



عنوان مقالات

- ارزیابی درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی و بومی ایران، پونه‌سای انبوه
(*Nepeta glomerulosa* Boiss.) ۱
هدی مرادی - مجید عزیزی - وحید روشن - حسین آروبی
- اثر ریز نمونه و سطوح هورمونی بر باززایی مستقیم در رقم محلی خاتونی خربزه ۱۳
زهره چنارانی - فرهاد شکوهی - فر - مجتبی ممرآبادی
- تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و تیمار فراصوت بر پیازچه‌زایی سوسن چلچراغ (*Lilium ledebourii*) ۲۳
مهدی محب‌الدینی - زهرا عظیم‌زاده - اسماعیل چمنی - ملیحه عرفانی
- اثر اسیدهیومیک و اسیدفولویک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه شمعدانی (*Plargonium spp.*) ۳۵
رسول عباس‌زاده فاروجی - محمود شور - علی تهرانی‌فر - بهرام عابدی - نسیم صفری
- اثر ریزموجودات مفید و سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس ۵۱
علی اکبر شکوهیان - شهریار زاده
- تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیوشیمیایی و کیفیت میوه تازه زرشک بی‌دانه ۶۱
فرید مرادی نژاد - سارا حسن‌پور - محمد حسن سیاری
- تأثیر مالچ‌های آبی و غیر آبی بر تغییرات رطوبت، دمای خاک، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ درختان پسته (*Pistacia vera* L.) ۷۵
مینا نورزاده نامقی - غلامحسین داوری نژاد - حسین انصاری - سید حسین نعمتی - احمد زارع فیض‌آبادی
- بررسی کودهای آبی، شیمیایی، زیستی بر نیاز حرارتی، مراحل نمو و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری ۹۳
بهاره پارسا مطلق - پرویز رضوانی مقدم - رضا قربانی - ذبیح‌اله اعظمی ساردویی
- تأثیر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر عارضه نکروز چوب انگور رقم بی‌دانه سفید ۱۰۹
حامد دولتی‌بانه - مرضیه محمدزاده - فرخ غنی شایسته
- بررسی اثر تعدیل کنندگی کلریدیناسیم بر شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی دو رقم گیاه دارویی خردل (*Parkland* و *Goldrush*) در شرایط تنش شوری حاصل از کلریدسدیم ۱۲۳
مرتضی گل‌دانی - مریم کمالی - محمد غیاث‌آبادی
- ارزیابی تأثیر ترکیبات مختلف خاک‌های پوششی بر عملکرد و کیفیت قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange) ۱۳۷
رسول رحمانی‌پور - رضا صدرآبادی حقیقی - جواد جانپور
- مقایسه عملکرد، اجزای عملکرد و نیترات موجود در برخی توده‌های اسفناج در استان اصفهان ۱۴۹
پیمان جعفری - امیرھوشنگ جلالی
- تأثیر مواد ضد یخ در شرایط باغی بر مواد بیوشیمیایی موثر در مقاومت به سرمای انگور ۱۵۹
شکراله حاجی‌وند - میترا رحمتی
- بیهینه‌سازی استخراج اسانس کرفس و فعالیت آن‌تی اکسیدانی آن با استفاده از روش سطح پاسخ و امواج التراسونیک ۱۷۱
فاطمه سلیمی - محمد فتاحی - جواد حمزه‌ئی

Contents

- Evaluation of Cardinal Temperatures for Seed Germination of *Nepeta glomerulosa* Boiss., a Native Medicinal Plant of Iran 11
H. Moradi - M. Azizi - V. Rowshan - H. Aroiee
- Study the Effects of Explants and Hormonal Levels on Direct Regeneration in Melon (*Cucumis melo* L., cv. *Khatooni*) 22
Z. Chenarani - F. Shokouhifar - M. Mamarabadi
- Effect of Plant Growth Regulators and Ultrasound on the Bulblet Production and Root Induction in *Lilium ledebourii* 33
M. Mohebodini - A. Azimzadeh - E. Chamani - M. Erfani
- Effects of Humic Acid and Fulvic Acid on some Morphological Characteristics of Geranium 50
R. Abaszadeh Faruji - M. Shoor - A. Tehrani Far - B. Abedi - N. Safari
- Impact of Effective Microorganisms and Nitrogen Levels on Morphological Characteristics and Yield of Strawberry cv. Paros 60
A.A. Shokouhian - S.H. Einzadeh
- Influence of Preharvest Spray of Calcium Chloride and Salicylic Acid on Physicochemical and Quality Properties of Fresh Seedless Barberry Fruit 74
F. Moradinezhad - S. Hassanpour - M. H. Sayyari
- Effect of Organic and Inorganic Mulches on Soil Moisture, Soil Temperature, Stomatal Conductance and Leaf Temperature Changes of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Trees in Arid and Semi-arid Climate 91
M. Nurzadeh Namaghi - G. H. Davarynejad - H. Ansari - S. H. Nemat - A. Zarea Feyzabady
- The Study of Organic, Chemical and Biological Fertilizers on Thermal Requirements, Developmental Stages and some of Physiological Indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) by Irrigation Levels 108
B. Parsa Motlagh - P. Rezvani Moghaddam - R. Ghorbani - Z.A. Azami Sardooei
- Effects of Ca, Mg and GA Spray on Bunch Stem Necrosis Disorder in Grape (*Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid) 122
H. Doulati Baneh - M. Mohammadzadeh - F. Ghani Shayesteh
- Investigation of Mitigated Effects of KCl on Growth and Physiological Index in Mustard Plant (*Parkland* and *Goldrush*) Under Salinity Stress 136
M. Goldani - M. Kamali - M. Ghiasabadi
- Evaluation of the Effect of Different Composition of Casing Soil on the White Button Mushroom (*Agaricus bisporus* Lange) Yield and Quality Traits 148
R. Rahmanipoor - R. Sadrabadi Haghighi - J. Janpoor
- Evaluation of Yield, Yield Components and Nitrate in Some Spinach Landraces in Isfahan Province 158
P. Jafari - A. H. Jalali
- The Effects of Anti-freeze Compounds on the Effective Biological Materials in Freezing Tolerance of Grape under the Orchard Conditions 170
Sh. Hajivand - M. Rahmati
- Optimization of Celery Seed Essential Oil Extraction and its Antioxidant Activity Using Response Surface Methodology and Ultrasound-Assisted 183
F. Salimi - M. Fattahi - J. Hamzei

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

26524

21/2015

با شماره پروانه _____ و درجه علمی - پژوهشی شماره _____
از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری _____
73/10/19 68/4/11

بهار 1397

شماره 1

جلد 32

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: رضا ولی زاده
سردبیر: علی تهرانی فر

استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیئت تحریریه:

استاد - علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - میوه کاری (دانشگاه تهران)
استاد - گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - گلکاری و مهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
استاد - زیست شناسی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)

تهرانی فر، علی
داوری نژاد، غلامحسین
طلایی، علیرضا
عزیزی، مجید
عبادی، علی
فارسی، محمد
کافی، محسن
لاهوئی، مهرداد
مبلی، مصطفی

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

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

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه شده است:

پایگاه استنادی علوم ایران (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <http://jm.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 1 **ارزیابی درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی و بومی ایران، بونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa* Boiss.)**
هدی مرادی - مجید عزیزی - وحید روشن - حسین آرویی
- 13 **اثر ریز نمونه و سطوح هورمونی بر باززایی مستقیم در رقم محلی خاتونی خربزه**
زهره چنارانی - فرهاد شکوهی فر - مجتبی ممرآبادی
- 23 **تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و تیمار فراصوت بر پیازچه‌زایی سوسن چلچراغ (*Lilium ledebourii*)**
مهدی محب‌الدینی - زهرا عظیم‌زاده - اسماعیل چمنی - ملیحه عرفانی
- 35 **اثر اسیدهیومیک و اسیدفولویک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه شمعدانی (*Plargonium spp.*)**
رسول عباس‌زاده فاروجی - محمود شور - علی تهرانی‌فر - بهرام عابدی - نسیم صفری
- 51 **اثر ریز موجودات مفید و سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس**
علی اکبر شکوهیان - شهریار عینی‌زاده
- 61 **تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیوشیمیایی و کیفیت میوه تازه زرشک بی‌دانه**
فرید مرادی نژاد - سارا حسن‌پور - محمد حسن سیاری
- 75 **تأثیر مالچ‌های آلی و غیرآلی بر تغییرات رطوبت، دمای خاک، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ درختان پسته (*Pistacia vera* L.) در اقلیم خشک و نیمه خشک**
مینا نورزاده نامقی - غلامحسین داوری نژاد - حسین انصاری - سید حسین نعمتی - احمد زارع فیض‌آبادی
- 93 **بررسی کودهای آلی، شیمیایی، زیستی بر نیاز حرارتی، مراحل نمو و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آب‌آبیاری**
بهاره پارسا مطلق - پرویز رضوانی مقدم - رضا قربانی - ذبیح‌اله اعظمی ساردویی
- 109 **تأثیر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر عارضه نکروز چوب خوشه انگور رقم بی‌دانه سفید**
حامد دولتی‌بانه - مرضیه محمدزاده - فرخ غنی شایسته
- 123 **بررسی اثر تعدیل‌کنندگی کلرید پتاسیم بر شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی دو رقم گیاه دارویی خردل (*Goldrush* و *Parkland*) در شرایط تنش شوری حاصل از کلرید سدیم**
مرتضی گلدانی - مریم کمالی - محمد غیاث‌آبادی
- 137 **ارزیابی تأثیر ترکیبات مختلف خاک‌های پوششی بر عملکرد و کیفیت قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)**
رسول رحمانی‌پور - رضا صدرآبادی حقیقی - جواد جانپور
- 149 **مقایسه عملکرد، اجزای عملکرد و نیترات موجود در برخی توده‌های اسفناج در استان اصفهان**
پیمان جعفری - امیر هوشنگ جلالی
- 159 **تأثیر مواد ضد یخ در شرایط باغی بر مواد بیوشیمیایی موثر در مقاومت به سرمای انگور**
شکراله حاجی‌وند - میترا رحمتی
- 171 **بهینه‌سازی استخراج اسانس کرفس و فعالیت آن‌تی اکسیدانی آن با استفاده از روش سطح پاسخ و امواج التراسونیک**
فاطمه سلیمی - محمد فتاحی - جواد حمزه‌ئی



ارزیابی درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی و بومی ایران، پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa* Boiss.)

هدی مرادی^{۱*} - مجید عزیزی^۲ - وحید روشن^۳ - حسین آرویی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۴

چکیده

گیاه دارویی پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa* Boiss.) گیاهی است معطر و بومی ایران که متعلق به خانواده نعناعیان می‌باشد. یکی از مشکلات عمده در گیاهان دارویی این است که جوانه‌زنی بذر گیاهان در شرایط محیطی طبیعی مطلوب بوده، ولی تحت شرایط آزمایشگاهی یا زراعی، مناسب نیست. این پژوهش به منظور اطلاع از نحوه جوانه‌زنی بذر جهت استقرار موفق و مطلوب این گیاه، با بررسی خصوصیات مختلف جوانه زنی و تعیین درجه حرارت‌های کاردینال بذور، در دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۹۳-۹۲ انجام شد. تیمارها شامل تیمار سرمایی در ۴ سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ هفته سرمادهی در دمای ۵ درجه سانتیگراد) و تیمار نیترات پتاسیم در ۴ سطح (صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) بودند، که به منظور ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذور این گیاه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین اثر ۸ تیمار درجه حرارت ثابت شامل درجه حرارت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد و ۳ درجه حرارت متغیر شب و روز شامل درجه حرارت‌های ۵/۱۵، ۱۰/۲۰ و ۲۰/۳۰ درجه سانتیگراد بر درصد، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی بذور، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین نشان داد که اثر تیمار سرما بر بیشتر صفات اندازه گیری شده، معنی‌دار بود. در بین تیمارهای مورد استفاده، ۳ هفته سرمادهی و نیترات پتاسیم ۰/۱ درصد، بیشترین اثر مثبت را بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر داشت، اگر چه بر درصد جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نشان نداد. همچنین نتایج بدست آمده از تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر جوانه‌زنی بذور، نشان داد که، بیشترین درصد، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی بذور این گونه در دامنه حرارتی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد بود. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور در درجه حرارت متغیر روز و شب ۲۰/۳۰ و ۱۰/۲۰ درجه سانتیگراد بدست آمد. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون بین سرعت جوانه‌زنی و دما نشان داد که درجه حرارت‌های ۱۵، ۲۲ و ۴۶ درجه سانتیگراد، به ترتیب به عنوان درجه حرارت‌های پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی برای گیاه پونه‌سای انبوه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: درجه حرارت پایه، درجه حرارت بهینه، درجه حرارت بیشینه، سرمادهی، نیترات پتاسیم

مقدمه

ایران شناسایی شده است که ۳۹ گونه از آنان، بومی ایران می‌باشند (۱۸). گونه‌های مختلف این جنس اغلب در قاعده چوبی، دارای فرم‌های رویشی گوناگون و پوشیده از انواع کرک‌ها هستند. برگ‌ها در شکل و اندازه متنوع و اغلب در حاشیه دارای دندانه‌های هلالی می‌باشند. گل‌ها در چرخه‌های فاصله‌دار یا نزدیک به هم قرار دارند (۲۲).

یکی از مهم‌ترین مکانیزم‌های حفظ بقا در گیاهان، توانایی آن‌ها در به تاخیر انداختن جوانه‌زنی و خواب بذر است. خواب، استراحت یا وقفه موقت در رشد گیاه بوده، که در این وضعیت با وجود مناسب بودن شرایط برای جوانه‌زنی، بذر برای مدت نامعلومی در حالت استراحت باقی می‌ماند. معمولاً بذور گونه‌های وحشی، خواب شدیدتری را نشان می‌دهند. یکی از مشکلات اصلی در گیاهان دارویی این است که جوانه‌زنی بذر این گیاهان در شرایط محیطی طبیعی مطلوب بوده، ولی تحت شرایط آزمایشگاهی یا زراعی، مناسب

خانواده نعناعیان (Lamiaceae) یکی از بزرگترین خانواده‌های گیاهی می‌باشد که تنوع زیستی زیادی در سراسر جهان و مخصوصاً نواحی مدیترانه‌ای و مرطوب دارند. گیاهان موجود در این خانواده گیاهی، اهمیت زیادی از نظر کاربرد در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی-بهداشتی دارند (۳۳). جنس پونه‌سا (*Nepeta*) نیز جزو این خانواده می‌باشد که دارای ۲۵۰ گونه یک یا چند ساله می‌باشد که در آسیا، اروپا و آفریقا پراکنده‌اند (۲۲). تاکنون ۶۷ گونه از این جنس در

۱، ۲ و ۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: (Email: hodamoradi2719@gmail.com)

۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، شیراز

نیست (۲، ۲۷ و ۱۴).

در بحث اهلی سازی و کشت گیاهان دارویی، اطلاع از نحوه جوانه زنی بذر به منظور استقرار موفق و مطلوب گیاهان ضرورت دارد. خصوصاً این که بیشتر گیاهان دارویی که از عرصه های طبیعی برداشت می شوند، نسبت به گونه های زراعی و اصلاح شده به مدت زمان بیشتری برای جوانه زنی نیاز دارند. این امر می تواند ناشی از سرعت جوانه زنی پایین و یا نیازهای اکولوژیکی خاص هر گونه برای جوانه زنی و رشد باشد. با توجه به این که هر گونه گیاهی نیازهای خاص خود را برای جوانه زنی دارد و این امر در نتیجه سازگاری آن ها به محیط های متغیر و ناهمگن می باشد. لذا آگاهی از رفتار جوانه زنی بذور در طی فرآیند اهلی سازی گونه های وحشی که دسترسی به منبع بذری آن ها مشکل و نیازهای جوانه زنی آن ها ناشناخته می باشد، ضروری است. عوامل محیطی مختلف از جمله درجه حرارت و رطوبت، جوانه زنی را تحت تاثیر قرار می دهند (۱۱ و ۲۴).

