیتیوم اگرچه می‌توانند برای افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی مختلف استفاده شوند، ولی ممکن است بهترین الیسیتور برای القای یک متابولیت ثانویه خاص نباشند به بیانی دیگر می‌توان گفت برای سنتز متابولیت در گیاهان دارویی از الیسیتورهای قارچی مختلفی استفاده می‌شود (Bonfante, 2009; Mohammadi Farsani *et al.*, 2014).

اندوفیت‌ها (قارچ‌ها و باکتری‌ها) میکروارگانیسم‌هایی هستند که بدون آسیب آشکار و اثرات منفی بر گیاه درون بافت های آن زندگی می‌کنند و در تمامی نقاط دنیا حضور دارند و دارای تنوع بالای زیستی هستند و در بسیاری از گونه‌های گیاهی بررسی شده یافت شده اند که به عنوان یک منبع بالقوه برای ترکیبات طبیعی زیست فعال جهت استفاده در پزشکی، کشاورزی و صنعت شناخته شده‌اند. شایان ذکر است که از حدود ۳۰۰ هزار گونه گیاهی موجود بر روی زمین هرگیاه به صورت تکی، میزبان یک یا چند اندوفیت است. با این وجود تعداد انگشت شماری از آن‌ها شناسایی شده‌اند و برخی اندوفیت‌ها سنتز کننده‌های ترکیبات شیمیایی در درون گیاهان هستند (Bacon *et al.*, 1977).

یک اندوفیت ممکن است قادر به تولید چندین متابولیت باشد (Li

et al., 2008). در نتیجه توجه به نقش اندوفیت‌ها در تولید متابولیت‌های جدید جهت استفاده در پزشکی در حال افزایش است. تعداد بسیار کمی از اندوفیت‌ها تاکنون بررسی شده است. اخیراً چندین گروه تحقیقاتی به ارزیابی و توضیح پتانسیل این میکروارگانیسم‌ها و کاربرد آن ها در فرایندهای بیوتکنولوژیک تحریک شده و بر تولید ترکیبات زیست فعال از آن‌ها متمرکز شده‌اند. مطالعات نشان داد تولید مواد زیست فعال به وسیله اندوفیت‌ها به تکامل این میکروارگانیسم‌ها وابسته است که ممکن است با گیاهان میزبان در اطلاعات ژنتیکی سهیم شده باشند، که به آن ها اجازه می‌دهد با میزبان خود بهتر سازگار شوند و برخی اعمال مانند سنتز ترکیبات شیمیایی را درون این گیاهان انجام دهند (Seifi *et al.*, 2014). در این پژوهش اثرات اندوفیت قارچی و نقش الیسیتوری آن روی وضعیت سلول و سنتز متابولیت‌ها در شرایط کشت سوسپانسیون سلولی، تغییرات میزان متابولیت‌های فنول، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان مورد آزمایش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر اندوفیت قارچی *Alternaria solani*، *Setosphaeria rostrata* و *Fusarium* sp. به عنوان الیسیتور زیستی بر تغییر متابولیت ثانویه به محیط کشت سوسپانسیون سلولی اضافه شد. در این مطالعه آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو عامل (عامل اول هورمون‌های گیاهی با دو غلظت و عامل دوم عصاره قارچ اندوفیت به صورت جداگانه و در ترکیب با هم-دیگر) انجام شد.

تولید کالوس و کشت سوسپانسیون سلولی تحت تیمار هورمون

در این مرحله ابتدا بذور هندوانه ابوجهل از مناطق مورد مطالعه جمع‌آوری و به مدت ۱۰ ثانیه در الکل خالص غوطه‌ور شدند، پس از آن بذرها به مدت ۱۰ دقیقه در هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد قرار گرفته و در پایان، سه مرتبه هر بار به مدت ۱۰ دقیقه با آب مقطر استریل شست‌وشو داده شد. سپس بذرها تحت شرایط استریل به پتری دیش حاوی محیط کشت MS (Murashige and Skoog medium) (۳ درصد ساکاروز، ۰/۸ درصد آگار) منتقل شد و برای جوانه‌زنی در یک انکوباتور مناسب قرار داده شدند. بعد از جوانه‌زنی و تولید برگچه، قطعاتی با سطح تقریبی ۱ میلی‌متر مربع از برگ‌های اولیه جدا و برای کالوس‌زایی به پتری دیش‌های حاوی محیط MS (۳ درصد ساکاروز، ۰/۸ درصد آگار)، با دو سطح 1mg 2,4- D + 1mg BA و 1mg 2,4- D + 1mg kin منتقل گردید و به مدت سه هفته در یک انکوباتور مناسب قرار داده شد. سپس از کالوس‌های تولید شده مقدار ۳ گرم را جدا نموده و در ارلن های ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط کشت مایع LS (دارای نمک‌های MS) انتقال داده شد. قسمت سر ارلن‌ها توسط دولایه فویل آلومینیومی استریل بسته و به مدت ۳ هفته بر روی شیکر دورانی با سرعت ۱۳۰ دور در دقیقه قرار داده شدند. در این مرحله پس از هر ۷ روز که غلظت سوسپانسیون‌ها زیاد شده و گرانروی پیدا کردند. واکشت‌های متوالی انجام گرفته و بهترین ترکیب هورمونی از نظر سرعت رشد، کیفیت ظاهری و یکنواختی سوسپانسیون انتخاب گردید. سوسپانسیون‌های رشد کرده و مطمئن از نظر کیفیت و عدم آلودگی باکتریایی و قارچی، انتخاب و به زیر هود لامینار منتقل شدند سپس ارلن‌های حاوی سوسپانسیون درون قیف بوخنر دارای کاغذ صافی ریخته شده و آب آن توسط پمپ خلاء تخلیه گردید. از توده سلولی موجود به میزان ۱ گرم برداشته و درون ارلن‌های حاوی ۱۳ میلی‌لیتر محیط کشت تازه ریخته و درب ارلن‌ها با فویل آلومینیومی بسته شد. در نهایت ارلن‌ها بر روی شیکر انکوباتور با همان سرعت و دمای قبلی قرارگرفته و در هر بار واکشت کردن، تا حد امکان از انتقال ذرات درشت کالوس ایجاد شده در سوسپانسیون قبلی به محیط جدید خودداری گردید (Salaripour *et al.*, 2015).

تهیه الیسیتور زیستی (اندوفیت قارچی)

سه اندوفیت قارچی *Alternaria solani*، *Setosphaeria rostrata* و *Fusarium* sp. به‌طور مجزا به محیط کشت PDA (Potato Dextrose Agar) منتقل و به مدت ۷ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. از کشت‌های ۷ روزه، ۱ سانتی‌متر مربع میسلیوم جدا و در ۱۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت مایع PDB (Potato Dextrose Broth) تلقیح شدند. سلول‌های کشت شده را در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در ۵۰۰ میلی‌لیتر فلاسک ارلن مایر نگه‌داری شد و برای ۷ روز در ۱۲۰ دور در دقیقه روی شیکر قرار داده شد. سپس سلول‌های قارچی را جدا و در دمای ۶۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. پودر حاصل از سلول‌های خشک شده در آب حل (۱۰ گرم در لیتر) و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو گردید (Esmaeilzadeh Bahabadi and Sharifi, 2014). عصاره این سلول‌ها در نهایت به عنوان الیسیتور زیستی، برای بررسی تغییر در میزان متابولیت ثانویه استفاده گردید.

اندازه‌گیری میزان رشد سلول‌ها در کشت سوسپانسیون سلولی قبل و بعد از اعمال عصاره‌ی قارچی

برای اندازه گیری وزن خشک (DW) کشت سوسپانسیون سلولی، کشت سوسپانسیون با سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ و مایع رویی از سلول‌های آن جدا شد. سلول‌ها روی

کاغذ صافی قرار گرفتند تا آب اضافی آن‌ها خارج شود. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و وزن خشک توده سلولی قبل و بعد از اعمال الیسیتور زیستی اندازه‌گیری شد (Singleton and Rossi, 1965).

تهیه عصاره متانولی از سوسپانسیون سلولی

تهیه عصاره متانولی با استفاده از روش سینگلتون و روسی انجام شد (Singleton and Rossi, 1965). به ۵۰ میلی‌گرم از سلول‌های تکثیر یافته در سوسپانسیون، ۲/۵ میلی‌لیتر متانول اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در فریزر نگه‌داری شدند. سپس نمونه‌ها در ۱۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. درنهایت محلول رویی تا زمان استفاده در دمای ۲۲- درجه سانتی‌گراد، در یخچال، نگهداری شد.

فنول کل

فنول کل توسط شناساگر فولین سیوکالتو و با استفاده از روش (Slinkard and Singleton, 1977) مشخص گردید. یک میلی‌لیتر متانول به یک میلی‌لیتر از عصاره‌های متانولی اضافه شد. سپس مخلوط فوق با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر و یک میلی‌لیتر شناساگر فولین مخلوط گردید. بعد از مدت زمان ۳ دقیقه، ۳ میلی‌لیتر Na_2CO_3 دو درصد به آن اضافه شد و این مخلوط به مدت ۲ ساعت شیک شد. میزان جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد توسط غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر از محلول گالیک اسید تهیه گردید. مقدار فنول کل معادل با میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر بیان شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدان

دو میلی‌لیتر متانول خالص به ۱ میلی‌لیتر از عصاره‌ها اضافه شد. عصاره‌ی حاصل با ۱۱۰۰۰ دور و به مدت ۳ دقیقه سانتریفیوژ گردید تا کاملاً شفاف شود. قرائت در چهار زمان صفر، ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه و ۴۵ دقیقه انجام گردید. در واقع تا زمان ثابت شدن عدد قرائت ادامه یافت. قبل از شروع خوانش ابتدا با متانول خالص بلانک شد، سپس داخل کووت ۱۹۰۰ میلی‌لیتر DPPH ریخته شده و در طول موج ۵۱۷ نانومتر عدد اسپکتروفتومتر قرائت گردید، سپس داخل همان کووت ۱۰۰ میکرولیتر عصاره اضافه شد و ۳ بار پیپت گردید تا کاملاً مخلوط شوند و عدد قرائت شد. همان عصاره در جای تاریکی قرار داده شد تا در زمان‌های ذکر شده در بالا دوباره قرائت گردید (Amiri, 2020; Şahin *et al*., 2004).

فلاونوئید

میزان فلاونوئید کل با روش رنگ سنجی آلومینیوم کلرید اندازه‌گیری شد. به یک میلی‌لیتر از هر عصاره، ۱۰ میلی‌لیتر متانول اضافه شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، آب مقطر اضافه شد تا حجم ۵ میلی‌لیتر به دست آید. سپس به محلول حاصل، ۰/۳ میلی‌لیتر $NaNO_2$ پنج درصد اضافه شد و پس از ۵ دقیقه، ۰/۶ میلی‌لیتر $AlCl_3$ ده درصد اضافه گردید. در نهایت ۲ میلی‌لیتر NaOH ۱ مولار و ۲ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و شدت جذب در طول موج ۵۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین به دست آمد (Chang *et al*., 2002).

آنالیز آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل، عامل اول ترکیب هورمونی با دو سطح 1mg 2,4- D + 1mg BA و 1mg 2,4- D + 1mg kin وعامل دوم عصاره‌ی قارچی (S= *Setosphaeria rostrata* ,A=*Alternaria solani* ,F=*Fusarium* sp.) به صورت جداگانه و در ترکیب با یکدیگر (هشت سطح A, F, S,A+F, A+S, F+S,A+F+S، شاهد) با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.4 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که برهمکنش ترکیب هورمونی و عصاره قارچی بر صفات وزن خشک سلول، تولید میزان فنول و فعالیت آنتی اکسیدانی در سطح احتمال یک درصد و بر صفت میزان تولید فلاونوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. (جدول ۱) مربوط به نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای هورمون گیاهی و عصاره قارچی بر صفات اندازه‌گیری شده است.

اثر برهمکنش ترکیب هورمونی و عصاره قارچ‌های اندوفیت بر رشد سلول‌ها درکشت سوسپانسیون سلولی

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنظیم کننده رشد و عصاره قارچی نشان داد که بیشترین میزان رشد سلول در ترکیب تیماری هورمونی (1mg 2,4-D + 1mg BA) و عصاره توام سه قارچ *Setosphaeria rostrata* ،*Alternaria solani* و *Fusarium* sp. بود که نسبت به شاهد افزایش ۵۲ درصدی را نشان داد. پس از آن ترکیب تیماری هورمون (1mg 2,4-D + 1mg BA) و عصاره توام دو قارچ (*Fusarium* sp.+ *Alternaria solani*) بهترین اثر را داشت (شکل ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای هورمون گیاهی و عصاره قارچی بر صفات اندازه گیری شده در کشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل

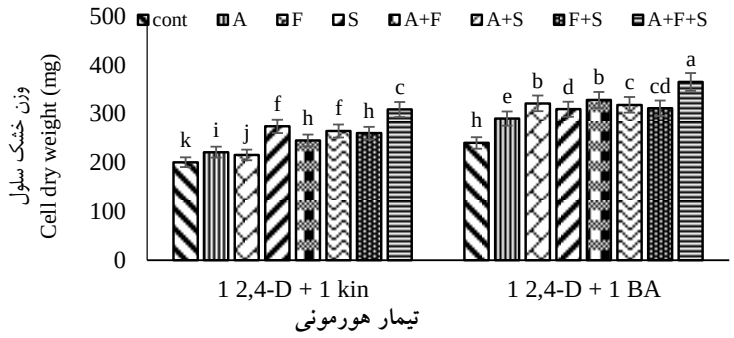
Table 1- The ANOVA results for the effect of plant hormone and fungal extracts on the measured traits in the cell suspension culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad.

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی d. f	میانگین مربعات Mean squares			
		وزن خشک سلول Cell dry weight	محتوی فلاونوئید Flavonoids content	محتوی فنول Phenol content	فعالیت آنتی‌اکسیدانتی Antioxidant activity
ترکیب هورمونی Hormonal composition	1	45264.083***	35.362***	526.678**	875.521**
عصاره قارچی Fungal extract	7	6686.369**	4.513**	63.830***	190.592**
ترکیب هورمونی × عصاره قارچی Hormonal composition× Fungal extract	7	798.750**	0.359**	24.830**	31.045**
خطا Error	32	12.6	1.62	3.76	5.76
ضریب تغییرات C.V (%)	-	19.25	14.79	13.19	17.49

*، **، *** به‌ترتیب در سطح، ۵، ۱ و ۰/۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

*, **, *** and are significant, significant at the probability level of 5, 1 and 0.1%, respectively

کمترین میزان آن در تیمار ترکیب هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg Kin و بدون تلقیح با قارچ مشاهده شد. در بررسی علت تاثیر الیسیتورها بر افزایش میزان متابولیت ثانویه می‌توان گفت که تاثیر الیسیتور روی افزایش و یا کاهش متابولیت ثانویه به عوامل متعددی بستگی دارد که یکی از این عوامل نوع الیسیتور است و در مورد الیسیتور قارچی، نوع عصاره قارچی است. عصاره قارچ‌های مختلف روی گیاهان مختلف و متابولیت‌های مختلف تاثیر متفاوتی دارند به عنوان مثال، قارچ‌هایی مانند *Penicillium citrium* و *P. spimulorum* باعث افزایش تولید آجمالیسین در کشت سلول *C. roseus* شده‌اند و عصاره قارچ *Absidia cristata* باعث افزایش تولید سرپنتین می‌شود درحالی‌که عصاره قارچ *Mucor* اثر ضعیفی دارد (Moreno, 1996). عامل دیگر موثر، خود متابولیت‌ثانویه است یک نوع عصاره قارچ و یک نوع الیسیتور ممکن است تاثیر متفاوتی روی دو متابولیت ثانویه مختلف داشته باشد.



F= *Fusarium* sp. A= *Alternaria solani* S= *Setosphaeria rostrata*

شکل ۱- اثر برهمکنش هورمون (1mg 2,4- D + 1mg BA و 1mg 2,4- D + 1mg kin) × عصاره قارچ اندوفیت بر میزان وزن خشک سلول‌ها درکشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل

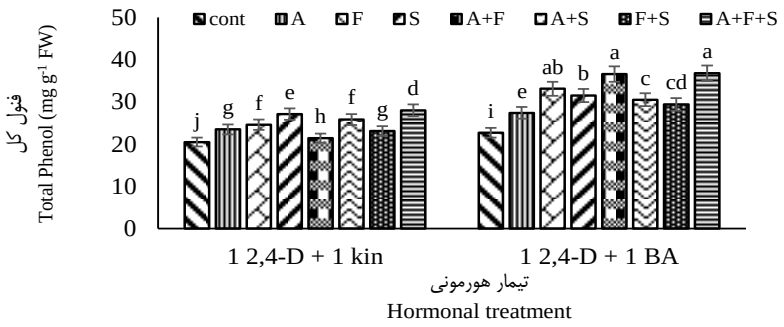
Figure 1- The interaction effect of hormone composition (1mg 2,4- D + 1mg BA and 1mg 2,4- D + 1mg kin)-× endophytic fungus extract on the cell dry weight in thecell suspension culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. (LSD, $p\leq 0.05$).

به طور مثال در بررسی اثر عصاره قارچی *phytium* بر میزان آلکالوئید آجمالیسین، فنول، ترپنوئیدها و آنزیم‌های مسیر بیوسنتز فنول ترپنوئید در ریشه موئین پروانش، باعث افزایش آجمالیسین ولی کاهش میزان فنول، ترپنوئیدها و کاهش فعالیت آنزیم‌های مسیر فنول ترپنوئیدی شد (Moreno, 1996) مدت زمانی که سلول‌ها در معرض الیسیتور قرار می‌گیرند نیز نقش مهمی در میزان تولید متابولیت‌های ثانویه دارد.

اثر برهمکنش ترکیب هورمونی و عصاره قارچ اندوفیت بر محتوی متابولیت‌های ثانویه

فنول

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنظیم کننده رشد و عصاره قارچی نشان داد که بیشترین میزان فنول در ترکیب تیمار هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg BA و تلقیح توام سه قارچ بود و پس از آن *Fusarium* sp.+*Alternaria solani* بهترین ترکیب تیماری بود (شکل ۲). همچنین کمترین میزان آن در تیمار ترکیب هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg Kin و بدون تلقیح با قارچ مشاهده شد. همچنین علت افزایش میزان فنول توسط عصاره قارچی ممکن است به دلیل فعال شدن مسیرهای دفاعی گیاه توسط ترکیبات دیواره سلولی قارچ باشد. فعال‌سازی سیستم دفاعی گیاه منجر به ترشح آنزیم‌های هیدرولیتیک شده که تصور می‌شود نقش مهمی در فعالیت دفاعی گیاه دارند (Bahorun *et al.*, 2003). احتمال دیگری که در مکانیسم اثر عصاره قارچی بر افزایش متابولیت ثانویه دارد این است که ترکیبات عصاره قارچ با تاثیر بر بیان ژن‌های مسیر بیوسنتزی فنول و افزایش فعالیت آنزیم‌های مسیر بیوسنتزی باعث افزایش تولید ترکیبات فنولی شده است. در تحقیق کیم و همکاران (Kim *et al.*, 2000)، الیسیتور زیستی باعث افزایش بیان ژن‌ها در سوسپانسیون سلولی برنج شد و شناسایی ترکیبات فعال عصاره‌های قارچی در درک مکانیسم برهم‌کنش سلول‌های گیاهی و الیسیتورهای قارچی و سایر پاسخ‌های دفاعی، کمک خواهد کرد.



F= *Fusarium* sp. A= *Alternaria solani* S= *Setosphaeria rostrata*

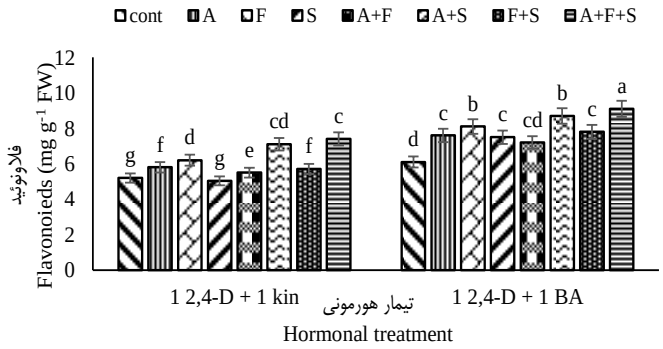
شکل ۲- اثر متقابل ترکیب هورمونی (1mg 2,4- D + 1mg BA و 1mg 2,4- D + 1mg kin) × عصاره قارچ اندوفیت بر محتوی فنول درکشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل

Figure 2- The interaction effect of hormone compositions (1mg 2,4- D + 1mg BA and 1mg 2,4- D + 1mg kin) × endophytic fungus extract on the phenol content of cell suspension culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. (LSD, $p \leq 0.05$).

فلاونوئید

مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده رشد و عصاره قارچ نشان داد که بیشترین میزان فلاونوئید در ترکیب تیمار هورمونی 1mg 2,4.D + 1mg BA و تلقیح توام سه قارچ بود و پس از آن تیمار ترکیب هورمونی 1mg 2,4.D + 1mg BA و تلقیح توام *Setosphaeria rostrata* +*Alternaria solani* و نیز تیمار ترکیب هورمونی 1mg 2,4.D + 1mg BA با *Setosphaeria rostrata* بود. کمترین میزان آن در تیمار ترکیب هورمونی 1mg 2,4.D + 1mg Kin و بدون تلقیح با قارچ مشاهده شد (شکل ۳). در کشت سلولی کتان سفید حضور الیسیتورهای قارچی در زمان‌های مختلف اثر متفاوتی بر میزان لیگنان دارد. به گونه‌ای که بیشترین میزان پدوفیلوتوکسین و لاریسی رزینول در سلول‌های کتان سفید تیمار شده با الیسیتورهای قارچی *Fusarium graminearum*، *Rhizoctonia silani*، *Rhizopus stolonifera* و *Trichoderma viride* در روز پنجم بعد از تیمار و عصاره قارچ *Sclerontinia sclerotiorum* در روز سوم پس از تیمار مشاهده شد (Esmaeilzadeh Bahabadi and Sharifi, 2014). تنوع برهمکنش هر قارچ با سلول گیاهی به‌واسطه اثرات خاص و متنوع محرک‌های قارچی متفاوت است و بنابراین پاسخ‌های دفاعی سلول گیاهی متناسب با نوع

برهمکنش است. افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در تحقیق حاضر ممکن است به دلیل وجود ترکیبات ناشناخته مثل ایندول استیک اسید، فلاونوئیدها و آنزیم‌های دیواره سلولی مانند سلولاز و زایلاناز و ترکیباتی مثل الیگوساکاریدها، هورمون‌ها، آنزیم‌ها و پپتیدها باشد که می‌توانند به‌عنوان محرک عمل کنند، باشد (Kumar *et al.*, 2016).



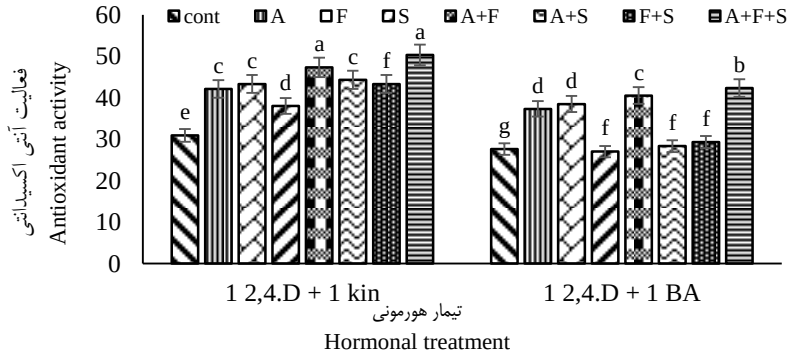
F= *Fusarium* sp. A= *Alternaria solani* S= *Setosphaeria rostrata*

شکل ۳- اثر برهمکنش ترکیب هورمونی (1mg 2,4- D + 1mg BA و 1mg 2,4- D + 1mg kin)× عصاره قارچ اندوفیت بر محتوی فلاونوئید درکشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل

Figure 3- The interaction effect of the hormonal compositions (1mg 2,4- D + 1mg BA and 1mg 2,4- D + 1mg kin) × endophytic fangus extract on the flavonoid content in the cell suspension culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. (LSD, *p≤0.05*).

فعالیت آنتی‌اکسیدانتی

بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در تیمار هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg Kin و تلقیح توام سه قارچ مشاهده شد که باعث افزایش معنی دار ۶۲/۷٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴). در گیاهان تحت تیمار هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg BA، نیز تلقیح با تیمار توام سه قارچ سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در مقایسه با شاهد شد. پس از آن تلقیح توام *Alternaria* + *Fusarium* sp. *solani* بهترین ترکیب در هر دو محیط کشت بود (شکل ۴). کمترین میزان آن در تیمار ترکیب هورمونی 1mg 2,4-D + 1mg BA و بدون تلقیح با قارچ مشاهده شد. نقش فعالیت آنتی اکسیدان در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیر زیستی و همچنین اثرات مثبت آن‌ها در سلامت انسان در موارد متعدد به ثبت رسیده است (Alikhani *et al.*, 2020).



F= *Fusarium* sp. A= *Alternaria solani* S= *Setosphaeria rostrata*

شکل ٤- اثر متقابل ترکیب هورمونی (1mg 2,4- D + 1mg BA و 1mg 2,4- D + 1mg kin) و قارچ اندوفیت بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی درکشت سوسپانسیون سلولی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل

Figure 4- The interaction effect of the hormonal composition (1mg 2,4- D + 1mg BA and 1mg 2,4- D + 1mg kin) × endophytic fangus extracts on the antioxidant activity amount in the cell suspension culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. (LSD, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تیمار هورمون و عصاره قارچی نشان داد که با افزودن عصاره به محیط، رشد سلولی افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که ترکیب سه نوع قارچ اندوفیت *Alteynaria solani*، *Setosphaeria rostrata* و *Fusariim* sp. با یکدیگر منجر به افزایش معنی‌داری در وزن خشک سلول‌ها نسبت به تیمار شاهد می‌شود، همچنین افزایش رشد سلول‌ها در مقایسه با تیمار شاهد، نسبت به کاربرد عصاره قارچی به تنهایی نیز مشاهده شد. میزان تولید متابولیت‌ها در سلول‌هایی که تحت تیمار عصاره قارچی (الیسیتور قارچی) قرارگرفته بودند بطور معنی‌داری بیشتر از متابولیت‌های شاهد بود. با توجه به نتایج این آزمایش، استفاده ترکیبی از سه محرک عصاره قارچی، به‌عنوان بهترین تیمار به منظور تولید متابولیت‌ها در کشت سوسپانسیون سلولی گیاه هندوانه ابوجهل می‌باشد.

منابع

1. Amiri, H. (2020). Identification of ingredients and evaluation of antioxidant effects of essential oil and methanolic extract of *Salvia multicaulis* Vahl. *Quarterly Journal of Medicinal Plants*, Eleventh year, volume 1, special issue number 8.
2. Alikhani, O., Abbaspour, H., & Motevalizadekakhki, A. (2020). Effects of methyl jasmonate on cadmium accumulation, antioxidant capacity and some physiological traits of wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 32*(4): 886-897. https://doi.org/10.32404/rean.v6i3.3322.
3. Bacon, C.W., Porter, J.K., Robbins, J.D., & Luttrell, E.S. (1977). Epichloe typhina from toxic tall fescue grasses. *Applied and Environmental Microbiology 34*(5): 576-581. https://doi.org/10.1128%2Faem.34.5.576-581.1977.
4. Bahorun, T., Aumjaud, E., Ramphul, H., Rycha, M., Luximon- Ramma, A., Trotin, F., & Aruoma, O.I. (2003). Phenolic constituents and antioxidant capacities of Crataegus monogyna (Hawthorn) callus extracts. *Food/Nahrung 47*(3): 191-198. https://doi.org/10.3390%2Fnu7095361.
5. Bensaddek, L., Villarreal, M.L., & Fliniaux, M.A. (2008). Induction and growth of hairy roots for the production of medicinal compounds. *Electronic Journal of Integrative Biosciences 3*(1): Special Issue on Hairy Roots (A. Lorence and F. Medina-Bolivar, co-editors)), 2-9.
6. Bonfante, P. (2009). *Symbiotic fungi: principles and practice*. vol. 18.
7. Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., & Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis 10*(3). https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748.
8. Esmaeilzadeh Bahabadi, P. (2011). *The effect of fungal eliminators on podophyllotoxin and gene expression and activity of technical enzymes alanine ammonia lyase and cinnamyl alcohol dehydrogenase in Linum album*, Ph.D. thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Biological Sciences, Tehran, Iran.
9. Esmaeilzadeh Bahabadi, P. & Sharifi, M. (2014). Physiological responses of isolated white flax culture cells (*Linum album Kotschy ex Boiss*) to fungal eliminators. *Plant Biology of Iran 17*(5).
10. Bahabadi, S. E., Sharifi, M., Safaie, N., Murata, J., Yamagaki, T., & Satake, H. (2011). Increased lignan biosynthesis in the suspension cultures of Linum album by fungal extracts. *Plant Biotechnology Reports* 5: 367-373. https://doi.org/10.1007/s11816-011-0190-3.
11. Facchini, P.J., Penzes, C., Johnson, A.G., & Bull, D. (1996). Molecular characterization of berberine bridge enzyme genes from opium poppy. *Plant Physiology 112*(4): 1669-1677. https://doi.org/10.1104%2Fpp.112.4.1669.
12. Kim, C.Y., Lee, S.H., Park, H.C., Bae, C.G., Cheong, Y.H., Choi, Y.J., & Cho, M.J. (2000). Identification of rice blast fungal elicitor-responsive genes by differential display analysis. *Molecular Plant-microbe Interactions 13*(4): 470-474. https://doi.org/10.1094/MPMI.2000.13.4.470.
13. Kumar, P., Chaturvedi, R., Sundar, D., & Bisaria, V.S. (2016). Piriformospora indica enhances the production of pentacyclic triterpenoids in *Lantana camara* L. suspension cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 125: 23-29. https://doi.org/10.1007/s11240-015-0924-y.
14. Lam, K.S. (2007). New aspects of natural products in drug discovery. *Trends in Microbiology 15*(6): 279-289. http://doi.org/10.1016/j.tim.2007.04.001.
15. Li, E., Jiang, L., Guo, L., Zhang, H., & Che, Y. (2008). Pestalachlorides A–C, antifungal metabolites from the plant endophytic fungus Pestalotiopsis adusta. *Bioorganic & Medicinal Chemistry 16*(17): 7894-7899. http://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.07.075.
16. Mohammadi Farsani, M., & Qasemi Pir Balouti, A. (2014). Application of elicitors in increasing the production of secondary metabolites in cell and plant culture suspension. *Journal of Herbal Medicines 5*(3): 120-113.

17. Moreno, P.R., Poulsen, H., van der Heijden, C., & Verpoorte, R. (1996). *Enzyme Microbogy Technology* 18: 99.
18. Şahin, F., Güllüce, M., Daferera, D., Sökmen, A., Sökmen, M., Polissiou, M., & Özer, H. (2004). Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. vulgare in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control 15*(7): 549-557. http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.08.009.
19. Salaripour, S., Karimzadeh, Q., Moeini, A., & Torkash Esfahani, S. (2015). Production of cell suspension from Eastern tobacco cultivars (*Nicotiana tabacum*) for cell line production. *Biotechnology in Agriculture 4*(2).
20. Seifi, M., Nazeri, S., Soltani, J., & Chehregani Rad, A. (2014). Comparison of DBAT gene sequences. At the nucleotide and amino acid levels. In yew species and endophytic fungi. *Journal of Cell and Tissue (Scientific Research) 2*(4): 203-197.
21. Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture 16*(3): 144-158.
22. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture 28*(1): 49-55.
23. Vasconsuelo, A., & Boland, R. (2007). Molecular aspects of the early stages of elicitation of secondary metabolites in plants. *Plant Science 172*(5): 861-875. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2007.01.006.
24. Zhai, X., Jia, M., Chen, L., Zheng, C.J., Rahman, K., Han, T., & Qin, L.P. (2017). The regulatory mechanism of fungal elicitor-induced secondary metabolite biosynthesis in medical plants. *Critical Reviews in Microbiology 43*(2): 238-261. http://dx.doi.org/10.1080/1040841X.2016.1201041.
25. Zhao, J., Davis, L.C., & Verpoorte, R. (2005). Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances 23*(4): 283-333. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.01.003.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 231-243

Investigating the Preventive Factors of People in the Society from Attending Urban Parks during the COVID-19 Pandemic

D. Vafadari Komarolya[1*], M. Kafi[2], M. Khansefid[3]

Received: 17-02-2022
Revised: 18-06-2022
Accepted: 26-06-2022
Available Online: 26-06-2022

How to cite this article:
Vafadari Komarolya, D., Kafi, M., & Khansefid, M. (2023). Investigating the preventive factors of people in the society from attending urban parks during the COVID-19 pandemic. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 231-243. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.75378.1143

Introduction

As urbanization and population density increase, numerous issues arise in society, including a heightened risk of contagious diseases among the population, putting society at risk and in crisis. The purpose of this study was to identify preventive factors for individuals in the community to avoid attending urban parks during the COVID-19 pandemic, as well as to evaluate the capacity of these places to promote public health and their functionality during the pandemic.

Materials and Methods

Using library resources and semi-structured in-depth interviews, the research data questionnaire was obtained and for sampling and determination of sample size, simple random sampling method and Cochran formula related to unknown statistical population with error level of 0.05 were used, respectively. Then, in order to analyze the data, the first question which was prioritized was 4-1 points from the first to the fourth priority and the mean score was calculated and the same process was implemented for the second part questions, respectively. After collecting the questionnaires, the data were extracted and the frequency of each of the options in the questions was determined, then to investigate the first part question which was related to the barriers to the presence of people in urban parks during the pandemic period and should be prioritized, i.e. assigning numbers 1 to 4 based on the participants' opinions, the priority was 4 points for priority 1 score 4, priority 2 points. 3, priority 3 points 2 and priority 4 points 1 selected, After averaging the relevant score, comparing them with each other, the most important barriers were mentioned in the results section, respectively. Also, in order to investigate the questions of the second part, the first question was related to the capacity of urban parks to promote public health in pandemic conditions and should have been answered as a single choice for the very significant option of score 4, the significant option of score 3, the average score option 2 and the low-score option 1, and after the average of the relevant points and comparing it with the average capacity of the park was selected. Some of the general health promotion during pandemic were identified and mentioned in the results section.

Results and Discussion

The study revealed that the most significant barrier to people's presence in urban parks was the absence of health warning signs, with an average score of 3.1. Additionally, the capacity of urban parks to enhance public health received a very significant average score of 3.3. However, the performance of these parks during the COVID-19 pandemic was rated as poor, with an average score of 1.4. Other barriers identified to people's presence in parks include:

- Non-conformity of urban parks design with pandemic conditions
- Inappropriate layout of furniture in urban parks

1, 2 and 3- Graduate of M.Sc in Landscape Engineering, Professor & Assistant Professor of the Department of Horticultural Sciences and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: davod.vafadari@ut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.75378.1143

- Inappropriate shape, material and type of furniture in urban parks in terms of public health

Also, the overall results of urban parks capacity in increasing public health and performance of these places during covid-19 pandemic are as follows:

In relation to the capacity of urban parks in order to increase public health in comparison with other urban uses, the results of the survey of the received data are that out of 230 people in the study, 99 people evaluated the capacity of these places as very significant (43%), 103 significant (45%), 21 moderate (9%) and 7 (3%).