پاسخ جوانه زنی بذور نسبت به درجه حرارت، به عوامل متعددی از جمله گونه های گیاهی، وارسته، منطقه رویش، کیفیت بذر و مدت زمان پس از برداشت بستگی دارد. درجه حرارت های مختلف با تاثیری که بر جوانه زنی می گذارند، ممکن است برای ارزیابی ویژگی های جوانه زنی و پتانسیل استقرار گونه های گیاهی مفید باشند (۹). برخی از مطالعات حاکی از آن است که به طور معمول افزایش دما در یک دامنه دمایی مناسب، باعث افزایش سرعت جوانه زنی به صورت خطی می شود ولی در دماهای بالاتر، افت شدیدی نشان می دهد. همچنین مشخص شده است که بذور گیاهان اهلی، جوانه زنی سریع و یکنواخت تری دارند. در حالیکه در گیاهان وحشی، به علت خواب بذر و یا پوسته سخت بذر، جوانه زنی با تاخیر بیشتر و غیر یکنواخت تری صورت می پذیرد (۲۳).

نجفی و همکاران (۲۰)، خیرخواه و همکاران (۱۲) و تبریزی و همکاران (۳۱)، با مطالعه روی گونه های دیگری از تیره نعنائیان که به ترتیب شامل پونه سای بینالودی (*Nepeta binaludensis* Jamzad)، کاکوتی چندساله (*Ziziphora clinopodioides* Lam.) و آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Klokov) بودند، اثر منفی درجه حرارت های بالا را بر درصد و سرعت جوانه زنی در این گونه ها گزارش کردند.

سرما دهی بذور و همچنین تیمار بذر با نیترات پتاسیم نیز می تواند دارای اثرات مثبت در خصوصیات جوانه زنی بذور شود. همانگونه که کوچکی و عزیزی (۱۵) در گیاه کلپوره و همچنین ماچیا و همکاران (۱۶) در گیاه *Echinacea angustifolia* گزارش کردند که سرما دهی باعث افزایش سرعت جوانه زنی بذور شد. سعادتیان و همکاران (۲۵) نیز با مطالعه بر جوانه زنی بذور مرزه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، مشاهده کردند که در هر دو شرایط، تیمار بذور با نیترات پتاسیم موجب بهبود ویژگی های جوانه زنی شد. نیترات

پتاسیم، خواب بذر نیازمند به نور را در تاریکی برطرف می سازد و به عنوان یک عامل موثر در کاهش نیاز نوری و افزایش جوانه زنی شناخته شده است. نیترات پتاسیم در پاسخ به فرآیندهای متابولیکی بذور، مفید است. این ترکیب ممکن است موجب بیوستتر اکسین شده و باعث شروع رویش جنین گردد (۱۰).

با توجه به افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی، برداشت از طبیعت جوابگوی نیازها نمی باشد. همچنین بهره برداری ناپایدار و بی رویه از گونه های مختلف این جنس، موجب شده که این گونه ها در معرض خطر انقراض و فرسایش قرار گیرند (۲۵). لذا هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات جوانه زنی این گیاه به عنوان اولین قدم در جهت کشت و اهلی کردن آن در سیستم های زراعی می باشد.

مواد و روش ها

بذور رسیده *Nepeta glomerulosa* Boiss در شهریور ماه ۱۳۹۲ از منطقه دشت تاتیه ماهوری در ناحیه قرق ده بید، واقع در شهرستان آباد، استان فارس، جمع آوری شدند. آزمایش اول در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار، به منظور بررسی هر دو اثر ساده و متقابل تیمارها، انجام شد. تیمارهای به کار برده شده در این آزمایش شامل تیمار سرما با ۴ سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ هفته سرما دهی در دمای ۵ درجه سانتی گراد) و تیمار نیترات پتاسیم با ۴ سطح (صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) به صورت پیش تیمار بذر به مدت ۷۲ ساعت، بودند. پیش از انجام آزمایش، بذرها با محلول ۵ درصد هیپوکلرید سدیم به مدت ۵ دقیقه ضد عفونی شدند. سپس به تعداد ۲۰ عدد در پتری دیش های شیشه ای حاوی یک لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند و به میزان ۵ میلی لیتر آب مقطر به هر پتری اضافه شد. با توجه به نیاز بذور به آبیاری در طول آزمایش، این عمل مجدداً تکرار گردید. سپس پتری ها به دمای ۵ درجه سانتی گراد منتقل شدند. پس از پایان مدت زمان تیمار سرمایی مورد نظر (یعنی پس از طی ۱، ۲، ۳ و ۴ هفته) پتری ها به ژرمیناتور (با نور معمولی ۱۶ ساعت روشنایی/ ۸ ساعت تاریکی) و با دمای معمولی ۲۵ درجه سانتی گراد، منتقل شدند. پس از رشد مطلوب گیاهچه ها (۱۴ روز پس از شروع آزمایش)، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، میانگین زمان جوانه زنی، تعداد روزهای لازم برای جوانه زدن ۵۰ درصد از بذرها (T₅₀)، درصد جوانه زنی تجمعی، طول ریشه چه و ساقه چه و همچنین وزن تر و خشک ریشه چه و ساقه چه اندازه گیری شد.

آزمایش دوم در سال ۱۳۹۳ به منظور تعیین دماهای کاردینال بذر طراحی شد. در این بررسی اثر ۸ درجه حرارت ثابت شامل درجه حرارت های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد و همچنین ۳ درجه حرارت متغیر روز و شب (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲

از معادلات زیر انجام شد. که در آن‌ها درجه حرارت و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به عنوان متغیر مستقل و وابسته در نظر گرفته شدند. مدل خطوط متقاطع^۶ (ISL) با استفاده از معادلات زیر رسم شد (۱۳ و ۲۹):

$$F = \text{if } (T < T_o, \text{region 1 } (T), \text{region 2 } (T))$$

$$\text{Region 1}(T) = b * (T - T_b)$$

$$\text{Region 2}(T) = c * (T_m - T)$$

در این معادله‌ها f سرعت جوانه‌زنی (بر روز)، T درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد، T_o ، T_b و T_m به ترتیب درجه حرارت‌های پایه، بهینه و بیشینه بر حسب سانتی‌گراد و b و c به عنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته شدند.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP 8 آنالیز شد، میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی (HSD) در سطح احتمال ۵ درصد، مورد مقایسه قرار گرفتند و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel، انجام گرفت. همچنین به منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر، از نرم افزار Sigma Plot 12.3 استفاده شد (برای این روش از داده‌های خام بدون انجام تبدیل استفاده شد).

نتایج و بحث

آزمایش اول: تاثیر تیمارهای سرما و نیترات پتاسیم بر خصوصیات جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای سرما و نیترات پتاسیم جهت تحریک جوانه‌زنی بذر پونه‌سای‌انبوه از نظر تاثیرگذاری بر ویژگی‌های سرعت جوانه‌زنی، T_{so} ، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول ساقچه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقچه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت، اما درصد جوانه‌زنی و وزن تر ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). به منظور بررسی برهمکنش احتمالی بین سرما و نیترات پتاسیم در ارتباط با صفات ارزیابی شده، اطلاعات مربوط به این تیمارها به صورت فاکتوریل دوعاملی تجزیه واریانس شد. به طور کلی، برهمکنش معنی‌داری بین اثرات تیمار سرما و نیترات پتاسیم وجود نداشت. چنین استدلال می‌شود که فرآیند جوانه‌زنی و رشد اولیه این گیاهچه‌ها چندان تحت تاثیر نیترات پتاسیم نمی‌باشند. به عبارتی دیگر، چون نیترات پتاسیم می‌تواند جایگزین نیاز نوری بذر برای جوانه‌زنی باشد، با توجه به عکس‌العمل کم بذر این گیاه به نیترات پتاسیم می‌توان نتیجه گرفت که بذر گیاه پونه‌سای انبوه نیاز چندانی به نور برای جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه ندارند.

ساعت تاریکی) شامل درجه حرارت‌های ۵/۱۵، ۱۰/۲۰ و ۲۰/۳۰ درجه سانتی‌گراد، در ژرمیناتورهای با رطوبت ۶۰ درصد، در یک دوره‌ی ۱۴ روزه (تا زمانی که بذر برای سه روز متوالی جوانه زنی نداشتند)، بدون اعمال سرمادهی، مورد مطالعه قرار گرفتند. ارزیابی درجه حرارت‌های کاردینال بذر، به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار، مورد مطالعه قرار گرفت. پس از پایان دوره‌ی شمارش بذر در درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی^۱، سرعت جوانه‌زنی^۲ و همچنین دمای بهینه^۳، دمای پایه^۴ و دمای بیشینه^۵ برای جوانه‌زنی بذر محاسبه شد. در هر دو آزمایش ذکر شده بذر جوانه‌زده در هر ۲۴ ساعت شمارش می‌شدند و بذری جوانه‌زده محسوب شد که ریشه‌چه آن به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیشتر از بذر خارج شده باشد. ارزیابی جوانه‌زنی در روز چهاردهم، زمانی که تعداد بذرهای جوانه‌زده برای ۳ روز متوالی ثابت ماند، به اتمام رسید. و این زمان به عنوان پایان جوانه‌زنی در نظر گرفته شد.

جهت تعیین درصد جوانه‌زنی از معادله زیر استفاده شد (۶):

درصد جوانه‌زنی = $100 \times (\text{تعداد کل بذر} \div \text{تعداد بذر جوانه زده در پایان شمارش})$

سرعت جوانه‌زنی طبق فرمول زیر به دست آمد (۶):

$$RS = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i}$$

RS: سرعت جوانه‌زنی

S_i : تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش

D_i : تعداد روز تا شمارش n ام

برای محاسبه تعداد روزهای لازم جهت جوانه‌زدن ۵۰ درصد از بذر، از رابطه زیر استفاده شد (۸):

$$t_{50} = t_i + \left[\frac{(N+1)/2 - n_i}{n_j - n_i} \right] \cdot (t_j - t_i)$$

در این رابطه، N تعداد کل بذرهای جوانه‌زده، n_i و n_j تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان‌های t_i و t_j می‌باشد. به شرطی که $n_i < (N+1)/2 < n_j$ باشد.

و میانگین زمان جوانه‌زنی از رابطه زیر به دست آمد (۴):

$$MGT = \frac{\sum DN}{n}$$

N: تعداد بذرهایی که در روز D ام جوانه زده‌اند

n: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده

D: تعداد روز از آغاز جوانه‌زنی

تعیین دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) با استفاده از مدل رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف با استفاده

- 1 - Mean Germination Time (MGT)
- 2 - Germination Rate
- 3 - Optimum Temperature
- 4 - Base Temperature
- 5 - Max Temperature

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی پونه‌سای‌انبوه (*Nepeta glomerulosa*) در تیمارهای سرما و نیترات پتاسیم

Table 1- Analysis of variance for seed germination characteristics of *Nepeta glomerulosa* seed under cold period and potassium nitrate treatments

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	درصد جوانه زنی Germination Percentage	سرعت جوانه زنی (روز) Germination Rate (day)	T ₅₀	MGT (day)	طول shoot length (mm)	ساقه چه (mm)	طول ریشه چه (mm)	وزن تر shoot fresh weight (gr)	وزن خشک shoot dry weight (gr)	وزن خشک ریشه چه (gr)
سرما Cold	3	457.6 ^{ns}	1.9*	16.1*	9.1*	112.8*	17.0 ^{ns}	0.13*	0.30 ^{ns}	0.0007*	0.00006*
نیترات پتاسیم Potassium Nitrate	3	391.0 ^{ns}	0.3 ^{ns}	14.4*	5.3 ^{ns}	146.4*	118.8**	0.18*	0.10 ^{ns}	0.0004*	0.00004 ^{ns}
سرما* نیترات Cold*Potassium Nitrate	9	129.9 ^{ns}	0.3 ^{ns}	3.3 ^{ns}	1.7 ^{ns}	42.0 ^{ns}	27.4*	0.02 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	0.00005 ^{ns}
خطا Error	32	447.9	0.6	3.5	2.0	38.3	12.0	0.02	0.10	0.00006	0.00004
ضریب تغییرات (%) CV		27	27	33	23	14	21	25	35	31	32

*، ** و ^{ns} به ترتیب عدم تفاوت معنی دار و معنی داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.
*، ** and ^{ns} show significant at the levels of p<0.05, p<0.01 and not significant, respectively

تیمارهای ۳ هفته سرمادهی و نیترات پتاسیم ۰/۱ درصد، بهترین تیمارها از نظر داشتن تاثیرات مثبت بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی *N. glomerulosa* بودند.

آزمایش دوم: تاثیر تیمارهای مختلف حرارتی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر

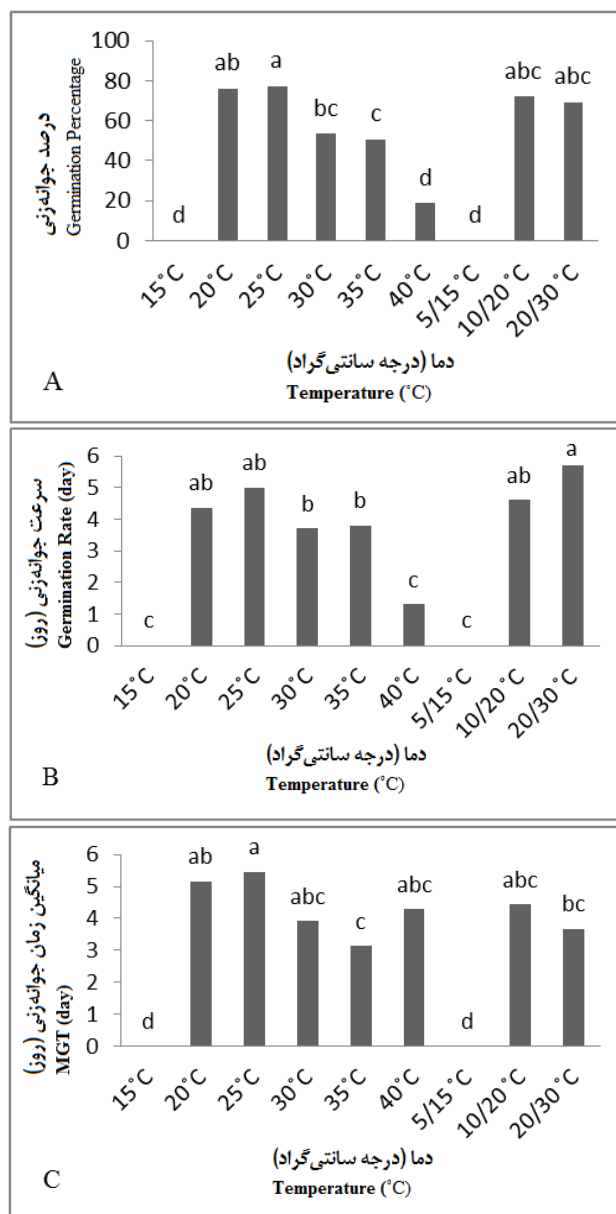
همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تیمارهای درجه‌حرارت دارای اثرات معنی‌داری ($P \leq 0.01$)، بر درصد، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی این گونه بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی بذور (۷۶ و ۷۷/۳ درصد) و میانگین زمان جوانه‌زنی (۵/۱ و ۵/۴ تعداد در روز) در دامنه حرارتی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۴/۴ و ۵ روز) نیز در همین دامنه حرارتی به دست آمد (شکل ۱). افزایش درجه حرارت از ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی شد. اثر منفی درجه حرارت‌های بالا بر درصد و سرعت جوانه‌زنی گونه‌های دیگری از تیره نعنائیان شامل کاکوتی چندساله (۱۲)، پونه‌سای بینالودی (۲۰)، آویشن خراسانی (۳۱) و همچنین پونه‌سای البرزی، پونه‌سای انبوه و آویشن البرزی (۳) نیز گزارش شده است. بنایان و همکاران (۳) گزارش کردند که با افزایش درجه حرارت از ۳۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی و با افزایش درجه حرارت از ۲۵ درجه سانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی بذرها فوق به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در گونه پونه‌سای انبوه شاخص حساس‌تری نسبت به دما در مقایسه با درصد و میانگین زمان جوانه‌زنی می‌باشد. این مسئله در گونه‌های گیاهی دیگر نیز توسط نجفی و رضوانی‌مقدم (۱۹)، تبریزی و همکاران (۳۰) و همچنین شیمف و همکاران (۲۸) نیز گزارش شده است. همچنین با بررسی شکل ۱ می‌توان گفت که تقریباً مقدار MGT (میانگین زمان جوانه‌زنی) در دماهای پایین‌تر، بیشتر بود.

درجه حرارت‌های متغیر روز و شب نیز دارای اثرات معنی‌دار بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور پونه‌سای انبوه بود. به طوری که بیشترین درصد (۷۲ و ۶۹/۳ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (۴/۶ و ۵/۷ در روز) بذور این گیاه در درجه حرارت متغیر روز و شب ۲۰/۳۰ و ۱۰/۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (شکل ۱). تاثیر درجه حرارت‌های مختلف شب و روز بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، در بسیاری از گیاهان دارویی و معطر، گزارش شده است (۲۰ و ۵) که ممکن است به دلیل مشابه بودن این شرایط با شرایطی که در طبیعت برای بذور وجود دارد باشد.

نیترات پتاسیم بر سرعت جوانه‌زنی اثر معنی‌داری نشان نداد، اما افزایش مدت زمان قرار دادن بذرها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شد به طوری که بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱/۷ در روز) در تیمارهای ۳ و ۴ هفته نگهداری بذور در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. کمترین زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (۵/۶ و ۶/۲ روز) به ترتیب در تیمار ۱ و ۴ هفته نگهداری در سرما و تیمار ۰/۱ درصد نیترات پتاسیم (۵/۴ روز) مشاهده شد. در مورد میانگین زمان جوانه‌زنی، بهترین تیمارهای سرمایی ۱، ۳ و ۴ هفته قرار دادن بذور در ۵ درجه سانتی‌گراد بود (۶/۱، ۶/۶ و ۶/۶ روز)، اما سطوح مختلف نیترات پتاسیم اثر معنی‌داری بر آن نداشت. بیشترین طول ساقه‌چه (۵۱/۵ میلی‌متر)، وزن تر ساقه‌چه (۳۰ میلی‌گرم)، وزن خشک ساقه‌چه (۱/۳ میلی‌گرم) و وزن خشک ریشه‌چه (۰/۶ میلی‌گرم) در تیمار ۲ هفته در سرما به دست آمد و با افزایش مدت زمان سرمادهی ۲ هفته، این صفات کاهش یافتند، همچنین بهترین تیمار نیترات پتاسیم برای این ۴ صفت، تیمار ۰/۱ درصد بود، کمترین سرعت جوانه‌زنی (۱/۰ در روز) در تیمار ۲ هفته سرمادهی مشاهده شد. نیترات پتاسیم بر سرعت جوانه‌زنی تاثیر معنی‌داری نداشت. تیمار با نیترات پتاسیم ۰/۱ درصد، بهترین تیمار برای زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بود. با افزایش درصد نیترات پتاسیم، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی به تیمار یک هفته سرمادهی تعلق گرفت (جدول ۱).

حسین‌پور و همکاران (۷) با بررسی تیمارهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر چند گونه از گیاه مرزه، مشاهده کردند که پیش‌تیمار سرمادهی، بیشترین تاثیر را بر افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور این گیاه داشت. در پژوهش دیگری که توسط امینی و همکاران (۱) بر بذور گیاه مرزه انجام گرفت، مشخص شد که حداکثر جوانه‌زنی بذور در غلظت‌های ۰/۱ درصدی نیترات پتاسیم اتفاق افتاد.

به طور کلی نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سرمادهی در دماهای کم که در شرایط طبیعی طی فصل زمستان و اوایل بهار اتفاق می‌افتد، سبب افزایش جوانه‌زنی بذور بسیاری از گیاهان موجود در طبیعت می‌شود. در این پژوهش نیز مشخص شد که افزایش دوره‌ی سرمادهی به طور معنی‌داری باعث بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی *N. glomerulosa* شد. تیمار با نیترات پتاسیم نیز تغییرات معنی‌داری را در خصوصیات جوانه‌زنی این گیاه نشان داد. اگرچه اعمال این تیمارها بر درصد جوانه‌زنی بذر معنی‌دار نبود و اثرات متقابل چندانی را نشان نداد، اما در میان تیمارهای استفاده شده،



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف حرارتی بر روی درصد (A)، سرعت (B) و میانگین زمان جوانه‌زنی (C) بذور گیاه دارویی پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*)

Figure 1- Effect of different thermal treatments on germination percentage (A), germination rate (B) and mean germination time (C) of *Nepeta glomerulosa* seed

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده مربوط به جوانه‌زنی بذور گیاه دارویی پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) تحت تیمارهای مختلف دمایی

Table 2- Analysis of variance of measured characteristics related to seed germination of *Nepeta glomerulosa* under different temperatures

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	درصد جوانه‌زنی (Germination percentage)	سرعت جوانه‌زنی (روز) (Germination rate (day))	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) (MGT) (day)
دما (Temperature)	8	3058.37**	14.06**	12.21**
خطا (Error)	18	63.41	0.2316	0.3516

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد را نشان می‌دهد
** shows significant at the level of $p < 0.01$

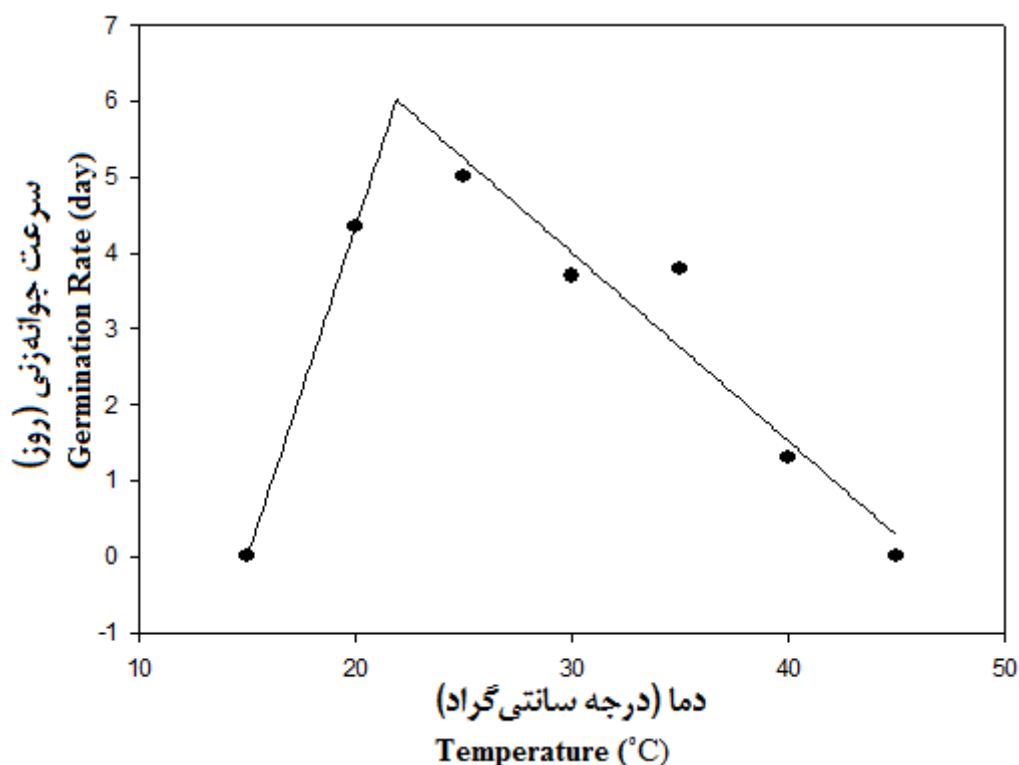
دارای درجه حرارت‌های کاردینال متفاوتی با دو گونه دیگر می‌باشد. بسیاری از محققین (۱۸، ۲۰ و ۲۱) نیز گزارش کرده‌اند که درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی در بین گونه‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه به طور معنی‌داری متفاوت می‌باشند. با تعیین درجه حرارت‌های کاردینال می‌توان محدوده‌ی پراکنش گونه‌های وحشی در عرصه‌های طبیعی و نیز زمان و منطقه مناسب جهت کشت آن‌ها را تخمین زد (۲۱).

نتایج حاصل از رگرسیون بین سرعت جوانه‌زنی و دما، به طور جداگانه در دامنه‌ی دمایی بالاتر و پایین‌تر از درجه حرارت بهینه، با همبستگی بالا، نشان داد که درجه حرارت‌های ۱۵، ۲۲ و ۴۶ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب به عنوان درجه حرارت‌های پایه، بهینه و بیشینه‌ی جوانه‌زنی می‌باشند (شکل ۲) (جدول ۳). مقایسه درجه حرارت‌های کاردینال گیاه پونه‌سای انبوه با درجه حرارت‌های کاردینال گزارش شده برای گیاه پونه‌سای بینالودی (۲۰) و همچنین پونه‌سای البرزی (۳)، نشان داد که گونه پونه‌سای انبوه

جدول ۳- درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی بذور گیاه دارویی پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) بر اساس مدل رگرسیون تکه‌ای
Table 3- Estimated of base temperature (T_b), optimum temperature (T_o) and maximum temperature (T_m) for seed germination of *Nepeta glomerulosa* using segmented function

درجه حرارت‌های کاردینال Cardinal Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	رگرسیون تکه‌ای Segmented Function
T_b	15
T_o	22
T_m	46
R^2	0.95

T_b ، T_o و T_m به ترتیب درجه حرارت‌های پایه، بهینه و بیشینه‌ی جوانه‌زنی می‌باشند
 T_b , T_o and T_m are base, optimum and maximum temperatures, respectively



شکل ۲- اثر درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی بذور گونه دارویی پونه‌سای انبوه (*Nepeta glomerulosa*) به روش خطوط متقاطع
Figure 2- The relationship between germination rate and temperature in *Nepeta glomerulosa*, Intersected-lines Model (ISL)

منابع

- 1- Amini Z., Barmaki M., Alizadeh M.A., Seyedsharifi S.R., and Nasiri M. 2012. Enhancement of seed germination characteristics and vigour of four populations in Savory of *Satureja laxiflora* by using of priming technique and cold treatment. National Conference on Environment and Plant Production, 6–7 Oct. 2012. Semnan, Iran.
- 2- Bannayan M., and Nadjafi F. 2004. Reporting the plan “Seed germination characteristics of some wild medicinal species of Iran. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- 3- Bannayan M., Nadjafi F., Rastgoo M., and Tabrizi L. 2006. Germination characteristics of some wild medicinal species of Iran. Journal of Seed Technology, 28 (1): 80-86.
- 4- Ellis R.A., and Roberts E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.
- 5- Han Ch., and Young S. 2013. Ecology of Musk Thistle (*Carduus nutans*) Seed Germination for Grasslands of Temperate Climates. Weed science, 61(4): 549-556.
- 6- Hartman H., Kester D., and Davis F. 1990. Plant Propagation, Principle and Practices. Prentice Hall International Editions, 647pp.
- 7- Hoseinpour H., Alizade M., and Jafari A. 2010. Effect of different treatments on breaking of dormancy, germination and seedling growth of *Satureja spp.* 11th Iranian Crop Science Congress, 24–26 Jul. 2010. Tehran, Iran.
- 8- Jalili Marandi R. 2007. Plant propagation. Jahaad e Daneshgahi Publication. Urmia.
- 9- Jordan G.L., and Haferkamp M.R. 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. Journal of Range Management, 42:41-45.
- 10- Khan J., Rauf M., Ali Z., Rashid H., and Khattack M.S. 1999. Different stratification techniques effects on seed germination of Pistachio. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2:1412-1414.
- 11- Kharkwal A.Ch., Prakash O., Bhattachaya A., Nagar P.K., and Ahuja P.S. 2002. Method for inducing improved seed germination in *Podophyllum hexandrum*. Council of Scientific and Industrial Research. Pretoria, South Africa.
- 12- Keyrkhah M., Koocheki A., Rezvani Moghaddam P., and Nassiri Mahallati M. 2013. Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Ziziphora clinopodioides* Lam. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(4): 543-550. (in Persian)
- 13- Kocabas Z., Craigon J., and Azam-Ali S.N. 1999. The germination response of Bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.)Verdo) to temperature. Seed Science and Technology, 27: 303 -313.
- 14- Koocheki A., and Sarmadnia Gh.H. 2000. Crop plants physiology (translation). Jahaad e Daneshgahi Publication. Mashhad.
- 15- Koocheki A., and Azizi G. 2005. Effect of different treatments on breaking dormancy of *Teucrium polium*. Iranian Journal of Field Crops Research, 3(1): 81-88. (in Persian with English abstract)
- 16- Macchia M., Angelini L.G., and Ceccarini L. 2001. Methods to overcome seed dormancy in *Echinacea angustifolia* DC. Scientia Horticulture, 89: 317-324.
- 17- Mojab F., Nickavar B., and Hooshdar Tehrani H. 2009. Essential oil analysis of *Nepeta crispa* and *N. menthoides* from Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences, 5(1): 43-46.
- 18- Mozaffarian V. 1996. Plants of Iran. Farhang e Moaser Publishers. Tehran, Iran.
- 19- Nadjafi F., and Rezvani –Moghaddam P. 2003. Determination the base temperature and study germination response of Isabgol (*Plantago ovata*) to different temperatures. Journal of Research and Development, 60: 53-55. (in Persian with English abstract)
- 20- Nadjafi F., Koocheki A., Rezvani Moghaddam P., and Rastgoo M. 2006. Evaluation of seed germination characteristics in *Nepeta binaludensis*, a highly endangered medicinal plant of Iran. Iranian Jorنال of Field Crops Research, 4(2): 1-8. (In Persian with English abstract)
- 21- Ramin A.A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloparsum* L spp. Iranicum W.). Seed Science and Technology, 25: 419-426.
- 22- Rechinger K.H. 1982. Labiatea. In Flora Iranica. No. 150, Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Gras, Austria.
- 23- Rojas – Arechiaga M., Casas A., and Vazquez-Yanes C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocerevs stellatus* (Cactacea) from the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Central Mexico. Journal of Arid Environment, 49:279-287.
- 24- Runham S. 1998. Small Scale Study of Yield and Quality of Oils from Six Herb Species. MAFF project Nf0505. pp. 30.
- 25- Saadatian B., Ahmadvand G., and Soleymani F. 2012. Investigating Effect of seed priming on germination characteristics of *Satureja hortensis* under drought and salt stress. Journal of Seed Science and Technology, 2(2): 35-44. (in Persian)
- 26- Sajjadi S.E. 2005. Analysis of the essential oil of *Nepeta sintenisii* Bornm. from Iran. Daru Journal of Pharmaceutical Sciences, 13(2): 61-64.
- 27- Sarmadnia Gh.H. 1996. Seed technology (translation). Jahaad e Daneshghahi publication. Mashhad. Iran.
- 28- Schimpf D., Flint S.D., and Plamblad J.G. 1997. Representation of germination curves with the logistic function.

Annals of Botany, 41: 1357-1360.

- 29- Summerfield R.J., Roberts R. H., Ellis R. M., and Lawn R. J. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. the development of simple model for fluctuating field environment. Experimental Agriculture, 27: 11-31.
- 30- Tabrizi L., Nassiri Mahallati M., and Koocheki A. 2004. Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Iranian Journal of Field Crops Research, 2(2): 143-149. (in Persian with English abstract)
- 31- Tabrizi L., Koocheki A., Nassiri Mahallati M., and Rezvani Moghaddam P. 2007. Germination behaviour of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus Klokov*) with application of regression models. Iranian Journal of Field Crops Research, 5(2): 249-257. (in Persian with English abstract)
- 32- Tavili A., Safari B., and Saberi M. 2009. Effect of giberlic acid and potassium nitrate on germination characteristics of *Salsola rigida*. Scientific Journal of Rangeland, 3(2): 272-280. (in Persian)
- 33- Zargari A. 1994. Medicinal plants (Vol. IV). Tehran University Publication. Tehran, Iran.



Evaluation of Cardinal Temperatures for Seed Germination of *Nepeta glomerulosa* Boiss., a Native Medicinal Plant of Iran

H. Moradi^{1*}-M. Azizi²- V. Rowshan³- H. Aroiee⁴

Received: 31-05-2015

Accepted: 14-08-2016

Introduction: The genus *Nepeta* with the common Persian name “Pune-Sa” is one of the most important genera of *Lamiaceae* family. It has aromatic plants which are endemic of Iran. Its different species are distributed almost in all parts of Iran. Some of these species are valuable in medicine and used for medicinal purposes. *Nepeta glomerulosa* Boiss. is one of the most medicinal species of this family. This study was conducted to examine seed germination characteristics and to evaluate cardinal temperature of seed germination of *N. glomerulosa*.