In relation to how the current urban parks play a role in covid-19 pandemic compared to other urban uses, the results of the data survey are as such that out of 230 people present in the research, 5 people performed this Places were assessed as excellent (2%), 11 were good (5%), 53 were moderate (23%) and 156 were weak (70%).

Conclusion

Overall, it can be concluded that urban parks have the potential to significantly promote public health, but during the pandemic period, their effectiveness was limited due to various barriers. It is recommended that designers, urban planners, and health professionals work together to create multi-functional designs that address existing barriers as much as possible. This would enable people to attend urban parks during the pandemic with less concern and potentially reduce the negative consequences of pandemic outbreaks and quarantine.

Keywords: Coronavirus, Epidemic, Urban open spaces, Urban green spaces

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۴۳-۲۳۱

بررسی عوامل بازدارنده افراد جامعه از حضور در پارک‌های شهری در دوران پاندمی کووید۱۹

داود وفاداری کمار علیا[۱*]- محسن کافی[۲]- مهدی خان سفید[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۵

چکیده

هدف پژوهش دستیابی به عوامل بازدارنده افراد جامعه از حضور در پارک‌های شهری در دوران پاندمی کووید۱۹ و ارزیابی ظرفیت این اماکن در ارتقای بهداشت عمومی جامعه و چگونگی عملکرد آنها در دوران پاندمی کووید۱۹ است. با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و مصاحبه عمیق نیمه ساختار یافته به صورت پرسشنامه داده‌های تحقیق به دست آمد و برای نمونه گیری و تعیین حجم نمونه به ترتیب از روش نمونه گیری تصادفی ساده و فرمول کوکران مرتبط با جامعه آماری نامشخص با سطح خطای ۰/۰۵ استفاده شد، سپس برای تحلیل داده‌ها به سوال بخش اول که به صورت اولویت بندی بود به ترتیب از اولویت اول تا چهارم امتیاز ۴ تا ۱ اختصاص داده شده و میانگین امتیازی محاسبه گردید و در ادامه همین روند برای سوالات بخش دوم اجرا گردید. بررسی داده‌های مستخرج از پژوهش نشان داد که عدم وجود علایم هشدار دهنده بهداشتی در پارک‌های شهری با میانگین امتیازی ۳/۱ مهم ترین مانع حضور افراد جامعه در این اماکن بوده و همچنین ظرفیت پارک‌های شهری در افزایش بهداشت عمومی با میانگین امتیازی ۳/۳ بسیار قابل توجه تعیین گردیده است. سپس عملکرد این اماکن در دوران پاندمی کووید۱۹ با میانگین امتیازی ۱/۴ ضعیف گزارش شد. به طور کلی می‌توان گفت پارک‌های شهری دارای ظرفیت قابل توجهی در ارتقای سلامت جامعه می باشند و به دلیل عدم تناسب این اماکن برای دوران پاندمی، عملکرد مناسبی نداشتند، بنابراین باید برای این دوران مناسب سازی شده و موانع برداشته شوند.

واژه‌های کلیدی: فضاهای باز شهری، فضاهای سبز شهری، کرونا، همه‌گیری

مقدمه

با افزایش شهرنشینی و تراکم جمعیتی مشکلات زیادی در جامعه بروز می‌کند که یکی از اصلی‌ترین این مشکلات مرتبط با سلامت جامعه می‌باشد، که منجر به افزایش سریع بیماری‌های مسری در بین افراد جامعه شده و جامعه مذکور را در معرض خطر قرار داده و دچار بحران می‌کند. شیوع یک بیماری مسری در جامعه منجر به اعمال قرنطینه می‌شود و افراد جامعه به دلیل موانعی که در طراحی و سازمان‌دهی پارک‌های شهری وجود دارد از طبیعت و فضاهای سبز دور می‌شوند.

فضاهای باز شهری می توانند محیط‌های مناسب و امنی برای فعالیت‌ها و اقدامات شهروندان برای افزایش سلامت باشند. در پیکره این فضاها باید زیبایی شناسی و فضاهای سبز شهری وجود داشته باشد تا شهروندان بتوانند با احساس امنیت، آرامش و آسایش به فعالیت های تندرستی و سلامتی بپردازند (Parto *et al.*, 2019). فضاهای سبز شهری برای ایجاد آرامش و ارتقا سلامت در شهرها ضروری هستند و همه روزه اکثر شهروندان با اهداف گوناگون از این اماکن استفاده می‌کنند که دارای اشکال مختلف از جمله پارک‌های شهری، زمین های جنگلی طبیعی و مصنوعی، بام ها و دیوارهای سبز و... هستند و یکی از اجزای اصلی محیط سالم و ایده آل و یک عنصر اصلی و حیاتی به حساب می‌آیند که می‌توانند از فشارهای روحی و جسمی وارد شده بر شهروندان به میزان قابل توجهی کم نمایند (Lehberger and Kleih, 2021; Huerta and Utomo, 2021 ;

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی فضای سبز، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: davod.vafadari@ut.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2022.75378.1143

Zhang *et al.*, 2017; Ward Thompson, 2011; Abraham *et al.*, 2009).

پاندمی کرونا بر روی سلامت جوامع انسانی در سراسر دنیا تأثیر گذاشته است. در این بازه زمانی، فواید پارک‌های شهری برای ساکنان مورد توجه واقع شده است، شواهد نشان می‌دهند که قرنطینه باعث بروز مشکلات روحی و جسمی شده است که استفاده از فضاهای سبز شهری از جمله پارک‌های شهری می تواند این اثرات را کاهش دهد، پس می‌توان گفت مردم به محیط‌های طبیعی با کیفیت در محل‌های خود نیاز دارند تا سلامت مطلوب خود را حفظ کنند که این محیط‌ها شامل فضاهای سبزشهری و به ویژه پارک‌های شهری می‌شوند و در زمان پاندمی می‌توانند از اثرات روانی وارد شده بر شهروندان نیز بکاهند (Robinson et al, 2021 : Lu et Gheng et al, 2021 : al, 2021 : Dushkova et al, 2021 : Lohmus et al, 2021 : Pouso et al, 2020). پاندمی کرونا اثر بسزایی در چگونگی انجام فعالیت‌های عمومی داشته است. پیش از پاندمی کرونا، پارک‌های شهری، از فضاهای سالم شهری به حساب آورده می‌شد و روزانه بازدید زیادی از این فضاها صورت می‌گرفت، اما امروزه به خاطر عدم وجود مردم، هیچ فعالیتی شبیه به فعالیت‌های قبل از پاندمی در این اماکن دیده نمی‌شود. پس می‌توان گفت خطر ایجاد شده از جانب بیماری بر حضور افراد در پارک‌های شهری تأثیر گذاشته است (Khozaei *et al.*, 2021).

فضاهای سبز شهری نه تنها یک سرمایه‌گذاری برای بهداشت عمومی و اجتماعی به حساب می‌آید، بلکه فرصتی برای ایجاد تعادل مجدد در روابط ما با طبیعت برای محافظت در برابر همه گیری‌های آینده در نظر گرفته می‌شوند. با سرمایه‌گذاری در فضاهای سبز عمومی شهری، مزایای اضافی (ایجاد شغل و غذا، ارتقای تنوع زیستی، کاهش گرمای شهری، ترسیب کربن) ممکن است با مزایای سلامتی همراه باشد. تحقق این مزایا مستلزم تغییر در موازنه تصمیم گیری برای ایجاد اهمیت در حفاظت ، افزایش و ارائه فضاهای سبز مناسب تر برای جوامع محلی است. برنامه‌های بهبود اقتصادی کرونا فرصتی برای تحول پایدار ارائه می‌دهد به شرطی که بتوان از آنها برای حفاظت و بازسازی همزمان طبیعت و مقابله با تغییرات آب و هوایی استفاده کرد (Geary *et al.*, 2021). در مناطقی که استفاده از فضاهای سبز شهری ممنوع نبوده است، امکان دارد این اماکن نقش غیرمستقیم مهمی را در کاهش پیامدهای منفی پاندمی کرونا با ارائه فضایی جهت ملاقات، بازی و حرکت در فاصله ای ایمن ایفا کرده باشند (Noel *et al.*, 2021).

برای طراحی فضاهای سبز شهری که مردم از آن استفاده می‌کنند، برنامه‌ریزان شهری باید بدانند چگونه ویژگی‌های فضاهای سبز بر ادراک و تمایل ساکنان برای استفاده از آنها تاثیر می گذارند (Huerta and Cafagna, 2021). پاندمی کرونا پیامدهای مخربی برای حوزه‌های بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی داشته است، اما آنچه بسیار کمتر مورد توجه قرار گرفته است، تأثیر آن بر رابطه مردم با طبیعت از جمله دسترسی به فضاهای سبز شهری می‌باشد (Heo *et al.*, 2021). بر همین اساس پاندمی کرونا یک فرصت برای برنامه‌ریزان شهری، تصمیم‌گیرندگان دولت، متخصصان بهداشتی و روان‌شناسان محیط زیست برای درک بیشتر وضعیت روانی اجتماعی در شهرها به وجود آورده است. حفظ دسترسی به فضاهای سبز در شهرها در طول زمان قرنطینه همچنین طراحی چند منظوره برای آزادی عمل بیشتر کاربران باید تا جایی که ممکن است ضروری تلقی شود، بنابراین طراحان نقش مهمی در جلوگیری از رشد بیماری‌ها و کمک به سلامت جامعه را بر عهده دارند (Herman and Drozda, 2021; Leporelli and Santi, 2019; Mccunn, 2020).

بر اساس مطالب بیان شده اهداف مدنظر تحقیق دستیابی به عوامل بازدارنده افراد جامعه از حضور در پارک‌های شهری در دوران پاندمی کووید۱۹ و ارزیابی ظرفیت این اماکن در ارتقای بهداشت عمومی جامعه و چگونگی عملکرد آنها در دوران پاندمی کووید۱۹ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

این تحقیق با توجه به روش جمع‌آوری اطلاعات و مواد و روش‌ها از منظر غایت و هدف از نوع تحقیق کاربردی و از منظر ماهیت و روش از نوع تحقیق توصیفی می‌باشد. در راستای بررسی روش تحقیق در مقالات مشابه و مشخص نمودن نقاط قوت و ضعف آنها و همچنین چگونگی انتخاب روش تحقیق، پژوهش حاضر می‌توان گفت که خوزایی و همکاران (Khozaei *et al.*, 2021) در تحقیقی به نام تاثیر کارایی درک شده خطر و پیشگیری از بیماری بر فعالیت‌های بیرون از منزل و رفتارهای اجتنابی در پارک‌های شهری در طول بیماری‌های پاندمی کووید۱۹ از روش مصاحبه نیمه ساختار یافته استفاده نمودند (Khozaei *et al.*, 2021)، که این روش باعث می‌شود، پاسخگویی شرکت‌کنندگان در تحقیق آسان‌تر شده و همچنین آنها را در مقابل سوالات کاملاً بسته قرار نمی‌دهد بنابراین می توانند علاوه بر موارد مطرح شده توسط محققین، موارد موردنظر خود را نیز اعلام نمایند، لازم به ذکر است که استخراج داده های مربوط به این روش نسبت به روش های مشابه دیگر از جمله روش مصاحبه بدون ساختار آسان تر صورت می‌گیرد. این روش دارای مشکلاتی نیز می‌باشد از جمله اینکه در نمونه‌های گرفته شده از جامعه تمایل زیادی را برای شرکت در تحقیق از خود نشان نمی‌دهند و باید در قالب تعداد زیادی نمونه این روش را اعمال نمود که بتوان به نتیجه مطلوب رسید. همچنین در تحقیقی دیگر به نام برداشت

فوری از استفاده از فضاهای سبز شهری در مکزیکو سیتی در طول همه گیری کووید۱۹، یک مطالعه کیفی هوئرتا و همکاران (Pouso *et al.*, 2020) نیز از روش مصاحبه استفاده کردند، البته در کنار آن از طریق بازدید عکس‌های مربوطه نیز بهره بردند که می‌تواند بر دقت کار بیفزاید. یا در تحقیقی مشابه دیگر تاثیر سلامت درک شده و استفاده از فضاهای سبز عمومی در منطقه کلان شهری بروکسل در طول اپیدمی کووید۱۹ نوئل و همکاران (Noel *et al.*, 2021) برای تحقیق خود از روش مصاحبه استفاده کردند و به این شیوه داده‌های مورد نظر خود را به دست آوردند (Noel *et al.*, 2021). ما نیز در این پژوهش از روش مصاحبه نیمه ساختار یافته استفاده کردیم که بنابر مشغله زیاد جامعه هدف تحقیق و برای دست‌یابی به نتیجه بهتر تصمیم بر آن شد که سوالات مصاحبه به صورت چهار گزینه‌ای مطرح شود و در کنار گزینه‌ها محلی برای ارائه نظرات علاوه بر موارد ارائه شده در گزینه‌ها در نظر گرفته شد و سپس به دلیل رعایت پروتکل های بهداشتی اکثر سوالات به صورت بر خط و یا از طریق ایمیل ارسال گردید و از همان طریق دریافت گردید.

جامعه آماری

تحقیق حاضر جامعه آماری گسترده‌ایی را در بر می‌گیرد و این جامعه آماری شامل متخصصین رشته‌های پزشکی، پیراپزشکی و مهندسی در رشته‌های مرتبط مانند: مهندسی فضای سبز، مهندسی طراحی محیط زیست، معماری منظر، معماری و شهرسازی در سطح تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری عمومی و تخصصی می‌شود که به دلیل تخصصی بودن موضوع و نیاز به دید کارشناسی دقیق و قابل اتکا این جامعه آماری انتخاب گردیده است.

ترکیب مدرک تحصیلی افراد حاضر در تحقیق به این‌صورت می‌باشد که از بین ۲۳۰ نفر، ۱۰۰ نفر دارای مدرک تحصیلی دکتری تخصصی و ۱۳۰ نفر دارای مدرک تحصیلی دکتری عمومی و کارشناسی ارشد بوده‌اند، همچنین ترکیب نوع رشته تحصیلی افراد حاضر در تحقیق به این‌صورت می‌باشد که از بین ۲۳۰ نفر، ۱۱۱ نفر از حوزه پزشکی و پیراپزشکی و ۱۱۹نفر در حوزه مهندسی در رشته‌های مرتبط بوده‌اند.

نمونه و روش نمونه‌گیری

با توجه به فرمول کوکران برای جامعه نامحدود (z^2*p*q/d^2) با سطح خطای ۰/۰۵ تعداد نمونه‌ها به دست آمد که برابر با ۳۸۴ نفر بود، برای اطمینان پرسشنامه به ۴۲۰ نفر ارسال گردید که ۲۳۰ پرسشنامه به طور کامل و واضح دریافت شد، جهت انتخاب نمونه‌ها از روش تصادفی ساده بهره برده شد.

ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها

در تحقیق حاضر از منابع کتابخانه‌ای همچون مقالات مرتبط و مصاحبه عمیق نیمه ساختار یافته استفاده شد. برای انجام مصاحبه عمیق نیمه ساختار یافته به دلیل پاندمی کووید۱۹ و همچنین مشغله کاری جامعه هدف سوالات به صورت پرسشنامه تهیه شده و در اختیار شرکت‌کنندگان در تحقیق قرار گرفت. پرسشنامه مذکور دارای ۳ سوال بوده است که سوال بخش اول باید به صورت اولویت‌بندی از بین چهار گزینه موجود پاسخ داده می‌شد و ۲ سوال بخش دوم باید به صورت انتخاب تک گزینه‌ای تکمیل می‌گردید، همچنین معیارهای موجود در پرسشنامه جهت دست‌یابی به موانع و مشکلات حضور شهروندان در پارک‌های شهری از طریق بررسی پروتکل‌های بهداشتی و تطابق آن با وضعیت موجود پارک‌های شهری تهیه شده بود. لازم به ذکر است برای اطمینان از پایایی پرسشنامه از روش تکرار آزمایش استفاده گردید، به اینصورت که ۴۰ عدد پرسشنامه را در بازه زمانی دو هفته‌ای بین متخصصین امر توزیع شد و مقایسه پاسخ‌ها در دو بازه زمانی متفاوت نشان از همبستگی قابل توجه آنها بود؛ یعنی از هر ۱۰ نفر، ۹ نفر پاسخ‌های کاملا یکسانی را در مقایسه با بار اول آزمایش به سوالات اختصاص داده بودند که همبستگی ۹۰ درصدی را نشان می‌داد. از نظر روایی پرسشنامه نیز، ۴۰ عدد پرسشنامه بین متخصصین امر توزیع شد و روایی آن توسط ایشان تأیید گردید.

شیوه جمع‌آوری داده‌ها

برای جمع‌آوری داده‌ها از منابع کتابخانه‌ای و مصاحبه عمیق نیمه ساختار یافته به صورت پرسشنامه‌ای بهره برده شد. پرسشنامه‌ها از طریق ایمیل، شبکه‌های مجازی و حضوری از تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۰ تا ۱۴۰۰/۰۲/۲۰ در بین نمونه انتخاب شده پخش گردید که این نمونه از طریق سایت‌های دانشگاهی، شرکت‌های فنی و مهندسی و بیمارستان‌ها تعیین شد. در پرسشنامه شیوه پاسخگویی به سوالات و اهمیت تحقیق به طور کامل برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شده بود، در ضمن، این تحقیق در بین متخصصین سطح کشور صورت گرفت و مختص به یک مکان خاص نمی‌گردد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها داده‌های موجود در آن‌ها استخراج گردید و فراوانی هر یک از گزینه‌های موجود در سوالات مشخص شد. سپس برای بررسی سوال بخش اول که مربوط به موانع حضور افراد در پارک‌های شهری در دوران پاندمی بود و باید به صورت اولویت‌بندی یعنی اختصاص اعداد ۱ تا ۴ بر اساس نظر افراد شرکت کننده پاسخ داده می‌شد برای اولویت ۱ امتیاز ۴، اولویت ۲ امتیاز ۳، اولویت ۳ امتیاز ۲ و اولویت ۴ امتیاز ۱ انتخاب شد. پس از

میانگین‌گیری از امتیازت مربوطه مقایسه آن‌ها با یکدیگر مهم‌ترین موانع به ترتیب در بخش نتایج ذکر شد. همچنین برای بررسی سوالات بخش دوم که سوال اول مربوط به ظرفیت پارک‌های شهری در ارتقای سلامت عمومی در شرایط پاندمی بود و باید به صورت انتخاب تک گزینه‌ای پاسخ داده می‌شد برای گزینه بسیار قابل توجه امتیاز ۴، گزینه قابل توجه امتیاز ۳، گزینه متوسط امتیاز ۲ و گزینه کم امتیاز ۱ انتخاب گردید و پس از میانگین‌گیری از امتیازات مربوطه و مقایسه آن با حد متوسط میزان ظرفیت پارک‌های در ارتقای سلامت عمومی در دوران پاندمی مشخص شد و در بخش نتایج ذکر گردید. مراحل گفته شده برای سوال اول بخش دوم در بررسی سوال دوم این بخش نیز به کار گرفته شد که سوال دوم مربوط به نحوه عملکرد پارک‌های شهری در شرایط پاندمی کووید۱۹ بود و برای امتیازبندی گزینه‌ها به اینصورت عمل گردید که به گزینه عالی امتیاز ۴، گزینه خوب امتیاز ۳، گزینه متوسط امتیاز ۲ و گزینه ضعیف امتیاز ۱ داده شد.

به دلیل نزدیکی سطح تحصیلات و سن افراد شرکت کننده در تحقیق تفاوت‌های قابل تاملی در انتخاب اولویت‌های ذکر شده در پرسشنامه مشاهده نمی‌شد. همچنین در انتخاب اولویت‌های موجود به دلیل اهمیت متخصص بودن فرد، جنسیت پاسخ دهنده نقش تعیین کننده‌ای را در برندارد و برای جلوگیری از تلف شدن وقت و هزینه از اینگونه سوالات صرف نظر شد.

در این پژوهش به دنبال ارائه ضوابط طراحی پارک‌های شهری در شرایط پاندمی بوده‌ایم و بر همین اساس متخصص و صاحب نظر بودن افراد شرکت کننده در تحقیق مدنظر بوده و مراجعه آنها به پارک مورد بحث پژوهش نبوده است.

همچنین تفاوت میان تعداد پاسخ‌های دریافتی با تعداد برآورد شده از سختی‌ها و مشکلات تحقیق بوده و بر نتیجه تحقیق آسیب قابل توجهی را وارد نمی‌آورد.

نتایج

در ارتباط با ظرفیت پارک‌های شهری در راستای افزایش بهداشت عمومی جامعه در مقایسه با سایر کاربری‌های شهری، نتایج حاصل از بررسی داده‌های دریافت شده به این‌صورت می‌باشد که از ۲۳۰ نفر حاضر در تحقیق، ۹۹ نفر ظرفیت این اماکن را بسیار قابل توجه (۴۳ درصد)، ۱۰۳ نفر قابل توجه (۴۵ درصد)، ۲۱ نفر متوسط (۹ درصد) و ۷ نفر کم (۳ درصد) ارزیابی کردند. با میانگین‌گیری از امتیازات داده شده به گزینه‌های مورد نظر، میانگین امتیازی ۳/۳ برای این سوال به دست آمد که از طریق مقایسه با حد متوسط یا میانه نظری که برابر با ۲/۵ می‌باشد، مشخص می‌گردد که میانگین به دست آمده از حد متوسط یا میانه نظری بالاتر بوده و همچنین از نظر مجموع درصدی بیش از ۸۷ درصد از پاسخ‌دهندگان پارک‌های شهری را دارای ظرفیت بسیار قابل توجه و قابل توجه معرفی کرده‌اند، پس با در نظر گرفتن میانگین امتیازی و مجموع درصدی از داده‌های مستخرج می‌توان گفت که پارک‌های شهری نسبت به سایر کاربری‌های شهری دارای ظرفیت مناسب و قابل توجهی در راستای افزایش بهداشت عمومی جامعه هستند و باید توجه ویژه‌ایی به این اماکن به ویژه در دوران پاندمی شود و آنها را مطابق با شرایط دوران پاندمی مناسب‌سازی کرد تا این فضاها با این حد از ظرفیت در شرایط بحرانی بدون استفاده نمانند (جدول ۱).

جدول ۱- ظرفیت پارک‌های شهری در راستای افزایش سلامتی

Table 1- Capacity of urban parks to increase health

گزینه‌ها Options	فراوانی Frequency	درصد Percentage	امتیاز Score	میانگین امتیازی Average score
بسیار قابل توجه Very remarkable	99	43	4	
قابل توجه Remarkable	103	45	3	
متوسط Medium	21	9	2	3/3
کم Low	7	3	1	
مجموع/ میانگین Total/ Average	230	100	2/5	

در ارتباط با چگونگی ایفای نقش پارک‌های شهری فعلی در پاندمی کووید۱۹ نسبت به سایر کاربری‌های شهری، نتایج حاصل از بررسی داده‌های دریافت شده به این‌صورت می‌باشد که از ۲۳۰ نفر حاضر در تحقیق، ۵ نفر عملکرد این اماکن را در حد عالی (۲ درصد)، ۱۱ نفر در حد خوب (۵ درصد)، ۵۳ نفر در حد متوسط (۲۳ درصد) و ۱۵۶ نفر در حد ضعیف (۷۰ درصد) ارزیابی کرده‌اند. با میانگین‌گیری از

امتیازات داده شده به گزینه‌های مورد نظر، میانگین امتیازی ۱/۴ برای این سوال به دست آمد که از طریق مقایسه با حد متوسط یا میانه نظری که برابر با ۲/۵ می‌باشد مشخص می‌گردد که میانگین به دست آمده از حد متوسط یا میانه نظری پایین تر بوده و همچنین از نظر مجموع درصدی ۷۰ درصد پاسخ دهندگان عملکرد پارک‌های شهری را در حد ضعیف دانسته‌اند، پس با در نظر گرفتن میانگین امتیازی و مجموع درصدی از داده‌های مستخرج می توان گفت پارک‌های شهری در دوران پاندمی کووید۱۹ نقش خودشان را به خوبی ایفا نکرده‌اند و این ضعف در عملکرد به دلیل عدم تناسب این اماکن با شرایط بحرانی می‌باشد، پس باید در این اماکن اقداماتی صورت گیرد تا مناسب‌سازی برای شرایط پاندمی انجام شود و از این طریق بیشترین بهره‌برداری از ظرفیت موجود در این اماکن صورت گیرد (جدول ۲).

جدول ۲- ایفای نقش پارک‌های شهری در پاندمی کووید۱۹

Table 2- Playing the Role of Urban Parks in COVID-19 Pandemic

گزینه ها Options	فراوانی Frequency	درصد Percentage	امتیاز Score	میانگین امتیازی Average score
عالی Great	5	2	4	
خوب Good	11	5	3	
متوسط Medium	53	23	2	1/4
ضعیف Weak	161	70	1	
مجموع/ میانگین Total/ Average	230	100	2/5	

در ارتباط با عوامل بازدارنده مردم از حضور در پارک‌های شهری در دوران پاندمی، نتایج حاصل از بررسی داده‌های دریافت شده نشان می‌دهد که:

۱-عدم وجود علایم هشداردهنده بهداشتی در پارک‌های شهری، با میانگین امتیازی ۳/۱ و انتخاب بیش از ۵۴ درصدی به عنوان اولویت اول نسبت به سایر گزینه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. داده‌های مربوط به این گزینه به صورت فراوانی و درصد به این شرح می‌باشد که از ۲۳۰ نفر حاضر در تحقیق، ۱۲۵ نفر اولویت اول (۵۴/۳۴ درصد)، ۴۶ نفر اولویت دوم (۲۰ درصد)، ۲۱ نفر اولویت سوم (۹/۱۳ درصد) و ۳۸ نفر اولویت چهارم (۱۶/۵۲ درصد) را به این گزینه اختصاص داده‌اند (جدول ۳).

جدول ۳- عدم وجود علایم هشداردهنده بهداشتی در پارک‌های شهری

Table 3- No health warning signs in the urban parks

عدم وجود علایم هشداردهنده بهداشتی در پارک‌های شهری No health warning signs in urban parks	فراوانی Frequency	درصد Percentage	امتیاز Score	میانگین امتیازی Average score
اولویت اول First priority	125	54	4	
اولویت دوم Second priority	46	20	3	
اولویت سوم Third priority	21	9	2	3.1
اولویت چهارم Fourth priority	38	17	1	
مجموع/ میانگین Total/ Average	230	100	2.5	

۲-عدم انطباق طراحی پارک‌های شهری با شرایط پاندمی، با میانگین امتیازی ۲/۸ و انتخاب بیش از ۳۴ درصدی به عنوان اولویت

اول در جایگاه دوم اهمیت قرار گرفته است. داده‌های مربوط به این گزینه به صورت فراوانی و درصد به این شرح می‌باشد که از ۲۳۰ نفر حاضر در تحقیق، ۸۰ نفر اولویت اول (۳۴/۷۸ درصد)، ۷۵ نفر اولویت دوم (۳۲/۶۰ درصد)، ۳۲ نفر اولویت سوم (۱۳/۹۱ درصد) و ۴۳ نفر اولویت چهارم (۱۸/۶۹ درصد) را به این گزینه اختصاص داده اند (جدول ۴).

جدول ۴- عدم انطباق طراحی پارک‌های شهری با شرایط پاندمی

Table 4- Non-conformity of the urban parks design with pandemic conditions

عدم انطباق طراحی پارک‌های شهری با شرایط پاندمی Non-conformity of urban parks design with pandemic conditions	فراوانی Frequency	درصد Percentage	امتیاز Score	میانگین امتیازی Average score
اولویت اول First priority	80	35	4	
اولویت دوم Second priority	75	32	3	
اولویت سوم Third priority	32	14	2	2.8
اولویت چهارم Fourth priority	43	19	1	
مجموع/ میانگین Total/ Average	239	100	2.5	

۳-چیدمان نامناسب مبلمان در پارک‌های شهری، با میانگین امتیازی ۲/۶ و انتخاب بیش از ۲۴ درصدی به عنوان اولویت اول در جایگاه سوم اهمیت قرار گرفته است. داده‌های مربوط به این گزینه به صورت فراوانی و درصد به این شرح می‌باشد که از ۲۳۰ نفر حاضر در تحقیق، ۵۷ نفر اولویت اول (۲۴/۷۸ درصد)، ۶۸ نفر اولویت دوم (۲۹/۵۶ درصد)، ۷۰ نفر اولویت سوم (۳۰/۴۳ درصد) و ۳۵ نفر اولویت چهارم (۱۵/۲۱ درصد) را به این گزینه اختصاص داده‌اند (جدول ۵).

جدول ۵- چیدمان نامناسب مبلمان در پارک های شهری

Table 5– The inappropriate layout of furniture in the urban parks

چیدمان نامناسب مبلمان در پارک‌های شهری Inappropriate layout of furniture in urban parks	فراوانی Frequency	درصد Percentage	امتیاز Score	میانگین امتیازی Average score
اولویت اول First priority	57	25	4	
اولویت دوم Second priority	68	30	3	
اولویت سوم Third priority	70	30	2	2.6
اولویت چهارم Fourth priority	35	15	1	
مجموع/ میانگین Total/ Average	230	100	2.5	

۴-مناسب نبودن شکل، جنس و نوع استفاده از مبلمان موجود در پارک‌های شهری از نظر رعایت بهداشت عمومی، با میانگین امتیازی ۲/۳ و انتخاب ۲۰ درصدی به عنوان اولویت اول در جایگاه چهارم اهمیت قرار گرفته است. داده‌های مربوط به این گزینه به صورت فراوانی و درصد به این شرح می‌باشد که از ۲۳۰ نفر حاضر در تحقیق، ۴۶ نفر اولویت اول (۲۰ درصد)، ۴۶ نفر اولویت دوم (۲۰ درصد)، ۶۱ نفر اولویت سوم (۲۶/۵۲ درصد) و ۷۷ نفر اولویت چهارم (۳۳/۴۷ درصد) را به این گزینه اختصاص داده‌اند (جدول ۶).

جدول ۶- مناسب نبودن شکل، جنس و نوع استفاده از مبلمان موجود در پارک‌های شهری از نظر رعایت بهداشت عمومی
Table 6– The inappropriate shape, material and type of the furniture in the urban parks in terms of public health

مناسب نبودن شکل، جنس و نوع استفاده از مبلمان موجود در پارک‌های شهری از نظر رعایت بهداشت عمومی The inappropriate shape, material and type of the furniture in the urban parks in terms of public health	فراوانی Frequency	درصد Percentage	امتیاز Score	میانگین امتیازی Average score
اولویت اول First priority	46	20	4	
اولویت دوم Second priority	46	20	3	
اولویت سوم Third priority	61	27	2	2.3
اولویت چهارم Fourth priority	77	33	1	
مجموع/ میانگین Total/ Average	230	100	2.5	

بررسی داده‌های به دست آمده از پرسشنامه در مورد ظرفیت پارک‌های شهری در ارتباط با افزایش بهداشت عمومی قابل انتظار و پیش‌بینی بوده و مشاهده می‌شود که با میانگین امتیازی ۳/۳ و انتخاب بیش از ۴۰ درصدی گزینه بسیار قابل توجه این اماکن دارای ظرفیت مناسب تشخیص داده شده‌اند که در تحقیقات دیگر نیز تاثیر فضاهای سبز شهری در بهداشت به خصوص بهداشت روانی مورد توجه و تاکید می‌باشد چنانکه وفاداری کمارعلیا و کافی (Vafadari Komarolya and Kafi, 2021) در تحقیقی به نام تاثیر مناظر و فضاهای سبز شهری در بهبود بهداشت روانی به این نتیجه رسیدند که فضاهای سبز شهری تاثیر بسزایی در بهبود بهداشت روانی افراد جامعه دارند یا در تحقیقی دیگر به نام فرار به طبیعت در طی یک بیماری همه گیر: یک آزمایش طبیعی در شهرهای آسیا در طی همه‌گیری کووید۱۹ با داده‌های بزرگ رسانه‌های اجتماعی محققان به این نتیجه رسیدند که به دلیل فواید جسمانی و سلامت عمومی مردم برای مقابله با بیماری همه‌گیر کووید۱۹ در شهرهای آسیایی به طبیعت فرار کرده‌اند (Lu *et al.*, 2021). در تحقیقی به نام ابعاد انسانی زیرساخت آبی و سبز شهری در طول دوره پاندمی: مطالعه موردی (مسکو) روسیه و(پرث) استرالیا محققان به این نتیجه رسیدند که فضاهای سبز و آبی برای حفظ سلامت جسمی و روانی در زمان بحران و در دنیای بعد از بیماری همه گیر دارای نقش اساسی می‌باشند (Dushkova *et al.*, 2021)، همچنین تحقیقی دیگر به نام اهمیت مناطق طبیعی شهری و خدمات اکوسیستم شهری در طی بیماری همه‌گیر کووید۱۹ محققان به این نتیجه رسیدند که منابع طبیعی دارای ارزش زیادی در بحران‌ها بوده و باید منابع مالی کافی را برای حفظ و نگهداری و دسترسی بهتر به این اماکن اختصاص داد(Grima *et al.*, 2020). در یک تحقیق دیگر به نام بحران کووید ۱۹ نیاز فوری به فضای سبز شهری را نشان می‌دهد محققان به این نتیجه رسیدند که فضاهای سبز شهری علاوه بر فواید شناخته شده بهداشتی که برای ساکنان شهر فراهم می‌کند، همه‌گیر شدن کووید۱۹ اهمیت حیاتی فضاهای سبز شهری را به عنوان یک عنصر حیاتی در توسعه پایدار شهری نشان می‌دهد (Kleinschroth and Kowarik, 2020). همچنین در تحقیقی مروری به نام پیوند بین فضای سبز و سلامتی به این نتیجه رسید که در طول تاریخ و فرهنگ‌های مختلف مردم به طبیعت به عنوان یک نیاز بنیادی نگاه می‌کنند و به فضاهای سبز به عنوان یکی از اجزای اصلی محیط ایده آل و سالم دسترسی یافته‌اند. چالشی که ما در جامعه امروز با آن مواجهیم این است که اغلب محیطهایی که برای زندگی روزمره و کار ایجاد می‌کنند خطرات بیشتری را نسبت به مزایا به سلامتی ارائه می‌دهند (Ward Thompson, 2011). بررسی این تحقیقات، همچون نتیجه حاصل از تحقیق حاضر ثابت می‌کند اهمیت پارک‌های شهری در سلامت شهروندان قابل توجه می‌باشد و این فضاها دارای ظرفیت مناسبی در بهبود و حفظ سلامت شهروندان دارند.