Materials and Methods: Seeds of *N. glomerulosa* were collected from Abade region of Fars province in the middle of September 2014. Treatments were including four levels of cold period (1, 2, 3 and 4 weeks at 5°C) and four levels of potassium nitrate (0, 0.1, 0.2 and 0.3 %). Factorial experiment with a completely randomized design in three replications was done, to evaluate seed germination percentage, germination rate, T₅₀, mean germination time, root and shoot length, root and shoot fresh and dry weight. Also, the effects of 8 constant temperatures including 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C and 3 variable temperatures including 5/15, 10/20 and 20/30 °C (12h light/12h dark), was investigated to evaluate germination percentage, germination rate, mean germination time and cardinal temperatures of seed germination.

Results and Discussion: The results showed that cold period and potassium nitrate interaction was significant only on root length. Potassium nitrate had no significant effect on germination rate, but the germination rate was increased by increasing the duration of being at 5 °C, so that the highest germination rate was observed in 3 and 4 weeks at 5 °C (1.7 and 1.2 /day respectively). The lowest germination rate (1.0 /day) was observed in 2 weeks at 5 °C treatment. The maximum shoot length (51.5 mm), shoot fresh weight (30 mg), shoot dry weight (1.3 mg) and root dry weight (0.6 mg) was obtained in 2 weeks at 5 °C treatments and potassium nitrate 0.1% was also the best treatment for abovementioned traits. Among the treatments, 3 weeks cold period and 0.1 % potassium nitrate showed the most positive effect on seed germination characteristics of *N. glomerulosa*, although, had no significant effect on germination percentage.

Based on the results of the second experiment, temperature had significant effect ($P \leq 0.01$) on germination percentage, germination rate and mean germination time. The highest amount of germination percentage (76 and 77.3 %), germination rate (4.4 and 5 /day) and mean germination time (5.1 and 5.4 /day) were recorded in the range of 20 to 25 °C. Germination rate and germination percentage were substantially reduced by increasing temperature above 25 °C. The day and night variable temperatures had significant effect on seed germination percentage and germination rate of *N. glomerulosa* seeds. The highest amount of germination percentage (72 and 69.3 %) and germination rate (4.6 and 5.7 /day) were observed at 10/20 and 20/30 °C. The results of the relationships between temperature and germination rate showed that base, optimum and maximum temperatures for seeds of *N. glomerulosa* were 15 °C, 22 °C and 46 °C, respectively.

Conclusion: The overall results showed that most chilling occurred under natural conditions during winter and early spring which caused increasing in seed germination of lots of plants. This also found that increasing in chilling period significantly improved the seed germination characteristics of *N. glomerulosa*. Also, treating with potassium nitrate had significant effects on germination properties of *N. glomerulosa*. Although applying potassium nitrate and cold period did not show interaction effects on seed germination.

The effects of different day and night temperatures on seed germination rate and percentage have been reported in many medicinal and aromatic plants as may be due to the similarity of these conditions to the natural conditions. Comparing cardinal temperatures of *N. glomerulosa* with the other species of this genus indicated that they have different cardinal temperatures. Many of researchers reported that germination cardinal

1, 2, 4- Graduated MSc, Professor and Associated Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: hodamoradi2719@gmail.com)

4- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

temperatures are significantly different among species and different genotypes of species. Determining of cardinal temperatures helps us to estimate temperature range of wild species in natural areas, planting time and also suitable areas for cultivation.

Keywords: Base temperature, Cold period, Maximum temperature, Optimum temperature, Potassium nitrate



اثر ریز نمونه و سطوح هورمونی بر باززایی مستقیم در رقم محلی خاتونی خربزه

زهره چنارانی^۱ - فرهاد شکوهی فر^۲ - مجتبی ممرآبادی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲

چکیده

خربزه گیاهی جالیزی و با ارزش اقتصادی بالا به شمار می‌رود که سطح زیر کشت قابل توجهی را در ایران و استان خراسان به خود اختصاص داده است. بکارگیری تکنیک‌های نوین در سرعت بخشیدن به برنامه‌های اصلاحی می‌تواند در جبران کاستی‌های گذشته نقش مهمی ایفاء نماید. اکوتیپ خاتونی می‌تواند به عنوان رقمی محلی و بازارپسند در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار گیرد. در این مطالعه اثر دو فاکتور ریزنمونه و مقادیر مختلف هورمون BAP در محیط کشت با هدف بهینه سازی شرایط باززایی مستقیم در اکوتیپ خاتونی بررسی شد. جوانه‌ی جانبی انتهایی برگ‌های پله‌ای، برگ‌های حقیقی و محور زیر پله در محیط‌های کشت RM1 (حاوی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر BAP)، RM2 (حاوی ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP)، RM3 (حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP)، RM4 (حاوی ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر BAP)، RM5 (حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP) و RM6 (یک تیمار ترکیبی از دو هورمون BAP ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر) و NAA (۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر) کشت شدند. ریزنمونه‌ی برگ پله‌ای در مقایسه با سایر ریز نمونه‌ها باززایی بیشتری نشان داد و القای ساقه‌زایی در محیط کشت با افزایش میزان BAP افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: برگ حقیقی، برگ پله‌ای، خربزه، محور زیرپله، هورمون BAP

مقدمه

خربزه *Cucumis melo* L. یکی از مهم‌ترین محصولات اقتصادی و متعلق به خانواده *Cucurbitaceae* است و به دلیل دگرگرده افشانی و عمر طولانی گل از تنوع بالایی برخوردار است. اقلیم مناسب کشت این گیاه نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری است. ایران بعد از چین و ترکیه سومین کشور تولیدکننده خربزه است که استان‌های خراسان، سمنان و خوزستان به ترتیب بالاترین میزان عملکرد در هکتار را به خود اختصاص می‌دهند (۷). رقم خاتونی جزء ارقام محلی ایرانی است که علاوه بر اهمیت اقتصادی، از نظر کیفیت و طعم ارزش بالایی دارد و بیش‌ترین سطح زیرکشت را در ایران به خود اختصاص می‌دهد (۲۲). در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای معرفی ارقام اصلاح شده خاتونی توسط محققین و شرکت‌های داخل

و خارج از کشور صورت گرفته است. با این حال این تلاش‌ها تنها به به گزینی در جهت انتخاب صفات به زراعی محدود بوده است و هنوز برای دستیابی به ارقام مقاوم خربزه به بیماری‌ها از جمله پژمردگی فوزاریومی تلاشی صورت نگرفته است.

یکی از مشکلات اصلی تولید ملون‌ها در بسیاری از کشورهای تولید کننده، حساسیت زیاد این محصول به بیماری‌های ویروسی، باکتریایی و قارچی بویژه قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* است. تولید گیاهان مقاوم به تنش‌های زیستی و غیر زیستی و یا گیاهانی با صفات زراعی ارزشمند همواره در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه بوده‌است با این وجود معرفی آن‌ها با روش‌های اصلاح کلاسیک از طریق تلاقی بسیار زمان بر و پرهزینه خواهد بود و علاوه بر آن سبب انتقال طیف وسیعی از صفات غیرمطلوب به رقم مورد نظر خواهد شد. از سوی دیگر وجود مشکلات و محدودیت‌های تلاقی بین گونه‌ای و بین جنسی کارایی استفاده از روش‌های کلاسیک را کم نموده‌است. این محدودیت‌ها استفاده از تکنیک‌ها و ابزارهای جدیدی را مورد توجه قرار داده است. مهندسی ژنتیک امکان بدست آوردن یک ژن خاص را از منابع حیاتی خارج از گونه گیاهی مورد نظر ممکن نموده است. ارائه تکنیک‌های انتقال ژن، وارد نمودن یک ژن جدید را در گیاه هدف ممکن ساخته است. بنابراین، تکنیک‌های نوین از جمله انتقال ژن برای استفاده از ژن‌های مقاوم،

۱- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی

شاهرود

۲- استادیار ژنتیک مولکولی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار بیماری شناسی گیاهی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

فردوسی مشهد

(Email: mamarabadi@um.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.48644

در خربزه می تواند به عنوان یک روش اصلاحی مورد توجه قرار گیرد. به منظور انتقال یک ژن جدید به گیاه، بررسی شرایط کشت بافت و بهینه سازی روش باززایی مستقیم اهمیت بالایی دارد و اصلاح ژنتیکی گیاهان از جمله ملون ها با استفاده از تکنیک های کشت بافت و بیوتکنولوژی، پتانسیل خوبی را برای تولید میوه هایی با کیفیت بالا و ایجاد ارقام مقاوم به تنش های محیطی و زیستی ایجاد کرده است (۴ و ۵).

باززایی مستقیم در شرایط درون شیشه ای یکی از مراحل کلیدی در موفقیت برنامه های انتقال ژن می باشد (۲۰). از طرفی، اندام زایی فرایندی است که در آن شاخساره های جدید در شرایط درون شیشه ای از طریق تقسیم سلولی و تمایز یابی به وجود می آید و به تدریج مرستم انتهایی جدید در شاخساره تولید و نهایتاً طویل شدن شاخساره اتفاق می افتد. اندام زایی غیرمستقیم خربزه به دلیل زمان بر بودن دست یابی به گیاه کامل و احتمال بروز تنوع سوماتیکی و عدم ثبات ژنتیکی و تولید گیاهان شیمز از نظر سطح پلوتیدی مطلوب نیست، عوامل مختلفی در بهینه سازی شرایط باززایی مستقیم در ارقام ملون مورد توجه بوده است. انتخاب ریزقلمه مناسب، تعیین سطوح هورمون سیئونکین مانند بنزیل آمینو پورین (BAP)^۱ از جمله این عوامل است (۱۹). اثر ریزقلمه های تهیه شده از بافت های مختلف خربزه مانند ریزنمونه های کوتیلدون و یا برگ حقیقی مورد مطالعه قرار گرفته است (۱۹). باززایی شاخساره های خربزه در شرایط درون شیشه ای به طور مستقیم از برگ های لپه ای (۶ و ۱۹) و برگ های حقیقی (۱۱ و ۲۷) و محور زیرلپه (هیپوکوتیل) (۱۲ و ۱۵) گزارش شده است. همچنین باززایی خربزه از طریق اندام زایی (۱، ۱۳، ۱۷، ۱۹ و ۲۶) گزارش شده است. موفقیت در باززایی در ارقام مختلف ملون تا حد زیادی تحت تاثیر ژنوتیپ گیاه می باشد (۲۱). بررسی ترکیبات هورمونی نیز نشان داده است که غلظت های متفاوتی اعمال می نمایند.

BAP و NAA در باززایی خربزه اثرات متفاوتی اعمال می نمایند. اولین گزارش از اندام زایی مستقیم توسط بلکمون و همکاران (۲۳) ارائه شد. آن ها توانستند از ریزنمونه های لپه ای و برگ ارقام مختلف خربزه در محیط MS به ترتیب حاوی ۰/۱ : ۰/۲ : ۰/۱ میلی گرم در لیتر 2ip -NAA- سایکوسل، گیاهان کامل به دست آورند. تابعی و همکاران (۲۶) از ریزنمونه های برگ لپه ای، زیرلپه، برگ و جوانه های ۱۰ روزه رقم ارلز^۲ با سطوح مختلف هورمونی از طریق باززایی مستقیم، ساقه تولید کردند. در این میان بیشترین باززایی در حضور به ترتیب ۰/۱ : ۰/۱ : ۰/۱ میلی گرم در لیتر BAP : IAA : 2,4-D گزارش شد. در بررسی های انجام شده توسط یاداو و همکاران (۲۷) روشی سریع و کارا برای باززایی ساقه از ریزنمونه های برگ دو رقم

معروف هالس و آناناس^۳ با به کارگیری ۱/۱۳، ۰/۸۸، ۵/۱ میلی گرم در لیتر به ترتیب BAP : NAA : AgNO₃ گزارش شده است. آن ها توانستند از هر ریزنمونه ۱۰۰-۸۰ درصد باززایی به دست آورند. کوروک و همکاران (۵)، اثر ژنوتیپ، ترکیب هورمونی و سن ریزنمونه را روی باززایی ساقه از ریزنمونه های برگ لپه ای سه، چهار و شش روزه ۱۰ ژنوتیپ ترکیه ای گیاه خربزه بررسی کردند. در غلظت های ۱/۱۳ : ۰/۸۸ : ۰/۲۶ میلی گرم در لیتر به ترتیب BAP : IAA : ABA در ریزنمونه های چهار روزه بیشترین فراوانی باززایی (۹۰ درصد) را نشان دادند. در گزارشی از اندام زایی خربزه رقم کریولو^۴ با بررسی ریزنمونه های سه روزه هفت ژنوتیپ در محیط حاوی سه سطح (۱/۱-۰/۵-۱-۰/۵) BAP و سه سطح (۰/۵-۰/۰۵-۰/۰۵) IAA، بیشترین باززایی مستقیم شاخه با سطح یک میلی گرم در لیتر BAP به طور میانگین بالای ۷۰ درصد در مجموع ژنوتیپ ها به دست آمد (۱۶). تنها گزارش در مورد اندام زایی مستقیم خربزه رقم خاتونی مربوط به تحقیقی است که توسط نداف و همکاران انجام شده است (۲۰). در این تحقیق با بررسی ریزنمونه های برگ لپه ای گیاهچه های ۷ روزه بیشترین باززایی بدست آمد (۶۴ درصد).

با توجه به ارزش زراعی و اقتصادی رقم خاتونی در استان خراسان و ضرورت مهیا نمودن شرایط بهره مندی از فناوری های نوین در افزایش کیفیت و مقاومت این گیاه در برابر تنش های مختلف، در این مطالعه با هدف بهینه سازی شرایط باززایی مستقیم گیاهچه کامل در شرایط آزمایشگاهی اثر عواملی از جمله ریزنمونه و سطوح مختلف هورمونی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

مواد گیاهی

در این تحقیق از بذور رقم محلی خاتونی (اهدائی آقای دکتر علی رضا سبحانی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی) استفاده شد. بذور جهت تولید گیاهچه استریل در درون شیشه مورد استفاده قرار گرفتند. ضدعفونی بذور پس از جدا سازی پوسته بذر در محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۲۰ دقیقه روی شیکر انجام شد. در شرایط استریل بذور سه بار و هر مرتبه به مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر استریل شستشو شدند. سپس بذور روی کاغذ صافی استریل خشک گردیده و در محیط پایه MS^۵ (۱۷) کشت شدند. پس از کشت، شیشه ها به مدت ۴۸ ساعت در شرایط تاریکی قرار گرفتند و سپس به اتاق رشد با دوره ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند تا

3- Ananas

4- Criollo

5- Murashige and Skoog

1- 6-Benzylaminopurine (BAP)

2- Earl's

سازگاری گیاهچه‌های ریشه‌دار

گیاهان ریشه‌دار شده پس از شستشو با آب و حذف کامل آگار به گلدان‌های کوچک حاوی بستر کشت ترکیبی شده از نسبت‌های مساوی پیت: پرلیت: ورمی‌کولیت منتقل شدند. روی گیاهان جهت ممانعت از تنش رطوبتی با پوشش‌های پلاستیکی پوشانده و برای آبیاری از آب مقطر استفاده شد. سپس در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد. پس از ۴۸ ساعت، با ایجاد منافذی در پوشش‌ها و حذف تدریجی آن شرایط سازگاری گیاهان نسبت به محیط فراهم آمد.

آنالیز داده‌ها

آزمایشات باززایی با فاکتور ریزنمونه (در دو سطح برگ حقیقی، برگ لپه‌ای) و غلظت هورمون BAP (در پنج سطح RM_5 , RM_1) در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند. داده‌ها با نرم افزار SPSS و JMP آنالیز شدند و میانگین‌ها بوسیله‌ی آزمون دانکن مقایسه شدند. نمودارها در نرم افزار Microsoft Excel 2007 رسم شدند.

نتایج و بحث

در اختیار بودن دستورالعمل باززایی مستقیم گیاهان در انجام برنامه‌های انتقال ژن ضروری است. به منظور بهینه‌سازی این شرایط در رقم خاتونی خربزه اثر هورمون‌ها و ریزنمونه‌های مختلف در ساقه‌زایی مستقیم، تیمارهای مناسب جهت تولید شدن ساقه‌ها و ریشه‌دار نمودن ریزساقه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

اثر نوع ریزنمونه و غلظت هورمون BAP بر راندمان باززایی مستقیم

انتخاب ریزنمونه مناسب یک گام اصلی در دست یابی به روش‌های باززایی گیاهان است. در این آزمایش درصد ساقه زایی سه نوع ریزنمونه (محور زیرلپه، برگ‌های لپه‌ای و برگ حقیقی) مورد بررسی قرار گرفت. ظهور اولین ساقه‌های باززا شده از ریزنمونه‌های مختلف به طور متوسط دو هفته بعد از قرار گرفتن ریزنمونه‌ها در محیط کشت اندام‌زایی مستقیم مشاهده شد. طی هفته اول کشت، رشد و توسعه ریزنمونه‌ها مشاهده شد. شروع و فراوانی باززایی در ریزنمونه‌های مختلف متفاوت بود. نتایج نشان داد که بیشترین راندمان باززایی در تمامی سطوح هورمونی مربوط به ریزنمونه برگ لپه‌ای است (شکل ۱).

مشاهدات نشان داد که ریزنمونه محور زیرلپه در تمام تیمارهای هورمونی مورد مطالعه فقط تشکیل بافت کالوس داده و هیچ ساقه‌ای

برگ‌های کوتیلدونی توسعه یابند و در تعدادی از نمونه‌های رشد گیاه تا زمان ظهور برگ‌های حقیقی تداوم یافت.

بررسی اثر نوع ریزنمونه و هورمون BAP در راندمان باززایی

راندمان باززایی مستقیم در ریزنمونه‌های برگ لپه‌ای، برگ حقیقی و محور زیرلپه رقم خاتونی خربزه مورد بررسی قرار گرفت. ریز نمونه‌ها از گیاهچه‌های استریل رشد یافته در شرایط درون شیشه تهیه شد. ریزنمونه‌های برگ لپه‌ای و محور زیرلپه از گیاهچه‌های ۱۰ روزه و ریزنمونه‌ی برگ حقیقی از گیاهچه‌های ۲۰ روزه در شرایط استریل جداسازی شد. پنج تیمار هورمونی با غلظت متفاوت از هورمون BAP (۶- بنزیل آمینو پورین) جهت مقایسه باززایی مستقیم ریز نمونه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. در این تیمارها سطوح ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP در محیط پایه‌ی MS اضافه شد و یک تیمار حاوی ترکیبی از دو هورمون BAP ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر و NAA (نفتالین استیک اسید) ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA مورد استفاده قرار گرفت. از هر نمونه سه ریز قلمه در هر شیشه حاوی هر محیط کشت قرار گرفت و در سه تکرار کشت شد. محیط‌ها حاوی ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و ۶/۵ گرم در لیتر آگار و pH = ۵/۸ بودند. ظروف کشت در اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا بروز ساقه زایی نگهداری شدند. روشنایی با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۳۰ میکرومول بر متر مربع به وسیله لامپ‌های فلورسنت سفید تامین شد. نمونه‌ها پس از کشت در شرایط روشنایی و دمای مشابه مرحله جوانه زنی نگهداری شدند.

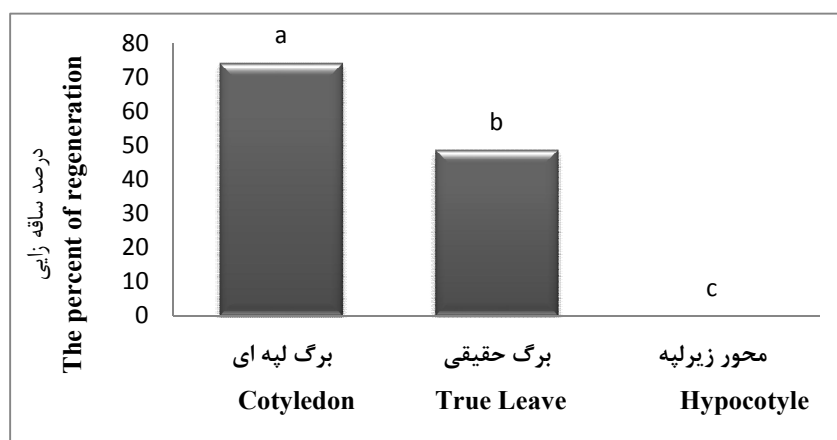
بررسی اثر غلظت BAP در تولید شدن ساقه‌های باززایی شده

نوساقه‌های تولید شده از محل تمایز از ریزنمونه جدا و به محیط تولید شدن ساقه منتقل شدند. جهت تولید شدن ساقه‌های باززا شده دو نوع محیط هورمونی (ME_1 و ME_2) با غلظت‌های متفاوت هورمون BAP مورد بررسی قرار گرفت. در محیط ME_1 میزان هورمون BAP با همان نسبت مشابه هورمون در محیط باززایی استفاده شد و در محیط ME_2 میزان هورمون نسبت به محیط باززایی یک سطح کاهش یافت.

بررسی اثر هورمون NAA در ریشه‌زایی ساقه‌های تولید شده

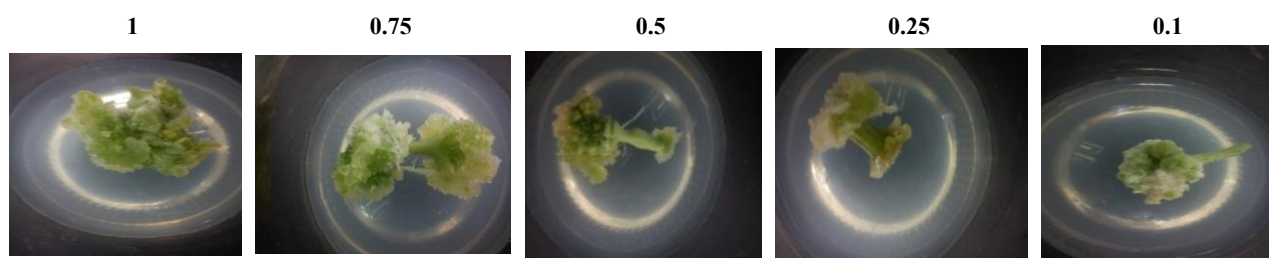
جهت تشکیل سیستم ریشه‌ای قوی و گسترده، نوساقه‌های تولید شده روی محیط تولید شدن نوساقه از محل میان گره‌ها به صورت اریب جدا و به محیط‌های ریشه‌زایی منتقل شدند. سه نوع محیط ریشه‌زایی شامل محیط MS عاری از هورمون (MR_A)، محیط MS تکمیل شده با ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA (MR_B) و محیط MS تکمیل شده با ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر NAA (MR_C) تهیه شد.

تشکیل نشد (شکل ۲). در ریزنمونه‌های محور زیرپه تا مدت ۶ ماه هیچگونه باززایی در هیچ یک از محیط‌های کشت آزمون شده مشاهده نشد.



شکل ۱- اثر نوع ریزنمونه بر درصد ساقه‌زایی خربزه رقم 'محلی خاتونی'

Figure1- The effect of explant types on shoot regeneration percent of *Cucumis melo* L., cv. *Khatooni*



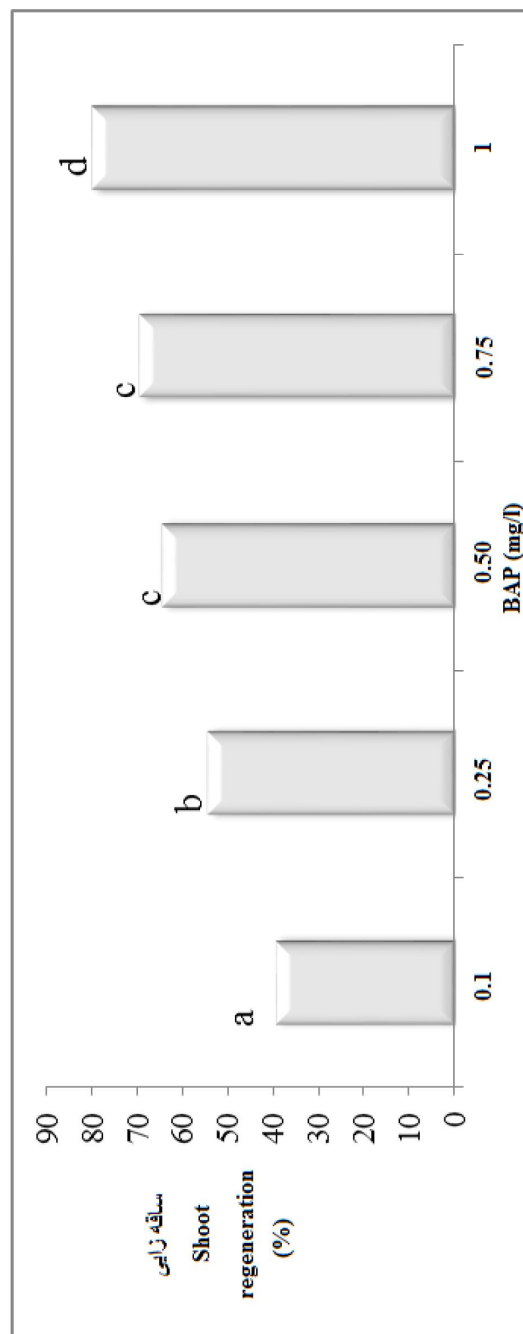
شکل ۲- اثر ریزنمونه محور زیرپه خربزه رقم 'محلی خاتونی' در غلظت‌های ۱، ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱ میلی گرم در لیتر BAP

Figure 2- The effect of hypocotyls explants of *Cucumis melo* L. cv. *khatooni* in different concentrations of BAP (1, 0.75, 0.5, 0.25, and 0.1 mg/l)

مختلف هورمونی غلظت ۱ میلی گرم در لیتر BAP بیشترین درصد باززایی را سبب شد. بنابراین می توان انتخاب ریزنمونه برگ لپه ای و سطح هورمونی یک میلی گرم در لیتر BAP را برای مراحل باززایی گیاه خربزه رقم خاتونی توصیه نمود. در تیماری که حاوی مقادیر کمی از هورمون NAA در ترکیب با هورمون BAP بود اندام‌زایی در هر سه ریزنمونه برگ لپه‌ای، برگ حقیقی و محور زیرپه به صورت رشد و توسعه ریشه نمایان شد (شکل ۴). در این تیمار هر سه ریزنمونه تنها ریشه‌زایی نمودند و ساقه‌زایی مشاهده نشد. این نتایج حاکی از آن بود که مقادیر اندکی از هورمون NAA از باززایی مستقیم ریزنمونه‌ها جلوگیری نموده و به عبارتی مهار ساقه‌زایی و در نتیجه ریشه‌زایی را در هر سه ریزنمونه مورد استفاده القاء می نماید.

با توجه به نقش اساسی سائتوکینین‌ها در تحریک ساقه‌زایی، تاثیر غلظت‌های مختلف هورمون BAP روی ساقه‌زایی ریزنمونه‌های برگ لپه‌ای، برگ حقیقی و محور زیرپه بررسی گردید. جهت باززایی ساقه، ریزنمونه‌ها در محیط کشت MS حاوی غلظت‌های متفاوت هورمونی از BAP (۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی گرم در لیتر کشت شدند. نتایج حاصل از بررسی غلظت‌های مختلف هورمونی از لحاظ درصد باززایی ساقه در سطح احتمال یک درصد متفاوت بود. بیشترین درصد باززایی ساقه در محیط حاوی ۱ میلی گرم در لیتر BAP مشاهده گردید. سپس به ترتیب در محیط‌های حاوی ۰/۷۵ و ۰/۵ میلی گرم در لیتر ساقه‌زایی دیده شد. کمترین درصد ساقه‌زایی مربوط به محیط حاوی ۰/۱ میلی گرم در لیتر BAP بود (شکل ۳).

در مجموع نتایج این آزمایشات نشان داد که در میان انواع ریزنمونه‌های مورد مطالعه، ریزنمونه برگ لپه‌ای به دلیل دارا بودن بالاترین درصد باززایی در بین سایر ریزنمونه‌ها به عنوان مناسب‌ترین ریزنمونه جهت باززایی انتخاب گردید. همچنین در بین غلظت‌های



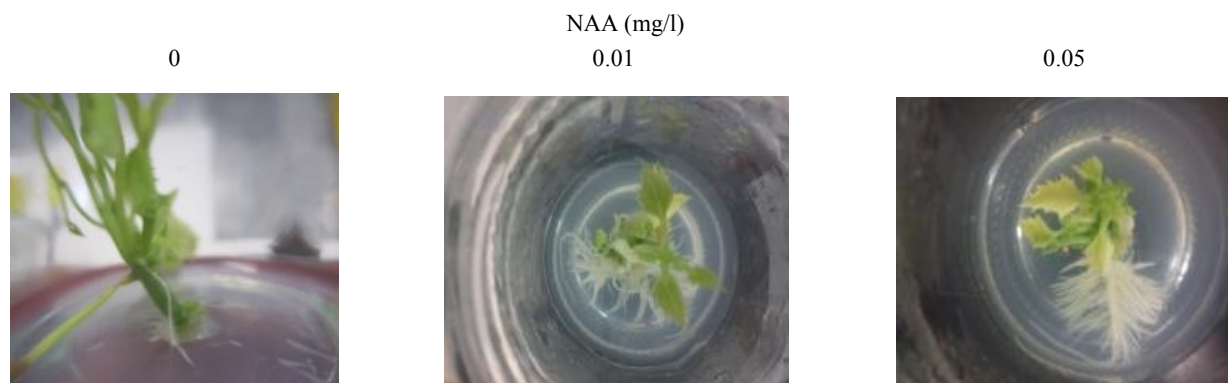
شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف BAP بر درصد ساقه‌زایی خربزه رقم محلی خاتونی^۱ بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Figure 3- The effect of different concentrations of BAP on shoot regeneration of *Cucumis melo* L. cv. *khatooni*. Means in each treatment, followed by the same letter are not significantly different at LSD ($P \leq 0.01$) of probability



شکل ۴- تاثیر هورمون NAA بر اندام‌زایی ریزنمونه‌های مختلف خربزه رقم 'محلی خاتونی'. در تیمار ترکیبی ۰/۵ میلی گرم در لیتر BAP و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر NAA هر سه ریزنمونه برگ حقیقی، برگ لپه ای و محور زیرلپه پس از گذشت ۲۰ روز از کشت تنها ریشه زایی نموده و هیچ ساقه‌ای تشکیل نشد

Figure 4- The effect of NAA on the different explants organogenesis of *Cucumis melo* L. cv. *khatooni*. In all three explants (true leaves, cotyledon and hypocotyls) rooting was observed in a treatment combination including 0.5 mg/l BAP and 0.01 mg/l NAA, 20 days after cultivation while no stem was formed at the same time



شکل ۵- گیاهان ریشه‌دار شده در غلظت‌های مختلف NAA در خربزه رقم 'محلی خاتونی' در محیط MS عاری از هورمون، سیستم ریشه‌ای ضعیفی بعد از گذشت ۳ هفته از قرار گرفتن روی محیط ریشه‌زایی شکل گرفت. در محیط MS غنی شده با ۰/۰۱ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر NAA سیستم ریشه‌ای مناسبی بعد از گذشت ۸ تا ۱۰ روز تشکیل شد

Figure 5- Rooted plants of *Cucumis melo* L. cv. *khatooni* in the different concentrations of NAA. In MS medium without hormone, a weak root system was formed three weeks after exposure on the rooting medium. In MS medium enriched with 0.01 and 0.05 mg/l NAA an appropriate root system was formed after 8 to 10 days

نتایج اثر هورمون NAA در ریشه‌زایی و سازگاری گیاهان

القای ریشه جهت به دست آوردن گیاهان کامل با تاثیر سه غلظت هورمون NAA مورد بررسی قرار گرفت. ساقه‌های طویل شده جهت تشکیل سیستم ریشه‌ای به محیط‌های مختلف که برای ریشه‌زایی ارزیابی گردیده بودند منتقل شدند. برای ریشه‌زایی ساقه‌های طویل شده از محیط کشت MS حاوی NAA با سطوح ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر استفاده شد. ۸ تا ۱۰ روز پس از کشت، در محیط القای ریشه، ساقه‌ها بر اساس ریشه‌زایی بررسی شدند. در محیط MS عاری از هورمون، سیستم ریشه‌ای ضعیفی بعد از گذشت ۳ هفته از قرار گرفتن روی محیط ریشه‌زایی شکل گرفت. در محیط MS غنی شده با ۰/۰۱ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر NAA سیستم ریشه‌ای مناسبی بعد از گذشت ۸ تا ۱۰ روز تشکیل شد (شکل ۵). در

اثر هورمون BAP در طویل شدن ساقه‌های باززاشده

به منظور افزایش طول ساقه‌ها و به وجود آمدن ساقه‌های طبیعی‌تر و مناسب، ساقه‌های تولیدی که به خوبی از محل میانگره قابل جداسازی بود، پس از گذشت ۱۰ روز پس از باززایی به محیط مناسب جهت طویل شدن منتقل شدند. در محیط ME₁ که غلظت هورمون BAP نسبت به محیط باززایی یک سطح کاهش پیدا کرد بعد از گذشت ۱۴-۱۰ روز ساقه‌ها به طول مناسب جهت انتقال به محیط ریشه‌زایی رسیدند. در محیط ME₂ که غلظت هورمون BAP مشابه غلظت هورمون در محیط باززایی بود، فقط باززایی و تکثیر ساقه‌های جدید اتفاق افتاد.