بررسی داده‌های به دست آمده در مورد چگونگی ایفای نقش پارک‌های شهری در دوران پاندمی کووید۱۹ نشان دهنده آن است که این اماکن همانطور که قابل پیش‌بینی بوده نتوانستند به خوبی ایفای نقش داشته باشند چنانکه با میانگین امتیازی ۱/۴ و انتخاب ۷۰ درصدی گزینه ضعیف عملکرد نامناسب این اماکن در شرایط پاندمی مشخص می‌گردد که باید علت این عملکرد ضعیف شناخته شود، چنانکه در تحقیقی به نام اشکال شهری و زیر ساخت‌های سبز- پیامدهای بهداشت عمومی در همه‌گیر کووید۱۹ محققان به این نتیجه رسیدند که اشکال محیطهای شهری و به خصوص زیر ساخت‌های سبز به عنوان یک عنصر اصلی سلامت شهروندان را

بهبود می‌بخشد (Hanzl, 2020) یا در تحقیقی دیگر به نام تاثیرات همه‌گیر کووید۱۹ در بازدید از پارک‌های شهری: یک تحلیل جهانی محققان به این نتیجه رسیدند که پارک‌ها می‌توانند در طول بیماری‌های همه‌گیر برای افزایش سلامت جسمی و روانی و رفاه اجتماعی مورد استفاده قرار گیرد (Gheng *et al.*, 2021) و در تحقیقی مشابه به نام تأثیر همه‌گیری کووید۱۹ بر میزان بازید افراد جامعه از پارک‌های شهری مشخص گردید که دفعات مراجعه به پارک‌های شهری در دوران همه‌گیری کرونا کاهش معنی‌داری دارد و همچنین جنبه تفریحی و اجتماعی مراجعه به پارک‌های شهری در این دوره به طور قابل توجهی کاهش یافته است (Vafadari Komarolya *et al.*, 2023)، که نشان از اهمیت تقویت و برطرف نمودن نقاط ضعف این اماکن می‌باشد به همین دلیل چهار علت پیش‌بینی شده در اختیار متخصصین حاضر در تحقیق قرار داده شد که مهم‌ترین دلایل عملکرد ضعیف پارک‌ها شناخته شوند، این دلایل و موانع به ترتیب اهمیت در بخش نتیجه‌گیری آورده شده‌اند، که باید توسط طراحان برطرف شده و دسترسی شهروندان هموار گردد همانظور که در تحقیقی به نام از روانشناسی پایداری تا پایداری فضاهای شهری: ترویج پیشگیری اولیه در طراحی شهر سالم به این نتیجه رسیدند که طراحان نقش تعیین کننده‌ای در برنامه‌ریزی فضاهای شهری برای جلوگیری از رشد بیماری‌ها و کمک به سلامت و رفاه مردم را ایفا می‌کنند (Noel *et al.*, 2021). یا در یک تحقیق دیگر به نام ارتباط طراحی شهری با سلامت انسان محققان به این نتیجه رسیدند که شواهد کافی برای نشان دادن طراحی شهری به عنوان یک ابزار قدرتمند برای بهبود وضعیت بشر وجود دارد. راه حل این است که افراد از مرزهای شخصی و حرفه‌ای خود فراتر روند تا محیط شهری را با توجه به اصول فراگیر اخلاق و طراحی اکولوژیک شکل دهند (Jackson, 2003) نقش طراحان در رفاه و سلامت شهروندان به روشنی بیان شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به موارد مطرح شده در بخش نتایج و منابع کتابخانه‌ای، می‌توان گفت که پارک‌های شهری دارای ظرفیت قابل توجهی برای بهبود و ارتقای سلامت افراد جامعه می‌باشند و باید توجه ویژه‌ایی برای افزایش سرانه فضاهای سبز و مناسب‌سازی این اماکن برای استفاده در شرایط پاندمی صورت پذیرد، چنانکه در بخش نتایج قابل مشاهده است، از نظر متخصصان پارک‌های شهری نتوانستند نقش مهم خود را در دوران پاندمی کووید۱۹ به خوبی ایفا نمایند و این ضعف ناشی از مناسب نبودن این اماکن برای شرایط ویژه دوران پاندمی می‌باشد که باید عوامل موثر بر این ناسازگاری مشخص شده و توسط متخصصان و مسئولین زیر ربط برطرف گردند، بر همین اساس عوامل بازدارنده افراد جامعه از حضور در پارک‌های شهری در شرایط پاندمی نیز مورد بررسی قرار گرفت و در طی این بررسی با مشاهده میانگین امتیازی کسب شده توسط موانع مذکور در پرسشنامه و همچنین میزان انتخاب به عنوان اولویت اول، معلوم گردید که برخی از این موانع به ترتیب اهمیت به شرح زیر می‌باشند:

۱-عدم وجود علایم هشداردهنده بهداشتی در پارک‌های شهری

۲-عدم انطباق طراحی پارک‌های شهری با شرایط پاندمی

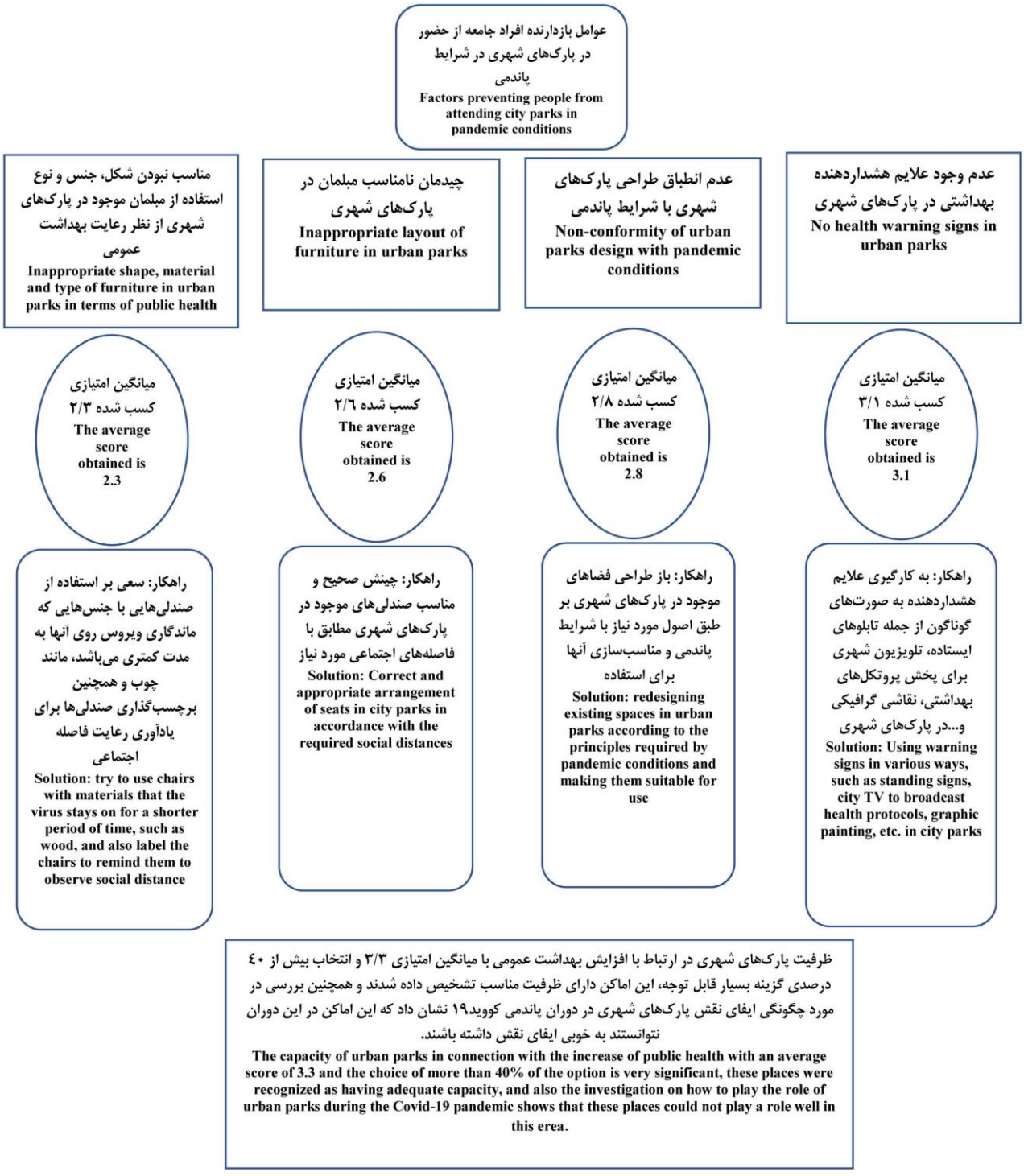
۳-چیدمان نامناسب مبلمان در پارک‌های شهری

۴-مناسب نبودن شکل، جنس و نوع استفاده از مبلمان موجود در پارک‌های شهری از نظر رعایت بهداشت عمومی

بنابراین باید طراحان، برنامه ریزان شهری و متخصصین بهداشت با همکاری و همفکری با هم و با ارائه طراحی‌های مناسب و دارای عملکردهای چندمنظوره، عوامل بازدارنده موجود را تا حد امکان برطرف کرده و از میان بردارند تا مردم بتوانند با دغدغه فکری کمتری در پارک‌های شهری در شرایط پاندمی حضور پیدا نموده و از این طریق تاحدودی از پیامدهای منفی شیوع پاندمی و قرنطینه در امان بمانند تا در نهایت همه این عوامل در کنار هم باعث افزایش سطح بهداشت و سلامت شهروندان و بالا رفتن مقاومت آنها در برابر بیماری‌های واگیردار شوند (شکل ۱).

سپاسگزاری

از خانم Dr. Jessica Ann Diehl به عنوان استاد مشاور در پایان نامه نقش داشتند، تقدیر و تشکر می‌نماییم.



شکل ۱- عوامل بازدارنده مردم از حضور در پارک های شهری در دوران پاندمی کووید۱۹

Figure 1- Preventing people from attending the urban parks during the COVID-19 pandemic

منابع

1. Abraham, A., Sonnerhalder, K., & Ael, T. (2009). Landscape and well-being: A scoping study on the health-promoting impact of outdoor environments, *Public Health* 55: 59-69. https://doi.org/10.1007/s00038-009-0069-z.
2. Dushkova, D., Ignatieva, M., Hughes, M., Konstantinova., Vasenev, V., & Dovletyarova, E. (2021). Human

dimensions of urban blue and green infrastructure during a pandemic. Case study of Moscow (Russia) and Perth (Australia), *Sustainability* 13: 1-24. https://doi.org/10.3390/su13084148.

3. Geary, R., Wheeler, B., Lovell, R., Jepson, R., Hunter, R., & Rodgers, S. (2021). A call to action: Improving urban green spaces to reduce health inequalities exacerbated by COVID-19, *Preventive Medicine* 145: 106425. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2021.106425.
4. Gheng, Y., Zhang, J., Wei, W., & Zhao, B. (2021). Effects of urban parks on residents' expressed happiness before and during the COVID-19 pandemic, *Landscape and Urban Planning* 21: 1-39. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104118.
5. Grima, N., Corcoran, W., Hill-James, C., Langton, B., Sommer, H., & Fisher, B. (2020). The importance of urban natural areas and urban ecosystem serrices during the COVID-19 pandemic, *Plos One* 15: 1-13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243344.
6. Hanzl, M.(2020). Urban forms and green infrastructnre -the implications for public health during the COVID-19 pandemic, Cities & Health. 1-5.https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1791441.
7. Heo, S., Desai, M., Lowe, S., & Bell, M. (2021). Impact of changed use of greenspace during COVID-19 Pandemic on Depression and Anxiety, *International Journal Environment Reserch Public Health* 18: 5842. https://doi.org/10.3390/ijerph18115842.
8. Herman, K., & Drozda, L. (2021). Green infrastructure in the time of social distancing: urban policy and the tactical pandemic urbanism, *Sustainability* 13: 1-21.https://doi.org/10.3390/su13041632.
9. Huerta, C., & Cafagna, G. (2021). Snapshot of the Use of Urban Green Spaces in Mexico City during the COVID-19 Pandemic: A Qualitative Study, *Environmental Research and Public Health* 18: 1-23. https://doi.org/10.3390/ijerph18084304.
10. Huerta, C., & Utomo, A. (2021). Evaluating the association between urban green spaces and subjective well-being in Mexico city during the COVID-19 pandemic, *Health & Place* 70: 102606. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102606.
11. Jackson, L.(2003). The relationship of urban design to human health & condition, *Landscape & Urban Planning* 64: 191-200. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00230-X.
12. Khozaei, F., Kim, M., Nematipour, N., & Ali, A. (2021). The impact of perceived risk and disease prevention efficiency on outdoor activities and avoidance behaviors in the urban parks during COVID 19 pandemic, *Facilities Management 19*(5). https://doi.org/10.1108/JFM-09-2020-0065.
13. Kleinschroth, F., & Kowarik, I. (2020). COVID-19 crisis demonstrates the urgent need for urban greenspaces, *Drontiers in Ecologs and the Environment* 18: 318-319. https://doi.org/10.1002/fee.2230.
14. Lehberger, M., & Kleih, A.K. (2021). Self-reported well-being and the importance of green spaces– A comparison of garden owners and non-garden owners in times of COVID-19, *Landscape and Urban Planning* 1-30. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104108.
15. Leporelli, E., & Santi, G. (2019). From psychology of sustainability to sustainability of urban spaces: promoting a primary prevention approach for well-being in the healthy city designing. A water front case study in Livorno, *Sustainability* 11: 1-18. https://doi.org/10.3390/su11030760.
16. Lohmus, M., Stenfors, C., Lind, T., Lauber, A., & Georgelis, A. (2021). Mental Health Greenness and Nature Related Behaviors in the Adult Population of Stockholm County during, *Environmental Research and Public Health* 18: 1-21. https://doi.org/10.3390/ijerph18063303.
17. Lu, Y., Zhao, J., Wu, X., & Lo, S. (2021). Escaping to nature during a pandemic: a natural experiment in Asian cities during the COVID-19 pandemic with big social media data, *Science of the Total Environment* 21: 1-34. https://www.sciencedirect.com/science/journal/00489697.
18. Mccunn, L. (2020). The importance of nature to city living during the COVID-19 pandemic: Considerations and gols from environmental psychology, *Cities Health* 1-4. https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1795385.
19. Noel, Ch., Rodriguez-Loureiro, L., Vanroelen, Ch., & Gadeyne, S. (2021). Perceived health impact and usage of public green spaces in Brussels' Metropolitan area during the COVID-19 Epidemic, *Frontiers in Sustainable Cities* 3: 668443. http://doi.org/10.3389/frsc.2021.668443.
20. Parto, S., Izadi, M S., Karimimoshaver, M., & Zaboli, R. (2019). Urban open spaces supporting physical activity and promoting citizen's health: A systematic review. *Iran Journal Health Education Health Promot 7*(2): 126-142. http://doi.org/10.30699/ijhehp.7.2.126.
21. Pouso, S., Borja, A., Fleming, L., Gomez-Baggethun, E., White, M., & Uyarra, M. (2020). Contact with blue-green spaces during the COVIDE-19 pandemic lockdown beneficial for mental health, *Science of the Total Environment* 1-12. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143984.
22. Robinson, J., Brindley, P., Cameron, R., Maccarthy, D., & Jorgensen, E. (2021). Nature's role in supporting health during the COVID-19 Pandemic: A geospatial and socioecological study, *Environmental Research and Public Health* 18: 1-20. https://doi.org/10.3390%2Fijerph18052227.
23. Vafadari Komarolya, D., poudineh gazaaghi, P., & kafi, M. (2023). The effect of the epidemic of Covid-19 on the amount of visits by people to urban parks. *Passive Defense Quarterly 13*(4): 77-83.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086849.1401.13.4.7.6.
24. Vafadari Komarolya, D., & Kafi, M. (2021). Investigating the role of urban landscapes and green spaces in improving mental health, *Iranian Urbanism* *4*(7): 251-259. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.27170918.1400.4.7.6.5.
25. Ward Thompson, C.(2011), Linking landscape & health: The recurring theme (Review), *Landscape & Urban Planning* 99: 187-195. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.10.006.
26. Zhang, L., Yok Tan, P., & Diehl, J. (2017). A conceptual framework for studing urban green spaces effects on health, *Urban Ecology* 3: 1-13. https://doi.org/10.1093/jue/jux015

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 245-259

Effect of Spirulina and Brown Algae and Lead Levels on some Morphophysiological Characteristics of Ornamental Cabbage

A. Hooshmand[1], M. Aelaei[2*], M. Arghavani[3], F. Salehi[4]

Received: 05-04-2022
Revised: 11-06-2022
Accepted: 14-06-2022
Available Online: 18-06-2022

How to cite this article:
Hooshmand, A, Aelaei, M., Arghavani, M., & Salehi, F. (2023). Effect of spirulina and brown algae and lead levels on some morphophysiological characteristics of ornamental cabbage. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 245-259. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.75809.1158

Introdaction

Heavy metals are one of the most important environmental contaminants, particularly in soil and water sources. Mining and metal mining activities are major factors in soil contamination and generally surface soil around mines contain high amounts of these metals. Lead (Pb) is one of the heavy metals and important pollutant in arid ecosystem. The use of plants to remove contaminated soil or phytoremediation is an economical method. Today, due to increasing the pollution of soil sources and resultant problems, identification of the resistant plant species against soil pollution is essential. Using lead-contaminated soils requires their decontamination and improvement. There are different methods to remove these pollutions, one of them is the use of phytoremediation to remove pollutants from water and soil or to reduce them. Among the plants that as an ornamental plant can have a covering role in the green space and also perform the work of phytoremediation is the ornamental cabbage plants (*Brassica oleracea L.*). In this regard, this study was conducted with the aim of investigating the effect of lead heavy metals and the use of brown algae (*Polycladia indica*) and spirulina (*Arthrospira platensis*) as biofertilizers on ornamental cabbage plants in the direction of plant treatment. In addition, due to the presence of polysaccharide compounds such as carrageenan and alginate in the cell wall, algae (seaweeds) have a higher ability to absorb many heavy metals.

Materials and Methods

The experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design in 2020 at the research greenhouse of Zanjan University. The studied factors including lead from lead nitrate source $Pb(No_3)_2$ with three concentrations (0, 25 and 50 mg/kg) were applied to the potting soil in four replications in two stages with an interval of two weeks. The second factor was included no algae, brown algae (*Polycladia indica*) and spirulina (*Arthrospira platensis*), which occurred in four replications. The measured traits included morphological traits: number of leaves, leaf surface index. Wet and dry root weight, and physiological traits included total chlorophyll content, total leaf antioxidant, peroxidase enzyme, glycine betaine, malondialdehyde, and leaf lead and phosphorus content. Data analysis was performed using SAS software and means were compared by LSD method.

Results

The results of the variance analysis showed that different levels of lead and the application of algae had a significant effect on the number of leaves per plant, leaf area index, weight, and drying of roots, total chlorophyll, and antioxidants. Moreover, the interaction effect was significant for leaf area, root fresh and dry weight, antioxidants, and leaf lead content. The simple effect of lead at $p\leq0.01$ significantly affected glycine betaine, malondialdehyde, and leaf phosphorus. When comparing the average mutual effects of lead and algae application, it was found that the treatment with no use of lead and spirulina algae resulted in the highest weight

1, 2, 3 and 4- M.Sc, Associate Professors and Ph.D. in Breeding and Biotechnology of Horticulture Plant, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: maelaei@znu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.75809.1158

and dry weight of the root, with an average of 11.19 and 3.625 grams, respectively. Additionally, despite the decrease in dry weight of the root due to increased lead concentration, using algae, especially for ornamental cabbage (*Brassica oleracea* L.), increased the dry weight of the root. The presence of natural plant hormones, organic substances, carbohydrates, fiber and amino acids in algae accelerates rooting, reduces stress caused by heavy metals and absorbs more water due to the presence of o developed root system. Also according to the results of comparing the amount of leaf lead with increasing lead, algae as an auxiliary factor can reduce the amount of uptake in the plant. Leaf phosphorus was also significant due to the simple effect of lead and algae. The highest amount of phosphorus with an average of 0.56% was observed in *spirulina* and the lowest with 0.48% was observed in control.

Conclusion

In general, due to the toxicity of lead metal even in low concentrations, sufficient attention should be paid to the sources of this pollutant entering the environment. In this study, the effective parameters on the uptake of heavy metal lead from the soil by spirulina and brown algae were investigated. The findings of this study indicate that the ornamental cabbage plant is capable of sustaining its growth in the presence of lead and has a high resistance to this heavy metal while simultaneously absorbing it from the soil. Furthermore, the addition of algae as an auxiliary factor can improve the growth of ornamental cabbage under adverse conditions. Therefore, it is recommended that this plant be further examined for its potential to absorb other heavy metals.

Keywords: Bio-fertilizer, Heavy metals, Malondialdehyde, Phosphorus, Phytoremediation

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۵۹-۲۴۵

اثر جلبک‌های اسپیرولینا و قهوه‌ای و سطوح سرب بر برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه کلم زینتی

افسانه هوشمند[۱]- میترا اعلائی[۲*]- مسعود ارغوانی[۳]- فهیمه صالحی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴

چکیده

سرب یکی از فلزات سنگین و آلاینده‌های مهم زیست بوم شناخته شده است. استفاده از گیاهان جهت رفع آلودگی خاک یا گیاه‌پالایی، روشی مقرون به صرفه می‌باشد. امروزه با توجه به افزایش آلودگی منابع خاک و مشکلات ناشی از آن، شناسایی گیاهان مفید در این زمینه ضروری به‌نظری می‌رسد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر فلز سنگین سرب و کاربرد جلبک قهوه‌ای و اسپیرولینا بر کلم زینتی رقم 'پیچ‌دار' (*Brassica oleracea* L.) و بررسی گیاه‌پالایی در این گیاه انجام گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی و پژوهشی دانشگاه زنجان انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سرب از منبع نیترات سرب با سه غلظت (صفر، ۲۵و۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در چهار تکرار و در دو مرحله با فاصله زمانی دو هفته به خاک گلدان‌ها اعمال شد. فاکتور دوم شامل عدم وجود جلبک (شاهد)، جلبک قهوه‌ای (*Polycladia indica*) و جلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) در چهار تکرار بود. صفات مورفوفیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده نیز شامل تعداد برگ‌های هر بوته، شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، کلروفیل کل، آنتی‌اکسیدان کل، آنزیم پراکسیداز، گلایسین بتائین، مالون دی آلدهید، سرب برگ و فسفر برگ بود. نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنادار سطوح مختلف سرب و اثر جلبک‌ها بر صفات تعداد برگ‌های هر بوته، شاخص سطح برگ و وزن‌تر و خشک ریشه، کلروفیل کل و آنتی اکسیدان کل بود. علاوه بر این اثرات متقابل برای صفات شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، آنتی‌اکسیدان کل و میزان سرب برگ معنی‌دار گردید. مقادیر گلایسین بتائین، مالون دی آلدهید و فسفر برگ در اثر اصلی سرب در سطح یک درصد معنی‌دار شد. طبق نتایج مقایسه میانگین میزان سرب برگ با افزایش غلظت سرب بیشتر شده است که البته جلبک‌ها به عنوان یک عامل کمکی می‌توانند میزان جذب سرب موجود در گیاه را کاهش دهند. میزان فسفر برگ نیز تحت تاثیر اثر اصلی سرب و جلبک معنی‌دار شد و بیشترین میزان فسفر با میانگین درصد ۰/۵۶ درصد در جلبک اسپیرولینا و کمترین ۰/۴۸ درصد در شاهد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: فسفر، فلزات سنگین، کود زیستی، گیاه‌پالایی، مالون دی آلدهید

مقدمه

امروزه یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها در جهان، تجمع و سمیت فلزهای سنگین در محیط زیست و زنجیره غذایی است (Nriagu *et al.*,1988). این فلزات از طریق دخالت در واکنش‌های بیولوژیک سلول‌های موجودات زنده باعث اختلال در فعالیت‌های متابولیکی می‌شوند (Cheremisinoff, 2002). فلزات سنگین به عناصری با وزن اتمی بالا و وزنی بزرگتر از پنج گرم بر سانتی‌متر مکعب گفته می‌شود که در درجه حرارت اتاق خاصیت فلزی دارند. این فلزات در جدول تناوبی به گروه ۳ تا ۱۷ در تناوب ۴ و بعد از آن اطلاق می‌شود (Bhattacharya *et al.*, 2016). از دیر باز در میان این فلزات، فلز

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب کارشناسی ارشد، دانشیاران و دکترای اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهان باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: maelaei@znu.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2022.75809.1158

سرب به عنوان یکی از مهم‌ترین آن‌ها و به عنوان یکی از آلاینده‌های محیطی به‌شمار می‌رود. این فلز بـه راحتـی از راه هـوا و ریشـه گیـاه جذب می‌شود و سمیت آن پس از کادمیم بیشتر از سایر فلزات سنگین می‌باشد (Mir Ahmadi *et al.*, 2007). تحقیقات انجام شـده نشـان می‌دهد که فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی کارخانه سـرب و روی در استان زنجان یکی از مهم‌ترین منابع آلـودگی آب و خـاک مـی‌باشـند (Golchin *et al.*, 2005). روش‌های فیزیکـی و شـیمیایی متفـاوتی برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به کار برده شده اسـت که اغلب آن‌ها افزون بر هزینه زیاد، موجب تخریب ساختار فیزیکـی و شیمیایی و فعالیت‌های حیاتی خاک شده و استفاده از آن‌ها در اراضـی کشاورزی، تولید محصول را کاهش می‌دهنـد (Zarei *et al.*, 2011). به تازگی پالایش این فلزها توسط گیاهان مورد توجه واقع شده اسـت (Tu *et al.*, 2002). گیاه‌پالایی مجموعه‌ای از فناوری‌هایی است کـه از گیاهان به منظور کاهش، تجمع و حذف سـموم محیطـی از جملـه فلزات سنگین استفاده می‌شود (Ghosh and Singh, 2005). تصفیه بیولوژیکی یکی از روش‌های استاندارد و قابل قبول در سـطح جهـانی می‌باشد که در جهت کـاربرد مجـدد و بازیافـت پسـاب‌هـای صـنعتی استفاده می‌گردد (Ismaili *et al.*,2008). جلبک‌ها به عنوان یک کود بیولوژیکی می‌توانند به منظـور افـزایش عملکـرد و بهـره بـرداری در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند (Prakash *et al.*, 2014). عـلاوه بر آن به دلیل وجود ترکیبات پلی‌ساکاریدی مانند کاراگینان و آلژینـات در دیواره سلولی جلبک‌های دریـایی، در مقایسـه بـا سـایر موجـودات توانـایی بـالاتری در جـذب بسـیاری از فلـزات دارنـد (Jafari and Ahmadi, 2013). اخیراً جلبک‌ها به ویژه جلبـک قهـوه‌ای بـه علـت داشتن فوکوئیدان‌هـا، توانـایی بـالایی در تصـفیه فاضـلاب‌هـا دارنـد (Holan *et al.*, 1993). یکـی دیگـر از جلبـک‌هـای قابـل اسـتفاده، جلبک اسپیرولینا است که یک جلبک سبز آبی در آب و هوای گـرم و دریاچه‌های آتشفشانی قلیایی می‌باشد و توانایی رشد در خاک‌های غیر قابل استفاده و غیر قابـل کشـت را دارد (Aly and Esawy, 2008). آل حمیـدان و همکـاران (Al-Homaidan *et al.*, 2015) گـزارش کردند که جلبک اسپیرولینا توانسته میزان بالایی از فلزات کادمیم را تا ۸۷ درصد از محیط آبی حذف کند. پـژوهش‌هـا نشـان مـی‌دهـد کـه خانواده کلم‌ها[1] جزء مهم‌ترین گیاهان برای زیباسازی فضای شهری و برداشت و حذف فلزات سنگین می‌باشـند (Delorme *et al.*, 2001 ; Ramos *et al.*, 2002). از جمله کلم زینتی با نام علمـی *Brassica oleraceae* مـی‌توانـد در گیـاه‌پـالایی کـاربرد مـؤثری داشـته باشـد (Altagic and Secerov, 2005). از جمله عناصـر سـنگین و سـمی که برخی از گیاهان این خانواده قادر به تحمل غلظت‌های بالای آن‌ها هستند می‌تـوان کـادمیم، نیکـل، سـلنیوم، سـرب و روی را نـام بـرد (Przedpelska *et al.*, 2007 ; Ghaderian *et al.*, 2007 ; Warwick, 2011). عبـداللهی و گلچـین (Abdollahi and Golchin, 2018) توانایی جذب و انتقال سرب در سه رقم کلم شامل کلم برگ، کلم بروکلی و کلم زینتی را بررسی نمودند و بیان کردند که با توجه به حداقل کاهش عملکرد و سطح برگ کلـم زینتـی در تیمـار ۴۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد مـی‌تـوان به این نتیجه رسید که کلم زینتی در مقایسه با دو رقم دیگر مقاومـت بیشـتری بـه غلظـت‌هـای بـالای سـرب دارد (Abdollahi and Golchin, 2018).

از آن‌جا که پژوهش‌های صورت گرفته روی گونـه‌هـای مختلـف گیاهان در مقابل آلایندگی عناصر سنگین واکنش‌های متفاوتی دارنـد و با آن که پژوهش‌هـایی در زمینـه کـارایی کلـم زینتـی و همچنـین جلبک سبز اسپیرولینا به منظور حذف آلـودگی فلـزات سـنگین انجـام گرفته است، اما تـاکنون پژوهشـی در راسـتای تـأثیر متقابـل جلبـک اسپیرولینا و جلبک قهوه‌ای در خاک‌های ایران صورت نگرفته است. از این رو این تحقیق با هدف بررسی توانایی جلبک اسپیرولینا و جلبـک قهوه‌ای به منظور زیست فراهمی فلز سرب در یک خاک آلوده توسـط گیاه کلم زینتی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور مطالعه تأثیر جلبک‌ها بـر صـفات رویشـی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی کلم زینتی رقم پیچ‌دار[2] تحت تیمار سـرب از منبع نیترات سرب[3] به صـورت آزمـایش فاکتوریـل در قالـب طـرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه علـوم باغبـانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. فاکتور اول شـامل سـه غلظت سرب (صفر، ۲۵ و۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و فاکتور دوم شامل سه سطح از جلبک (عـدم وجـود جلبـک، جلبـک قهـوه‌ای[4] وجلبـک اسپیرولینا[5]) بود. از ترکیب خاک، کوکوپیت، پرلیت به نسبت یکسان به منظور کشت بذر در سینی‌های کشت استفاده شد. آبیاری سـینی‌هـای کشت روزی یک بار در شرایط محیطی تهویه مناسب، دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و بیشترین شرایط آفتابی برای نشاها صورت گرفت. پس از ظهور برگ‌های سوم و چهارم، دانهال‌ها در خاک باغچه، خاک برگ و کود دامی (به نسبت‌های مساوی) مستقر شدند و به مدت یـک هفتـه در شرایط گلخانه آبیاری شده تا با محیط گلخانه تطابق یابـد. قبـل از اعمال تیمار، خاک گلدان تجزیه و آنـالیز شـد (جـدول ۱). بـه منظـور اعمال تیمار در این مرحله بـا اسـتفاده از نیتـرات سـرب و آب مقطـر

1- Brassicaceae

2- kamom

3- $Pb(NO_3)_2$

4- *Polycladia indica*

5- *Arthrospira platensis*

محلول‌های یک لیتری با غلظت‌های صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از سرب تهیه گردید. آلوده‌سازی خاک به طور مصنوعی از طریق اسپری کردن با استفاده از این محلول‌های ساخته شده، انجام شد. همچنین برای یکسان‌سازی میزان نیترات در غلظت‌های مختلف سرب، از محلول ساخته شده از نمک نیترات پتاسیم استفاده شد که بعد از آلوده‌سازی به خاک اضافه شد. لازم به ذکر است با توجه به این که نمک به کار برده شده برای ایجاد آلودگی دارای بنیان نیترات بود، جهت ایجاد دقیق غلظت‌های مورد نیاز از سرب، محاسبات لازم انجام شد و میزان نیترات سرب استفاده شده به گونه‌ای بود که غلظت خالصی از سرب در هر سطح افزوده شود (Garazhin *et al.*, 2020 ; Kolahkaj *et al.*, 2017). با گذشت سه هفته از رشد کلم زینتی و اعمال تیمار سربی، تیمار دوم که شامل استفاده از جلبک می‌باشد به خاک گلدان‌ها اضافه شد. برای تهیه عصاره جلبکی ۵۰۰ گرم از پودر جلبک با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه جوشانده شد و در نهایت بعد از جوشاندن، حجم عصاره نهایی به میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از عبور از صافی عصاره حاصل به عنوان ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد (Sivasankari *et al.*, 2006). آبیاری در هر نوبت با دقت و به منظور عدم آبشویی سرب در حد ظرفیت مزرعه‌ای صورت گرفت. در واقع ابتدا ظرفیت مزرعه‌ای خاک گلدان اندازه‌گیری شد (Alizadeh, 2008) و سپس براساس این میزان، آبیاری انجام گردید. و بعد از سه هفته، ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه شامل تعداد برگ‌های هربوته، شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، کلروفیل کل، آنتی‌اکسیدان کل، آنزیم پروکسیداز، گلایسین بتائین، مالون دی آلدهید، سرب برگ و فسفر برگ مورد بررسی قرار گرفت. پس از اعمال تیمارها، تعداد برگ‌های هر بوته شمارش شد. در راستای اندازه‌گیری سطح برگ در ابتدا چند برگ از قسمت‌های مختلف گیاه انتخاب و جداسازی شد. سپس با استفاده از اسکنر برگ‌ها را اسکن نموده و به کمک نرم‌افزار Digimizer سطح برگ محاسبه و میانگین‌گیری شد. برای تعیین وزن تازه و خشک ریشه‌ها، بعد از جدا کردن اندام هوایی، ریشه‌های هر بوته را به طور مجزا کامل شسته و وزن تر هر ریشه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم خوانده شد. سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها به کمک ترازو خوانده شد (Arghavani, 2009). میزان فسفر در برگ به روش کالریمتری با دستگاه کالریمتری مدل (C 2000 Basic Version) ساخت آلمان و میزان سرب در برگ به روش مولر (Gupta, 2009) با دستگاه Digesdal (Hach co., USA) اندازه گیری شد. در نهایت، غلظت سرب نمونه‌های گیاهی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu., JP(AA-670) خوانده شد (Pitchel and Bradway, 2008).

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Result of soil analysis before experiment start

پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	pH	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	نیتروژن N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	رس Clay (%)	سیلیت Silit (%)	شن Sand (%)
10	12.7	7.2	1.02	0.18	1.6	20	14	40

میزان کلروفیل کل

اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل با استفاده از استون ۸۰ درصد و با روش آرنون (Arnon, 1949) صورت گرفت. در این روش مقدار ۰/۱ گرم بافت گیاهی را همراه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سابیده و بعد از سانتریفیوژ به کمک دستگاه اسپکتروفومتر (JENWAY مدل UV-6505) در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل کل محاسبه شد.

رابطه (۱)

Total chlorophyll= [(20.2 × A645) – (8.02 × A633)] × V / 1000 × W

A: جذب در طول موج مورد نظر

W: وزن بافت تازه

V: حجم نهایی عصاره کلروفیل در استون ۸۰ درصد

میزان آنتی‌اکسیدان کل

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از طریق درصد مهار رایکال‌های آزاد DPPH اندازه‌گیری و به صورت درصد بازدارندگی (DPPHsc %) بیان شد (۱۶). در این روش ۳/۹ میلی‌گرم از استوک (DPPH) را به همراه ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره حل و سپس بعد از ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد.

رابطه (۲)

$$RSC\% = \frac{(Ac - As)}{Ac} \times 100$$

As: جذب نمونه

Ac: جذب شاهد

RSC: ظرفیت مهارکنندگی رادیکال یا فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنزیم پراکسیداز

جهت اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز یک گرم از نمونه گیاهی را به

کمک نیتروژن مایع به همراه ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج فسفات پتاسیم (pH=7) با غلظت ۲۰۰ میلی‌مول در لیتر در هاون سابیده و عصاره حاصله، به مدت ۳۰ دقیقه با دور ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ می‌گردد. از پیش ماده گایاکول برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز استفاده شد. در این روش ۱۳۰ میکرولیتر بافر استخراج، ۲۸۰ میکرولیتر گایاکول ۴۵ میلی‌مولار، ۲۸۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۰/۲۲۵ و ۱۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی در کوت ریخته شد و کوت درون اسپکتروفتومتر قرار داده شد و منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر هر ۱۰ ثانیه یک بار به مدت ۱۸۰ ثانیه به روش طیف سنجی نوری (اسپکتروفتومتری JENWAY مدل UV-6505) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) خوانده شد (Dhindas *et al.*, 1981).

میزان گلایسین بتائین

جهت اندازه‌گیری گلایسین بتائین، ۰/۵ گرم از برگ خشک شده با ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت مکانیکی روی شیکر تکان داده شد. با اسید سولفوریک ۲ نرمال به نسبت ۱:۱ رقیق شده سپس به مدت ۶۰ دقیقه در حمام یخ سرد شد. مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر یدید پتاسیم- ید (KI-I2) سرد به محلول‌ها اضافه و محلول به آرامی ورتکس شد. سپس نمونه‌ها در دمای صفر الی ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. نمونه‌ها با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. پس از جداسازی روشناور کریستال‌ها در ۹ میلی‌لیتر دی کلرواتان حل شدند. بعد از ۲/۵ ساعت در دمای اتاق توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۶۵ نانومتر قرائت انجام شد و سپس بر حسب میکرومول بر گرم وزن خشک بیان گردید (Geieve and Grattan, 1983).

میزان مالون دی آلدئید

مالون دی‌آلدئید (MDA) به روش (Hanna *et al.*, 2007) انجام شد. طبق این روش ۰/۲ گرم از بافت برگ فریز شده، با ۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد سائیده شد. عصاره حاصل با سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. به یک میلی لیتر از محلول روشناور حاصل از سانتریفیوژ ۴ میلی لیتر محلول تری کلرو استیک اسید (TCA) ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد در حمام آب گرم حرارت داده شده سپس بلافاصله در یخ سرد شد و دوباره مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از این پژوهش به کمک روش تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.4 انجام شد و جهت مقایسه میانگین‌ها، آزمون چنددامنه‌ای دانکن با نرم‌افزار MSTAT- C در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت .رسم نمودار به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ‌های هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده سرب و جلبک بر صفت تعداد برگ‌های هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنادار شد ولی اثر متقابل این دو معنادار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای اثر ساده مصرف سرب نشان داد که بیشترین میزان برای تعداد برگ‌های هر بوته با میانگین۹۴/۸۳ مربوط به تیمار عدم مصرف سرب بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۶۸/۰۸ مربوط به کاربرد ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها مربوط به اثر ساده مصرف جلبک نشان داد که بیشترین تعداد برگ هر بوته با میانگین۸۷/۵۰ مربوط به کاربرد جلبک اسپیرولینا و کمترین میزان این صفت نیز با میانگین۷۸/۲۵ مربوط به تیمار عدم کاربرد جلبک (شاهد) شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که با به کار بردن غلظت بیشتر سرب در محیط رشدی کلم زینتی تعداد برگ‌های آن کاهش یافته و این خود یکی از پاسخ‌های دفاعی گیاه در برابر این تنش می‌باشد در صورتی که وجود جلبک اسپیرولینا باعث بهبود این روند دفاعی گشته و تعداد برگ افزایش می‌یابد. در تحقیقی مالا و همکاران (Malea *et al.*, 2005) با مطالعه اثرات روی مرگ و میر سلول‌های برگ به این نتیجه رسیدند که فلز روی در غلظت‌های بالا موجب نکروز سلول‌های اپیدرمی و مزوفیلی برگ و مهار رشد سطحی برگ‌ها در این گیاه شده است. به نظر می‌رسد که فلزات سنگین به روش‌های متعدد مانع رشد گیاهان می‌شوند. از طرفی فلزات سنگین با کاهش توژسانس سلول موجبات کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلول را فراهم می‌آورند و از طرف دیگر، با تجمع در دیواره سلولی و ورود به سیتوپلاسم و ایجاد اختلال در متابولیسم طبیعی سلول منجر به کاهش تعداد برگ و در نهایت کاهش رشد می‌گردند (Jing *et al.*, 2005). در صورتی که براساس نتایج پژوهش حاضر، وجود جلبک باعث افزایش جذب مواد غذایی از خاک شده و عملکرد گیاه کلم زینتی را بالا برده است.

شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس سطح برگ گیاه کلم زینتی مشخص کرد که اثرهای ساده و متقابل کاربرد تیمار سرب و جلبک

بر عملکرد این صفت در سطح آماری یک و پنج درصد معنادار بودند (جدول ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سطح برگ نشان داد که بیشترین میزان با میانگین ۴۵/۵ سانتی‌متر مربع در هر بوته مربوط به عدم حضور سرب و جلبک اسپیرولینا بود و کمترین میزان با میانگین۲۴/۱ سانتی‌متر مربع در هر بوته مربوط به کاربرد تیمار ۵۰ درصد سرب و عدم تلقیح با جلبک بود (شکل ۱). با بررسی‌های انجام شده مشاهده شد که میزان سطح برگ با افزایش میزان غلظت سرب کاهش یافت و از آن‌جایی که تنش سرب رشد گیاه و فتوسنتز را کاهش می‌دهد، با تأثیر بر سطح برگ، موجب کاهش فتوسنتز نیز می‌شود. شارما و دوبی (Sharma and Dubey, 2005) کاهش سطح برگ در محیط حاوی فلزات سنگین را از پاسخ‌های عمومی گیاهان به محیط حاوی فلزات سنگین عنوان کردند. در مطالعات صورت گرفته توسط ازونیدو (Ouzounidou, 2004) پیشنهاد شد که ممانعت فلزات سنگین روی سطح برگ می‌تواند عمدتاً به علت تقسیم غیر معمول سلول باشد و علاوه بر آن ممکن است به ممانعت فلزات از فرآیندهای فتوسنتز و تنفس در بخش هوایی و سنتز پروتئین در ریشه بستگی داشته باشد و یا به علت کاهش تقسیم سلولی و رشد آن باشد (Ouzounidou, 2004). ساختمان جلبک دارای مقدار زیادی فیبر است که نقش بسزایی در بهبود خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی گیاه داشته. علت افزایش سطح برگ در حضور جلبک می‌تواند وجود هورمون سیتوکنین باشد که با نظر نیلسون و همکاران (Nelson *et al.*, 1984) مطابقت داشت. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2019) با مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند که بیشترین اثر افزایشی سطح برگ گیاه کنجد در غلظت ۲۰ درصد عصاره جلبک سبز بوده است. سطح برگ تحت تأثیر عصاره جلبکی در غلظت ۱۰ و ۱۵ درصد به‌طور معناداری کاهش یافته است. سطح برگ گیاهان به عنوان یک عامل اساسی در فرآیندهای مهم رشد و نمو گیاه به تنش‌های محیطی پاسخ می‌دهند. همچنین سرب باعث ایجاد تنش آب شده و از این طریق باعث کاهش سطح برگ، فتوسنتز، وزن خشک گیاه و ارتفاع گیاه و تعداد برگ می‌گردد (Azmat *et al.*, 2009). شهبازی و همکاران (Shabazi *et al.*, 2015) بیان کردند در گیاه گندم هم میزان سطح برگ با اعمال کود مایع جلبکی (*Ulva fasciata* L.) در غلظت ۲/۵ درصد نسبت به گیاهان شاهد رشد چشم‌گیری داشته است.

وزن‌تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک ریشه گیاه کلم زینتی نشان داد که اثر ساده و متقابل سرب و جلبک بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با میانگین ۱۱/۱۹ و ۳/۶۲۵ گرم مربوط به تیمار عدم مصرف سرب و جلبک اسپیرولینا بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۴/۰۷۷ و ۱/۴۹ گرم مربوط به تیمار کاربرد ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب و عدم تلقیح با جلبک به‌دست آمد (شکل ۲). طبق نتایج مشخص شد که، افزایش غلظت سرب موجب کاهش وزن خشک ریشه شده این در حالی است که با به کار بردن جلبک به خصوص (جلبک اسپیرولینا) وزن خشک ریشه افزایش یافت. وجود هورمون‌های طبیعی گیاهی، مواد آلی، کربوهیدرات‌ها، فیبر و اسیدهای آمینه در جلبک موجب تسریع ریشه‌زایی، کاهش استرس ناشی از فلزات سنگین و جذب بیشتر آب به دلیل وجود سیستم توسعه یافته ریشه می‌گردد.

جدول ۲- اثر تنش سرب و جلبک بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی کلم زینتی

Table 2- The effect of lead and algae stress on some morphophysiological traits of ornamental cabbage

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		تعداد برگ هر بوته Number of leaves per plant	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن تر ریشه Root wet weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	کلروفیل کل Total chlorophyll
سرب Lead	2	2206.75**	516.65**	58.89**	5.38**	0.23**
جلبک Algae	2	257.25**	73.67**	9.86**	0.69**	0.04**
سرب×جلبک Lead × Algae	4	30.87^{ns}	19.55*	3.20**	0.27**	0.002^{ns}
خطا Error	27	27.45	6.29	0.62	0.05	0.002
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6.33	7.13	11.73	9.84	11.9

ns،** و * به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

ادامه جدول ۲- اثر تنش سرب و جلبک بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی کلم زینتی

Continued Table 2- The effect of lead and algae stress on some morphophysiological traits of ornamental cabbage.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares					
		آنتی‌اکسیدان Antioxidants	آنزیم پروکسیداز Peroxidase	گلایسین بتائین Glycine betaine	مالون دی آلدهید MDA	سرب برگ Leaf Lead	فسفر برگ Leaf Phosphorus
سرب Lead	2	1.84**	0.04**	0.008**	0.08**	1757.30**	0.08*
جلبک Algae	2	0.13**	0.002*	0.0003*	0.02**	153.33**	0.02**
سرب×جلبک Lead × Algae	4	0.02**	0.002^{ns}	0.00003^{ns}	0.002^{ns}	6.35**	0.0022^{ns}
خطا Error	27	0.004	0.0004	0.00008	0.003	1.75	0.0019
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6.42	10.99	14.81	17.12	7.34	8.17

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

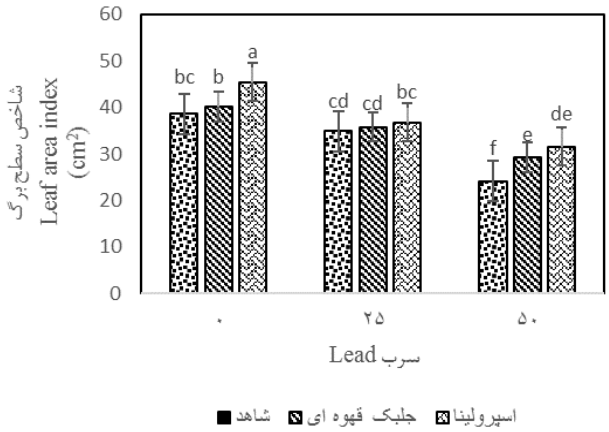
جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف سرب و جلبک بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی کلم زینتی

Table 3- The effect of different concentrations of lead and algae on some morphophysiological traits of ornamental cabbage

تیمارها Treatments	تعداد برگ‌های هر بوته Number of leaves per plant (m^2)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g^{-1} FW)	فسفر برگ Leaf Phosphorus (%)	پراکسیداز Peroxidase (µmol.g^{-1}FW)	گلایسین بتائین Glycine betaine (mg.g^{-1} FW)	مالون دی آلدهید MDA (mg.g^{-1} FW)
سرب (شاهد) Lead (control)	94.83^{a}	0.69^{a}	0.61^{a}	0.14^{c}	0.03^{c}	0.28^{c}
سرب ۲۵ Lead 25	85.33^{b}	0.55^{b}	0.53^{b}	0.19^{b}	0.07^{b}	0.38^{b}
سرب ۵۰ Lead 50	68.08^{c}	0.41^{c}	0.45^{c}	0.26^{a}	0.08^{a}	0.45^{a}
جلبک (شاهد) Algae (control)	78.25^{b}	0.36^{b}	0.48^{b}	0.21^{a}	0.067^{a}	0.41^{a}
جلبک قهوه‌ای Brown algae	82.50^{b}	0.41^{a}	0.55^{a}	0.20^{ab}	0.060^{ab}	0.36^{b}
جلبک اسپیرولینا Spirulina algae	87.50^{a}	0.53^{a}	0.56^{a}	0.18^{b}	0.050^{b}	0.33^{b}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنادار در سطح احتمال یک درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Similar letters each column indicate no significant difference at $p\leq0.01$ based Duncan's multiple range test.

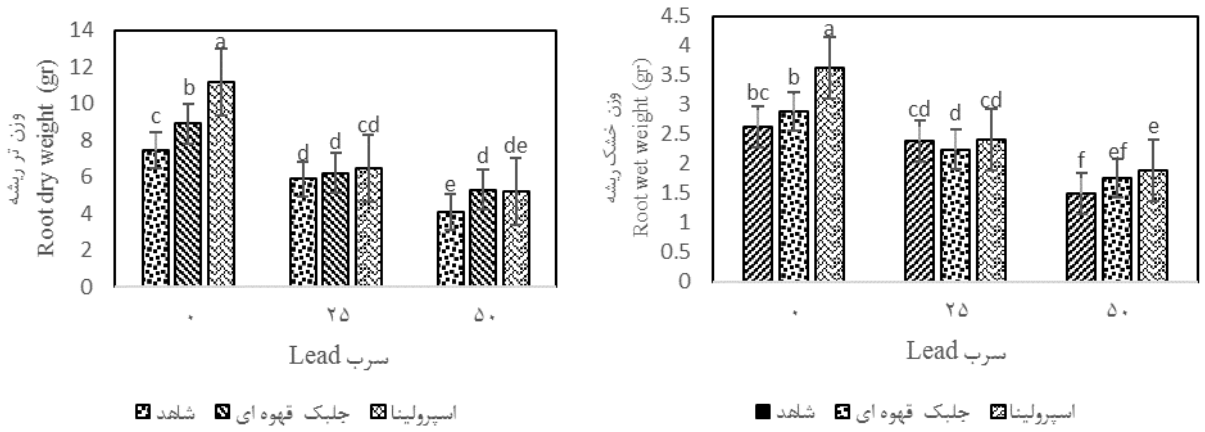


شکل ۱- اثر متقابل کاربرد جلبک × سرب بر سطح برگ کلم زینتی

Figure 1- The interaction effect of algae ×lead application on the leaf area of ornamental cabbage. (DMRT, *p≤0.05*)

عنصر سرب روی فتوسنتز و تنفس گیاه، از طریق تأثیر بر مکانیزم‌های انتقال الکترون نقش بازدارندگی ایفا می‌کند. بنابراین سرب با کاهش و ممانعت از فتوسنتز و تنفس گیاه سبب کاهش تولید ماده خشک و رشد گیاه می‌شود (Rezvani *et al.*, 2012). ریشه‌ها به عنوان سطوح جذب‌کننده آب و مواد غذایی تأثیر بسیار زیادی در جذب آب و املاح گوناگون دارند و عوامل مختلف محیطی از طریق تأثیر بر ریشه بر رشد گیاه نیز اثر می‌گذارند. عدم توسعه و گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای باعث کاهش سطوح جذب‌کننده مواد غذایی، تغییر در ساختار غشاء سلولی و کاهش جذب و محتوی آب می‌شود که این امر در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تعرق، تنفس و فتوسنتز اثر گذاشته و در پایان موجب کاهش رشد سایر قسمت‌های گیاه از جمله زیست توده و سطح برگ می‌شود (Sharma and Dubey, 2005).

در تحقیقی که توسط متشرع‌زاده و همکاران (Motasharzadeh *et al.*, 2013) صورت گرفت بیان نمودند که بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب و کمترین وزن آن در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب بود که به ترتیب برابر ۰/۴۵۶ و ۰/۳۶۵ گرم در گلدان بود و با افزایش غلظت سرب خاک، وزن خشک ریشه نیز کاهش یافت (Motasharzadeh *et al.*, 2013). کاهش رشد ریشه تحت تنش سرب می‌تواند به دلیل تجمع زیاد سرب در ریشه، لیگنینی شدن دیواره تحت تأثیر فلز سنگین (Almedia *et al.*, 2007)، تأثیر مستقیم فلز سنگین بر هسته سلولی (Dauda *et al.*, 2009) و برهمکنش فلزات سنگین با گروه‌های سولفیدریل غشاء سلول‌ها و غیرفعال کردن آنها باشد (Khudsar *et al.*, 2000).



شکل ۲- اثر متقابل کاربرد سرب × جلبک بر وزن تر و خشک ریشه کلم زینتی

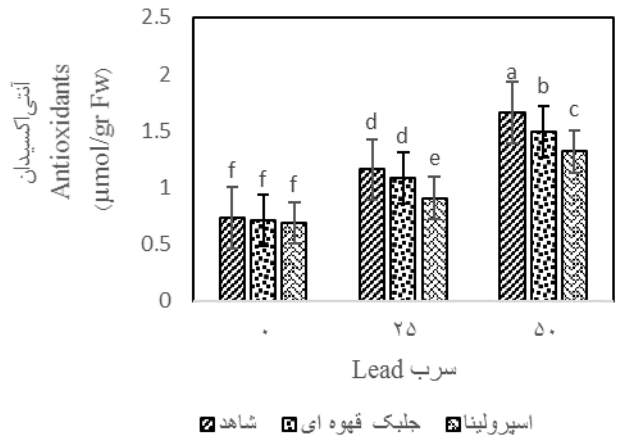
Figure 2- The interaction effect of algae ×lead application on the rootfresh and dry weight of ornamental cabbage. (DMRT, *p≤0.05*)

کلروفیل کل

نتایج ارائه شده نشان داد (جدول ۲) که اثر ساده مصرف سرب و کاربرد جلبک بر میزان کلروفیل کل کلم زینتی در سطح احتمال یک درصد معنادار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده مصرف سرب برای میزان کلروفیل کل نشان داد که بیشترین میزان (با میانگین ۰/۶۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار عدم مصرف سرب و کمترین میزان (با میانگین ۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب است. نتایج مقایسه میانگین‌ها مربوط به اثر ساده کاربرد جلبک بر این صفت نشان داد که بیشترین مقدار برای میزان کلروفیل کل با میانگین ۰/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به کاربرد جلبک اسپیرولینا و کمترین میزان برای این صفت نیز با مقدار ۰/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به عدم استفاده از جلبک (تیمار شاهد) بود. علاوه بر این بین تیمار عدم وجود سرب و دو نوع جلبک اختلاف معناداری وجود نداشته است. با افزایش تنش فلز سرب میزان کلروفیل کل کاهش یافت همچنین کاربرد جلبک به خصوص جلبک اسپیرولینا توانست مقدار کلروفیل کل را نسبت به عدم کاربرد جلبک افزایش دهد. جلبک‌ها روی گیاهان فتوسنتز را تحریک کرده و منجر به تولید بهتر قند و نشاسته می‌شوند. همچنین با بهبود فرآیند کلروفیل سازی، جلوی زردی برگ‌ها را گرفته و باعث افزایش کارایی فتوسیستم می‌گردد. این احتمال وجود دارد که جلبک با افزایش مقادیر کلروفیلی با سمیت فلز سنگین مقابله می‌کند و احتمال یک جاذب مناسب را مطرح می‌کند. سرب با ایجاد اختلال در جذب فلزات ضروری مثل منیزیم و آهن مانع سنتز کلروفیل می‌شود (Sharma and Dubey, 2005). در واقع فلزات سنگین فرآیندهای متابولیکی را از طریق ممانعت از عمل آنزیم‌ها کاهش می‌دهند. در اثر تنش فلزات سنگین ممانعت از عمل آنزیم لوولینیک‌اسید دهیدراتاز صورت می‌گیرد که این ممانعت، فعالیت فتوسنتزی گیاهان را از طریق کاهش محتوای کلروفیل کاهش می‌دهد (Geebelen *et al.*, 2002). به نظر می‌رسد جایگزین شدن یون منیزیم مرکزی کلروفیل به وسیله فلزات سنگین صدمه دیگری است که موجب جلوگیری از به دام انداختن نور فتوسنتزی و در نتیجه از بین رفتن کلروفیل و کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود. کاهش محتوای کلروفیل می‌تواند دلیل بارزی برای کاهش فعالیت فتوسنتز و درنتیجه کاهش تثبیت کربن در اثر غلظت‌های بالای فلزات سنگین باشد (Marchiol *et al.*, 2004). عصاره‌های جلبک دریایی حاوی مقادیر زیادی سیتوکینین، اکسین و بتائین هستند که غلظت کلروفیل در برگ‌ها را افزایش می‌دهند (Shehata *et al.*, 2003). در واقع پژوهشگران اثر جلبک دریایی را در افزایش رشد، به‌ویژه در شرایط تنش‌های محیطی، به محرک‌های رشدی که توسط جلبک‌ها ایجاد می‌شوند و شامل سیتوکینین‌های ترانس زآتین و مواد اکسینی می‌باشد، نسبت می‌دهند (Crouch *et al.*, 1993). همچنین افزایش میزان کلروفیل توسط بتائین و مواد شبه بتائین (Begzadeh *et al.*, 2020) یا ممانعت از تخریب کلروفیل نیز توسط جلبک‌ها اثبات شده است (Xu *et al.*, 2015).

آنتی اکسیدان کل

بررسی نتایج ارائه شده در (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده و متقابل کاربرد تیمار سرب و جلبک بر آنتی‌اکسیدان کل در سطح احتمال یک درصد معنادار بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان با میانگین ۱/۶۶ میکرومول بر گرم وزن‌تر مربوط به کاربرد تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب و عدم تلقیح با جلبک بود و کمترین میزان با میانگین ۰/۶۸۷ میکرومول برگرم وزن‌تر مربوط به عدم کاربرد سرب و جلبک اسپیرولینا بود (شکل ۳). پایین بودن پراکسیداسیون لیپیدی در جلبک تحت استرس اکسیداتیو، به علت اثرات حفاظتی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به افزایش متابولیت‌های ثانویه مانند ترکیبات فنولی اشاره نمود (Stanisavljevic *et al.*, 2012). به دنبال این آسیب اکسیداتیو، میزان آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد (Mtolera *et al.*, 2012). از آنجا که محتوای آنتی‌اکسیدان کلم زینتی با توجه به نتایج به‌دست آمده در غلظت بالای سرب، نسبت به شاهد افزایش یافته می‌توان گفت که این گیاه توانایی بالایی در برابر تنش فلزات سنگین دارد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به طور کل به گروهی از ترکیبات مربوط می‌شود که توانایی حفظ سیستم‌های بیولوژیکی را در برابر اثرات مضر گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن دارند. در حقیقت آنتی اکسیدان‌ها نقش مهمی در مهار گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن و جلوگیری از تشکیل آن‌ها ایفا می‌کنند (Singh *et al.*, 2011). هانا و همکاران (Hanaa *et al.*, 2007) میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را تحت تنش فلز سرب برآورد کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت ماده القاکننده تنش، میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. با توجه به اینکه افزایش محتوای آنتی اکسیدانی در برابر تنش، شانس زنده‌مانی بالاتری به گیاه می‌دهد درنتیجه گیاه کلم زینتی تحت تیمار سرب با افزایش میزان آنتی‌اکسیدان تحمل خود را در برابر تنش بالا برده است.



شکل ۳- اثر متقابل کاربرد سرب × جلبک بر میزان آنتی‌اکسیدان کلم زینتی

Figure 3- The interaction effect of algae ×lead application on the leaf antioxidants content of ornamental cabbage. (DMRT, *p≤0.05*).

آنزیم پراکسیداز و میزان گلایسین بتائین و مالون دی آلدهید

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که اثرات ساده سرب و جلبک در صفات مالون دی‌آلدئید، گلایسین بتائین و پراکسیداز معنادار شدند نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر اصلی سرب برای صفات فوق به ترتیب نشان داد که بیشترین میزان فعالت آنزیم‌های نام برده مربوط به غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب به ترتیب با مقادیر ۰/۴۵ و ۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و ۰/۲۶ میکرومول بر گرم وزن‌تر بود و کمترین مقادیر نیز با میانگین ۰/۲۸ و ۰/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و ۰/۱۴ میکرومول بر گرم وزن‌تر مربوط به تیمار عدم مصرف سرب بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر ساده جلبک برای این صفات بیان می‌دارد که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم‌ها به ترتیب در میانگین ۰/۴۱ و ۰/۰۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و ۰/۲۱ میکرومول بر گرم وزن‌تر مربوط به تیمار شاهد و عدم مصرف جلبک بود در حالی که کمترین میزان با میانگین ۰/۳۳ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و ۰/۱۸ میکرومول بر گرم وزن‌تر مربوط به کاربرد جلبک اسپیرولینا می‌باشد (جدول ۳). کاربرد سرب موجب افزایش میزان گلایسین‌بتائین، مالون دی آلدهید و پراکسیداز در غلظت بالا (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شد. از جمله مهم‌ترین پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش فلزات سنگین، می‌توان به تغییر فرآیندهای متابولیک گیاه، افزایش تولید تنظیم‌کننده‌های اسمزی، آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد محافظت‌کننده اشاره کرد (Seregin *et al.*, 2001). گلایسین بتائین موجود در جلبک‌ها موجب کاهش و مقابله با اثرات سوء ناشی از استرس فلزات سنگین می‌گردد. همچنین سیتوکنین موجود در جلبک‌ها رادیکال‌های آزاد القاکننده استرس را به‌طور مستقیم مهار می‌کند. گلایسین بتائین معمولی‌ترین محلول آلی سازگار است که در بیشتر میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و حیوانات وجود دارد و جز فراوان‌ترین ترکیب‌ها در گیاهان می‌باشد که به تنش پاسخ می‌دهد (Yang *et al.*, 2003). این محلول فاقد اثرات سمی بوده و قادر به محافظت از گیاه در برابر انواع تنش‌ها همچون فلزات سنگین بوده و با خنثی‌سازی سمیت انواع اکسیژن فعال، کاهش آسیب سلولی، تنظیم اسمزی سلول و حفاظت از آنزیم‌های مختلف، تحمل گیاه را به تنش افزایش داده و در شرایط تنش نقش تنظیم‌کننده اسمزی را اجرا می‌کند (Ashraf and Foolad, 2007).

طبق مطالعات انجام شده بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به غلظت (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان آن به شاهد تعلق داشت. با افزایش نیترات سرب در کلم زینتی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز افزایش یافت. آنزیم پراکسیداز در بین آنزیم‌های آنتی اکسیدان نقش مهمی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حضور فلزاتی از قبیل مس، سرب، آلومینیوم و کادمیم سبب افزایش فعالیت این آنزیم گردید. قلیچ و همکاران (Qelich *et al.*, 2015) در آزمایشی گزارش نمودند که فعالیت آنزیم پراکسیداز در ریشه گیاهان تحت تیمار سرب نسبت به گروه شاهد افزایش یافته است.

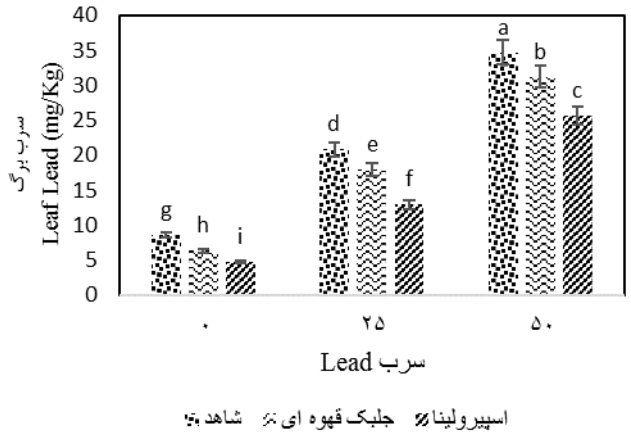
مالون دی آلدئید یک شاخص نشان دهنده خسارت و آسیب غشاء هست که افزایش میزان این آنزیم بیانگر افزایش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء در شرایط تنش فلزات سنگین از جمله سرب است (Yu *et al.*, 2006). در شرایط تنش در گیاه گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن[1] تولید می‌شوند، که این رادیکال‌ها باعث

1- ROS: Reactive Oxygen Species

خسارت به غشا می‌شوند. شاخص خسارت غشاء مالون دی آلدئید است که حضور جلبک باعث شده گیاه در شرایط بهتری قرار گیرد، بنابراین این آنتی‌اکسیدان‌ها (گلیسین بتائین و پراکسیداز) حالت کاهشی داشته و انتظار می‌رود جلبک سبب شرایطی شده که گیاه عملکرد بهتر در این شرایط و روند رو به رشدی یافته است.

میزان سرب برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده و متقابل تیمار سرب و جلبک بر میزان سرب برگ (اندام هوایی) در سطح احتمال یک درصد معنادار بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سرب در اندام هوایی نشان داد که بیشترین میزان با میانگین ۳۴/۷ میکروگرم بر کیلوگرم مربوط به کاربرد تیمار ۵۰ درصد سرب و عدم تلقیح با جلبک بود و کمترین میزان با میانگین ۴/۱۶ میکروگرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار عدم کاربرد سرب و جلبک اسپیرولینا بود (شکل ۴). در گیاه کلم زینتی افزایش غلظت سرب بر میزان غلظت این فلز در اندام هوایی این گیاه تأثیر بسزایی داشته وافزایش قابل توجهی را نشان داد. از این رو بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که، افزایش غلظت سرب در برگ‌ها نسبت به شاهد بیان کننده گیاه‌پالایی بالای این گیاه می‌باشد. در تحقیقی که توسط قلیچ و همکاران (Qelich *et al.*, 2015) صورت گرفت بیان کردند که بیشترین میزان جذب سرب در ریشه و اندام هوایی در غلظت ۱۰۰۰ میکرومولار سرب بوده و کمترین مقادیر متعلق به گروه شاهد بود. فلز سرب، در واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه کارکرد مشخصی ندارد، اما به علت شباهت شیمیایی با عناصر ضروری امکان جذب آن توسط گیاهان وجود دارد (Pais and Jones, 2000). احتمال بالا بودن این میزان در برگ‌ها به آلوده بودن هوای منطقه مربوط است که پیشنهاد می‌شود در مطالعات دیگر به اندازه‌گیری میزان سرب در هوای محیط پرداخته شود.



شکل ۴- اثر متقابل کاربرد سرب × جلبک بر محتوی سرب در برگ کلم زینتی

Figure 5- The interaction effect of algae ×lead application on the lead content of ornamental Cabbage. (DMRT, $p\leq0.05$)

میزان فسفر برگ

نتایج بررسی تجزیه واریانس فسفر در اندام هوایی این گیاه نشان داد که اثر ساده کاربرد تیمار سرب و جلبک در سطح احتمال یک درصد معنادار شد. (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده مصرف سرب نشان داد که بیشترین میزان فسفر برگ با میانگین ۰/۶۱درصد مربوط به تیمار عدم مصرف سرب بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۰/۴۵ درصد مربوط به کاربرد ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده مصرف جلبک نیز نشان داد که بیشترین فسفر برگ هر بوته با میانگین۰/۵۶ درصدمربوط به کاربرد جلبک اسپیرولینا و کمترین میزان این صفت نیز با میانگین۰/۴۸ مربوط به تیمار عدم کاربرد جلبک (شاهد) شد (جدول ۳). سرب در اندامک‌های واکوئل، دیواره سلولی، و در برخی سلول‌ها در سیتوپلاسم و هسته تجمع می‌یابد. علاوه بر این سرب در برخی ژنوتیپ‌ها دیواره سلولی قادر است با افزایش جذب فسفر و استفاده از این عنصر در برابر تنش فلز سنگین تحمل بالایی را نشان دهد (Sychta *et al.*, 2018). جلبک‌ها باعث مصرف مواد مغذی بخصوص فسفر می‌شوند که در ساخت ترکیبات درون سلولی نظیر فسفولیپیدها، نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئوئیک نقش اساسی دارند (Powell *et al.*, 2008).

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به سمیت فلز سرب حتی در غلظت‌های

کم، باید توجه کافی به منابع ورودی این آلاینده به محیط زیست معطوف گردد. ارزیابی میزان مقاومت کلم زینتی در حضور غلظت‌های مختلف فلز سرب نشان داد با افزایش غلظت این فلز، کاهش رشد دانهال در صفاتی مانند وزن تر و خشک ریشه، کلروفیل کل، تعداد برگ در هر بوته و فسفر برگ مشاهده شد. بیشترین تأثیر سمیت فلز در غلظت ۵۰ میلیگرم در کیلوگرم بود که در این تحقیق وجود جلبک به خصوص جلبک اسپیرولینا سبب بهبود رشدی گیاه کلم زینتی گردید و گیاه از مقاومت بهتری نسبت به غلظت بالای فلز سرب پیدا کرد. در این صورت می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد سرب در محیط رشد گیاه کلم زینتی، صفات رشدی این گیاه را کاهش می‌دهد ولی با حضور جلبک اسپیرولینا می‌توان از کاهش رشد جلوگیری کرد و عمل گیاه‌پالایی را در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین تسریع نمود.