گرم در لیتر بیشترین باززایی را نشان داد. نتایج این بررسی با بسیاری از نتایج محققان قبلی مطابقت دارد. در این خصوص باززایی درون شیشه ای خربزه از ریزنمونه‌های برگ کونیلدون و برگ حقیقی (۶ و ۱۲) در محیط‌های باززایی حاوی سایتوکینین‌ها (۳ و ۱۲)، اکسین‌ها (۱۰ و ۱۶) به دست آمده است.

امروزه کاملاً مشخص شده است که سایتوکینین‌ها در تقسیم سلولی، آزاد شدن جوانه‌های جانبی از رکود، در تشکیل و رشد جوانه‌های جانبی و همچنین در کنترل چرخه سلولی نقش دارند. در حالی که اکسین‌ها تأثیر شدیدی در شروع تقسیم سلول داشته و باعث تشکیل بافت‌های سازمان نیافته (کالوس) از مریستم‌های سازمان یافته می شوند، به طوری که با اسیدی کردن دیواره سلولی باعث بزرگ شدن سلول، تمایزیابی بافت آوندی و تشکیل ریشه‌ها می شوند. دستکاری نسبت سایتوکینین به اکسین در محیط کشت می تواند در الگوی نمو یا جهت دهی برنامه اندام زایی مناسب باشد (۹).

به طور کلی این مطالعه نشان داد که ریزنمونه برگ لپه‌ای بیشترین درصد باززایی ساقه را دارد ($P \leq 0.01$). علاوه بر آن افزایش غلظت BAP سبب افزایش ساقه‌زایی در خربزه شد و غلظت ۱ میلی گرم در لیتر BAP بیشترین ساقه‌زایی را دارد ولی افزایش هورمون BAP سبب کاهش ارتفاع ساقه شده و بنابراین کاهش غلظت هورمون BAP به یک سطح نسبت به غلظت هورمون در محیط باززایی باعث طویل شدن ساقه باززایی شده می شود. در آزمایشی که به منظور القای ریشه بر روی ساقه‌های باززایی شده انجام شد مشاهده شد که محیط حاوی ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر NAA محیط مناسب‌تری جهت ریشه‌زایی می باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی و مدیریت محترم پژوهشکده علوم گیاهی که فضای آزمایشگاهی لازم را جهت اجرای این تحقیق مهیا نمودند صمیمانه تشکر می نمایم.

مورد ساقه‌های قرار داده شده در محیط‌های مختلف ریشه‌زایی، در تمام سطوح هورمونی مورد استفاده، ریشه‌زایی رخ داد. نتایج نشان داد که هورمون NAA در هر دو سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر، تولید ریشه را باعث می شود و در سطح بالاتر افزایش تحریک در تولید ریشه فرعی و افزایش طول ریشه اصلی و فرعی اتفاق می افتد. در مجموع مشاهدات نشان داد که محیط ریشه‌زایی حاوی NAA محیط مناسب‌تری نسبت به محیط جامد MS جهت ریشه‌زایی ساقه‌های باززاشده از ریزنمونه‌ها می باشد.

بحث و نتیجه گیری

دستیابی به دستورالعمل انتقال ژن به گیاه تا حد زیادی تحت تأثیر روش باززایی مستقیم گیاه در شرایط آزمایشگاهی می باشد. در این مطالعه با هدف بهینه سازی شرایط باززایی مستقیم اثر فاکتورهای مختلفی از جمله نوع ریز قلمه و سطوح هورمونی مختلف در مراحل پرافزایی، طویل شدن ساقه، ریشه دار شدن ساقه، توسعه ریشه‌ها و در نهایت مراحل سازگاری گیاهچه و انتقال به شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت.

در مطالعه حاضر برگ لپه‌ای راندمان باززایی مستقیم بالاتری نسبت به دیگر ریزنمونه‌ها را دارا بود. نتایج مشابه دیگری از اندام‌زایی مستقیم برگ‌های لپه‌ای سایر ارقام خربزه گزارش شده است. دریکس و وان بگنوم (۶) از ریزنمونه‌های برگ لپه‌ای ارقام مختلف خربزه روی محیط کشت حاوی ۱ میلی گرم در لیتر BAP بیش‌ترین باززایی را به دست آوردند. سینگ و همکاران (۲۳) بیش‌ترین باززایی مستقیم را روی محیط کشت حاوی ۰/۲۲ میلی گرم در لیتر BAP در گیاه خربزه به دست آوردند. در رقم خربزه ی آماریلو (Amarillo) بیشترین باززایی از ریزنمونه‌های برگ لپه‌ای حاصل شد (۱۶). سوزا و همکاران (۲۵) با استفاده از ریزنمونه‌های برگ لپه‌ای خربزه ۴۲ درصد راندمان باززایی مستقیم داشتند. البته محیط باززایی آن‌ها علاوه بر ۱ میلی گرم در لیتر BAP حاوی ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر IAA نیز بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مواد تنظیم کننده رشد BAP با غلظت یک میلی

منابع

- Abrie A. L., and Van Staden J. 2001. Development of regeneration protocols for selected cucurbit cultivars. Plant Growth Regulation, 35: 263-267.
- Blackmon W. J., Reynolds B. D., and Postek C. E. 1981. Production of somatic embryos from callused cantaloupe hypocotyl explants. Horticulture Science, 16: 451-451.
- Chee P. P. 1991. Plant regeneration from cotyledons of *Cucumis melo* 'Topmark'. Horticulture Science, 26: 908-910.
- Compton M. E., Gray D. J., and Gaba V. P. 2004. Use of tissue culture and biotechnology the genetic improvement of watermelon. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 77: 231-243.
- Curuk S., Elman C., Schlarman E., Sagef O., Shomer I., Cetiner S., Gray D. J., and Gaba V. 2002. A novel pathway for rapid shoot regeneration from the proximal zone of the hypocotyl of melon (*Cucumis melo* L.). In Vitro Cellular Developmental Biology-Plant, 38: 260-267.

6. Dirks R., and Buggenum M. V. 1989. In vitro plant regeneration from leaf and cotyledon explants of *Cucumis melo* L. Plant cell reports, 7: 626-627.
7. FAO Statistics. 2010. available at <http://faostat.fao.org/faostat/> (visited 20 July 2016).
8. Gaba V., Elman E., Perl Treves R., and Gray D. J. 1996. A theoretical investigation of the genetic variability in the ability of *Agrobacterium* to transform *Cucumis melo*. L. p. 172-178. In Gomez-Guillamon M. L., Soria C., Cuartero J., and Fernandez-Munoz R. (eds). Cucurbits Towards. 2000. Preceding of 6th Eucarpia meeting on Cucurbit Genetics and Breeding, Malaga, Spain.
9. Gaspar T. H., Kevers C., Faivre-Rampant O., Crevecoeur M., Penel C. L., Greppin H., and Dommes J. 2003. Changing concepts in plant hormone action. In Vitro Cellular Developmental Biology-Plant, 39:85-106.
10. Gray D. J., McColley D. W., and Compton M. E. 1993. High-frequency somatic embryogenesis from quiescent seed cotyledons of *Cucumis melo* cotyledons. Journal of American Society of Horticultural Science, 118: 425-432.
11. Kathal R., Bhatnagar S. P., and Bhojwani S. S. 1986. Regeneration of shoots from hypocotyl callus of *Cucumis melo* cv. Pusa sharbati. Journal of Plant Physiology, 126: 59-62.
12. Kathal R., Bhatnagar S. P., and Bhojwani S. S. 1988. Regeneration of plants from leaf explants of *Cucumis melo* cv. Pusa Sharbati. Plant Cell Reports, 7: 449-451.
13. Liborio L. C., Januzzi B. M., Stefano S. M. D., and Martinelli A. P. 2001. In vitro morphogenesis of *Cucumis melo* var. inodorus. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 65: 81-89.
14. Melara M. V., and Arias A. M. G. 2009. Effect of BAP and IAA on shoot regeneration in cotyledonary explants of Costa Rican melon genotypes. Agronomia Costarricense, 33: 125-131.
15. Molina R. V., and Nuez F. 1995. Characterization and classification of different genotypes in a population of *Cucumis melo* based on their ability to regenerate shoots from leaf explants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 43: 249-257.
16. Moreno V., Garcia-Sogo M., Granell I., Garcia-Sogo B., and Roig L. A. 1985. Plant regeneration from calli of melon (*Cucumis melo* L. cv. Amarillo Oro). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 5: 139-146.
17. Murashige T., and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 15: 473-497.
18. Naddaf kheyrabadi M., Lotfi M., Tohidfar M. and Naderi D. 2010. Master thesis in horticultural sciences. Transformation of melon *Cucumis melo* L. in order to enhance resistant against fungal pathogen. Abureyhan Campus, University of Tehran. Iran. (In Persian with English abstract).
19. Niedz R. P., Smith S. S., Dunbar K. V., Stephens C. T., and Murakishi H. 1989. Factors affecting shoot regeneration from cotyledonary explants of *Cucumis melo*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 18: 313-319.
20. Nunez-Palenius H. G., Gomez-Lim M., Ochoa-Alejo N., Grumet R., Lester G. and Cantliffe D. J. 2008. Melon fruits: Genetic diversity, physiology, and biotechnology features. Critical Reviews in Biotechnology, 28:13-55.
21. Pech J. C., Bernadac A., Bouzayen M., Latche A., Dogimont C. and Pitrat M. 2007. Melon. p. 209- 240. In Pua E. C., and Davey M. R. (eds). Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 60 Transgenic Crops V. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
22. Salehi R. and Kashi A. 2010. Leaf gas exchanges and mineral ion composition in xylem sap of Iranian melon affected by rootstocks and training methods. Horticulture Science, 45: 766-770.
23. Singh M. N., Misra A. K., and Bhatnagar S. P. 1996. In vitro production of plants from cotyledon explants of *Cucumis melo* L. and their successful transfer to field. Phytomorphology, 46: 395-402.
24. Sobhani A., Bashtini A., Rafezi R., Heydarpoor A., and Gharib M. A. 2015. Khatooni93, A new cultivar of melon for cultivation in tropical and subtropical region. Research Achievements for fields and horticulture crops, 4(1): 117-126. (In Persian with English abstract).
25. Souza F. V. D., Garcia-sogo B., Souza A. S., San-Juan A. P., and Moreno V. 2006. Morphogenetic response of cotyledon and leaf explants melon (*Cucumis melo* L.) cv. Amarillo Oro. Brazilian Archives of Biology and Technology, 49: 21-27.
26. Tabei Y., Kanno T., and Nishio T. 1991. Regulation of organogenesis and somatic embryogenesis by auxin in melon, *Cucumis melo* L. Plant Cell Reports, 10: 225-229.
27. Yadav R. C., Salah M. T., and Grumet R. 1996. High frequency shoot regeneration from leaf explants of muskmelon. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 45: 207-214.



Study the Effects of Explants and Hormonal Levels on Direct Regeneration in Melon (*Cucumis melo* L., cv. *Khatooni*)

Z. Chenarani¹- F. Shokouhifar²- M. Mamarabadi^{3*}

Received: 06-07-2015

Accepted: 02-01-2018

Introduction: Iran is the third producer of Melon (*Cucumis melo* L.) after China and Turkey in the World. Melon is one of the main crops in Khorasan province in the term of cultivation area. The cultivar of *Khatooni*, among many varieties of melon, can be considered as a breeding cultivar because of its great qualitative traits including sweetness and flavor. This cultivar is also economically important and has many attractions for export. However, this cultivar is susceptible to some of plant diseases caused by different bacterial, viral and fungal pathogens which among them vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Leach & Currenu) Snyder & Hansen (FOM) is one of the most destructive soil-borne diseases in melon in Iran particularly in temperate and cold regions. The control of melon diseases has depended increasingly on the extensive use of toxic chemicals (pesticides). Many of these chemicals have been shown to be toxic to non-target microorganisms and animals and may be toxic to humans. Another problem with using chemicals to control plant pathogens is that a pathogen may become resistant to the chemicals.

The most promising control approaches are included conventional breeding and genetic engineering of disease-resistant plants. However, the conventional breeding method of melon is very complicated therefore; genetic engineering could be an effective and quick tool for producing new cultivars. *In vitro* direct regeneration is one of the most crucial step in gene transferring programs (20). In the present study, the effects of explant type and medium were considered in order to optimize the regeneration condition for melon (cv. *Khatooni*).

Material and Methods: The *Khatooni* cv. was provided by the Seed Bank of Plant Sciences Research Center from Ferdowsi University of Mashhad. The seeds were disinfected by NaClO in 1 % concentration, washed three times by distilled water and cultivated on MS medium (Murashige and Skoog) for germination. The explant types were; lateral buds of cotyledon and the true leaves and hypocotyls. The selected media were: M1 (0.1 mg.l⁻¹ BAP (6-Benzyl amino purine)), M2 (0.25 mg.l⁻¹ BAP), M3 (0.5 mg.l⁻¹ BAP), M4 (0.75 mg.l⁻¹ BAP), M5 (1 mg.l⁻¹ BAP) and M6 (including 0.5 mg.l⁻¹ BAP and 0.01 mg.l⁻¹ NAA (1-Naphthalene acetic acid)). The experiment was repeated three times. The experimental –was conducted factorial based on completely randomized design and statistical analysis was performed using the SAS and JMP software. The corresponded graphs were drawn by Microsoft excel 2007.

Results and Discussion: The greatest amount of shoot regeneration in cotyledons was observed in M5 with 1 mg.l⁻¹ BAP while minimum shoot regeneration was observed in M1 with 0.1 mg.l⁻¹ BAP. Cotyledon leaves showed the best regeneration efficiency among the other evaluated explants as it has also been reported by many other researchers (12, 8, 20, 21, and 2). The observations showed that in all BAP concentration, hypocotyls only formed callus tissue and did not produce any stem. In all three explants (true leaves, cotyledon and hypocotyls) rooting was observed in a treatment combination including 0.5 mg.l⁻¹ BAP and 0.01 mg.l⁻¹ NAA 20 days after cultivation while no stem was formed at the same time. In three weeks after exposure, a weak root system was formed on the rooting medium without hormone treatment. In MS medium enriched with 0.01 and 0.05 mg.l⁻¹ NAA an appropriate root system was formed after 8 to 10 days. The medium containing 0.01 mg.l⁻¹ NAA was more appropriate for root regeneration (rooting).

Conclusion: Many studies have been shown that, the manipulation of different phytohormones ratio such as auxin and cytokinin in cultural medium is a suitable strategy to manage differentiation and organogenesis programs in plant (9). In the present study, the effects of explant type and medium were investigated in order to

1- Master of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2- Assistant Professor in Molecular Genetics, Plant Sciences Research Center, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Assistant Professor in Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(* Corresponding Author Email: mamarabadi@um.ac.ir)

optimize the regeneration condition for melon (*cv. Khatooni*). As a result, in all BAP concentration, hypocotyls only formed callus tissue and did not produce any stem. However, by increasing of BAP hormone concentration in the cultivated media, shoot regeneration will also increase. The result of our study showed that, cotyledon leaves were more effective on shoot regeneration compared to the true leaves and hypocotyls as it has also been reported by other researchers.