منابع

1. Abdollahi, S., & Golchin, A. (2018). Evaluate ability of uptake and translocation of lead in three varieties of Cabbage. *Iranian Journal of Soil and Water Research 49*(1): 145-158. (In Persian with English abstract).
2. Al-Homaidan, A.A., Alabdullatif, J.A., Al-Hazzani, A.A., Al-Ghanayem, A.A., & Alabbad, A.F. (2015). Adsorptive removal of cadmium ions by Spirulina platensis dry biomass. *Saudi Journal of Biological Sciences* 22: 1-6.
3. Alizadeh, A. (2008). *Water, soil, plant*. Astane ghodse razavi, 8*th* edition.
4. Altagic, J., & Secerov-Fiser, V. (2005). Interspecific hybridization and cytogenetic studies in ornamental sunflower breeding. *Experimental Agriculture* 45: 93-97.
5. Almeida, A.F., Valle, A.A., Mielke, M.S., Gomes, F.P., & Braz, J. (2007). Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. *Plant Physiol*ogy 19:83-98.
6. Aly, M.S., & Esawy, M.A. (2008). Evaluation of Spirulina Platensis as bio. stimulator for organic farming systems. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology 6*(2): 1-7.
7. Arghavani, M. (2009). *Physiological and morphological study of Lollium and Poa Pratensis grasses, under the influence of tringazapkatil application, head management and nitrogen source under salinity stress*. Ph.D. Thesis. Department of Horticulture, University of Tehran. Pp 97-102.
8. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris. *Plant Physiology* 24: 1-15.
9. Ashraf, M., & Foolad, M. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-216.
10. Azmat, R., Haider, S., Hajra, N., & Farha, A. (2009). A viable alternative mechanism in adapting the plants to heavy metal environment. *Pakistan Journal of Botany 41*(6): 2729-2738.
11. Begzadeh, S., Maleki, A., Mirzaei hidarei, M., Rangin, A., & Khorgami. (2020). Effect of application of salicylic acid and seaweed extract (Ascophyllum nodosum) some physiological traits of white bean (*Phaseolus lanatus*) under drought stress conditions, *Scientific Journal of Crop Ecophysiology* 21.
12. Bhattacharya, P.T., Misra, S.R., & Hussain, M. (2016). Nutritional aspects of essential trace elements in oral health and disease: an extensive review. *Scientifica* Pp 25-38.
13. Crouch, I., & Van Staden, J. (1993). Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regul 13*(1): 21–29.
14. Cheremisinoff, N.P. (2002). *Handbook of water and waste water treatment technologies*. Butter worth Heinemann, Technology and Engineering.
15. Dauda, M.K., Variatha, M.K., Shafaqat, A., Najeeba, U., Jamilb, M., Hayat, Y., Dawooda, M., Khand, M.I., Zaffar, M., Cheemad., S.A., Tonga, X.H., & Zhua, S. (2009). Cadmiuminduced ultramorphological and physiological changes in leaves of two transgenic cotton cultivars and their wild relative. *Journal Hazard Mater* 168: 614-625.
16. Dehghan, G., & Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. *Food Chemistry 131*(2): 422-426.
17. Delorme, T.A., Gagliardi, J.V., Aanle, J.S., & Chaney, R.L. (2001). Influence of the Zinc hyperaccumulator Thlaspi caerulescens J. & C. Presl and the nonmetal accumulator Trifolium Pratense L. on soil microbial populations. *Canadian Journal Micorobiol*ogy *47*(8): 773-776.
18. Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P., & Thorpe, T.A. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of member permeability and peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Jounal of Experimental Botarry 32*(1): 93-101.
19. Garazhian, H., Emami, A., Fotovat, A., & Amiri Khaboushan, E. (2020), Comparison phytoremediation potential of Pb from contaminated soil by Vetiveria zizanioides and Brassica oleraceae, *Journal of Soil Management and Sustainable 10*(2): 1-23. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22069/ejsms.
20. Geebelen, W., Vangronsveld, J., Adriano, D.C., Van Poucke, L.C., & Clijsters, H. (2002). Effects of Pb-EDTA and EDTA on oxidative stress reactions and mineral uptake in Phaseolus vulgaris. *Physiologia Plantarum* 115:

377-384. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1150307.x
21. Ghaderian, S.M., Hemmat, G.R., Reeves, R.D., & Baker, A.J.M. (2007). Colonizing a metal mining area in Central Iran. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 18: 145-150.
22. Ghosh, M., & Singh, S.P.A. (2005). Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of It's by Products. *Journal Energy Environmental 6*(04): 214 -231.
23. Golchin, A., Ismaili, M., & Takasi, m. (2005). *Contaminant sources of soil and agricultural and horticultural products of Zanjan province to heavy metals*, Management and Planning Organization of Zanjan province, Pp 134.
24. Grieve, C., & Grattan, S.J.P. (1983). Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. *Soil* 70: 303-307.
25. Gupta, P.K. (2009). Soil plant water and fertilizer Analysis. Agrobios pub, *New Dehli* 4: 40-88.
26. Hanaa, H., Baky, A.E., Baz, F.K.E., & Gamal, S. (2007). Enhancement of Antioxidant Production in *Spirulina Platensis* under Oxidative Stress. *Eurasian J. of Scientific Research 2*(2): 170-179.
27. Holan, Z.R., Volesky, B., & Prasetyo, I. (1993). Biosorption of cadmium by biomass of marine algae. Biotechnologe. *Bioengeneering* 41: 819-825. https://doi.org/10.1002/bit.260410808.
28. Ismaili, A., Beyrami, P., Roustaian, A., & Beyrami, A. (2008). Investigation of biological uptake of Co (II) ions from aqueous solutions by *Gracylaria algae*. *Scientific Information Database Journal 1*(12): 8-2.
29. Jafari, N., & Ahmadi asbchin, S. (2013). Adsorption of cadmium and lead ions from aqueous solution by brown algae Cystoseira indica. Journal of plant researches. *Iranian journal of biology*, 27 (1): 23-31. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.1021/ie302011n
30. Jing, D., Fei-bo, W.U., & Guo-ping, Z. (2005). Effect of cadmium on growth and photosynthesis of tomato seedlings. *Journal of Zhejiang University Sinece 6*(10): 974-980.
31. Khudsar, T., Uzzafar, M., Soh, W.Y., & Iqbal, M. (2000). Morphological and anatomical variations of *Cajanus cajan* (Linn. Huth) raised in cadmium-rich soil. *Journal Plant Biology* 43: 149-157. https://link.springer.com/article/10.1007/BF03030492 - Search (bing.com)
32. Kolah kaj, A., & Mohammadi Rouzbahani, M. (2017). Survey Effectiveness of *Althea officinal* in Pb Heavy Metal Accumulation, *Science and Technology Ocean Sist 19*(1): 72-73. (In Persian)
33. Malea, P., Kevrekidis, T., & Haritonidis, S. (2005). The short term uptake of zinc and cell mortality of the sea grass Halophyllastipulecea. *Journal Plant Science* 43: 21-30.
34. Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., & Zerbi, G. (2004). Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution 1*(32): 21-27.
35. Mir Ahmadi, H., & Safari Sanjani, A. (2007). *Soil contamination with lead and its reduction trend in some soils of Gilan*. 10th Iranian Soil Science Congress.
36. Moradi, F., Najafi, S.h., & Esmailzadeh Bhabadiy, S. (2019). The effect green algae extract (*Ulva fasciata* L.) on growth and physiological indices of sesame plant (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Plant Process and Function* 14-1.
37. Motasharzadeh, B., Aghaei, L., & Sawaghebi, G.h.R. (2013). The effect of cadmium and lead application on the absorption of these elements and the growth of two cultivars of pinto beans. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 2*(2): 252-223.
38. Mtolera, M.S.P., Collen, J., Pedersen, M., & Semesi, A.K. (2012). Destructive hydrogen peroxide production in *Eucheuma denticulatum* (Rhodophyta) during stress caused by elevated pH, high light intensities and competition with other species. *European Journal of Phycology 30*(4): 289-297. https://doi.org/10.1080/09670269500651071
39. Nelson, W., & VanStaden, J. (1984). The effect of seaweed concentrates on wheat culms. *Journal of Plant Physiology* 115: 433-437.
40. Nriagu, J.O., & Pacyna, J.M. (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals. *Nature* 333: 134-139.
41. Ouzounidou, G. (2004). Cu ions mediated changes in growth, chlorophyll and other ion contents in a Cu tolerant Koeleriasplendens. *Biologia Plantarum* 37: 71- 78.
42. Pais, I., & Jones, J.B. (2000). *The Handbook of Trace Elements*. St. Luice Press. Florida 223-224.
43. Pitchel, J., & Bradway, D.J. (2008). Conventional crops and organic amendments for Pb, Cd and Zn treatment at a severely contaminated site. *Bioresource Technology* 99: 1242-1251.
44. Powell, N., Shilton, A.N., Pratt, S., & Chisti, Y. (2008). Factors influencing luxury uptake of phosphorus by microalgae in waste stabilization ponds. *Environmental Science and Technology* 42: 5958-5962.
45. Prakash, P.S., Medhi, S., Saikia, G., Narendrakumar, A., Thirugnanasambandam, L., & Abraham, S. (2014). Production, formulation and application of seaweed liquid fertilizer using humic acid on growth of *Arachis hypogaea*. *Biosciences Biotechnology Research Asia 11*(3): 1515-1519.
46. Przedpelska, E., & Wierzbicka, M. (2007). Arabidopsis arenosa (Brassicaceae) from leadzinc waste heap in southern Poland a plant with high tolerance to heavy metals. *Plant & Soil* 299: 43-53. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9359-5.
47. Qelich, S., Zarrin Kemar, F., & Niknam, A. (2015). Investigation of lead accumulation and its effect on peroxidase

activity, content of phenolic and phallonoid compounds in the germination stage in alfalfa (*Sativa Medicago* L.). *Journal Plant Research 22*(3): 314-313.
48. Ramos, I., Estcban, E., Luccna, J.J. & Garate, A. (2002). Cadmium uptake and subcllular distribution in plants of *Lactuca sp.* Cd-Mn interaction. *Plant Science* 162: 761-767.
49. Rezvani, M., Zafarian Fand Qolizadeh, A. (2012). Absorption of lead and nutrients by saline grass plant under the influence of different levels of lead in the soil. *Journal of Water and Soil 22*(3): 234-236.
50. Seregin, I.V., & Ivanov, V.B. (2001). Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. *Plant physiology 48*(4): 523-544.
51. Shahbazi, F., Seyyed nejad, M., Salimi, A., & Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences 8*(3): 283-287.
52. Sharma, P., & Dubey, R.S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology 17*(1): 35-52.
53. Shehata, M.M., & El-Khawas, S.A. (2003). Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower (*Helianthus annus L.* cv. Vedock) yield. Pakistan. *Journal of Biological Sciences 6*(14): 1257-1268.
54. Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., & Gupta, R. (2011). Heavy metals and living systems: An overview. *Indian Journal of Pharmacology 43*(3): 246-248.
55. Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M., & Chandrasekaran, M. (2006). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of Vigna sinensis. *Bioresource Technology* 97: 1745-1751.
56. Stanisavljevic, N., Savic, J., Jovanovic, Z., Miljus-Djukic, J., Radovic, S., Vinterhalter, D., & Vinterhalter, B. (2012). Antioxidative-related enzyme activity in Alyssum markgrafii shoot cultures as affected by nickel level. *Acta Physiol Plant 34*(5): 1997–2006.
57. Sychta, K., Słomka, A., Suski, S., Fiedor, E., Gregoraszczuk, E., & Kuta, E. (2018). Suspended cells of metallicolous and nonmetallicolous Viola species tolerate, accumulate and detoxify zinc and lead. *Plant Physiology and Biochemistry* 132: 666- 674. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.013
58. Tu, C., Ma, L.Q., & Bondada, B. (2002). Arsenic accumulation in the hyperaccumulator chinese brake and its utilization potential for phytoremediation. *Journal Environmental Quality* 31: 1671 -1675. https://doi.org/10.2134/jeq2002.1671
59. Warwick, S.I. (2011). *Brassicaceae in Agricultur*e in: R. Schmidt and I. Bancroft (Eds). Genetics and Genomics of the Brassicaceae Springer Verlag, New York, 9: 33-66.
60. Xu, C., & Leskovar, D. (2015). Effects of A. nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition valued under drought stress. *Scientia Horticulturae* 183: 39–47.
61. Yang, W.J., Rich, P.J., Axtell, J.D., Wood, K.V., Bonham, C.C., Ejeta, G. & Rhodes, D. (2003). Genotypic variation for glycinebetaine in sorghum. *Crop Science 43*(1): 162-169.
62. Yu, D., Yan, X., Wang, A. & Wang, H. (2006). Response of submerged plant (*Vallisneria spinulosa*) clones to lead stress in the heterogenous soil. *Chemosphere* 63: 1459-1465.
63. Zarei, M., Saleh Rastin, N., & savaghebi, A.R. (2011). Efficacy of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of soils contaminated with zinc by maize. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources Soil and Water Sciences* 55: 151-166.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 261-275

Increasing Vase Life of Cut Gerbera cv. Rosalin Flowers Using Nanocomposites as Preservative Solution

S. Garavand[1], S.F. Mousavi[2], H. Hekmatara[3*]

Received: 31-03-2022
Revised: 05-06-2022
Accepted: 13-06-2022
Available Online: 13-06-2022

How to cite this article:
Garavand, S., Mousavi, S.F., & Hekmatara, H. (2023). Increasing vase life of cut gerbera cv. Rosalin flowers using nanocomposites as preservative solution. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 261-275. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.76018.1154

Introduction

Gerbera is one of the most important cut flowers that has a short vase life. Like other cut flowers, one of the main concerns after harvesting this flower is reducing its quality. The application of carbon nanotubes as preservative solutions increase water uptake, balances water relations, and increases the vase life of cut flowers. Agglomeration, lack of proper dispersion, and severe hydrophobicity are the disadvantages of carbon nanotubes that prevent optimal dispersion in the solution. In this study, polymers (polyvinyl pyrrolidone (PVP), polyethylene glycol (PEG), and non-ionic surfactant Triton X-100) were used to increase the dispersion of multiwalled carbon nanotubes (MWCNTs). Their effect on the longevity of cut gerbera flowers was also investigated.

Materials and Methods

The experiment was performed as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications. Gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Rosalin) flowers with fully opened ray florets were purchased. During transportation, each cut flower was covered individually with a cellophane sheet and was placed inside a box of paper to minimize water loss. Gerbera stems were placed in a vase solution as pulse treatment for 24h. Treatments included various concentrations of nanocomposite including control (distilled water), MWCNTs-PVP nanocomposite (1 and 2 mg L^{-1}), MWCNTs-PEG nanocomposite (1 and 2 mg L^{-1}), and MWCNTs-Triton X-100 nanocomposite (1 and 2 mg L^{-1}). Distilled water was used for the control treatment. After the cut gerbera flowers underwent pulse treatment, they were placed individually into glass vases filled with distilled water. Throughout the experiment, the vase life, relative fresh weight, water uptake, relative water content of petals and stems, as well as the bacterial population at the end of the stem were measured.

Results and Discussion

The study showed that the MWCNTs-Triton X-100 with a concentration of 2 mg L-1 provided the longest vase life of cut flowers, with a duration of 22.5 days, which was an 8-day increase compared to the control. The other nanocomposites (MWCNTs-PVP and MWCNTs-PEG) also improved the longevity of the cut flowers compared to the control. The nanocomposites in the vase solution affected the relative fresh weight and water uptake of the cut stems. The study found that the water uptake pattern was similar to the fresh weight of the flower, and the water uptake capacity of the stem gradually decreased with time. The MWCNTs-Triton X-100 with a concentration of 1 mg L-1 resulted in the highest amount of water uptake. Cut flowers pulsed with this concentration exhibited the highest relative water content in both petals and stems. The application of MWCNTs-PEG nanocomposite (1 mg L^{-1}) in vase solution increased the relative fresh weight of gerbera cut flowers. Our findings suggest that MWCNTs can increase water uptake, resulting in increased fresh weight in the cut stem. SEM analysis revealed that after the evaluation period, MWCNTs were detected in the stem of cut

1- M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University
2- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres, Tehran
3- Associate Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: H.Hekmatara@vru.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.76018.1154

gerbera and deposited on the stem's internal surface. Our finding showed that the bacterial population at the end of the stem in control treatment during the vase life period was higher than the bacterial population at the end of the stem of flowers treated with MWCNTs-Triton X-100 treatment (2 mg L^{-1}). Therefore, reducing bacterial blockages in the xylem vessels improves the water uptake and vase life of cut flowers.

Conclusion

When gerbera cut flowers are harvested and kept in vase solutions, they face some challenges including wounding and water stress. Continuity of water flow in cut flower stem after cutting is an important factor in determining postharvest quality and longevity of cut flowers. Applying a solution containing well-dispersed MWCNTs is a novel approach for facilitating the entry of this nanotube into plants. The use of a composite of MWCNTs with X-100, PVP, and PEG exhibits excellent dispersion properties in the aqueous media of vase solution. These nanocomposites were successful compounds in increasing water uptake, maintaining fresh weight, and increasing the vase life of gerbera cut flowers. The findings of the present study showed that nanocomposites inhibit bacterial growth. These results suggest that the elimination of barriers to water flow in the cut stem helps to keep the longevity and delayed senescence.

Keywords: Bacteria, Multi-walled carbon nanotubes, Non-ionic surfactant, Vase life, Water uptake

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۷۵-۲۶۱

افزایش ماندگاری گل بریدنی ژربرا رقم 'Rosalin' با استفاده از نانوکامپوزیت‌ها به عنوان محلول نگهدارنده

سیمین گراوند[۱]- سیده فرزانه موسوی[۲]- سیده هدی حکمت آرا[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۳

چکیده

ژربرا یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده است که عمر گلجای کوتاهی دارد. مانند سایر گل‌های شاخه بریده، یکی از نگرانی‌های اصلی پس از برداشت این گل کاهش کیفیت آن است. کاربرد نانولوله‌های کربنی به عنوان محلول‌های نگهدارنده موجب افزایش جذب آب، تعادل روابط آبی و افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه بریده می‌شود. تجمع، پراکندگی نامناسب و آبگریزی شدید از معایب نانولوله‌های کربنی است که مانع پراکنش مطلوب در محلول گلجای می‌شود. در این تحقیق برای افزایش پراکندگی نانولوله‌های کربنی چند دیواره از انواع پلیمرها (پلی وینیل پیرولیدون، پلی‌اتیلن گلیکول و سورفکتانت غیریونی تریتون ایکس ۱۰۰) استفاده شد تا تاثیر آن‌ها در ماندگاری گل شاخه بریده ژربرا مورد بررسی قرار گیرد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (آب مقطر)، نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با پلی وینیل پیرولیدون (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر)، نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با پلی اتیلن گلیکول (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) و نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با تریتون ایکس ۱۰۰ (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) به صورت تیمار کوتاه مدت (۲۴ ساعت) بودند. در این آزمایش عمر گلجای، وزن تر نسبی گل، میزان جذب آب، محتوای نسبی آب گلبرگ و محتوای نسبی آب ساقه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین عمر گلجای با ۲۲/۵ روز مربوط به تیمار نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با تریتون ایکس ۱۰۰ با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر بود که ماندگاری گل‌ها را حدود ۸ روز نسبت به شاهد افزایش داد. نانوکامپوزیت‌های موجود در محلول گلجای بر وزن تر نسبی و جذب آب ساقه های بریدنی تأثیر داشتند. در این مطالعه مشخص شد که جذب آب الگوی مشابه وزن تازه گل دارد و ظرفیت جذب آب ساقه به تدریج با گذشت زمان کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج، تغییرات وزن تر و جذب آب در ساقه گل‌های تیمار شده با نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با پلی اتیلن گلیکول با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر کندتر بود. استفاده از نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با تریتون ایکس ۱۰۰ با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر در محلول گلجای سبب شد تا محتوای نسبی آب گلبرگ و ساقه حفظ شود. تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی تایید کننده حرکت نانولوله‌ها به بخش‌های بالایی گل و جذب و جابجایی آن‌ها در ساقه گل بریدنی ژربرا بود. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که جمعیت باکتری در انتهای ساقه تیمار شاهد بیشتر از جمعیت باکتریایی انتهای ساقه گل‌های تیمار شده با نانوکامپوزت‌ها بود. نانولوله‌های کربنی چند دیواره همراه با پلی وینیل پیرولیدون، پلی اتیلن گلیکول و تریتون ایکس ۱۰۰ ترکیبات موفقی در افزایش جذب آب، حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری گل شاخه بریده ژربرا بودند. بنابر نتایج این آزمایش، حذف موانع جریان آب در ساقه بریده به حفظ ماندگاری و تاخیر در پیری گل کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: باکتری، جذب آب، سورفکتانت غیریونی، عمر گلجای، نانولوله‌های کربنی چند دیواره

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه ایلام
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه تربیت مدرس تهران
۳-دانشیار، گروه فیزیک، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: h.hekmatara@vru.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2022.76018.1154

مقدمه

عمر گلجای و کیفیت گل از نظر اقتصادی عوامل مهمی برای بازاریابی گل‌های شاخه بریدنی است، زیرا ماندگاری کوتاه پس از برداشت و کیفیت پایین آن‌ها منجر به مشکلاتی برای حمل و نقل برای مسافت‌های دور و کاهش ارزش تجاری می‌شود (Shabanian *et al.*, 2020). ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* L. گیاهی از خانواده کلاهپرک‌سانان[1] است و به عنوان یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی محسوب می‌شود (Dole *et al.*, 2004). محبوبیت ژربرا به دلیل ظاهر جذاب، تنوع گسترده رنگ‌ها و توانایی رشد در شرایط مختلف محیطی است (Hema *et al.*, 2018). با این حال، ژربرا مانند سایر گل‌های شاخه بریدنی، محصولی بسیار زوال‌پذیر با عمر گلجای بسیار کوتاه است که تحت تاثیر میزان خمیدگی ساقه (خمیدگی یا شکستن گردن) می‌باشد. این شاخص در تعیین ارزش تجاری آن بسیار مهم است (García-González *et al.*, 2022).

امروزه، برای افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریدنی و تازه نگه داشتن آن‌ها برای مدت طولانی‌تر از محلول‌های نگهدارنده مختلفی استفاده می‌شود (Paul *et al.*, 2021). این محلول‌های نگهدارنده برای تأمین مقدار بیشتری از کربوهیدرات به عنوان منبع انرژی، افزایش هیدراسیون گل و افزایش جذب مواد مغذی استفاده می‌شوند (Hema *et al.*, 2018). در این میان به کار بردن ترکیبات حاوی نانو ذرات در محلول‌های نگهدارنده برای جلوگیری از انسداد آوندی و افزایش ماندگاری پس از برداشت گل‌های بریدنی به طور روز افزون در حال افزایش است (Atefepour *et al.*, 2021). در بین همه مواد نانو، نانولوله‌های کربنی[2] بیشتر مورد توجه هستند (Saifuddin *et al.*, 2013) زیرا دارای خواص منحصر به فرد ساختاری، الکتریکی، مکانیکی و حرارتی هستند که در دو شکل اصلی تک دیواره[3] و چند دیواره[4] وجود دارند (Zhou *et al.*, 2019). نانولوله‌های کربنی به خاطر قابلیت عبور از سلول نقش مهمی در فیزیولوژی و نمو گیاه دارند (Tiwari *et al.*, 2014). همچنین می‌توانند به انتقال سریع آب و مواد مغذی به داخل گیاهان کمک کنند (Joseph *et al.*, 2008).

از طرف دیگر، یکی از مشکلات نانولوله‌های کربنی، فعل و انفعالات قوی واندروالس و آبگریزی آن‌ها است که موجب پراکندگی ضعیف در حلال‌های آبی می‌شود و این ویژگی شیمیایی، دامنه کاربردهای نانولوله‌های کربنی را تا حد زیادی محدود می‌کند (Gopannagari *et al.*, 2018). بنابراین، عامل‌دار کردن یا اصلاح نانولوله‌های کربنی یکی از راه‌های متمایز افزایش خواص سطح جذبی نانولوله‌های کربنی، بر اساس گروه‌های عاملی متصل شده توسط پیوند کووالانسی یا غیرکووالانسی روی دیواره جانبی یا نوک نانولوله‌های کربنی است و آب دوستی و انحلال‌پذیری نانولوله‌های کربنی را در آب بهبود می‌بخشد (Bankole *et al.*, 2019).

علاوه بر این، برخی از سورفکتانت‌ها برای پراکندگی نانولوله‌ها کربنی استفاده می‌شوند که می‌توان به تریتون ایکس ۱۰۰[5] اشاره کرد (Fatemi 2015). سورفکتانت‌ها ترکیبات آلی هستند که اغلب برای بهینه‌سازی سطوح جاذب‌ها خصوصا جاذب‌های نانو به طریق فیزیکی به کار برده می‌شوند. این ترکیبات دارای یک سر آبدوست و یک سر آبگریز هستند (Jamaloei 2009). بخش آبگریز سورفکتانت نقش مهمی در ایجاد برهمکنش‌های قوی با آب و CNTs ایفا می‌کند که منجر به پراکندگی CNTsها در محلول آبی می‌شوند (Fatemi 2015). همچنین پلیمرهایی مانند پلی‌وینیل پیرولیدون[6] و پلی اتیلن گلیکول[7] نیز در افزایش حلالیت نانولوله‌های کربنی نقش دارند (Liu *et al.*, 2008). PVP به دلیل دارا بودن خواص منحصر به فرد، مؤثرترین سورفکتانت است. آن‌ها از ترکیبات آبدوست، مانند نیمه پیرولیدون (C=O، C-N) و گروه های آبگریز مانند آلکیل (CH2) تشکیل شده‌اند. PVPها در حلال‌های قطبی (مانند الکل) محلول هستند و می‌توانند خواص حرارتی و مکانیکی پلیمر را با افزایش اتصال عرضی بین زنجیره‌های مولکولی افزایش دهند و موجب پراکندگی یکنواخت نانوذرات در پلیمر شوند (Koczkur et al., 2015 ,Uthaman et al., 2021). پلی اتیلن گلیکول پلیمری است متشکل از واحدهای تکراری اتیلن گلیکول با وزن مولکولی در محدوده ۲۰۰ تا ۶۰۰۰ است که در وزن مولکولی ۲۰۰ تا ۸۰۰ به شکل مایع و در وزن مولکولی بالاتر از ۱۰۰۰ به حالت جامد مومی است. این پلیمر در برابر تجزیه حاصل از اسیدها و بازها پایدار و کاملا محلول در آب است (Pisal *et al.*, 2010 Koob 2006,).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد نانولوله‌های کربنی در گیاهان سبب افزایش توانایی جذب آب در گیاه و افزایش نهایی تولید و عملکرد محصول می‌گردد (Haghighi 2014). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد نانولوله‌های کربنی در محلول‌های نگهدارنده موجب افزایش جذب بیشتر آب، تعادل روابط آبی، حفظ کیفیت، افزایش عمر گلجای در گل رز (Ahmadi-Majd *et al.*, 2021) و میخک (Ahmadi-Majd *et al.*, 2022) شده است. همچنین CNTs از طریق افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی، سبب

1- Asteraceae
2- Carbon Nanotubes (CNTs)
3- Single-wall carbon nanotubes (SWCNTs)
4- Multi-wall carbon nanotubes (MWCNTs)
5- Triton X-100
6- Polyvinylpyrrolidone (PVP)
7- Polyethylene glycol (PEG)

کاهش تخریب کلروفیل، نشت الکترولیت و پراکسیداسیون لیپیدی شدند. امینگاد و همکاران (Amingad *et al*., 2017) نیز گزارش کردند که محلول‌های نانو نقره در حفظ روابط آبی و مهار تکثیر باکتری‌ها و به تأخیر انداختن تخریب پس از برداشت در گل‌های شاخه بریدنی رز موثر بودند. در تحقیقی اثر محلول‌پاشی نانو ذرات کلسیم بر کیفیت و عملکرد گل گلایول بررسی شد. نتایج نشان داد تیمارهای نانو ذرات کلسیم بر میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و عمر گلجای مؤثر بودند (Chehrazi *et al*., 2018). گل ژربرا یکی از ۱۰ گل برتر جهان محسوب می‌شود که به دلیل داشتن تنوع رنگ و گلبرگ‌های زیبا یکی از محبوب‌ترین گل‌های بریدنی است. گل ژربرا در ایران نیز از جایگاه فروش خوبی برخوردار است، اما یکی از مشکلات تولید و صادرات گل‌های شاخه بریدنی ژربرا نابسامانی‌های فیزیولوژیک و کوتاه بودن ماندگاری پس از برداشت است. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر نانولوله‌های کربنی عامل‌دار شده با پلی‌وینیل پیرولیدون، پلی اتیلن گلیکول و تریتون ایکس ۱۰۰ در حفظ جذب آب و ماندگاری گل بریدنی ژربرا انجام شد. همچنین از اهداف مطالعه، تعیین بهترین غلظت و ترکیب نانوکامپوزیت‌ها در افزایش ماندگاری گل ژربرا بود.

مواد و روش‌ها

مواد آزمایشی و تیمارهای مورد بررسی

این پژوهش در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با شرایط کنترل شده (دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی حدود ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت) انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار شامل سه شاخه گل مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (آب مقطر)، نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره- پلی وینیل پیرولیدون (MWCNTs-PVP، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر)، نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره- پلی اتیلن گلیکول (MWCNTs-PEG، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر)، محلول نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره - تریتون ایکس ۱۰۰ (MWCNTs-Triton X-100، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. مدت زمان اعمال تیمارها به صورت ضربانی یا تیمارکوتاه مدت (۲۴ ساعت) در نظر گرفته شد. در این پژوهش ابتدا گل‌های بریدنی ژربرا رقم 'Rosalin' از گلخانه تجاری واقع در استان تهران شهرستان پاکدشت تهیه شد. سپس گل‌های ژربرا در مرحله کاملاً باز از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری از گیاه مادری انتخاب و برداشت شده و بدون قرار دادن در آب و یا محلول خاصی در دسته‌های ۱۰ تایی بسته‌بندی و در سریع‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی منتقل شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه، عملیات بازبرش ساقه تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری به صورت اریب انجام شد و پس از توزین با ترازوی دیجیتالی، ساقه‌های گل در ارلن‌های ۲۵۰ سی‌سی حاوی هر کدام از تیمارها قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، محلول‌ها از ظرف گلجای خارج و انتهای گل‌ها با آب مقطر شسته شد. سپس گل‌ها به ظرف‌های حاوی آب مقطر منتقل شدند. در طول دوره‌ی آزمایش (۲۵ روز)، به منظور جلوگیری از آلودگی ظروف گلجای به طور مرتب هر دو روز یکبار تعویض شد.

صفات مورد ارزیابی

عمر گلجای (ماندگاری)

برای ارزیابی پایان ماندگاری گل شاخه بریدنی ژربرا، به صورت روزانه از دو شاخص پژمردگی گلبرگ‌ها و خمیدگی ساقه استفاده شد که دو عامل کاهش بازار پسندی ژربرا هستند (Perik *et al*., 2012). بنابراین هر کدام از این شاخص‌ها در گیاه پدیدار می‌شد به عنوان پایان ماندگاری گل در نظر گرفته می‌شد.

جذب آب

برای اندازه گیری میزان جذب آب توسط ساقه گل، وزن ظرف حاوی محلول نگهدارنده بدون ساقه گل در روز اول و در طی دوره آزمایش به صورت متناوب اندازه‌گیری و مقایسه شد و طبق معادله ۱ و بر حسب گرم وزن‌تر ساقه بر روز محاسبه شد (He *et al*., 2006).

معادله ۱

$$WU\ (g\ stem^{-1}\ day^{-1}) = (S_{t-1} - S_t)/W_t$$

در معادله فوق WU[1]: جذب آب، S_t: وزن ظرف حاوی محلول در روز مورد نظر، S_{t-1}: وزن ظرف حاوی محلول در روز قبل و W_t: وزن شاخه گل در روز مورد نظر را نشان می‌دهد.

وزن تر نسبی گل

وزن تر نسبی گل‌ها به صورت روزانه با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. به این صورت که گل‌ها در روز صفر قبل از اعمال تیمار و در طول دوره آزمایش توسط ترازو وزن شدند و طبق معادله ۲ محاسبه شد (He *et al*., 2006).

معادله ۲

$$RFW\ (\%) = (FW_t/FW_{t=0}) \times 100$$

که در این فرمول RFW[2]: وزن تر نسبی (درصد)، FW_t: وزن گل بر حسب گرم در روز مورد نظر و $FW_{t=0}$: وزن همان گل بر حسب گرم در روز صفر قبل از اعمال تیمار است.

1- Water uptake
2- Relative fresh weight

محتوای نسبی آب گلبرگ و ساقه[1] (RWC)

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب گلبرگ‌ها و ساقه، به طور جداگانه از گلچه‌های زبانه‌ای و ساقه نمونه گرفته و وزن‌تر[2] (FW) آن‌ها اندازه گیری شد. سپس برای اندازه‌گیری وزن آماس شده[3] (TW) همان نمونه‌ها به مدت چهار ساعت به صورت شناور در آب قرار داده شدند و وزن آن‌ها در شرایط آماس اندازه‌گیری شد. در ادامه، برای اندازه‌گیری وزن خشک[4] (DW)، نمونه‌های گلبرگ و ساقه در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون به طور کامل خشک شدند و محتوای نسبی آب طبق معادله ۳ محاسبه شد (Smart 1974).

معادله ۳

$$RWC\ (\%) = (FW-DW) / (TW-DW) \times 100$$

جمعیت باکتریایی انتهای ساقه

برای شمارش جمعیت باکتریایی در انتهای ساقه، ابتدا یک سانتی‌متر انتهایی ساقه برش داده شد و در ظرف استریل به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه برای رقیق‌سازی یک گرم از هر ساقه از آب پپتون استفاده شد که پس از خرد شدن و همگن شدن، رقیق‌سازی تا غلظت 10^{-5} ادامه داشت. سپس به ظرف‌های پتری که حاوی یک میلی‌لیتر محلول بود، منتقل شدند. به هر ظرف پتری‌دیش محیط ۱۰ میلی‌لیتری آگار استریل اضافه شد، این مخلوط به مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه به آرامی هم‌زده شد. سپس نمونه‌ها به مدت دو روز به دستگاه آنکوباتور که در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود منتقل شدند. در پایان کلونی‌های باکتری بر اساس $\log CFU\ g^{-1}$ شمارش شدند (Liu *et al*., 2009 Balestra *et al*., 2005 ,).

ردیابی نانولوله در ساقه

به منظور ردیابی نانولوله در ساقه، در روز چهارم آزمایش نمونه ساقه تهیه و آماده شد (Haberman *et al*., 2017). برای این کار ابتدا با استفاده از چاقوی تیز جراحی از انتهای ساقه گل به تعداد مورد نیاز نمونه گرفته شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق درون پتری‌دیش با ۵ تا ۱۰ میلی‌لیتر محلول گلوتارآلدهید (۵ درصد) به صورت غوطه‌ور قرار داده شدند. نمونه‌ها با بافر ۵۰ میلی‌مولار فسفات (پنج بار) شستشو داده شدند که در هر بار شستشو نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در بافر قرار داده شدند. سپس به طور جداگانه محلول‌های اتانول ۲۵، ۵۰، ۷۵ ، ۹۵ و ۱۰۰ درصد به نمونه‌ها (به مدت یک ساعت به صورت غوطه‌ور) اضافه شد و هر بار محلول اتانول با استفاده از پیپت از نمونه‌ها خارج شد. در نهایت پس از خشک شدن نمونه‌ها، برای ردیابی و بررسی وضعیت نانولوله‌ها، در ظروف مخصوص و شیشه‌ای بسته‌بندی و به آزمایشگاه ارسال شدند. سپس در مرکز تحقیقاتی و خدمات آزمایشگاهی بنیاد علوم کاربردی رازی توسط میکروسکوپ الکترونی SEM (با دقت اندازه‌گیری ۱۰ نانومتر، واحد اندازه‌گیری میکرومتر تا چند نانومتر) ردیابی و عکس‌برداری انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

عمر گلجای (ماندگاری)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عمر گلجای نشان داد که بین تیمارهای اعمال شده با تیمار شاهد در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی در گل‌های شاخه بریدنی ژربرا، عمر گلجای است که با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین میزان عمر گلجای با ۲۲/۵ روز مربوط به تیمار نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100با غلظت دو میلی گرم بر لیتر بود که عمر گلجای گل‌ها را حدود ۸ روز (۳۳/۳۳ درصد) نسبت به شاهد افزایش داد. کمترین میزان عمر گلجای نیز مربوط به تیمار شاهد (۱۵ روز) بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۱).

از مهم‌ترین فاکتورها برای تعیین ارزش اقتصادی گل‌های شاخه بریدنی حفظ کیفیت و افزایش عمر گلجای پس از برداشت است. عمر گلجای ژربرا به شکستگی و خمیدگی گردن بستگی دارد، که این خمیدگی به علت عدم جذب آب کافی و در نتیجه آماس کم سلول است (Gerabeygi *et al*., 2021). همان‌طور که ذکر شد نانولوله‌های کربن موجب افزایش عمر گلجای ژربرا شدند. دلیل افزایش ماندگاری پس از برداشت ژربرا در این پژوهش را می‌توان به افزایش جذب آب، کاهش بار میکروبی انتهایی ساقه و برقراری تعادل آبی توسط نانولوله‌های کربنی مربوط دانست. در واقع نانولوله‌های کربنی با تاثیر بر کانال‌های عبور آب در غشاء سلولی و تنظیم عمل آن‌ها می‌توانند به ورود آب به درون سلول‌ها کمک کنند و موجب بهبود انتقال آب در گیاه می‌شوند (Fathi *et al*., 2017 , Khodakovskaya *et al*., 2009).

1- Relative water content
2- Fresh weight
3- Turgit weight
4- Dry weight

جدول ۱- تجزیه واریانس عمر گلجای گل شاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin'در پاسخ به نانوکامپوزیت‌ها به عنوان محلول گلجای

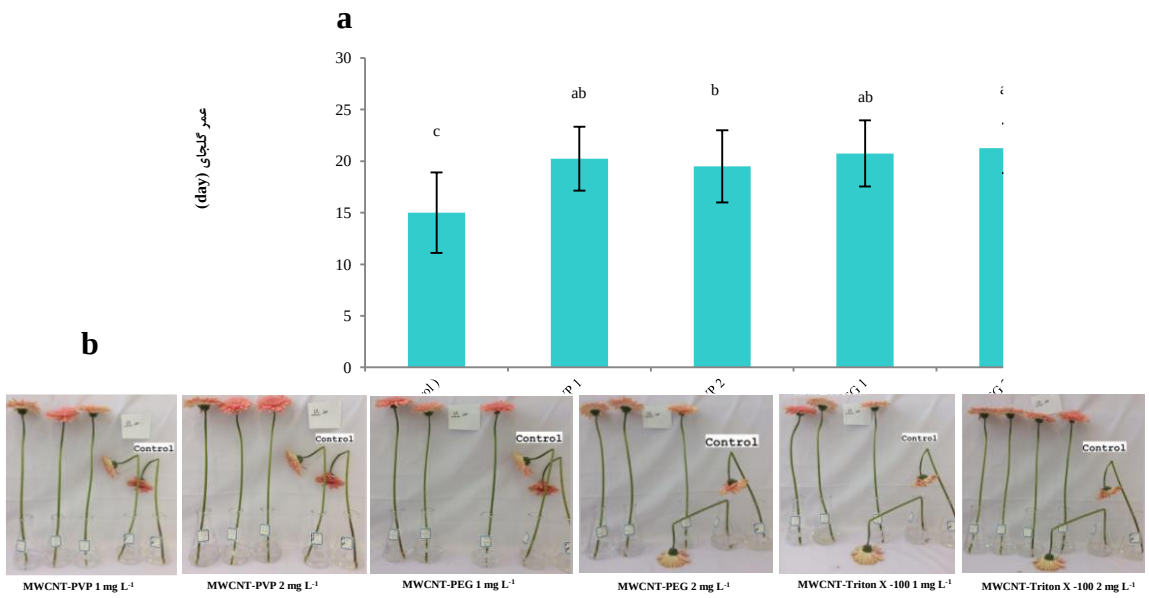
Table 1- ANOVA for the vase life of gerbera cv. 'Rosalin' cut flowers in response of nanocomposites as a vase solution.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares
		عمر گلجای Vase life
نانوکامپوزیت Nanocomposite	6	23.47**
خطا Error	21	1.57
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.24

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

** : significant at $p<0.01$.

به علاوه انتقال نانولوله‌های کربنی از طریق سیستم آوندی امکان‌پذیر است، این نانوذرات به همراه آب و مواد غذایی وارد ساقه شده و سپس امکان جابجایی آن‌ها در سراسر گیاه از طریق تعرق میسر می‌گردد (Liné *et al.*, 2017). در پژوهشی استفاده از نانولوله‌های کربنی در محلول‌های نگهدارنده سبب افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه بریدنی میخک شد. مشخص شد که نانولوله‌های کربنی از طریق بهبود تعادل آب، جذب آب را بیشتر از تعرق تحریک کرده و وزن‌تر گل‌های شاخه بریدنی را افزایش می‌دهند (Ahmadi-Majd *et al.*, 2022). در یک تحقیق مشخص شد که عمر گلجای گل‌های تیمار شده ژربرا با نانو ذرات نقره در مقایسه با نیترات نقره معمولی و شاهد افزایش یافت (Avilala *et al.*, 2021). این اثر نانو ذرات نقره در افزایش عمر گلجای به دلیل کاهش رشد باکتری‌ها و انسداد آوندی، جذب آب بیشتر، کاهش سرعت تعرق و مهار عمل اتیلن عنوان شد.



شکل ۱- تاثیر نانوکامپوزیت‌های مختلف به عنوان محلول گلجای بر عمر گلجای(a) و کیفیت ظاهری گل های شاخه بریده (b) ژربرا رقم 'Rosalin'

Figure 1- The effect of different nanocomposites as vase solutions on the vase life (a) and visual quality (b) of gerbera cv. 'Rosalin' cut flowers

جذب آب

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثرات ساده نانوکامپوزیت‌ها، زمان و برهمکنش نانوکامپوزیت‌ها و زمان بر میزان جذب آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان جذب آب با گذشت زمان و با پایان ماندگاری گل‌ها کاهش پیدا کرد، روند کاهش جذب آب در

تیمارهای نانوکامپوزیت نسبت به شاهد کمتر بود. تیمار MWCNTs-Triton X-100 با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تاثیر را در جذب آب داشت. کمترین میزان جذب آب مربوط به شاهد و تیمار MWCNTs-PEGبا غلظت دو میلی‌گرم بر لیتر بود (شکل ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس جذب آب، وزن تر نسبی، محتوای نسبی آب گلبرگ‌ها و ساقه گل‌های شاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin' در پاسخ به نانوکامپوزیت ها به عنوان محلول گلجای

Table 2- ANOVA for water uptake, relative fresh weight, relative water content of petals and stem of gerbera cv. 'Rosalin' cut flowers in response to nanocomposites as vase solutions

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		جذب آب Water uptake	وزن تر نسبی Relative fresh weight	محتوای نسبی آب گلبرگ Petal relative water content	محتوای نسبی آب ساقه Stem relative water content
نانوکامپوزیت Nanocomposite	6	550.23**	11.47**	223.31**	941.39**
زمان Time	7	4902.01**	56.62**	1960.62**	1409.74**
نانوکامپوزیت× زمان Nanocomposite × Time	42	38.01**	0.59 ns	29.23 ns	384.06 ns
خطا Error	112	3.32	0.45	7.92	14.54
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.6	3.9	5.15	5.97

ns و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد.

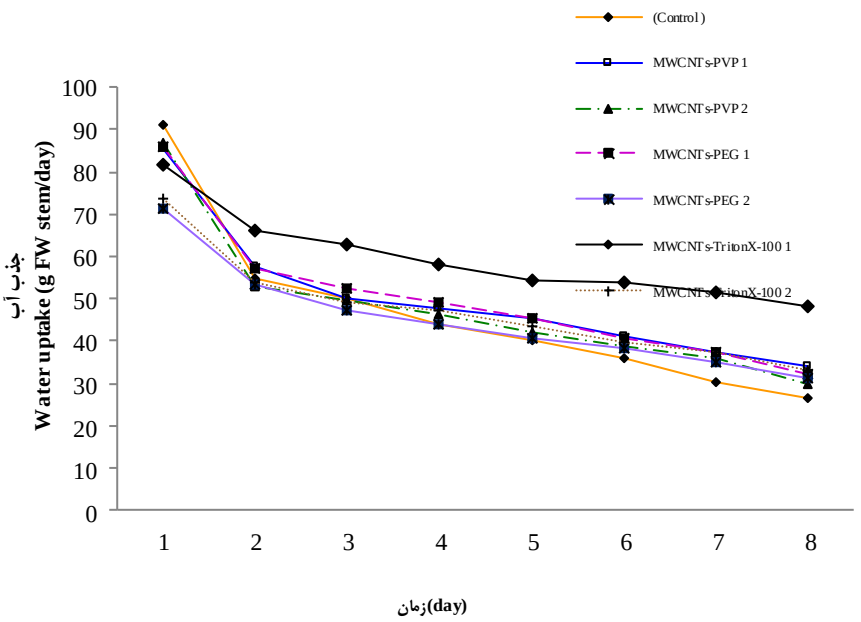
ns and **: non-significant and significant at $p<0.01$, respectively.

سرعت پایین جذب آب می‌تواند به دلیل انسداد بافت‌های آوند چوبی توسط حباب‌های هوا، تجمع میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها و قارچ‌ها) و همچنین تولید و رسوب موادی مانند تانن و سوبرین در انتهای ساقه گل‌های بریدنی باشد (Shabanian *et al*., 2018, Wu *et al*., 2019). تحقیقات انجام شده نشان داده که نانوذرات از طریق کاهش رشد باکتری‌ها در محلول‌های نگهدارنده، جذب آب و عمر گلجای گل‌های بریدنی را افزایش می‌دهند (Maity *et al*., 2019). بنابراین در پژوهش حاضر افزایش سرعت جذب آب در گل ژربرا ممکن است به دلیل بهبود روابط آبی و خاصیت ضد باکتریایی نانوکامپوزیت‌ها باشد. نانوذرات روی سطح میکروارگانیسم‌ها جذب می‌شوند و با ایجاد سوراخ در دیواره سلولی آن‌ها وارد سیتوپلاسم شده و به طور مستقیم یا غیرمستقیم پروتئین‌ها را از بین می‌برند و در نهایت منجر به مرگ سلول‌های باکتریایی می‌شوند (Liao *et al*., 2019). به علاوه نانولوله‌های کربنی به دلیل ساختار لوله‌ای شکل می‌توانند مسیری برای جذب و انتقال آب به بخش‌های بالایی گیاه فراهم کنند و سبب بهبود روابط آبی در گیاه شوند (Khodakovskaya *et al*., 2009). بنابراین نانولوله‌های کربنی با افزایش جذب آب باعث بهبود خصوصیات ظاهری و فیزیولوژیکی گل‌های بریدنی در دوره پس از برداشت می‌شوند. یافته‌های حاضر همسو با نتایج پژوهش‌های پیشین مبنی بر نقش نانوذرات در افزایش جذب آب و عمر گلجای گل‌های بریدنی رز (El-Serafy 2019)، داودی و میخک (Rashidiani *et al*., 2020) است.

وزن تر نسبی گل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادکه تأثیر تیمارهای مختلف بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). شکل ۳ نشان داد که در همه تیمارها با گذشت زمان وزن‌تر نسبی کاهش یافت. روند کاهش وزن‌تر در تیمار شاهد سریعتر از بقیه تیمارها بود. در تیمار MWCNTs-PEG با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر روند کاهش وزن‌تر نسبی کندتر بود. بیشترین میزان وزن‌تر در روز پایانی مربوط به غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر MWCNTs-PEG بود.

وزن‌تر نسبی از شاخص‌های نشان‌دهنده روابط آبی مطلوب در گل‌های شاخه بریدنی است (Solgi 2020). در گل‌های شاخه بریدنی با گذشت زمان آوندها به دلیل رشد میکروارگانیسم‌ها مسدود می‌شوند (Jamali Moghadam 2021) و تعرق همراه با جذب آب پس از قطع گل افزایش می‌یابد. از این رو، اگر جذب آب کافی نباشد، ساقه‌های برش خورده آب خود را از دست می دهند و باعث کم آبی و از بین رفتن فشار تورژسانس در تمام بافت‌ها می‌شود (Perik *et al*., 2014).



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف نانوکامپوزیت‌ها بر جذب آب گل‌هایشاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin'

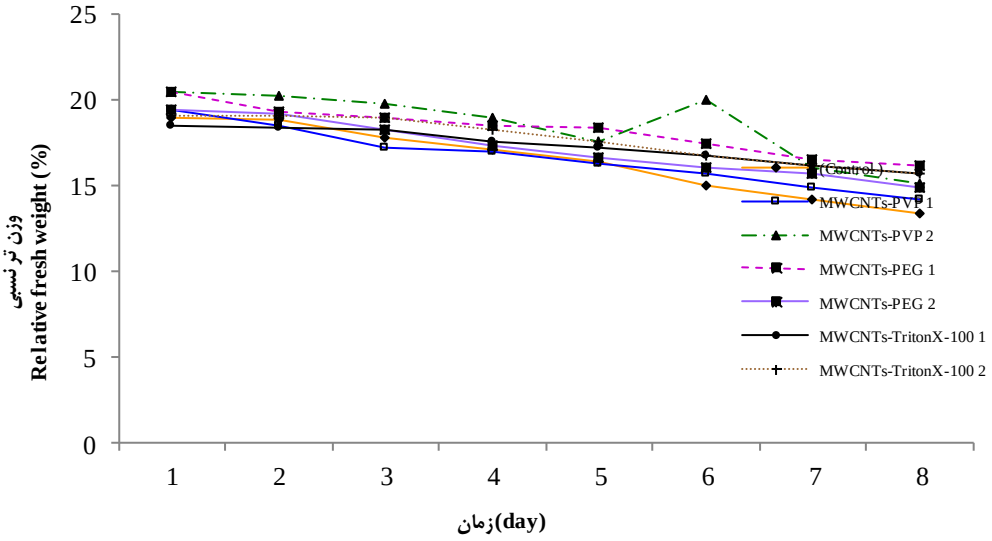
Figure 2- The effect of different concentrations of nanocomposites on water uptake of gerbera cv. 'Rosalin' cut flowers control (آب مقطر)، MWCNTs-PVP (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره- پلی وینیل پیرولیدون)، MWCNTs-PEG (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر MWCNTs-Triton X-100 (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره- پلی اتیلن گلیکول)، محلول نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره - تریتون ایکس ۱۰۰)

گزارش شده است که مصرف آب توسط ساقه گل ژربرا با وزن گل مرتبط است، زیرا هر چه وزن و جذب آب بیشتر باشد، عمر گلجای بیشتر می‌شود (Abd-El-Hady 2020). در پژوهش حاضر نیز احتمال می‌رود که کاهش وزن‌تر نسبی گل‌های شاخه بریدنی در طول دوره پس از برداشت به علت کاهش جذب آب باشد. تغییرات وزن تر نسبی رابطه مستقیم با جذب آب دارد و بر اساس نتایج، بالا بودن میزان جذب آب و وزن‌تر نسبی گل در تیمارهای حاوی نانوکامپوزیت تاییدکننده جذب و جابجایی نانوکامپوزیت‌ها و نقش موثر آن‌ها در افزایش جذب آب و وزن‌تر گل‌های شاخه بریدنی ژربرا است. این احتمال وجود دارد که نانولوله‌های کربنی با تاثیر بر کانال‌های عبور آب در غشاء سلولی و تنظیم عمل آن بتوانند به ورود آب به درون سلول‌ها کمک کنند (Khodakovskaya *et al.*, 2009). حسن (Hassan 2014) گزارش داد که نانوذرات نقره عمر گل‌های بریدنی رز را به دلیل حفظ وزن‌تر نسبی و محتوای نسبی آب طولانی‌تر کردند. علاوه بر این کاهش وزن‌تر یکی از نشانه‌های پیری گل بریدنی است که با از دست دادن آب همراه است (Jamali Moghadam 2021). نظری (Nazari 2017) نشان داد که نانوذرات نقره از کاهش جذب آب و وزن‌تر نسبی جلوگیری کرده و باعث به تاخیر انداختن پیری و افزایش عمر گلجای در گل شاخه‌بریدنی ژربرا رقم 'Pink Power' شدند.

محتوای نسبی آب گلبرگ و ساقه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای نسبی آب گلبرگ و ساقه اثر نانوکامپوزیت، زمان و اثر متقابل نانوکامپوزیت‌ها و زمان در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان افزایش محتوای نسبی آب گلبرگ در همه تیمارها به ویژه تیمار نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر (بیشترین مقدار محتوای نسبی آب) نسبت به شاهد بیشتر بود. میانگین داده‌ها نشان داد که محتوای نسبی آب گلبرگ در زمان اول (پنج روز پس از اعمال تیمار) نسبت به زمان دوم (پانزده روز پس از اعمال تیمار) بیشتر بوده است (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمارهای بکار رفته محتوای نسبی آب ساقه با گذشت زمان کاهش یافت، سرعت کاهش محتوای نسبی آب ساقه در همه تیمارها یکسان نبود، به طوری که بیشترین محتوای نسبی آب ساقه مربوط به تیمار MWCNTs-Triton X-100 با

غلظت یک میلی گرم بر لیتر بود. تغییرات محتوای نسبی آب از جذب آب در گل تبعیت می‌کند، افزایش محتوای آب نتیجه جذب بیشتر آب است. نتایج ارائه شده در شکل ۲ نشان داد که میزان جذب آب در تیمارهای حاوی نانوکامپوزیت بالاتر است و بیشترین جذب آب مربوط به تیمار نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر است. این تیمار همچنین در محتوای نسبی آب گلبرگ و ساقه بیشترین مقدار را نشان داد (جدول ۳).



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف نانوکامپوزیت‌ها بر وزن تر نسبی گل‌های شاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin'

Figure 3- The effect of different concentrations of nanocomposites on relative fresh weight of gerbera cv. 'Rosalin' cut flowers

MWCNTs-، (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره- پلی وینیل پیرولیدون)، MWCNTs-PVP (آب مقطر)، control (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر MWCNTs-Triton X-100 (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره- پلی اتیلن گلیکول)، PEG محلول نانوکامپوزیت نانولوله کربنی چند دیواره - تریتون ایکس ۱۰۰)

جدول ۳- تأثیر نانوکامپوزیت‌های مختلف به عنوان محلول گلجای بر محتوای نسبی آب گلبرگ و محتوای نسبی آب ساقه گل شاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin'

Table 3- The effect of different nanocomposites as vase solutions on petals relative water content and stem relative water content of gerbera cv. 'Rosalin' cut flower

تیمار Treatment ($mg.l^{-1}$)	محتوای نسبی آب گلبرگ Petal relative water content (%)		محتوای نسبی آب ساقه Stem relative water content (%)	
	روز پنجم Day 5	روز پانزدهم Day 15	روز پنجم Day 5	روز پانزدهم Day 15
Control	^{fg}52.58	^{j}37.25	^{c}63.54	^{e}54.97
MWCNTs-PVP 1	^{cd}62.1	^{hi}46.47	^{c}63.88	^{de}56.38
MWCNTs-PVP 2	^{de}58.19	^{hi}47.6	^{cd}62.49	^{e}54.68
MWCNTs-PEG 1	^{bc}64.56	^{gh}49.9	^{c}63.5	^{e}53.25
MWCNTs-PEG 2	^{ef}56.49	^{i}43.91	^{c}63.09	^{e}54.85
MWCNTs- Triton X-100 1	^{a}69.53	^{ef}56.82	^{a}105.11	^{b}79.34
MWCNTs- Triton X-100 2	^{ab}66.86	^{f}52.69	^{c}65.88	^{e}52.9

میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

Means followed with different letters in each column indicate a significant difference at $p\leq0.05$ based LSD test

گلبرگ‌های یک گل مهم‌ترین بخش زینتی آن هستند و تورژسانس این بخش برای داشتن ظاهر جذاب و بازارپسند محصول ضروری می‌باشد (Abdoli *et al*., 2019). در بسیاری از گل‌های شاخه بریدنی، رشد میکروارگانیسم‌ها در آوندهای چوبی، جذب آب را

کاهش داده و مسیر عبور آب را به سر گل مسدود می‌کند و باعث پژمردگی زودرس گلبرگ‌ها می‌شود (Naing 2020). بنابراین حفظ آب گلبرگ و ساقه به کمک تیمارهای مختلف نقش مهمی جهت جلوگیری از پژمردگی و پیری گل‌ها دارد (Madadzadeh *et al.*, 2014). در این میان نانوله‌های کربنی با داشتن ساختار لوله‌ای شکل سبب افزایش جذب آب و به دنبال آن افزایش محتوای آب گلبرگ و ساقه ژربرا شدند بدین ترتیب پژمردگی گلبرگ‌ها را به تأخیر انداختند. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد نانولوله‌های کربنی می‌توانند جذب آب در سلول‌های گیاه را افزایش دهند (Camargo *et al.*, 2009). این اثر نانولوله‌ها به فعال شدن یک پروتئین کانال آب (آکواپورین) در گیاهان نسبت داده شده است (Lahiani *et al.*, 2006, Villagarcia *et al.*, 2012). نتایج پژوهش سایر محققان در خصوص نقش نانوذرات نقره در افزایش محتوای آب گل‌ها و برگ‌های گل‌های شاخه بریدنی نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند. محتوای آب زیاد گل‌ها و برگ‌ها می‌تواند ناشی از تیمارهای نانوذرات در افزایش جذب آب و کاهش تعرق و مهار رشد میکروبی در انتهای ساقه باشد (Bahremand 2014).

شمارش جمعیت باکتریایی انتهای ساقه

نمونه‌برداری از مقاطع عرضی ساقه در تیمار شاهد و نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر (بهترین تیمار) انجام شد. نتایج بدست آمده از کشت باکتری نشان داد که جمعیت باکتریایی انتهای ساقه در شاهد در طول دوره گلجای بیشتر از جمعیت باکتریایی انتهای ساقه در تیمار نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 (غلظت ۲ میلی گرم بر لیتر) بود (جدول ۴).

جدول ٤- جمعیت باکتری در انتهای ساقه گل شاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin'

Table 4- Bacterial population in stem end of gerbera cv. 'Rosalin' cut flower

تیمار Treatment	log CFU g^{-1}
Control	185×10^{7}
MWCNTs- Triton X-100 2	62×10^{5}

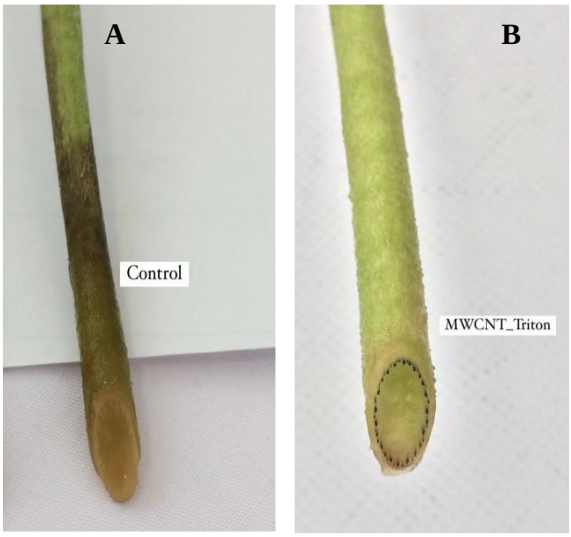
به طور معمول پس از قرارگیری گل‌های شاخه بریدنی در محلول‌های گلجای تکثیر میکروارگانیسم‌ها در انتهای ساقه باعث قطع انتقال آب و در نتیجه انسداد آوندی می‌شود (Hassan 2014). بنابراین ترکیبات ضدباکتریایی با مهار رشد باکتری‌های انتهای ساقه سبب افزایش جذب آب و کاهش جمعیت باکتریایی انتهای ساقه گل‌های شاخه بریدنی می‌شوند (Naing 2020). در این پژوهش مشاهده شد که کاربرد نانولوله‌های کربنی در طول دوره عمر گلجای از نظر میزان آلودگی به میکروارگانیسم‌ها، جمعیت باکتریایی و له شدن انتهای ساقه اثر قابل توجهی داشت. در مقایسه انجام شده بین تیمار نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 با تیمار شاهد کاهش قابل توجهی از آلودگی در انتهای ساقه گل مشاهده شد (شکل ۴). این امر نشان‌دهنده نقش مطلوب نانوکامپوزیت‌ها در کاهش انسداد آوندی ناشی از رشد باکتری‌ها و در نتیجه افزایش جذب آب و ماندگاری گل‌های شاخه بریدنی است. در مطالعاتی نقش نانوذرات نقره در کاهش جمعیت باکتریایی انتهای ساقه و بهبود جذب آب در گل‌های شاخه بریدنی ارکیده (Rahman *et al.*, 2019)، آلسترومریا (Langroudi *et al.*, 2020) و آنتوریوم (Amin 2017) گزارش شده است. احتمال می‌رود نانوذرات با آسیب رساندن به اجزای سلول‌های باکتریایی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و حتی اسیدهای نوکلئیک از رشد آن‌ها جلوگیری کرده و منجر به جذب بیشتر آب و کاهش جمعیت باکتریایی انتهای ساقه و محلول‌های گلجای می‌شوند (Sunpapao *et al.*, 2019).

ردیابی نانولوله کربن در ساقه

عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی از مقاطع عرضی ساقه گل‌ها در تیمار شاهد و بهترین تیمار از نظر ماندگاری گل، یعنی نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 با غلظت ۲ میلی گرم بر لیتر، انجام شد. نتایج حاصل از عکس‌برداری، تجمع نانولوله‌ها را به صورت کلاف‌های درهم تنیده شده (شکل ۵) در ساقه نشان داد. تجمع نانولوله‌ها در ساقه نقش نانوکامپوزیت‌ها را به عنوان یک حامل آب به بخش‌های بالایی ساقه، برگ و گل نشان می‌دهد، این امر باعث تداوم جریان آب در ساقه گل ژربرا در طول دوره پس از برداشت می‌شود که سبب کاهش خمیدگی ساقه، افزایش کیفیت و ماندگاری گل‌ها نسبت به شاهد شده است.

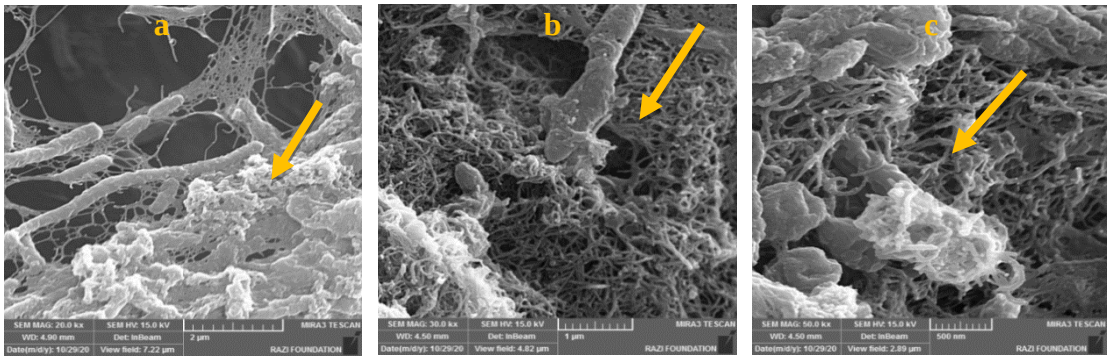
نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمام تیمارهای اعمال شده باعث افزایش عمر گلجای گل شاخه بریدنی ژربرا رقم 'Rosalin' می‌شوند. تیمار نانوکامپوزیت MWCNTs-Triton X-100 با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر عمر گلجای گل‌ها را حدود ۸ روز نسبت به شاهد افزایش داد. عمر گلجای طولانی گل‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانوکامپوزیت نشان‌دهنده نقش مطلوب این تیمارها در کاهش انسداد آوندی ناشی از رشد باکتری‌ها و در نتیجه افزایش جذب آب و وزن‌تر نسبی گل شاخه بریدنی ژربرا است. همچنین مشاهده تصاویر SEM بیانگر عبور نانولوله‌های کربنی از آوند گل‌ها بود، که سبب افزایش عمر گلجای شد.



شکل ٤- وضعیت آلودگی باکتریایی در انتهای ساقه برش خورده ژربرا رقم 'Rosalin'. A: شاهد؛ B:MWCNTs-Triton X-100 (2 mg.L^{-1})

Figure 4- Bacterial contamination status at the end of gerbera cv. 'Rosalin' cut stem. A: control; B: MWCNTs-Triton X-100 (2 mg.L^{-1})



شکل ٥- مقطع ساقه (ابعاد ۲ میکرومتر (a)، ۱ میکرومتر (b) و ۵۰۰ نانومتر (c)) و تجمع نانولوله‌ها در ساقه گل شاخه بریده ژربرا رقم 'Rosalin'

Figure 5- Cross section of stem (dimensions: 2 µm (a),1 µm (b), and 500 nm (c)) and accumulation of nanotubes in gerbera cv. 'Rosalin' cut flower stem

منابع

1. Abd-El-Hady, W.M.F. (2020). Effect of potassium nitrate and adenosine triphosphate on pre-and post-harvest gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) Plants. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants 7*(3): 337-348. http://doi.org/10.21608/sjfop.2020.114574.
2. Abdoli, F., Dehestani Ardakani, M., & Gholamnezhad, J. (2019). Improving vase life and qualitative properties of cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) by tragacanth gel and hot water. *Flower and Ornamental Plants 3*(2): 43-54.
3. Ahmadi-Majd, M., Mousavi-Fard, S., Rezaei Nejad, A., & Fanourakis, D. (2022). Carbon nanotubes in the holding solution stimulate flower opening and prolong vase life in carnation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture 9*(1): 1-22. http://doi.org/10.1186/s40538-021-00264-1.
4. Ahmadi-Majd, M., Rezaei Nejad, A., Mousavi-Fard, S., & Fanourakis, D. (2021). Postharvest application of single, multi-walled carbon nanotubes and nanographene oxide improves rose keeping quality. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 1-15. http://doi.org/10.1080/14620316.2021.1993755.
5. Amin, O. A. (2017). Influence of Nanosilver and Stevia extract on cut *Anthurium* inflorescences. *Middle East Journal of Applied Sciences 7*(2): 299-313.
6. Amingad, V., Sreenivas, K.N., Fakrudin, B., Seetharamu, G.K., Shankarappa, T.H., & Venugopalan, R. (2017). Comparison of silver nanoparticles and other metal nanoparticles on postharvest attributes and bacterial load in cut

roses var. Taj Mahal. *International Journal of Pure and Applied Bioscience* *5*(6): 579-584. http://doi.org/10.18782/2320-7051.2610.
7. Atefepour, E., Saadatian, M., Asil, M.H., & Rabiei, B. (2021). Effect of silver nano particles and 8-hydroxyquinoline citrate on the longer life of cut Gerbera (*Gerbera jamesonii*)'Sunway'flowers. *Scientia Horticulturae* 289: 110474. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110474.
8. Avilala, D.P., Lakshmi, K.S., Prasad, T.N.V.K.V., Bhaskar, V.V., Ramaiah, M., & Kadiri, L. (2021). Effect of nano silver and silver nitrate on vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii*) cv. Madagascar. *The Pharma Innovation Journal 10*(4): 967-970. http://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1ah.11594.
9. Bahremand, S., Razmjoo, J., & Farahmand, H. (2014). Effects of nano-silver and sucrose applications on cut flower longevity and quality of tuberose (*Polianthus tuberosa*). *International Journal of Horticultural Science and Technology 1*(1): 67-77. http://doi.org/10.22059/ijhst.2014.50519.
10. Balestra, G.M., Agostini, R., Varvaro, L., Mencarelli, F., & Bellincontro, A. (2005). Bacterial populations related to Gerbera (" *Gerbera jamesonii*" L.) stem break. *Phytopathol Mediterr* 44: 291–299.
11. Bankole, M.T., Abdulkareem, A.S., Mohammed, I.A., Ochigbo, S.S., Tijani, J.O., Abubakre, O.K., & Roos, W.D. (2019). Selected heavy metals removal from electroplating wastewater by purified and polyhydroxylbutyrate functionalized carbon nanotubes adsorbents. *Scientific Reports 9*(1): 1-19. http://doi.org/10.1038/s41598-018-37899-4.
12. Camargo, P.H.C., Satyanarayana, K.G., & Wypych, F. (2009). Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities. *Materials Research 12*(1): 1-39. http://doi.org/10.1590/S1516-14392009000100002.
13. Chehrazi, M., Pourghasemi, D., & Khoshbakht, M. (2018). The effect of planting methods and calcium nanoparticles spray on quality, quantity and vase life of *Gladiolus hybrida* cv. Magma. *Journal of Plant Productions 41*(2): 55-66.
14. Dole, J. M. & Wilkins, H. F. (2004). Floriculture: Principles and Species. Pearson Prentice Hall.
15. El-Serafy, R.S. (2019). Silica Nanoparticles Enhances Physio-Biochemical Characters and Postharvest Quality of L. Cut Flowers. *Journal of Horticultural Research*, 27(1): 47-54. DOI: 10.2478/johr-2019-0006.
16. Fatemi, S.M., & Foroutan, M. (2015). Study of dispersion of carbon nanotubes by Triton X-100 surfactant using molecular dynamics simulation. *Journal of The Iranian Chemical Society 12*(11): 1905-1913. http://doi.org/10.1007/s13738-015-0665-1.
17. Fathi, Z., Nejad, R.A.K., Mahmoodzadeh, H., & Satari, T.N. (2017). Investigating of a wide range of concentrations of multi-walled carbon nanotubes on germination and growth of castor seeds (*Ricinus communis* L.). *Journal of Plant Production Research 57*(3): 228-236. http://doi.org/10.1515/jppr-2017-0032.
18. García-González, A., Soriano-Melgar, L.D.A.A., Cid-López, M.L., Cortez-Mazatán, G.Y., Mendoza-Mendoza, E., Valdez-Aguilar, L.A., & Peralta-Rodríguez, R.D. (2022). Effects of calcium oxide nanoparticles on vase life of gerbera cut flowers. *Scientia Horticulturae* 291: 110532. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110532.
19. Gerabeygi, K., Roein, Z., & Rezvanipour, S. (2021). Control of stem bending in cut gerbera flowers through application of dithiothreitol and thioglycolic acid as wound reaction inhibitors. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 96*(5): 653-662. http://doi.org/10.1080/14620316.2021.1887768.
20. Gopannagari, M., Kumar, D.P., Park, H., Kim, E.H., Bhavani, P., Reddy, D.A., & Kim, T.K. (2018). Influence of surface-functionalized multi-walled carbon nanotubes on CdS nanohybrids for effective photocatalytic hydrogen production. *Applied Catalysis B: Environmental* 236: 294-303. http://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.05.009.
21. Haberman, A., Zelinger, E., & Samach, A. (2017). Scanning electron microscope (SEM) imaging to determine inflorescence initiation and development in olive. *Bio-Protocol 7*(19): e2575-e2575. http://doi.org/10.21769/BioProtoc.2575.
22. Haghighi, M., & da Silva, J.A.T. (2014). The effect of carbon nanotubes on the seed germination and seedling growth of four vegetable species. *Journal of Crop Science and Biotechnology 17*(4): 201-208. http://doi.org/10.1007/s12892-014-0057-6.
23. Hassan, F.A.S., Ali, E.F., & El-Deeb, B. (2014). Improvement of postharvest quality of cut *rose* cv. 'First Red'by biologically synthesized silver nanoparticles. *Scientia Horticulturae* 179: 340-348. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.053.
24. He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E., & Faragher, J. D. (2006). Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo'inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, 41(1): 78-84. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.002.
25. Hema, P., Bhaskar, V.V., Dorajeerao, A.V.D., & Suneetha, D.R.S. (2018). Effect of post-harvest application of biocides on vase life of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook) cv. Alppraz. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7. http://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.300.
26. Jamali Moghadam, H., & Hassanpour Asil, M. (2021). Improving morpho-physiological characteristics and extending vase life of Lily (*Lilium* LA Hybrid) cv. Original Love using gibberellic acid and humic acid. *Flower and Ornamental Plants 6*(1): 49-70.
27. Jamaloei, B.Y. (2009). Insight into the chemistry of surfactant-based enhanced oil recovery processes. *Recent*