Keywords: BAP, Cotyledon, Hypocotyl, Real leaf



تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و تیمار فراصوت بر پیازچه‌زایی سوسن چلچراغ (*Lilium ledebourii*)

مهدی محب‌الدینی^{۱*} - زهرا عظیم‌زاده^۲ - اسماعیل چمنی^۳ - ملیحه عرفانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

چکیده

سوسن چلچراغ (*L. ledebourii*) کمیاب‌ترین گونه‌ی جنس سوسن است که بیشتر در ناحیه‌ی قفقاز می‌روید. ایران نیز یکی از مهمترین مناطق پراکنش این گونه در حال انقراض است. لزوم توجه به حفظ این گیاه و استفاده از آن در کارهای اصلاحی و انتقال ژن، نیاز به باززایی فراوان آن در شرایط درون شیشه‌ای دارد. بدین منظور در این تحقیق سعی شد تا با استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و یک تنش غیرزیستی (فراصوت) توانایی پیازچه‌زایی و ریشه‌زایی این گیاه مورد بررسی قرار گیرد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار صورت گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که تنظیم کننده‌ی رشد NAA نقش مهمی در افزایش وزن کل پیازچه‌های تولید شده دارد، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر این صفت از غلظت ۰/۱ و ۱ میلی گرم در لیتر NAA حاصل شد. همچنین بیشترین تعداد ریشه در هر پیازچه از ترکیب تیماری ۰/۱ میلی گرم در لیتر BA بدست آمد. در ترکیب غلظت‌های مختلف هورمون NAA و هورمون BA، بیشترین وزن کل پیازچه‌ها در ریزنمونه‌ی پیازچه در محیط کشت MS حاوی ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA بدون BA بدست آمد. همچنین در غلظت بالای BA نسبت به NAA، همه‌ی سطوح فراصوت باعث افزایش تعداد فلس‌ها و وزن پیازچه‌ها گردید و بیشترین تعداد پیازچه‌ها از ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ثانیه فراصوت‌دهی حاصل شد. اثر مثبت تیمار فراصوت بر پیازچه‌زایی و صفات مربوط به آن نشان می‌دهد که این تیمار می‌تواند تأثیر زیادی برای باززایی این گیاه در شرایط درون شیشه‌ای داشته باشد. بنابراین از آنجا که فراصوت به طور غیرمستقیم بر میزان هورمون‌های درون‌زا در ریزنمونه تأثیر می‌گذارد، توصیه می‌گردد که در کنار تیمار هورمونی می‌توان از تیمار فراصوت در تکثیر این گیاه با ارزش استفاده کرد و با استفاده از آن میزان باززایی از این گیاه را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: بنزیل آدنین، درون شیشه‌ای، ریشه‌زایی، نفتالین استیک اسید

مقدمه

طرق مختلف از جمله، پیازچه‌ی هوایی، تقسیم پیاز، فلس‌برداری، کشت بذر و کشت بافت می‌توان از دیاد نمود. ریزازدیادی در گیاهان پیازی به عنوان مؤثرترین روش برای تکثیر رویشی مورد استفاده قرار گرفته شده است (۲). امروزه عمده ترین روش تکثیر این گیاهان از طریق کشت بافت آنها است. کشت بافت این گیاه اولین بار در سال ۱۹۵۰ انجام شد و امروزه به طور وسیع از این روش در سراسر دنیا استفاده می‌گردد (۲۳). در طی این سال‌ها مطالعات متعددی روی باززایی درون شیشه‌ای پیازچه‌های سوسن با استفاده از ریزنمونه‌های مختلف انجام گرفته است و همچنان ادامه دارد. مهمترین عوامل مؤثر بر افزایش کارایی ریزازدیادی درون شیشه‌ای گیاهان، ریزنمونه، ژنوتیپ گیاهی، میزان تنظیم کننده‌های رشد، محیط کشت و عوامل فیزیکی می‌باشند (۱۵). محققان سعی دارند با تغییر غلظت‌های مختلف هورمونی روش مناسبی برای باززایی بیشتر این گیاه در کشت بافت دست پیدا کنند. در آزمایشی، تأثیر تنظیم کننده‌های رشد NAA و BA بر باززایی پیازچه از ریز نمونه‌های فلسی نوعی سوسن هیبرید

گیاهان پیازی دارای ارزش تجاری زیادی هستند. گل سوسن یکی از گل‌های منحصر به فرد پیازی است که به خاطر گل‌های زیبا و رنگارنگ آن از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار است. جنس سوسن یکی از ۲۲۰ جنس متعلق به تیره‌ی Liliaceae است (۲). گونه‌های این جنس عمدتاً به دلیل گل‌های بزرگ و جذاب خود در بین گیاهان شاخه بریده محبوبیت خاصی دارند (۹). سوسن چلچراغ با نام علمی *Lilium ledebourii* (Baker) Bross. کمیاب‌ترین گونه‌ی سوسن است که بیشتر در ناحیه‌ی قفقاز می‌روید (۱۶). ایران یکی از مهمترین مناطق پراکنش سوسن چلچراغ در جهان است. گیاه سوسن را به

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشیار، دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی

دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

(Email: mohebodini@uma.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.53354

قرار گیرد.

مواد و روش ها

برای انجام آزمایش، پیازهای گل سوسن چلچراغ در تابستان از رویشگاه طبیعی آن در منطقه‌ی خانقاه اردبیل برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. تکثیر پیازها چندین ماه در شرایط درون شیشه‌ای و بر روی محیط MS انجام شد تا ریزنمونه‌ی پیازچه مورد نظر جهت انجام آزمایش‌ها حاصل گردد. پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار با چهار آزمایش جداگانه انجام گرفت، به این ترتیب که آزمایش اول شامل تیمار NAA در چهار سطح (۰، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ میلی گرم در لیتر) و تیمار فراصوت نیز در پنج سطح (۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ثانیه) بود، که تجزیه و تحلیل، اثرات اصلی و بعد اثرات متقابل این دو تیمار به ترتیب انجام گرفت. آزمایش دوم نیز شامل هورمون BA در چهار سطح (۰، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ میلی گرم در لیتر) و تیمار فراصوت با فرکانس ۳۵ کیلو هرتز نیز در پنج سطح (۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ثانیه) انجام گرفت. آزمایش سوم از ترکیب تیماری هورمون‌های NAA و BA گردید. آزمایش چهارم از بین غلظت‌های مختلف هورمونی NAA و BA آزمایشات قبل که نتیجه بهتری در پیازچه‌زایی و ریشه‌زایی داشتند، همراه با چهار سطح فراصوت، بر روی ریزنمونه‌ی پیازچه انجام گرفت. برای فراصوت‌دهی به ریزنمونه‌ها، لوله‌ها داخل دستگاه حمام فراصوت (مدل BANDELIN) با فرکانس ۳۵ کیلو هرتز و در زمان‌های تعیین شده قرار گرفت. کشت‌های انجام شده در اتاقک رشد با دمای 23 ± 2 درجه‌ی سانتی‌گراد و تحت ۱۶ ساعت روشنایی (شدت نور ۲۰۰۰ لوکس) و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شد. صفات وزن پیازچه‌ها، میانگین وزن هر پیازچه، تعداد پیازچه، تعداد فلس، تعداد فلس در هر پیاز، تعداد ریشه، تعداد پیازچه ریشه دار و طول ریشه مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 صورت گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

در آزمایش اول بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر اصلی هورمون NAA بر صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل NAA و فراصوت برای صفت میانگین وزن هر پیازچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (داده‌ها آورده نشدند). بیشترین تعداد پیازچه، تعداد فلس‌های تولید شده، تعداد ریشه‌ها، تعداد پیازچه‌های ریشه‌دار شده و میانگین طول ریشه‌ها در غلظت ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA مشاهده شد، که با سایر

نیز بررسی و بیش‌ترین پیازچه‌ها در هر ریزنمونه در محیط کشت LS و در ترکیب ۵ میکرومولار BA و یک میکرومولار NAA گزارش گردید (۱۴). در همین راستا تأثیر مثبت اکسین‌ها بر افزایش پیازچه‌زایی گل سنبل و گل لاله نیز گزارش شده است (۱۹ و ۲۰). گیاهان به دلیل عدم تحرک، به ناچار تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند. در حال حاضر مشخص شده است که گیاهان می‌توانند به عوامل محیطی مانند باد، باران، لمس، میدان الکتریکی و اشعه‌ی ماوراءبنفش پاسخ دهند و شرایط فیزیولوژیکی خود را برای سازگار شدن با محیط، تغییر دهند (۲۵). نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که سطوح هورمون درون‌زا می‌تواند با تنش‌های محیطی زیستی و غیرزیستی تنظیم شود (۲۲). از جمله این تنش‌های محیطی می‌توان به امواج فراصوت اشاره نمود. امواج فراصوت، امواج صوتی با فرکانسی بالاتر از آستانه‌ی شنوایی انسان هستند. محدوده‌ی فرکانس قابل تشخیص برای انسان ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز می‌باشد. به فرکانس صوتی پایین‌تر از ۲۰ هرتز فروصوت و به فرکانس‌های صوتی بالاتر از ۲۰ کیلو هرتز فراصوت اطلاق می‌گردد (۱). تحریک فراصوت می‌تواند رشد و تکثیر بافت‌ها یا سلول‌ها را تحریک کند یا باز دارد و زمان تحریک نیز نقش مهمی را در این زمینه بازی می‌کند (۱۲). تیمار فراصوت باعث تحریک باززایی مستقیم شاخه در ریزنمونه‌های کوتیلدونی ژنوتیپ‌های کدو در شرایط درون شیشه‌ای شد (۶). همچنین اگر هدف تولید متابولیت‌های ثانویه در شرایط درون شیشه‌ای باشد، فراصوت منجر به رها شدن ترکیبات درون سلول شده و در کشت‌های سلول گیاهی برای برداشت مداوم متابولیت‌های ثانویه‌ی مفید است و استفاده‌ی مجدد سلول‌ها برای ادامه‌ی تولید استفاده شده بود (۱۲). موج صوتی می‌تواند روی چرخه‌ی سلولی و مرگ سلولی انواع مختلفی از سلول‌ها بطور متنوع عمل کند و به رشد سلول‌های تنباکو سرعت بخشد، همچنین نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که موج صوتی می‌تواند تا حد زیادی چرخه‌ی سلولی گل داوودی را تغییر دهد (۲۵). بیشترین تحریک مؤثر ریزغده‌ی سیب‌زمینی و بالاترین درصد باززایی از ترکیب ۱۴ دقیقه تیمار فراصوت بدست آمد (۷). محققان معتقدند که، تحریک فراصوت ممکن است روی فعالیت Ca^{2+} ATPase و H بعلاوه ATPase- در غشای پلاسمایی و کانال‌های یونی دیگر که برای رشد و تکثیر سلول خیلی مهم است، تأثیر بگذارد. افزایش انعطاف‌پذیری دیواره‌ی سلولی و سیالیت غشای سلولی ممکن است یکی از مکانیسم‌های تحریک رشد سلولی توسط تحریک فراصوت باشد (۱۲). با توجه به اینکه سوسن چلچراغ، از گیاهان بومی ایران بوده و یکی از گونه‌های در حال انقراض گیاهی است، توجه به روش‌هایی برای تکثیر و باززایی بیشتر و آسان‌تر این گیاه با ارزش، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. از این رو در این پژوهش تلاش گردید که با استفاده از ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشد و یک تنش غیرزیستی میزان پیازچه‌زایی و ریشه‌زایی این گونه نادر مورد بررسی

در آزمایش اول بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر اصلی هورمون NAA بر صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل NAA و فراصوت برای صفت میانگین وزن هر پیازچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (داده‌ها آورده نشدند). بیشترین تعداد پیازچه، تعداد فلس‌های تولید شده، تعداد ریشه‌ها، تعداد پیازچه‌های ریشه‌دار شده و میانگین طول ریشه‌ها در غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA مشاهده شد، که با سایر غلظت‌های NAA اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱).

غلظت‌های NAA اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تنظیم‌کننده‌ی رشد NAA نقش مهمی در افزایش وزن کل پیازچه‌های تولید شده دارد، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر این صفت از غلظت ۰/۱ و ۱ میلی‌گرم در لیتر NAA حاصل شد. (جدول ۱). به نظر می‌رسد پدیده‌ی اندام‌زایی که شامل دو مرحله‌ی تمایزیابی و طویل شدن است تحت تأثیر هورمون‌ها قرار می‌گیرد، ولی فعالیت تمایزیابی حتماً منجر به طویل شدن و رشد سلولی نمی‌شود، بطوریکه غلظت‌های مختلف هورمون‌ها تعداد پیازچه‌ی متفاوتی تولید می‌کنند، ولی از نظر وزنی با یکدیگر فرق چندانی نداشته‌اند (۱۷).

جدول ۱- تأثیر تیمار NAA بر برخی خصوصیات ریز نمونه پیازچه سوسن چلچراغ
Table 1- The effect of NAA on some triats of *Lilium ledebourii* bulblet explant

غلظت هورمون	وزن پیازچه‌ها	تعداد پیازچه	تعداد فلس	تعداد فلس هر پیازچه	تعداد ریشه	تعداد پیازچه ریشه‌دار	طول ریشه
NAA (mg l ⁻¹)	Bulblet fresh weight	Number of bulblet	Number of scales	Scales per bulblet	Root number	Number of rooted bulblet	Root length (mm)
0	0.231 ^b	4.95 ^b	14.7 ^b	3.2 ^b	2.7 ^b	1.3 ^b	6.7 ^b
0.01	0.276 ^b	4.95 ^b	15.15 ^b	3.5 ^b	3.05 ^b	1.7 ^b	5.2 ^b
0.1	0.483 ^a	8.6 ^a	23.85 ^a	2.9 ^b	11.25 ^a	5.1 ^a	10.15 ^a
1	0.386 ^a	3.95 ^b	12.3 ^b	4.5 ^a	5.5 ^b	2.55 ^b	3.7 ^b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$)

فراصوت داده نشده حاصل گردید. بیشترین پیازچه‌های ریشه‌دار شده از ۵ ثانیه فراصوت‌دهی حاصل شد که با تیمارهای صفر، ۱۰ و ۲۰ ثانیه اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل NAA و فراصوت نشان داد که بیشترین میانگین وزن هر پیازچه تولید شده در ترکیب تیماری ۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA و ۳۰ ثانیه فراصوت دهی حاصل شد. (جدول ۳).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که امواج فراصوت بر افزایش تعداد فلس اثر مثبت داشته و بیشترین تعداد فلس‌ها از ۱۰ ثانیه فراصوت‌دهی حاصل شد که با تیمارهای ۵ و ۲۰ ثانیه اختلاف معنی‌داری نداشت همچنین امواج فراصوت بر صفت تعداد ریشه در هر پیازچه تأثیر منفی داشته است، بطوریکه بیشترین تعداد ریشه از ریزنمونه‌های

جدول ۲- تأثیر تیمار فراصوت بر برخی خصوصیات ریز نمونه پیازچه سوسن چلچراغ
Table 2- The effect of ultrasound on some triats of *Lilium ledebourii* bulblet explant

مدت فراصوت	تعداد فلس‌ها	تعداد پیازچه ریشه‌دار	تعداد ریشه هر پیازچه
Ultrasound exposure duration (s)	Number of scales	Number of rooted bulblet	Root of per bulblet
0	12.81 ^b	3 ^{ab}	3 ^a
5	18.38 ^{ab}	3.5 ^a	1.2 ^b
10	21.75 ^a	2.88 ^{ab}	1.8 ^b
20	15 ^{ab}	2.44 ^{ab}	1.7 ^b
30	14.56 ^{ab}	1.5 ^b	1.5 ^b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$)

جدول ۳- اثرات متقابل تیمار NAA × امواج فراصوت بر میانگین وزن هر پیازچه گیاه سوسن چلچراغ

Table 3- Interaction effect of NAA × ultrasound on Bulblet mean Weight of *Lilium ledebourii*

غلظت (mg l ⁻¹) NAA	مدت فراصوت Ultrasound exposure duration (s)	میانگین وزن هر پیازچه Bulblet mean Weight (g)
0	0	0.066 ^{bc}
	5	0.053 ^c
	10	0.056 ^c
	20	0.071 ^{bc}
	30	0.06 ^c
0.01	0	0.057 ^c
	5	0.05 ^c
	10	0.056 ^c
	20	0.102 ^{bc}
	30	0.079 ^{bc}
0.1	0	0.079 ^{bc}
	5	0.053 ^c
	10	0.05 ^c
	20	0.72 ^{bc}
	30	0.056 ^c
1	0	0.08 ^{bc}
	5	0.13 ^{bc}
	10	0.152 ^{bc}
	20	0.188 ^b
	30	0.355 ^a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

نشده بدست آمد که با ۳۰ ثانیه فراصوت‌دهی اختلاف معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین داده‌ها برای اثر متقابل تیمارهای BA و امواج فراصوت نشان داد که بیشترین تعداد ریشه‌های تولید شده از ترکیب تیماری ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA + صفر ثانیه فراصوت و تیمار شاهد مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد پیازچه‌های ریشه‌دار در ترکیب تیماری صفر میلی گرم در لیتر BA + ۱۰ ثانیه و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA + صفر ثانیه فراصوت‌دهی حاصل شد که از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. بطور کلی سطوح پایین BA و فراصوت، بالاترین مقادیر همگی صفات مربوط به ریشه را داشتند (داده‌ها نشان داده نشدند).