Patents on Chemical Engineering 2(1): 1-10. http://doi.org/10.2174/1874478810902010001.
28. Joseph, S., & Aluru, N.R. (2008). Why are carbon nanotubes fast transporters of water? *Nano Letter 8*(2): 452-458. http://doi.org/10.1021/nl072385q.
29. Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F., &Biris, A.S. (2009). Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *ACS Nano 3*(10): 3221-3227. http://doi.org/10.1021/nn900887m.
30. Koczkur, K.M., Mourdikoudis, S., Polavarapu, L., & Skrabalak, S.E. (2015). Polyvinylpyrrolidone (PVP) in nanoparticle synthesis. *Dalton Transactions 44*(41): 17883-17905. http://doi.org/10.1039/C5DT02964C.
31. Koob, A.O., & Borgens, R.B. (2006). Polyethylene glycol treatment after traumatic brain injury reduces β-amyloid precursor protein accumulation in degenerating axons. *Journal of Neuroscience Research 83*(8): 1558-1563. http://doi.org/10.1002/jnr.20837.
32. Lahiani, M.H., Dervishi, E., Ivanov, I., Chen, J., & Khodakovskaya, M. (2016). Comparative study of plant responses to carbon-based nanomaterials with different morphologies. *Nanotechnology 27*(26): 265102. http://doi.org/10.1088/0957-4484/27/26/265102.
33. Langroudi, M.E., Hashemabadi, D., KalateJari, S., & Asadpour, L. (2020). Effects of silver nanoparticles, chemical treatments and herbal essential oils on the vase life of cut alstroemeria (*Alstroemeria* 'Summer Sky') flowers. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 95*(2): 175-182. http://doi.org/10.1080/14620316.2019.1657786.
34. Liao, S., Zhang, Y., Pan, X., Zhu, F., Jiang, C., Liu, Q., & Chen, L. (2019). Antibacterial activity and mechanism of silver nanoparticles against multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *International Journal of Nanomedicine* 14: 1469. http://doi.org/10.2147/IJN.S191340.
35. Liné, C., Larue, C., & Flahaut, E. (2017). Carbon nanotubes: Impacts and behaviour in the terrestrial ecosystem-A review. *Carbon* 123: 767-785. http://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.07.089.
36. Liu, J., He, S., Zhang, Z., Cao, J., Lv, P., He, S., Cheng, G. & Joyce, D. C. (2009). Nano-silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut *Gerbera* cv. Ruikou flowers. *Postharvest Biology and Technologoy* 54: 59–62. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.05.004.
37. Liu, Z., Robinson, J.T., Sun, X., & Dai, H. (2008). PEGylated nanographene oxide for delivery of water-insoluble cancer drugs. *Journal of the American Chemical Society 130*(33): 10876-10877. http://doi.org/10.1021/ja803688x.
38. Madadzadeh, N., Hassanpour Asil, M., & Roein, Z. (2014). Effect of Essential Oils and Silver Nanoparticles (SNP) on Vase Life of *Alstroemeria* Cut Flowers (cv. Sukari). *Iranian Journal of Horticultural Science 45*(1): 67-78.
39. Maity, T.R., Samanta, A., Saha, B., & Datta, S. (2019). Evaluation of Piper betle mediated silver nanoparticle in post-harvest physiology in relation to vase life of cut spike of *Gladiolus*. *Bulletin of the National Research Centre 43*(1): 1-11. http://doi.org/10.1186/s42269-019-0051-8.
40. Naing, A.H., & Kim, C.K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae* 270: 109463. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109463.
41. Nazari, F., & Saba, M.K. (2017). Combination effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) with ajowan essential oil and silver nanoparticles on postharvest life of gerbera (*Gerbera jamesonii*) cut flowers. *HortScience 52*(11): 1550-1555. http://doi.org/10.21273/HORTSCI12299-17.
42. Paul, D., Jannat, A., Mahmud, A.A., Akhter, M.J., & Mahmood, S. (2021). Preservative solutions on vase life and quality of cut *Polianthes tuberosa* L. *Ornamental Horticulture* 27: 417-424. http://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2375.
43. Perik, R.R., Razé, D., Ferrante, A., & van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: Effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharvest Biology and Technology* 98: 7-13. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.008.
44. Perik, R.R., Razé, D., Harkema, H., Zhong, Y., & van Doorn, W. G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Postharvest Biology and Technology* 74: 11-18. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.06.009.
45. Pisal, D.S., Kosloski, M.P., and Balu-Iyer, S.V. (2010). Delivery of therapeutic proteins. *Journal of Pharmaceutical Sciences 99*(6): 2557-2575. http://doi.org/10.1002/jps.22054.
46. Rahman, M.M., Ahmad, S.H., Mohamed, M.T.M., & Ab Rahman, M.Z. (2019). Improving the vase life of cut Mokara red orchid flower using leaf extracts with silver nanoparticles. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 89*(4): 1343-1350. http://doi.org/10.1007/s40011-018-1055-0.
47. Rashidiani, N., Nazari, F., Javadi, T., & Samadi, S. (2020). "Copper nanoparticles (CuNPs) increase the vase life of cut carnation and *Chrysanthemum* flowers: antimicrobial ability and morphophysiological improvements." *Ornamental Horticulture* 26: 225-235. http://doi.org/10.1007/s40011-018-1055-0.
48. Saifuddin, N., Raziah, A.Z., & Junizah, A.R. (2013). Carbon Nanotubes: A Review on Structure and Their Interaction with Proteins. *Journal of Chemistry* 1-18. http://doi.org/10.1155/2013/676815.
49. Shabanian, S., Esfahani, M.N., Karamian, R., & Tran, L.S.P. (2018). Physiological and biochemical modifications

by postharvest treatment with sodium nitroprusside extend vase life of cut flowers of two gerbera cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 137: 1-8. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.009.
50. Smart, R.E., and Bingham, G.E. 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology 53*(2): 258-260. http://doi.org/10.1104/pp.53.2.258.
51. Solgi, M. (2020). Application of Biogenic and Non-biogenic Synthesized Metal Nanoparticles on Longevity of Agricultural Crops. *In Biogenic Nano-Particles and their Use in Agro-ecosystems*. Springer, Singapore, 205-220. http://doi.org/10.1007/978-981-15-2985-6_12.
52. Sunpapao, A., Wonglom, P., Satoh, S., Takeda, S., & Kaewsuksaeng, S. (2019). Pulsing with Magnesium Oxide Nanoparticles Maintains Postharvest Quality of Cut Lotus Flowers (*Nelumbo nucifera* Gaertn) 'Sattabongkot'and 'Saddhabutra'. *The Horticulture Journal* 87: 1-7. http://doi.org/10.2503/hortj.UTD-087.
53. Tiwari, D.K., Dasgupta-Schubert, N., Cendejas, L.V., Villegas, J., Montoya, L.C., & García, S. B. (2014). Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. *Applied Nanoscience 4*(5): 577-591. http://doi.org/10.1007/s13204-013-0236-7.
54. Uthaman, A., Lal, H. M., Li, C., Xian, G., & Thomas, S. (2021). Mechanical and water uptake properties of epoxy nanocomposites with surfactant-modified functionalized multiwalled carbon nanotubes. *Nanomaterials 11*(5): 1234. http://doi.org/10.3390/nano11051234.
55. Villagarcia, H., Dervishi, E., de Silva, K., Biris, A.S., & Khodakovskaya, M.V. (2012). Surface chemistry of carbon nanotubes impacts the growth and expression of water channel protein in tomato plants. *Small 8*(15): 2328-2334. http://doi.org/10.1002/smll.201102661.
56. Wu, Z., Huang, X., He, S., Pang, Z., Lin, X., Lin, S., & Li, H. (2019). Transcriptomics profile reveals the temporal molecular events triggered by cut-wounding in stem-ends of cut 'Tiber' lily flowers. *Postharvest Biology and Technology* 156: 110950. http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110950.
57. Zhou, Y., Fang, Y., & Ramasamy, R.P. (2019). Non-covalent functionalization of carbon nanotubes for electrochemical biosensor development. *Sensors 19*(2): 392. http://doi.org/10.3390/s19020392.

Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 277-291

The Effect of Biofertilizer and Salicylic Acid on Quantitative and Qualitative Traits of *Satureja hortensis* L. under Drought Stress Conditions

M. Ghojavand[1], P. Kasraei[2]*, H.R. Tohidi Moghadam[3], M. Nasri[4], H.R. Larijani[5]

Received: 14-04-2022
Revised: 14-05-2022
Accepted: 18-06-2022
Available Online: 18-06-2022

How to cite this article:
Ghojavand, M., Kasraei, P., Tohidi Moghadam, H.R., Nasri, M., & Larijani, H.R. (2023). The effect of biofertilizer and salicylic acid on quantitative and qualitative traits of *Satureja hortensis* L. under drought stress conditions. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 277-291. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.76146.1163

Introduction

Satureja hortensis L. is an annual herbaceous plant of the mint family that has numerous raised or creeping stems or arched stems with a height of 10 to 30 cm. The height of this plant reaches a maximum of 60 cm. The stems and branches are usually covered with hairs. The leaves are opposite, have short or almost no petioles. The leaves are opposite, the petioles are short or almost without petioles, there are many small spots on the surface of the leaf called the tuber, which contains the essential oil. Knowledge of environmental, plant and agro-factors play an important role in the success of medicinal plants. One of the factors affecting the growth and development and production of active ingredients of medicinal and aromatic plants is water, the lack of which has a greater effect on reducing production than other inputs. Drought stress is an important global constraint on agricultural production and food security. Recently, there has been a growing interest in reducing the use of chemical fertilizers and exploring alternative methods for producing high-quality crops. This is particularly important in arid and semi-arid regions like most parts of Iran, where soil nutrient levels are often low. The use of biofertilizers can help strengthen plants and promote sustainable crop production. The objective of this study was to examine the impact of salicylic acid foliar application, Mycorrhiza-Azotobacter bio-fertilizers, and drought stress on the morphological and physiological characteristics of summer savory, a medicinal plant.

Materials and Methods

This experiment was conducted to evaluate some traits of summer savory in response to biological fertilizers, salicylic acid and drought stress in Zamanabad village of Rey city (Tehran province) during 2018 and 2017. This experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications, as a factorial split plot. The main factor was irrigation, with three levels including soil moisture potential (as a control), potential of -5.5 atmospheres as medium stress, and potential of -10 atmospheres as severe stress. Sub-factors included four levels of biological fertilizers: No inoculation, seed inoculation with Azotobacter strain, seed inoculation with Mycorrhiza, and concomitant use of Azotobacter + Mycorrhiza. Salicylic acid was also considered at two levels: no foliar application and foliar application with a concentration of 0.6 mM. The following plant characteristics were studied: plant height, root dry weight, shoot dry weight, total chlorophyll content, proline content, percentage, and essential oil yield. At full flowering stage, the plants were harvested and placed in an oven at 75 ° C for 24 hours to measure the dry weight of roots and shoots. 10 g of leaves and flowering twigs from each replicate were transferred to the laboratory to measure physiological traits. SAS 9.4 software was used to perform a two-year combined analysis of variance for the recorded traits. To ensure the uniformity of variance of errors, the Bartlett uniformity test of variance was performed based on the mean squares and the degree of error freedom in two years. Mean traits were also compared using the least significant difference test (LSD) at the 5% probability level.

1, 2, 3, 4 and 5- Ph.D. Student and Assistant Professors, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural, Islamic Azad University, Varamin-Pishva Branch, Pishva, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: dr.kasraei@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhs.2022.76146.1163

Results and Discussion

The results showed that the effect of drought stress, fertilizer and salicylic acid treatments on the studied traits of plant height and shoot and root dry weight, chlorophyll content, percentage and yield of essential oil and proline content were significant. Salicylic acid and the combined application of Azotobacter + mycorrhiza increased plant height, plant dry weight and root, as well as increased chlorophyll content, proline, percentage and yield of safflower essential oil under drought stress. According to the results of this experiment, it can be argued that the response of plant height, plant dry weight and essential oil yield to the increase in drought stress levels was negative, but the root dry weight, total chlorophyll, proline and essential oil percentage were the opposite response. The highest amount of these traits was observed in severe stress conditions and the combined application of bio-fertilizers (Azotobacter + Mycorrhiza) and salicylic acid 0.6 mM had a positive and increasing effect compared to other levels of bio-fertilizer and salicylic acid in The studied traits of the present study were observed.

Conclusion

According to the results of this experiment, the application of bio-fertilizers and foliar application of salicylic acid causes dehydration and dehydration, as well as the presence of essential oils, nutrients, and the quality of summer safflower under drought stress.

Keywords: Azotobacter, Dehydration, Essential oil, Mycorrhiza, *Satureja hortensis* L.

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۹۱-۲۷۷

بررسی اثر کود زیستی و اسید سالیسیلیک بر صفات کمی و کیفی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط تنش خشکی

محمود قجاوند[۱]- پورنگ کسرایی[۲*]- حمیدرضا توحیدی‌مقدم[۳]- محمد نصری[۴]- حمیدرضا لاریجانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

چکیده

مرزه تابستانی (*Satureja hortensis* L.) از گیاهان بومی ایران است که در طب سنتی به‌عنوان داوری محرک، ضد نفخ، خلط‌آور، مقوی معده، ضد اسهال و ضد سرطان کاربرد دارد. این آزمایش به‌منظور بررسی برخی صفات گیاه دارویی مرزه تابستانه در پاسخ به کودهای بیولوژیک، اسید سالیسیلیک و تنش خشکی طی دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح (پتانسیل رطوبت خاک ۰/۵- اتمسفر به‌عنوان شاهد، پتانسیل ۶/۵- اتمسفر به‌عنوان تنش متوسط و پتانسیل ۱۰- اتمسفر به‌عنوان تنش شدید که در مرحله ۴ تا۶ برگی استقرار گیاه با کشت مستقیم) به‌عنوان فاکتور اصلی اعمال شدند و فاکتورهای فرعی شامل کود بیولوژیک ازتوباکتر و میکوریزا در چهار سطح (۱- عدم تلقیح به‌عنوان شاهد، ۲- تلقیح بذر با ازتوباکتر ، ۳- تلقیح بذر با میکوریزا و ۴- استفاده توأم ازتوباکتر و میکوریزا) و اسید سالیسیلیک در دو سطح (۱- عدم محلول‌پاشی و ۲- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار) بودند که در مرحله ۴ تا ۶ برگی قبل از گلدهی (۸۵ روز بعد از مرحله ۴ برگی) اعمال شدند. صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، میزان کلروفیل کل، میزان پرولین، درصد و عملکرد اسانس بررسی شدند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی، کودی و سالیسیلیک اسید بر صفات مورد مطالعه ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای کلروفیل، درصد و عملکرد اسانس و محتوای پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. اسید سالیسیلیک و کاربرد توأم ازتوباکتر و میکوریزا سبب افزایش ۱۷ درصدی ارتفاع بوته، ۱۹ درصدی وزن خشک بوته، ۵۳ درصدی محتوای کلروفیل، ۳۳ درصدی درصد اسانس و ۹ درصدی عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد شدند. بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۴۸/۶۷ سانتی‌متر)، وزن خشک اندام هوایی (۲۸/۸۳ گرم)، وزن خشک ریشه (۲/۲۷ گرم)، محتوای کلروفیل (۱/۱۸ میلی‌گرم بر گرم)، درصد اسانس (۱/۸۷ درصد) و عملکرد اسانس (۹۱۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد اسید سالیسیلیک و تیمار ترکیبی ازتوباکتر + میکوریزا بود. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که کاربرد کودهای زیستی به تنهایی و یا همراه با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزه تأثیر مثبتی داشتند. امروزه استفاده از کودهای زیستی به جای مواد شیمیایی، هدف اصلی در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در گیاهان دارویی است. کاربرد کودهای زیستی همراه با تنظیم کننده‌های رشد می‌توانند جایگزین مناسبی برای مصرف کودهای شیمیایی در این گیاه شوند.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، اسانس، کم آبی، مرزه تابستانه، میکوریزا

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی و استادیاران گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، پیشوا، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: dr.kasraei@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jhs.2022.76146.1163

مقدمه

مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی علفی یک ساله از خانواده نعناعیان است که دارای ساقه‌های متعدد افراشته یا خیزان و یا ساقه‌های کمانی با ارتفاع ۱۰ الی ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. ارتفاع این گیاه حداکثر تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد. ساقه‌ها و شاخه‌ها معمولاً پوشیده از کرک می‌باشند. برگ‌ها متقابل، دارای دمبرگ‌های کوتاه یا تقریباً بدون دمبرگ می‌باشند. برگ‌ها متقابل، در سطح برگ لکه‌های کوچک فراوانی وجود دارد غده نامیده می‌شود که حاوی اسانس است (Yazdanpanah *et al*., 2011). مرزه تابستانه بومی شمال آفریقا، خاورمیانه، آسیای مرکزی، جنوب و جنوب شرقی اروپا است و حاوی بسیاری از ترکیبات فنلی و فرار مانند کارواکرول، γ–ترپینن، تیمول، پاراسیمن، بتا–آریلن، لینالول و سایر ترپنوئیدها است (Bimbiraite-Survilien *et al*., 2021). این جنس (*Satureja*) در ایران دارای ۱۲ گونه می‌باشد که از میان آن‌ها ۸ گونه انحصار کشور است که معمولاً در نواحی کوهستانی و صخره‌ای پراکنده هستند (Soleimani-Ahmadi *et al*., 2017). شناخت عوامل محیطی، گیاهی و زراعی نقش مهمی در موفقیت کشت گیاهان دارویی دارد. از جمله عوامل مؤثر بر رشد و نمو و تولید مواد مؤثره گیاهان دارویی و معطر، آب است که کمبود آن بیشتر از سایر نهاده‌ها بر کاهش تولید اثر می‌گذارد. تنش خشکی یک محدودیت جهانی مهم برای تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی است (Ahmed *et al*., 2021). اخیراً راهکارهای کاهش کودهای شیمیایی با استفاده از مواد غیر شیمیایی برای به دست آوردن محصولات با کیفیت بالا مورد بحث قرار گرفته است (Saki *et al*., 2019). در مناطق خشک و نیمه خشک مانند اکثر نقاط ایران، عناصر غذایی خاک پایین است. بنابراین، تقویت گیاه با کود زیستی امکان تولید و توسعه پایدار تولید محصول را فراهم می کند (Bergottini *et al*., 2015). امروزه استفاده از کودهای زیستی به جای مواد شیمیایی، هدف اصلی در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در گیاهان دارویی است. رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمیت و کیفیت ماده مؤثره می‌باشد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که تغذیه سالم گیاهان از طریق کاربرد کودهای بیولوژیک دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی باشد و منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی آنها شود (Wang *et al*., 2018). کاربرد ازتوباکتر به دلیل توان تثبیت ازت مولکولی به‌صورت همیاری با گیاهان و همچنین تولید هورمون‌های محرک رشد به‌عنوان یک کود بیولوژیک در کشاورزی مورد توجه قرار گرفت. این باکتری علاوه بر پتانسیل قابل توجهی که برای بهبود رشد گیاهان میزبان از خود نشان داده است، به دلایل دیگری مانند طیف وسیع گیاهان میزبان، تنوع گونه‌ای و تعدیل اثرات تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است. ازتوباکتر علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تأثیرگذار می‌باشد (Mahgoub *et al*., 2011). میکوریزا همزیستی مسالمت آمیز انواعی از قارچ‌های خاکزی و ریشه گیاهان می‌باشد و انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ، مهم‌ترین مشخصه همزیستی میکوریزا می‌باشد. قارچ میکوریزا وزیکولار آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Weisany *et al*., 2012). گزارشات متعددی از کاربرد اثر بخش کودهای زیستی ازتوباکتر، آزاسپریلیوم، ورمی کومپوست و میکوریزا در مقابله با تنش کم آبی در گیاه مرزه خوزستانی[1] (Mohammadi *et al*., 2021)، مرزه تابستانه[2] (Esmaielpour *et al*., 2013) و مرزه تابستانه (Esmaielpour *et al*., 2014) موجود می‌باشد. اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی در گیاه است که به عنوان یک تنظیم کننده شبه هورمونی مورد توجه است و در مکانیسم‌های دفاعی بر علیه تنش های زیستی و محیطی نقش حفاظتی مهمی دارد. القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم سالیسیلیک اسید به شمار می‌رود (Karagiannidisa *et al*., 2011). گزارشات مختلفی از کاربرد سالیسیلیک اسید در افزایش کمیت و کیفیت گیاه دارویی بابونه[3] (Dadkhah, *et al*., 2012)، آویشن دنایی[4] (Shabkhiz *et al*., 2021) و بالنگوی شهری[5] (Andalibi *et al*., 2021) منتشر شد. پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش گیاه دارویی مرزه تابستانه از نظر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی در پاسخ به محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی میکوریزا–ازتوباکتر در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی در مزرعه‌ای واقع در روستای زمان‌آباد شهر ری (استان تهران) به طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۳۹ دقیقه و ۵۷ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، ۱۹ دقیقه و ۳۴ ثانیه و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. این ناحیه‌دارای اقلیمی معتدل و خشک است. میانگین بارندگی سالانه ۳۰۰ میلی‌متر و

1- *Satureja khuzistanica*
2- *Satureja hortensis* L.
3- *Matricaria recutita*
4- *Thymus daenensis*
5- *Lallemantia iberica*

میانگین دمای متوسط سالیانه ۲۶ درجه می‌باشد. برای تعیین وضعیت خاک محل اجرای طرح پیش از شروع آزمایش، از عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil of Research Farm

بافت خاک Soil Texture	ماده آلی Orcanic C (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($ds\ m^{-1}$)	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)
لومی رسی شنی Silt Clay Loam	0.57	7.48	1.02	0.09	8.16	580

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های (۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۱- در حد پتانسیل رطوبت خاک ۰/۵- اتمسفر به‌عنوان شاهد، ۲- در حد پتانسیل ۶/۵- اتمسفر به‌عنوان تنش متوسط و ۳- در حد پتانسیل ۱۰- اتمسفر به‌عنوان تنش شدید که در مرحله ۴ تا۶ برگی (استقرار گیاه با کشت مستقیم) به‌عنوان فاکتور اصلی اعمال شدند و فاکتور فرعی شامل کود بیولوژیک ازتوباکتر و میکوریزا در چهار سطح ۱- عدم تلقیح به‌عنوان شاهد، ۲- تلقیح بذر با ازتوباکتر ،۳- تلقیح بذر با میکوریزا و ۴- استفاده توأم ازتوباکتر و میکوریزا و اسید سالیسیلیک در دو سطح ۱- عدم محلول‌پاشی و ۲- محلول‌پاشی با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار که در مرحله ۴ تا ۶ برگی قبل از گلدهی (۸۵ روز بعد از مرحله ۴ برگی) اعمال شدند، بودند. به‌منظور اعمال تنش خشکی دستگاه اکوتانسیومتر مدل (ساخت کشور آلمان شرکت اکوماتیک مدل EQ15 SN:02385) به مدت دو ماه قبل از اعمال تنش در منطقه ریشه در خاک قرار گرفت. پس از نصب دستگاه، خاک به‌طور کامل اشباع شده و روند تغییرات مکش خاک (و محتوای رطوبت خاک) تا پایان اعمال تنش‌ها هر یک ساعت یکبار ثبت شد. هر ماه داده‌ها از حسگر دستگاه به رایانه منتقل و قرائت می‌شد. بعد از تجزیه و تحلیل اطلاعات نموداری به صورت زمان و پتانسیل رطوبت رسم شد. بر اساس قرائت داده‌های میکروپروسسور و تجزیه تحلیل داده‌ها توسط رایانه و رسیدن به پتانسیل آبی مورد نظر زمان اعمال تنش مشخص شد. پس از محاسبه پتانسیل‌های رطوبتی خاک، اعمال سطوح تنش بعد از مرحله گلدهی به روش آبیاری نشتی (جوی و پشته‌ای) در زمان‌های ۳، ۱۱ و ۲۰ روز به ترتیب برای پتانسیل‌های رطوبتی ۰/۵-، ۶/۵- و ۱۰- اتمسفر انجام شد (Ahmadi and Omidi, 2019).

صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، میزان کلروفیل کل، میزان پرولین، درصد و عملکرد اسانس بررسی شدند. بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل برداشت شدند و برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی در آون دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. پس از تعیین وزن خشک، ۱۰ گرم برگ و سرشاخه گل‌دار از هر تکرار برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد به این ترتیب که ۰/۵ گرم بافت تازه برگ را با ۲۰ سی‌سی استن ۸۰ درصد به‌طور کامل عصاره‌گیری نموده، سپس به وسیله اسپکتروفوتومتر میزان کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد. محتوای کلروفیل‌های a، b و کل از فرمول‌های زیر به دست می‌آید:

$$Ca=12.7\ (A663)-2.69\ (A645) \times V/100W$$
$$Cb=22.9\ (A645)-2.69\ (A663) \times V/100W$$
$$CT=20.2\ (A645) + 8.02\ (A663) \times V/100W$$

A میزان جذب نوری،C میزان غلظت، Vحجم عصاره، D نسبت رقت و W وزن نمونه است.

برای اندازه‌گیری محتوای پرولین بافت برگ از روش بیتس و همکاران (Bates *et al*., 1973) استفاده شد. از لایه‌ی فوقانی حاوی تولوئن و پرولین، برای اندازه‌گیری محتوای پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر در برابر شاهد تولوئن خالص استفاده گردید. برای رسم منحنی استاندارد از پرولین خالص با غلظت‌های صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده گردید. سپس منحنی استاندارد پرولین رسم و مقدار پرولین محلول با کمک نمودار استاندارد در گرم وزن تر گیاه بدست آمد. به‌منظور تعیین میزان اسانس، مقدار ۵۰ گرم از برگ خشک شده در هر کرت آزمایشی انتخاب شد. هر نمونه بعد از آسیاب شدن، به درون یک بالن یک لیتری ریخته شد و مقدار ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد سپس به مدت ۴ ساعت، با استفاده از دستگاه کلونجر مدل HM6-500 اسانس‌گیری صورت گرفت. عمکرد اسانس از حاصل‌ضرب درصد اسانس در وزن خشک پیکر رویشی محاسبه شد.

تجزیه آماری

تجزیه واریانس مرکب دو ساله صفات ثبت شده با نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید. جهت اطمینان از یکنواختی واریانس خطاها، آزمون

یکنواختی (بارتلت) متجانس بودن واریانس‌ها بر اساس میانگین مربعات و درجه آزادی خطا در دو سال انجام شد. میانگین صفات نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش خشکی، کود زیستی، سالیسیلیک اسید، اثر دوگانه تنش خشکی در کود زیستی، تنش خشکی در سالیسیلیک اسید، کود زیستی در سالیسیلیک اسید، اثر سه گانه سال در تنش خشکی در سالیسیلیک اسید و تنش خشکی درکود زیستی در سالیسیلیک اسید معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج بررسی مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی (ازتوباکتر+میکوریزا) و محلول پاشی سالیسیلیک اسید دارای بالاترین ارتفاع بوته در تنش شدید (۱۰- اتمسفر) با میانگین ۴۸/۶۷ سانتی‌متر بود (شکل ۱). نتایج پژوهش حاضر با یافته ویسانی و همکاران (Weisany *et al.*, 2012) در بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر صفات کمی و کیفی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) مطابقت دارد، این محققین دریافتند که بیش‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به تلقیح توأم با کودهای زیستی (۲/۴۲ سانتی‌متر) بود که در مقایسه با کاربرد مجزای تیمار کود زیستی و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. یکی از عوامل تعیین کننده ارتفاع گیاه، تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه است، کودهای آلی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه می‌شوند.

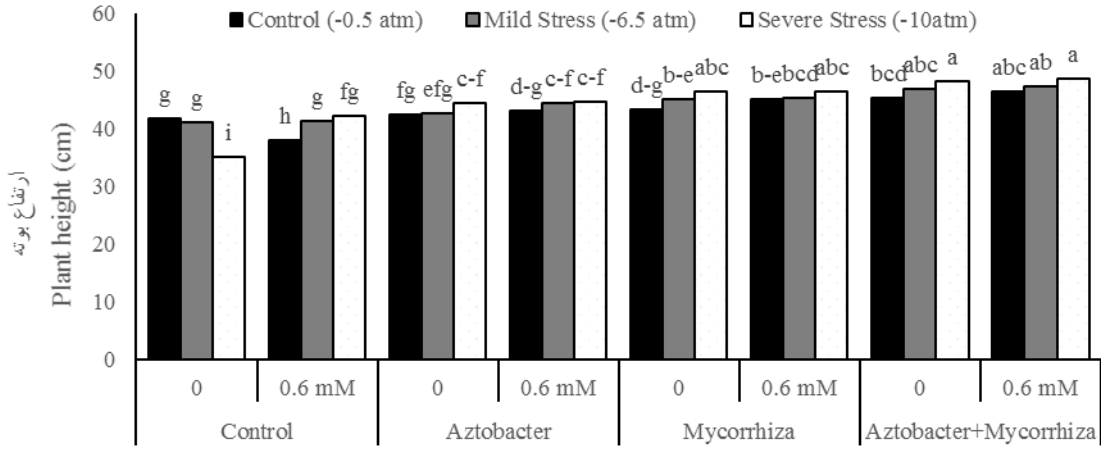
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گیاه مرزه تابستانه تحت اثر کودهای زیستی، سالیسیلیک اسید و تنش خشکی

Table 2- ANOVA for studied traits of summer savory under biofertilizers, salicylic acid and drought stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares						
		ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک بوته Plant dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Proline	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال Year (Y)	1	0.11ns	130*	0.12ns	0.0003ns	364ns	0.0007ns	48.84ns
خطای اصلی Main Error	2	0.29ns	72.83ns	0.84ns	0.04ns	561ns	0.02ns	58512ns
خشکی Drought (D)	2	132.51**	231**	1.03**	0.04**	119505**	0.32**	184828**
Y×D	2	7.92ns	338**	0.61**	0.07**	7307**	0.24**	6545**
خطای فرعی Sub Error	8	10.71ns	98ns	0.09ns	0.0007ns	993ns	0.002ns	4828ns
کود Fertilizer (F)	3	81.78**	235**	2.49**	0.06**	68104**	0.10**	51950**
اسیدسالیسیلیک Salicylic acid (S)	1	34.02**	403**	0.46**	0.04**	5881**	0.57**	7525**-
Y×F	3	0.51ns	13ns	0.02ns	0.0009ns	113ns	0.0002ns	45ns
Y×S	1	5.44ns	0.007ns	0.68**	0.01**	4106**	0.01**	5814**
D×F	6	51.32**	12ns	0.41**	0.01**	16314**	0.03**	12649**
D×S	2	55.21**	784**	1.08**	0.06**	25346**	0.28**	29427**
F×S	3	54.31**	34ns	0.97**	0.01**	14446**	0.05**	25499**
Y×D×F	6	3.03ns	11ns	0.05ns	0.0009ns	272ns	0.004ns	261ns
Y×D×S	2	13.13*	534**	1.21**	0.04**	23684**	0.50**	39899**
Y×F×S	3	1.24ns	7ns	0.27*	0.0005ns	16ns	0.0007ns	0.00007ns
D×F×*S	6	43.49**	34**	0.42**	0.01**	20722**	0.03**	0.03**
Y×D×F×S	6	1.15ns	8ns	0.12ns	0.003ns	187ns	0.001ns	0.001ns
ضریب تغییرات C.V (%)		4.33	26.35	22.01	9.42	4.42	2.98	2.98

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively



شکل ۱- اثر سه‌گانه کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر ارتفاع بوته گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

Figure 1- The triple effect of the (Aztobacter and Mycorrhiza) × salicylic acid ×irrigation on plant height of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$)

تأمین مواد غذایی و رفع نیازهای گیاه دارویی مرزه تابستانی در نتیجه کاربرد کودهای بیولوژیک باعث افزایش ارتفاع بوته این گیاه شد (Ghaderi *et al.*, 2020). علاوه بر این، تأثیر مثبت قارچ میکوریزا و بیوسفر بر ارتفاع بوته گیاهان دارویی مختلف مانند مرزه (Esmaeilpour *et al.*, 2013)، ترخون (Lamian *et al.*, 2015)، زیره سبز (Haghir Ebrahimabadi *et al.*, 2018) و نعناع فلفلی (Mahmoodzadeh *et al.*, 2016) گزارش شده است. ترشح ترکیب‌ها و هورمون‌های محرک رشد در گیاه به طور مستقیم و غیر مستقیم توسط باکتری‌های به کار رفته در کود زیستی در تحریک رشد گیاه نقش داشته‌اند (Motahari *et al.*, 2011). در تحقیق حاضر طی افزایش سطوح تنش خشکی کاهش در ارتفاع بوته گیاه دارویی مرزه تابستانه تحت شرایط تنش خشکی مشاهده شد. علت کاهش رشد ساقه در تنش خشکی این‌طور بیان شده است که فعالیت آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز در بافت‌های گیاهی که دارای رشد سریعی می‌باشند بسیار کم است ولی فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی افزایش یافته و موجب تجزیه هورمون اکسین در گیاه می‌گردد (Bahamin, 2011).

وزن خشک بوته

نتایج بدست آمده حاکی از معنی‌دار بودن تفاوت وزن خشک بوته تحت اثر اصلی سال در سطح یک درصد و اثر تنش خشکی، کودهای زیستی، سالیسیلیک اسید، اثر دوگانه سال در خشکی، تنش خشکی در سالیسیلیک اسید، اثر سه گانه سال در تنش خشکی در سالیسیلیک اسید و تنش خشکی در کودهای زیستی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین وزن خشک بوته‌های مرزه تابستانه در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اعمال توأم کودهای زیستی ازتوباکتر+میکوریزا در تنش شدید با میانگین ۲۸/۸۳ گرم مشاهده شد. همچنین کم‌ترین میزان وزن خشک بوته در شرایط عدم اعمال محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی در تنش شدید خشکی بدست آمد و کاربرد محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اعمال تیمار کود زیستی باعث افزایش وزن خشک بوته گیاه دارویی مرزه تابستانه می‌شود (شکل ۲). میرزا و همکاران (Mirzaei *et al.*, 2010) بیان کردند که گلدهی در نمونه‌های تنش یافته مرزه زودتر از بقیه به وقوع می‌پیوندد و تنش باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه، ساقه و نیز ارتفاع ساقه در نمونه‌های تنش یافته می‌گردد. نتایج بررسی اثر تلقیح با تثبیت کننده‌های نیتروژن، در گیاه دارویی مرزه افزایش غلظت برخی از عناصر پر مصرف در گیاه را ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه به ازای هر واحد از حجم خاک، افزایش جذب آب، فعالیت فتوسنتزی و تعرق بیان کردند که تلقیح با این کودها به‌طور مستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و مصرف کربوهیدرات‌ها در گیاهان مؤثر است (Esmaielpour *et al.*, 2013). نتایج حاصله از تحقیق حاضر با نتایج تحقیقاتی که بر روی گیاه دارویی مرزه (Mumivand *et al.*, 2013)، گیاه دارویی شنبلیله (Rahimi *et al.*, 2020) و گیاه دارویی مورتلخ (Ghesmati and Moradinezhad, 2019) انجام گرفته مطابقت داشت و مشخص شد که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی سبب افزایش وزن خشک گیاه مرزه در شرایط تنش خشکی شد. همچنین طی آزمایشی گیاه دارویی مرزه در تیمار حاوی مخلوط قارچ با باکتری، دارای بالاترین وزن خشک بوته بود. قابلیت دسترسی گیاه مرزه به عناصر غذایی بیشتر شاید دلیل عمده افزایش عملکرد و رشد گیاه در تیمار مخلوط قارچ و باکتری بوده است. البته

محققین، بهبود در رشد و نمو گیاهان در اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریزا را مرتبط با فراهمی جذب عناصر غذایی از طریق بهبود توسعه ریشه و افزایش سطح تماس با خاک، حل کردن فسفات و عناصر غذایی از ترکیبات آلی خاک از طریق تولید اسید فسفاتاز و در نهایت کاهش بیماری ریشه دانسته‌اند (Nosh and Kam *et al*., 2016).



شکل ۲- اثر سه‌گانه کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر وزن خشک بوته گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

Figure 2- The triple effect of the biofertilizer (Aztobacter and Mycorrhiza)×salicylic acid ×irrigation application on plant dry weight of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$)

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه تحت تأثیر اثرات اصلی خشکی، کود و سالیسیلیک اسید، اثر دوگانه سال در خشکی، سال در سالیسیلیک اسید، خشکی در کود زیستی، خشکی در سالیسیلیک اسید و کود زیستی در سالیسیلیک اسید، اثرات سه گانه سال در خشکی در سالیسیلیک اسید، سال در کود زیستی در سالیسیلیک اسید و خشکی در کود زیستی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفتند (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه تنش خشکی در کود زیستی و سالیسیلیک اسید، صفت وزن خشک ریشه در تنش شدید خشکی با اعمال کود زیستی (ازتوباکتر+میکوریزا) و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید ۰/۶ میلی‌مولار بیش‌ترین میزان را داشت.کم‌ترین میزان وزن خشک ریشه نیز در عدم تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید مشاهده شد (شکل ۳).



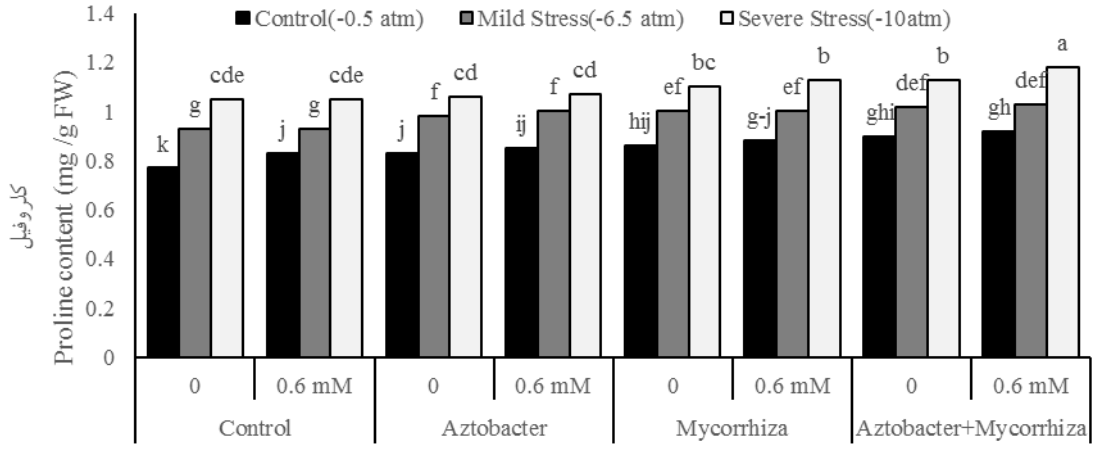
شکل ۳- اثر سه‌گانه کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر وزن خشک ریشه گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

Figure 3- The triple effect of the biofertilizer (Aztobacter and Mycorrhiza)×salicylic acid ×irrigation application on root dry weight of *Satureja hortensis* L.) (LSD, $p \leq 0.05$)

اعمال تیمار تنش رطوبتی در تحریک توسعه ریشه مؤثر بود. در آزمایشی افزایش وزن خشک ریشه سرخارگل با افزایش شدت تنش رطوبتی مشاهده شد (Goksoy *et al.*, 2004). در آزمایشی افزایش وزن خشک ریشه گیاه دارویی سرخارگل در تنش رطوبتی شدید مشاهده شد، همچنین تیمار کودی ورمی‌کمپوست و هیومیک اسید بیش‌ترین میزان وزن خشک ریشه داشتند (Soltanian *et al.*, 2021)، که در پژوهش حاضر نیز افزایش میزان وزن خشک ریشه در اعمال کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید مشاهده شد.

میزان کلروفیل کل

اثر خشکی، کود زیستی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید، اثر دوگانه سال در خشکی، سال در سالیسیلیک اسید، خشکی در کود زیستی، خشکی در سالیسیلیک اسید، اثر سه گانه سال در خشکی در سالیسیلیک اسید و خشکی در کود زیستی در سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل کل برگ گیاه دارویی مرزه تابستانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش تنش خشکی موجب افزایش محتوای کلروفیل کل شد. به‌طوری که در تنش شدید خشکی و کاربرد توأم کودهای زیستی (ازتوباکتر+میکوریزا) با محلول پاشی سالیسیلیک اسید (۰/۶ میلی‌مولار) دارای بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل با میزان ۱/۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ مشاهده شد (شکل ۴). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است که در ریشه گیاهان به میزان کم تولید می‌شود و نقش محوری در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه از جمله فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل و پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن و جذب و انتقال عناصر دارد. این ترکیب به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در پاسخ گیاهان به تنش‌های زیستی و غیر زیستی عمل می‌کند (Gorgini shabankareh and khorasaninejad, 201). کودهای زیستی با تأمین نیازهای غذایی موجودات ذره‌بینی خاک، سبب افزایش آن‌ها شده و در نتیجه به کاهش pH خاک می‌انجامند و بر میزان جذب عناصر غذایی از جمله آهن، منگنز و منیزیم که در سنتز کلروفی نقش مهمی ایفا می‌کنند، می‌افزایند و سرانجام سبب می‌شوند که سنتز کلروفیل افزایش یابد (Sanchooli, 2007). بنابراین تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و به‌ویژه نیتروژن افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه را به‌دنبال خواهد داشت که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی قادرند اثر تنش‌های محیطی مانند خشکی، سرما، گرما و شوری را نیز تعدیل نمایند (Ghollarata and Raiesi, 2007).



شکل ۴- اثر سه‌گانه کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر میزان کلروفیل گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

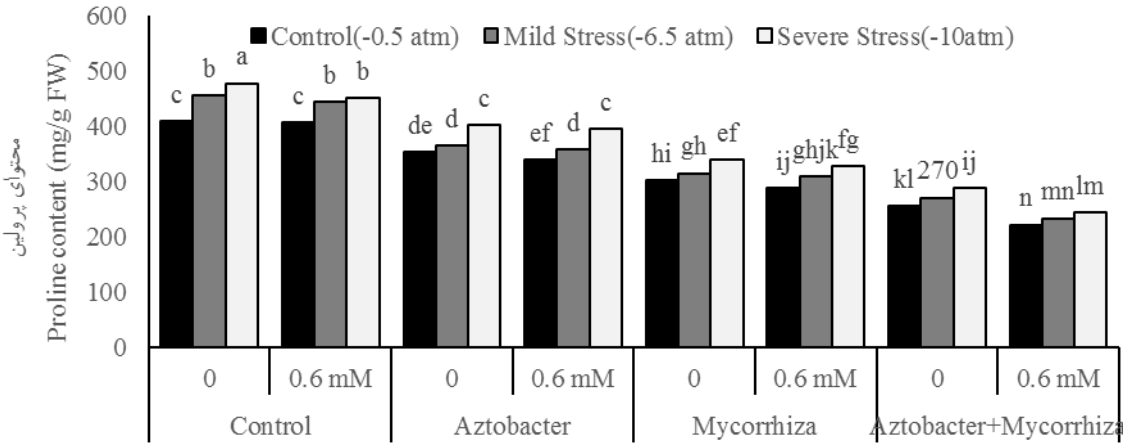
Figure 4- The triple effect of the biofertilizer (Aztobacter and Mycorrhiza)× salicylic acid ×irrigation on chlorophyll content of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p\leq0.05$).

میزان پرولین

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر خشکی، کود زیستی و سالیسیلیک اسید، اثر متقابل سال در خشکی، سال در سالیسیلیک اسید، خشکی در کود زیستی، خشکی در سالیسیلیک اسید، کود زیستی در سالیسیلیک اسید، سال در خشکی در سالیسیلیک اسید و خشکی در کود زیستی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، عدم استفاده از کودهای زیستی ازتوباکتر+میکوریزا و عدم

محلول‌پاشی با تنظیم کننده رشد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شدید (۱۰ اتمسفر) دارای بیش‌ترین میزان محتوای پرولین بافت تازه برگ بود. کم‌ترین میزان درصد اسانس در شرایط کاربرد توأم ازتوباکتر+میکوریزا در کاربرد شالیسیلیک اسید و عدم تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۵). از آنجا که زیاد شدن پرولین یکی از شاخص‌های مقاومت به خشکی می‌باشد، تنش خشکی باعث افزایش شدید در تجمع این اسید آمینه گردید. هم‌چنین بابائی و همکاران (Babaei *et al*., 2011) نیز در بررسی اثر تنش خشکی بر میزان پرولین در آویشن به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر انباشت پرولین داشته و میزان آن را افزایش داده است.

اسماعیلی و همکاران (Esmaielpour *et al*., 2013) گزارش دادند که میزان پرولین در برگ‌های گیاه دارویی مرزه تحت تنش خشکی افزایش نشان داد ولی میزان پرولین بافت برگ در تلقیح با قارچ میکوریزا کاهش یافت که در نتایج این پژوهش نیز مشاهده شد و میزان پرولین در تیمار عدم تلقیح دارای بیش‌ترین مقدار بود. معمولاً گیاهانی که با میکوریزا تلقیح می‌شوند با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون میکوریزا، قادرند از شرایط تنش خشکی به‌طور موقت فرار کنند و کم‌تر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان پرولین افزایش کم‌تری را نشان می‌دهد (Ruiz-Lozano, 2003).



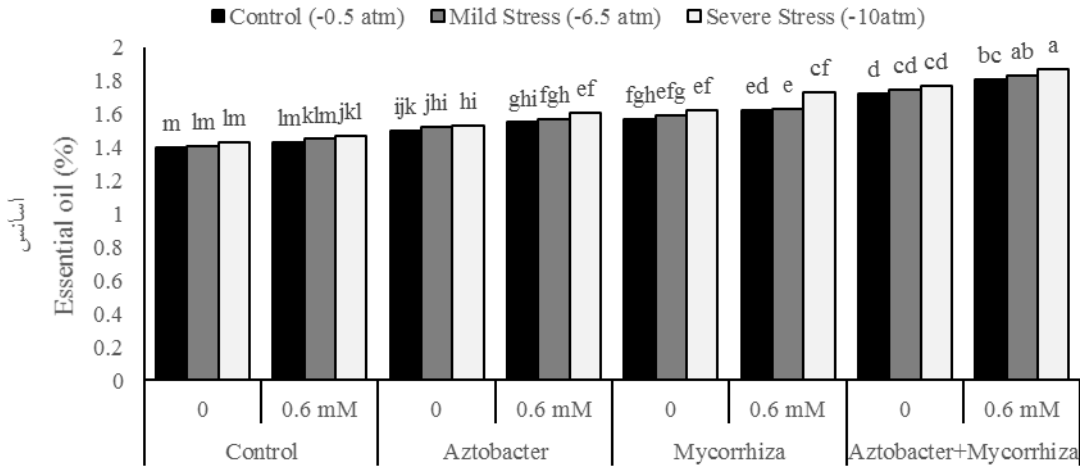
شکل ۵- اثر سه‌گانه‌کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر میزان پرولین گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

Figure 5- The triple effect of the biofertilizer (Aztobacter and Mycorrhiza)× salicylic acid ×irrigation application on proline content of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$)

درصد و عملکرد اسانس

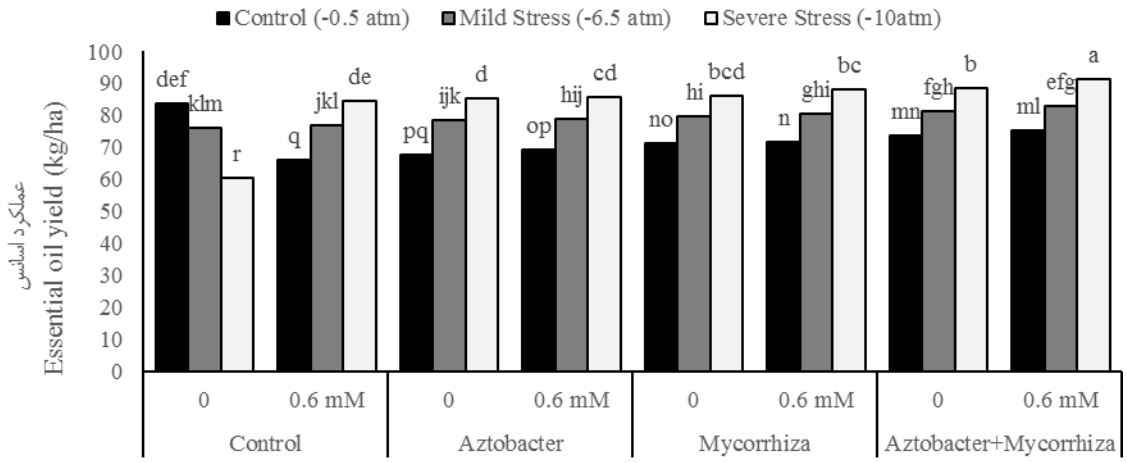
درصد و عملکرد اسانس تحت اثر خشکی، کود زیستی و سالیسیلیک اسید، اثر متقابل سال در خشکی، سال در سالیسیلیک اسید، خشکی در کود زیستی، خشکی در سالیسیلیک اسید، کود زیستی در سالیسیلیک اسید، سال در خشکی در سالیسیلیک اسید و خشکی در کود زیستی در سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شدند (جدول ۲). افزایش تنش خشکی موجب افزایش میزان اسانس بافت برگ گیاه مرزه تابستانه شد، اعمال کودهای زیستی ازتوباکتور و میکوریزا در هر دو سطح محلول پاشی سالیسیلیک اسید موجب افزایش درصد اسانس در سطوح تنش خشکی نسبت به عدم اعمال کود زیستی شد. همچنین بیش‌ترین میزان درصد اسانس در تنش شدید خشکی و کاربرد سالیسیلیک اسید مشاهده شد (شکل ۶). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه خشکی در کود زیستی و سالیسیلیک اسید عملکرد اسانس در شرایط کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید افزایش یافت و بیش‌ترین میزان عملکرد اسانس مربوط به تنش شدید با میانگین ۹۱/۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). بیشترین میزان درصد اسانس و عملکرد کاپیتول گیاه طی کاربرد کودهای زیستی بر گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*.L.) مشاهده شد (Dastborhan *et al*., 2011). تنش خشکی درصد اسانس گیاه دارویی آویشن را افزایش داد، چون در مواجه با تنش خشکی متابولیت‌های بیشتری تولید شده و میزان اسانس باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شوند (Salarpour Qhoraba and Farahbakhsh, 2021)، در پژوهش حاضر نیز تنش خشکی موجب افزایش درصد اسانس گیاه دارویی مرزه شد. همچنین طی آزمایشی کاربرد کودهای بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس مرزه تأثیر معنی‌داری

داشت و تیمار ترکیبی بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص دادند (Rezvani Moghaddam *et al*., 2013). استفاده از کودهای آلی، بر روی افزایش میزان اسانس گیاه مرزه (Sharafkhaneh, 2015) و گیاه رازیانه (Darzi *et al*., 2012) مؤثرتر از کود شیمیایی بوده و با افزایش مقدار کودهای آلی درصد اسانس نیز افزایش پیدا می‌کند. همچنین در پژوهشی مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی داشت و استفاده از کودهای زیستی همراه ورمی‌کمپوست جهت افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی توصیه شد (Mohammadi *et al*., 2021).



شکل ۶- اثر سه‌گانه کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر درصد اسانس گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

Figure 6- The triple effect of the biofertilizer (Aztobacter and Mycorrhiza)× salicylic acid ×irrigation on the percentage of essential oil of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p\leq0.05$)



شکل ۷- اثر سه‌گانه کاربرد کود زیستی (ازتوباکتر و میکوریزا) × اسیدسالیسیلیک × آبیاری بر عملکرد اسانس گیاه مرزه تابستانه (*S. hortensis* L.) (Control: شاهد، Mild Stress: تنش متوسط، Severe Stress: تنش شدید. Control: شاهد، Aztobacter: ازتوباکتر، Mycorrhiza: مایکوریزا، Aztobacter and Mycorrhiz: ازتوباکتر+مایکوریزا)

Figure 7- The triple effect of biofertilizer (Aztobacter and Mycorrhiza)× salicylic acid ×irrigation application on essential oil yield of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p\leq0.05$)

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر درصد اسانس گیاه دارویی ریحان تأثیر معنی‌داری داشت هم‌چنین با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بازدهی اسانس ریحان افزایش یافت و بیشترین میزان افزایش در تیمار یک میلی‌مولار به دست آمد (Rmarde, 2013).

تیمار اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس گیاه دارویی مریم گلی شد (Rowshan *et al*., 2013). هم‌چنین نتایج مشابهی در مورد گیاه حنا در اثر تیمار سایکوسل مشاهده شد. عموماً تجمع و تشکیل اسانس در گیاهان، تحت شرایط خشک محیطی تمایل به افزایش نشان می‌دهد (Bannayan *et al*., 2008). پاسخ‌های دفاعی گیاه منجر به بیوسنتز و تجمع انواع ترکیبات ثانویه گیاهی می‌گردد، لذا به‌عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه مانند آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات فنولیک و فیتواکسین‌ها شناخته شده است (Abreu and Mazzafera, 2005). سنتز بسیاری از متابولیت‌های ثانویه و آنزیم‌ها در گیاهان معمولاً با پاسخ‌های دفاعی آنها به شرایط تنش مرتبط است. اگرچه مقدار ترکیبات متابولیت ثانویه در گیاهان دارویی تحت تأثیر ژن‌ها می‌باشد، ولی مقدار، غلظت و تجمع آنها به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط محیطی و شرایط کشت و کار گیاهان می‌باشد (Wu *et al*., 2005).

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان چنین استدلال کرد که عکس العمل صفات ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و عملکرد اسانس به افزایش میزان سطوح تنش خشکی منفی بود ولی صفات وزن خشک ریشه، میزان کلروفیل کل، پرولین و درصد اسانس پاسخ معکوس دادند به‌طوری که بیش‌ترین میزان این صفات در شرایط تنش شدید مشاهده گردید و کاربرد توأم کودهای زیستی (ازتوباکتور+میکوریزا) و اسید سالیسیلیک ۰/۶ میلی‌مولار تأثیر مثبت و افزایشی نسبت به دیگر سطوح کود زیستی و سالیسیلیک اسید در صفات مورد مطالعه پژوهش حاضر مشاهده شد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مسئولین آزمایشگاه‌های دانشگاه آزاد اسلامی ورامین واحد پیشوا برای همکاری در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. Abreu, I.N., & Mazzafera, P. (2005). Effect of water and tempetature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* choisy plant. *Physiology and Biochemistry* 43: 241-248. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2005.01.020.
2. Ahmadi, K., & Omidi, H. (2019). Evaluation of morphological characteristics, yield components and catalase enzymes activity of *Lallemantia royleana* Benth. under drought stress. *Journal of Agroecology 11*(2): 757-774. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V11I2.69373.
3. Ahmed, M.M., Hagagy, N., & AbdElgawad, H. (2021). Establishment of actinobacteria–*Satureja hortensis* interactions under future climate CO_2-enhanced crop productivity in drought environments of Saudi Arabia. *Environ Science Pollut Research* 28: 62853–62867. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14777-7.
4. Andalibi, B., Mohammadi Azar, M., Esmailpour, B., & Shekari, F. (2021). Study on effects of salicylic acid and nanosilicon on some morphophysiological characteristics and essential oil of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fisch. & C.A. Mey. under salinity stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 37*(2): 364-380. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.353581.2943.
5. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly phenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology 24*(1): 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1.
6. Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modarres Sanavi, A., & Jabbari, R. (2011). The effect of drought stress on morphological traits, proline content and thymol percentage in thyme (*Thymus vulgaris*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 26*(2): 239-251. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2010.6939.
7. Bahamin, P. (2011). *The effect of biological, animal and chemical fertilizers on the quantitative and qualitative yield of sunflower*. Master Thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, Birjand University. Birjand, Korasan Shomali, Iran.
8. Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L., & Rastgoo, M. (2008). Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Industrial Crops and Products* 27: 11–16. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.05.002.
9. Bates, L.S., Waldern, R.P., & Teave, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060.
10. Bergottini, V.M., Otegui M.B., Sosa D.A., Zapata P.D., Mulot M., Rebord M., & Junier P. (2015). Bio-inoculation of yerba mate seedlings (Ilex paraguariensis St. Hill.) with native plant growth- promoting rhizobacteria: a sustainable alternative to improve crop yield. *Biology and Fertility of Soils* 51: 749-755. https://doi.org/10.1007/s00374-015-1012-5.
11. Bimbiraite-Survilien, K., Stankevi˘cius, M., Šuštauskaite, S., Gegotek, A., Maruška, A., Skrzydlewska, E.,

Barsteigiene, Z., Akunea, I., Ragažinskiene, O., & Lukošius, A. (2021). Evaluation of chemical composition, radical scavenging and antitumor activities of *Satureja hortensis* L. *Herb Extracts Antioxidants 10*(53): 1-15. https://doi.org/10.3390/antiox10010053.

12. Dadkhah, A., Amini Dehghi, M., & Kafi, M. (2012). Investigating the effect of different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile. *Iranian Journal of Field Crops Research 10*(2): 321-326. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/GSC.V10I2.16214.
13. Darzi, M.T., Hadj Seyed Hadi, M.R., & Rejali, F. (2012). Effects of cattle manure and plant growth promoter bacteria application on some morphological traits and yield in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28*(3): 434-446. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2012.2945.
14. Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., & Tavassoli, A.R. (2011). Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27*(2): 290-305. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2011.6414.
15. Esmaielpour, B., Faraji-Mehmany, A., Sefidkon, F., Abbaszadeh, B., Khavazi, K., & Ghanbari, A. (2014). Effects of biofertilizers on growth criteria, quantitative and qualitative yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology 6*(4): 870-879. (In Persian with English abstract). https://doi.org/0.22067/jag.v6i4.30571.
16. Esmaielpour, B., Jalilvand, P., & Hadian, J. (2013). Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.), *Journal of Agroecology 5*(2): 169-177. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V5I2.24496.
17. Ghaderi, A., Noee, A., Ahmadi, K., & Saborifard, H. (2020). Evaluation the effects of Thiobacillus biological and chemical fertilizers on morphological and phytochemical characteristics of *Satureja hortensis* L., *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants 8*(2): 13-29. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.23223235.1399.8.2.2.4.
18. Ghesmati, M., & Moradinezhad, F. (2019). Influence of different levels of organic fertilizers on quantitative and biochemical properties of *Salvia mirzayanii* Rech. F. & Esfand. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants 7*(2): 78-90. (In Persian with English abstract) https://doi.org/20.1001.1.23223235.1398.7.2.6.1.
19. Ghollarata, M., & Raiesi, F. (2007). The adverse effects of soil salinization on the growth of *Trifolium alexandrinum* L. and associated microbial and biochemical properties. *Journal Soil Biology and Biochem* 39: 1699-1702. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.01.024.
20. Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., & Daustu, N. (2004). Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crop Research* 87: 167-178. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.11.004.
21. Gorgini Shabankareh, H., & Khorasaninejad, S. (2017). Effect of bio-fertilizers and salicylic acid on the yeild and qualitative characteristics in rosemary under water-deficit regimes, *Journal of Crops Improvement 19*(2): 475-491. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.83372008.1396.19.2.17.5.
22. Haghir Ebrahimabadi, A., Hatami, M., Karimzadeh, Asl K., & Ghorbanpour, M. (2018). Effect of mycorrhizal fungi and biophosphor fertilizer on growth features, yield and yield components, and essntial oil constituents in *Cuminum cyminum* L. *Journal Medicinal Plants 17*(66): 74-90**.** (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.2717204.2018.17.66.3.1.
23. Karagiannidisa, N., Thomidisa, T., Lazarib, D., Panou-Filotheoua, E., & Karagiannidoua, C. (2011). Effect of three Greek arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth,nutrient oncentration, and production of essential oils of oregano and mint plants. *Science Horticulture 129*(2): 329–334. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.043.
24. Lamian, A., Naghdibadi, H.A., Ladan Moghadam, A.R., & Mehrafarin, A. (2015). Changes of morpho-physiological traits, essential oil and methyl chavicol content of tarragon (*Artemisia dracunculus*) to Mycorrhiza (*Glomus intraradices*) inoculation and salinity stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 14*(56): 64-77. https://doi.org/20.1001.1.2717204.2015.14.56.12.9.
25. Mahgoub, M.H., Abd El Aziz, N.G., & Mazhar, A.M.A., (2011). Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 10*(5): 769-775.
26. Mahmoodzadeh, M., Rasooli Sedghiani, M.H., Asghari Lejayer, H., & Hasani, A. (2016). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on nutrient uptake and some morphological factors in peppermint (*Mentha piperita*). *Journal of Soil Management and Sustainable Production 6*(1): 161-176. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/EJSMS.2016.3009.
27. Mirzaei, A., Akbartabar, M., Sadeghi, H., & Sharifi, B. (2010). The antioxidant activities and total phenolic of *Artemisia Martima*, *Achillea Millefoliumand* and *Matricaria Recutica*. *Journal of Armaghan Danesh 15*(1): 243-252. (In Persian with English abstract)
28. Mohammadi, M., Sefidkon, F., Asadi-Sanam, S., & Kalatejari, S. (2021). Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 37*(2): 193-213. (In Persian with English abstract).

https://doi.org/0.22092/IJMAPR.2021.351383.2840.
29. Motahari, M., Abbas, H., Moradi, P., & Motahari, H. (2011). Effect of phosphorus fertilizer and *mycorrhiza* on yield, yield components and essential oils of *Marigold*, The first national conference on modern agricultural Sciences and Technologies. Zanjan University, 10-12 September 2011. (In Persian with English Abstract)
30. Mumivand, H., Nooshkam, A., Moseni, A., & Babalar, M. (2013). Influence of nitrogen and calcium carbonate application rates on nitrate accumulation and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *European Journal Crops Production 6*(2): 109-124. https://doi.org/ 20.1001.1.2008739.1392.6.3.7.7.
31. Nosh Kam, A., Majnoon Hosseini, N., Hadian, J., Jahansuz, M.R., Khavazi, K., Salehnia, A., & Hedayatpour, S. (2016). Study the effects of biological and chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of savory specie (*Satureja khuzestanica* jamzad) *Journal of Crop Production 8*(4): 87-103. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.2008739.1394.8.4.5.1.
32. Rahimi, A., Dovlati, B., Amirnia, R., & Heydarzade, S. (2020). Effect of application of mycorrhizal fungus and Azotobacter on physiological characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. under water stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology 11*(4): 1-18. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22108/IJPB.2019.116384.1149.
33. Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S., & Jafari, L. (2013). The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Agroecology 5*(2): 105-112. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V5I2.24460.
34. Rmarde, K. (2013). Interaction effects of salicylic acid foliar application and different irrigation treatments on some quantitative, qualitative and osmotic properties of basil. *Journal of Plant Ecophysiology Applied Research 1*(1): 3-19.
35. Rowshan, V., & Haiati, P. (2013). Effects of exogenous salicylic acid on growth factors and quality and quantity of essential oil in *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 29*(4): 808-817.
36. Ruiz-Lozano, J.M. (2003). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic strees, new perspectives for molecular studies, Mycorrhiza 13: 309-317. https://doi.org/110.1007/s00572-003-0237-6.
37. Saki, A., Mozafari, H., Asl, K.K., Sani, B., & Mirza, M. (2019). Plant yield, antioxidant capacity and essential oil quality of *Satureja mutica* supplied with cattle manure and wheat straw in different plant densities. *Commun Soil Science Plant Analysis* 51: 2683-2693. https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1670835.
38. Salarpour Qhoraba, F., & Farahbakhsh, H. (2021). Effects of chitosan foliar application on some physiological and biochemical traits of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 37*(2): 530-548. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.354361.2981.
39. Sanchooli, N. (2007). Effects of different ratios of manure and chemical fertilizer and mixture on soil properties, yield and yield components of corn. Msc Thesis in Agronomy, University of Zabol, Iran. (In Persian with English abstract)
40. Shabkhiz, H., Javanmard, A., Ostadi, A., & Morshedloo, M.R. (2021). Improving quantity and quality of *Thymus daenensis* Celak. essential oil with application of Myco-Root biofertilizer under different irrigation levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 37*(2): 434-456. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V7I2.50231.
41. Sharafkhaneh, A., Jahan, M., Banayan, Aval, M., Kouchaki, A. & Rezvani Moghadam, P. (2015). The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions. *Journal of Agricultural Ecology 7*(2): 179-189. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2014.4307.
42. Soleimani-Ahmadi, M., Abtahi, S.M., Madani, A., Paksa, A., Abadi, Y.S., Gorouhi, M.A., & Sanei-Dehkordi, A. (2017). Phytochemical profile and mosquito larvicidal activity of the essential oil from aerial parts of Satureja bachtiarica Bunge against malaria and Lymphatic filariasis vectors. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 20: 328-336. (In Persian with English abstract)
43. Soltanian, B., Rezvani Moghaddam, P., & Asili, J. (2021). The effect of water stress, chemical and organic fertilizers on biomass, seed yield and root phenolic compounds of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.). *Journal of Horticultural Science 34*(4): 593-603. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v34i4.82030.
44. Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers. *Journal of Cleaner Production* 199: 882-890. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.222.
45. Weisany, W., Rahimzadeh, S., & Sohrabi, Y. (2012). Effect of biofertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28*(1): 73-87. https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2012.4014.
46. Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., & Wong, M.H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003.

47. Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., & Abbassi, F., (2011). The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agricultural Research 6*(4): 798-807. https://doi.org/10.5897/AJAR10.405.

Contents

Effect of different Concentrations of Salicylic acid on some Physicochemical Properties of Grape cv. Shahroodi 1
M. Hassanabadi, M. Azizi, Gh. Davarynegad, H. Bodaghi, H. Hokmabadi

Study of Growth Traits of *Scindapsus* spp. as Influenced by Fertigation of Humic Acid and Folvic Acid 13
R. Abaszadeh Faruji, M. Shoor, A. TehraniFar, B. Abedi

Effect of Glucose, Fructose, and Sucrose on Vase Life, Antioxidants Enzymes, and Some Physiologic Parameters of Carnation cv. 'Yellow Candy' Cut Flower 29
A. Sharafshah Rostami, B. Kaviani

Allelopathic Effects of Chinaberry, Silk Tree and Iranian Pine on some Growth Traits of *Lolium prene* and *Festuca arundinaceae* 47
N. Alavi Dehkharghani, S.H. Nemati, S.M. Zargarian

Effects of Hydrogen Peroxide on Decreasing Microbial Contaminations in Raisins of Bavanat Region 63
M.J. Karami, M. Rahemi, M. Yassaie, A. Karami

Investigation of Growth Indices and Gas Exchanges in Two Cultivars of Sweet William (*Dianthus barbatus*) under Salinity Stress 75
V. Ghasemi, A. Ehtesham Nia, A. RezaeiNejad, H. Mumivand

Evaluation of the Effect of Ascorbic Acid and Sucrose Foliar Application on some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Cucurbita pepo* var. Styriaca 89
M. Fadaei, V. Akbarpour, S.J. Mousavizadeh, K. Ghasemi

Evaluation of Yield and Quality of Peach Fruit (*Prunus persica* var Red Top) Cultivated under Split Roots System, Inoculated with Fungi and Irrigated with different Levels 105
M. Nazeri, S.J. Tabatabaei, Y. Sharafi

Evaluation of the Effect of Day and Night Temperature Fluctuations in different Seasons of the Year on the Fruit Formation of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Lines 121
Z. Roudbari, J. Sarhadi, M. Azadvar, S.M. Alavi-Siney, A. Jalali

The Effect of Arginine on some Biochemical Attributes Strawberry Fruit (*Fragaria× ananassa* cv. Albion) under Deficit Fertigation 135
S. Maslahati fard, H. Hassanpour

Increasing Antioxidant Compounds and Maintaining the Appearance Quality of Cherry Fruit after Harvest under the Influence of Marjoram Essential Oil 151
C. Hosseini, M.R. Asghari, M. Khezri

The Effect of Fulvic Acid and Triacantanol Foliar Application on some Biochemical and Physiological Properties and Active Ingredients of *Calendula officinalis* 167
H. Taghizadeh, S. Alizadeh Salteh, M. Matloobi

Estimation of Balance Pruning and Green Pruning on Quantitative Tratis in Table Grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghooti) in Sistan Region 181
M. Fazeli Rostampour, H. Mahmoudzadeh

Preparation and Production of Nano Capsules of *Aloe vera* Gel Containing *Ziziphora tenuior* L. Essential Oil 193
T. Baeradeh, H. Arouiee, M. Naseri, M. Mamarabadi

Investigation of *Tomato Spotted Wilt Virus* and Fe Interaction on some Physiological Characteristics of Tomato in Greenhouse Conditions 205
N. Haresabadi, S.A. Hosseini, M.H. Aminifard

Engineering of Secondary Metabolites in Cell Suspension Culture of *Citrullus colocynthis* (L). Schrad. with the Presence of Biological and Non-biological Stimulants 219
M. Sohrabi, D. Samsampour, A. Bagheri

Investigating the Preventive Factors of People in the Society from Attending Urban Parks during the COVID-9 Pandemic 231
D. Vafadari Komarolya, M. Kafi, M. Khansefid

Effect of Spirulina and Brown Algae and Lead Levels on some Morphophysiological Characteristics of Ornamental Cabbage 245
A. Hooshmand, M. Aelaei, M. Arghavani, F. Salehi

Increasing Vase Life of Cut Gerbera cv. Rosalin Flowers Using Nanocomposites as Preservative Solution 261
S. Garavand, S.F. Mousavi, H. Hekmatara

The Effect of Biofertilizer and Salicylic Acid on Quantitative and Qualitative Traits of *Satureja hortensis* L. under Drought Stress Conditions 277
M. Ghojavand, P. Kasraei, H.R. Tohidi Moghadam, M. Nasri, H.R. Larijani

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 37 No. 1 2023

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Editor in charge: Valizadeh,R.(Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

General Chief Editor: Tehranifar,A. (Horticultural Sciences) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Editorial Board:

Arouiee, H.	Horticultural Sciences	Asso.Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Tavakkol Afshari, R.	Seed Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Tehranifar,A.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Shoor, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Haghighi, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Isfahan University of Technology.
Hassanzadeh Mobini , S	Phytotron Facility Manager	Department of Biology, Faculty of Arts and Science, Queen's University ،Kingston, Canada
Khanizadeh,SH.	Research Scientist	Bioproducts and Bioprocesses, Agriculture and Agri-Food Canada.
Khazaei, H	Plant Breeding	Plant Breeding, AVRDC - The World Vegetable Center.
Davarynejad, GH.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
M. Rahemi	Horticultural Sciences	Prof. Shiraz University.
Zamani, Z.	Horticultural Sciences	Prof. University of Tehran, Iran.
Sharifani, M.M.	Horticultural Sciences	Asso.Prof. Gorgan University of Agricultural Science & Natural Resources.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Ebadi,A.	Horticultural Sciences	Prof .Tehran University.
Fallahi,E.	Horticultural Sciences	Department of Plant Sciences, University of Idaho.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Plant Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
FUJII, Y.		Tokyo University of Agriculture and Technology, International Environmental and Agricultural Sciences

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 38804621

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: https://jhs.um.ac.ir