در آزمایش سوم، بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، ترکیب تیماری هورمون NAA و BA برای همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بنابر نتایج به دست آمده، ترکیب تیماری ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه صفر میلی گرم در لیتر BA باعث افزایش وزن پیازچه‌های تولید شده گردید که از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. بیشترین وزن پیازچه‌ها در محیط کشت‌های حاوی ترکیب تیماری ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه ۰/۱ میلی گرم در لیتر BA حاصل شد. بیشترین تعداد پیازچه و تعداد فلس تولید شده در محیط کشت MS حاوی ترکیب تیماری ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه صفر میلی گرم در لیتر BA حاصل شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تعداد ریشه‌های تولید شده در محیط کشت MS حاوی ترکیب تیماری ۰/۱ میلی گرم در

در آزمایش دوم، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی BA برای همه صفات به جز وزن پیازچه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی فراصوت برای صفات وزن پیازچه‌ها، تعداد پیازچه، تعداد فلس، تعداد ریشه‌ها و میانگین طول ریشه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل BA و فراصوت برای تعداد ریشه‌ها و تعداد پیازچه‌های ریشه‌دار معنی‌دار بود. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین وزن هر پیازچه از غلظت ۱ میلی گرم در لیتر BA بدست آمد که از این نظر با سایر غلظت‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین تعداد پیازچه از غلظت ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA و بیشترین فلس‌های تولید شده از هر ریزنمونه به ترتیب از غلظت ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA بدست آمد همچنین بیشترین تعداد فلس در هر پیازچه از غلظت ۰/۱ و ۱ میلی گرم در لیتر BA بدست آمد که با غلظت‌های پایین این هورمون اختلاف معنی‌داری داشتند. بلندترین طول ریشه در شاهد مشاهده شد و با افزایش غلظت BA طول آن کاهش یافت و به صفر رسید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بین زمان‌های مختلف قرارگیری ریزنمونه‌ها در معرض امواج فراصوت نشان داد که همگی سطوح فراصوت باعث افزایش تعداد فلس‌ها و وزن پیازچه‌ها گردید، بطوریکه ریزنمونه‌های فراصوت داده نشده کمترین مقادیر این صفات را داشتند. همچنین بیشترین تعداد پیازچه‌ها از ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ثانیه فراصوت‌دهی حاصل شد که با سطوح پایین این تیمار اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین طول ریشه از ریزنمونه‌های فراصوت داده

میلی گرم در لیتر NAA بدست آمد (۱۳). در تحقیق دیگری حداکثر میانگین وزن تر هر پیازچه با ۲ میلی گرم در لیتر NAA و ۱/۵ میلی گرم در لیتر BA پس از ۹۰ روز از کشت مشاهده شد (۱۰). همچنین به منظور باززایی پیازچه‌ها از ریزنمونه‌های گره سوسن‌های هیبرید روی محیط کشت MS حاوی ۲ میلی گرم در لیتر NAA در ترکیب با ۱/۵ میلی گرم در لیتر BA، افزایش معنی‌داری در میانگین وزن تر پیازچه‌ها مشاهده شد (۱۱).

لیتر NAA به علاوه ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA حاصل شد. و بیشترین تعداد پیازچه‌های ریشه‌دار در ترکیب تیماری ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه صفر میلی گرم در لیتر BA حاصل شد. همچنین بلندترین طول ریشه‌ها در ترکیب تیماری ترکیب تیماری ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه صفر میلی گرم در لیتر BA حاصل شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در آزمایشی که روی *L. longiflorum* انجام شد، پیازچه‌های با وزن بالا در محیط کشت MS حاوی ۲ میلی گرم در لیتر BA همراه با ۰/۵

جدول ۴- اثرات متقابل NAA × BA بر پیازچه زایی و ریشه زایی سوسن چلچراغ

Table 4- Interaction effects of NAA× BA on the bulblet production and root induction of *Lilium ledebourii*

NAA (mg l ⁻¹)	BA (mg l ⁻¹)	وزن پیازچه Bulblet fresh weigh	میانگین وزن هر پیازچه Bulblet mean Weight (g)	تعداد پیازچه Number of bulblet	تعداد فلس Number of scales	تعداد ریشه Root number	پیازچه ریشه‌دار Rooting bulblet	طول ریشه Root length (mm)
0	0	0.146 ^d	0.107 ^{b-f}	1.5 ^{de}	4.5 ^d	5.5 ^{bcd}	1.5 ^{bc}	15.25 ^{ab}
	0.01	0.19 ^{cd}	0.097 ^{b-f}	2 ^{de}	5.75 ^{cd}	4.25 ^{cd}	1.75 ^{bc}	9.5 ^c
	0.1	0.117 ^d	0.103 ^{b-f}	1 ^e	4.25 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^f
	1	0.141 ^d	0.158 ^{abc}	1 ^e	3.75 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^f
0.01	0	0.237 ^{cd}	0.064 ^{ef}	3.75 ^{cd}	8 ^{cd}	10.5 ^{bc}	2.25 ^b	15.75 ^a
	0.01	0.157 ^d	0.093 ^{c-f}	2 ^{de}	6.75 ^{cd}	9 ^{bc}	2.5 ^b	10 ^c
	0.1	0.14 ^d	0.093 ^{c-f}	1.5 ^{de}	5.5 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^f
	1	0.19 ^{cd}	0.178 ^a	1.5 ^e	5.75 ^{cd}	0 ^d	0 ^d	0 ^f
0.1	0	0.548 ^a	0.041 ^f	9 ^a	24.75 ^a	12 ^{ab}	6 ^a	9.5 ^c
	0.01	0.37 ^b	0.044 ^f	7 ^{ab}	19 ^{ab}	20.5 ^a	4.75 ^a	12.25 ^{bc}
	0.1	0.18 ^{cd}	0.182 ^a	1.5 ^{de}	5.5 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^f
	1	0.159 ^d	0.151 ^{a-d}	1 ^e	4 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^f
1	0	0.187 ^{cd}	0.151 ^{a-d}	5.5 ^{bc}	13 ^{bc}	4.75 ^{cd}	3 ^b	4.5 ^d
	0.01	0.306 ^{bc}	0.085 ^{def}	5.5 ^{bc}	15.25 ^{ab}	7.25 ^{bc}	2 ^{bc}	3.5 ^{de}
	0.1	0.303 ^{bc}	0.132 ^{a-e}	2.5 ^{de}	6.25 ^{cd}	5 ^{cd}	0.75 ^{cd}	2 ^e
	1	0.206 ^{cd}	0.167 ^{ab}	2 ^{de}	6 ^{cd}	0 ^d	0 ^d	0 ^f

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشد

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

غلظت ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA و صفر میلی گرم در لیتر BA تولید شد. محققان نشان دادند که، در غلظت BA صفر، با افزایش غلظت NAA، تعداد پیازچه‌ها افزایش قابل توجهی پیدا کرد، در حالی که تعداد ریشه افزایش یافت به طوری که در غلظت ۰/۱ میلی گرم در لیتر بیشترین تعداد ریشه تولید شد. در سایر غلظت‌های BA در ترکیب با NAA نیز بالاترین تعداد ریشه در غلظت ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA مشاهده گردید (۱۷).

در آزمایش چهارم تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تیمار NAA، اثر اصلی غلظت‌های مختلف BA، اثر اصلی تیمار فراصوت، اثر غلظت‌های مختلف ترکیب هورمونی NAA و BA، اثر متقابل NAA و فراصوت، اثر متقابل BA و امواج فراصوت و همچنین اثر متقابل سه جانبه NAA، BA و فراصوت بر صفات مورد بررسی معنی‌دار گردید. نتایج نشان داد که در غلظت ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA بیشترین وزن پیازچه‌ها، تعداد پیازچه، تعداد فلس‌ها و

حضور تنظیم کننده‌های رشد منجر به کاهش وزن تر پیازچه‌ها در مقایسه با شاهد شد (۳) که این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت نداشت. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بدون تنظیم کننده‌های رشد نیز تولید پیازچه صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد که نسبت اکسین به سائیتوکاینین درون‌زا در فلس‌های سوسن برای تحریک القای پیازچه در هر دو شرایط نوری و تاریکی کافی است (۱۸). در ریشه‌زایی ریزنمونه‌ها، بیشترین تعداد پیازچه‌های ریشه‌دار و تعداد ریشه‌های تولید شده در محیط کشت MS حاوی ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA و ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه صفر میلی گرم در لیتر BA حاصل شد. همچنین بلندترین طول ریشه‌ها در ترکیب تیماری ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر NAA به علاوه صفر میلی گرم در لیتر BA مشاهده شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. با افزایش غلظت BA مقادیر مربوط به همه‌ی صفات ریشه کاهش یافت. همچنین بیشترین تعداد فلس در هر پیاز از

تعداد پیازچه‌های ریشه دار شده را تولید کرد (جدول ۵).

سطوح هورمون درون‌زای گیاهی نقش مهمی را در اندام‌زایی و نمو درون‌شیشه‌ای گیاه بازی می‌کند و نتایج برخی مطالعات نشان داده است که سطوح هورمون درون‌زا می‌تواند از طریق هر دو تنش محیطی زیستی و غیرزیستی تنظیم شود. در مقایسه با تغییر در سطوح هورمونی، نسبت سائوکینین به اکسین برای باززایی گیاه از جنین‌های سوماتیکی یا کشت‌های بافت خیلی مهم است. مکانیسمی که فراصوت رشد و تکثیر را افزایش می‌دهد، بطور کامل شناخته نشده است، اما چندین امکان وجود دارد. نقش مثبت امواج فراصوت در این آزمایش را می‌توان به تأثیر آن بر هورمون‌های درون‌زا و افزایش فعالیت آنزیم‌ها نسبت داد (۲۴). نتایج به دست آمده نشان داد که، امواج فراصوت بر میانگین تعداد و طول ریشه تأثیر منفی داشت. بیشترین مقادیر میانگین تعداد و طول ریشه، در ریزنمونه‌های

فراصوت داده نشده مشاهده شد. بیشترین میانگین وزن هر پیازچه نیز از تیمار ۳۰ ثانیه فراصوت بدست آمد همچنین تیمار فراصوت باعث افزایش تعداد فلس هر پیازچه‌ها گردید (جدول ۶). نتایج حاصل از آزمایش ترکیب‌های هورمونی مختلف در ریزنمونه‌ی پیاز نشان داد که بیشترین میانگین وزن هر پیازچه و تعداد فلس هر پیازچه در محیط کشت MS حاوی ۱ NAA به‌علاوه ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA حاصل شد (جدول شماره ۷). همه‌ی سطوح فراصوت همراه با ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA و همچنین ۱ میلی گرم در لیتر NAA به‌علاوه صفر ثانیه فراصوت‌دهی باعث تولید بلندترین ریشه‌ها شد (جدول ۸). همچنین بیشترین تعداد ریشه در هر پیازچه در ترکیب ۱ میلی گرم در لیتر NAA به‌علاوه ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر BA و ۵ ثانیه فراصوت حاصل شد (جدول ۹).

جدول ۵- تأثیر تیمار NAA بر برخی خصوصیات ریز نمونه پیازچه سوسن چلچراغ
Table 5- The effect of NAA on some triats of *Lilium ledebourii* bulblet explant

غلظت هورمون NAA (mg l ⁻¹)	وزن پیازچه‌ها Bulblet fresh weight	تعداد پیازچه Number of bulblet	تعداد فلس Number of scales	تعداد پیازچه ریشه‌دار Rooting bulblet
0.1	0.495 ^a	8.42 ^a	25.75 ^a	7.4 ^a
1	0.332 ^b	4.84 ^b	16.94 ^b	4.2 ^b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

جدول ۶- تأثیر تیمار فراصوت بر برخی خصوصیات ریز نمونه پیازچه سوسن چلچراغ
Table 6- The effect of ultrasound on some triats of *Lilium ledebourii* bulblet explant

مدت فراصوت Ultrasound exposure duration (s)	میانگین وزن هر پیازچه Bulblet mean Weight (g)	تعداد فلس هر پیازچه Scales per bulblet	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length (mm)
0	0.057 ^b	2.92 ^b	43.5 ^a	16.81 ^a
5	0.077 ^{ab}	3.81 ^a	26.3 ^b	14.56 ^{ab}
10	0.077 ^{ab}	3.54 ^a	22.69 ^b	15.06 ^{ab}
20	0.073 ^{ab}	3.67 ^a	20.07 ^b	12.93 ^b
30	0.086 ^a	3.77 ^a	25.0 ^b	13.62 ^{ab}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

جدول ۷- اثرات متقابل NAA × BA بر پیازچه زایی و ریشه زایی سوسن چلچراغ
Table 7- Interaction effects of NAA × BA on the bulblet production and root induction of *Lilium ledebourii*

غلظت هورمون NAA (mg l ⁻¹)	غلظت هورمون BA (mg l ⁻¹)	میانگین وزن هر پیازچه Bulblet mean Weight (g)	تعداد فلس هر پیازچه Scales per bulblet
0.1	0	0.067 ^b	3.23 ^{bc}
	0.01	0.059 ^b	3.05 ^c
1	0	0.07 ^b	3.52 ^b
	0.01	0.1 ^a	4.32 ^a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

جدول ۸- اثرات متقابل تیمار NAA × امواج فراصوت بر میانگین وزن هر پیازچه گیاه سوسن چلچراغ
Table 8- Interaction effect of NAA × ultrasound on Bulblet mean Weight of *Lilium ledebourii*

غلظت NAA (mg l ⁻¹)	مدت فراصوت Ultrasound exposure duration (s)	طول ریشه Root length
0.1	0	15.75 ^a
	5	18.12 ^a
	10	18.75 ^a
	20	16.12 ^a
	30	16.88 ^a
1	0	17.88 ^a
	5	11.00 ^b
	10	11.38 ^b
	20	11.29 ^b
	30	10.38 ^b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$)

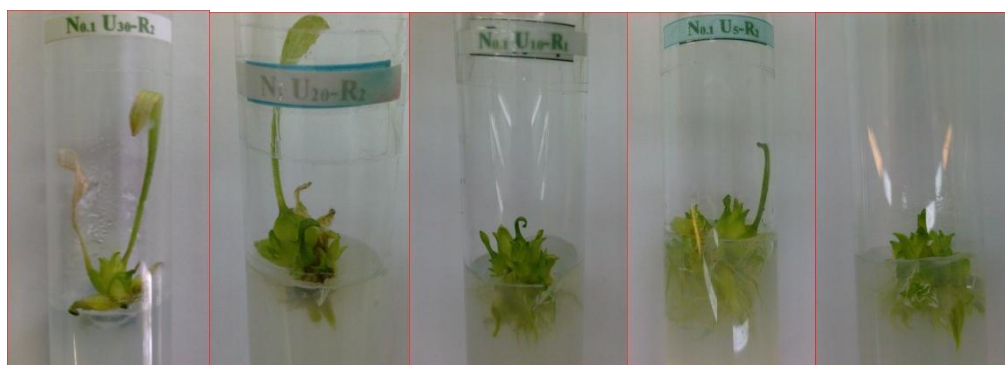
جدول ۹- تأثیر متقابل تیمار NAA × BA × فراصوت بر القای ریشه در سوسن چلچراغ
Table 9- Interaction effects of NAA × BA × ultrasound on root induction of *Lilium ledebourii*

NAA (mg l ⁻¹)	BA (mg l ⁻¹)	مدت فراصوت Ultrasound exposure duration (s)	تعداد ریشه هر پیاز Root of per bulb
0.1	0	0	2.7 ^{gh}
		5	4.4 ^{efgh}
		10	2.7 ^{gh}
		20	2.4 ^h
		30	3.8 ^{efgh}
	0.01	0	3.3 ^{lgh}
		5	3.1 ^{gh}
		10	4.2 ^{efgh}
		20	4.7 ^{efg}
		30	3.1 ^{gh}
1	0	0	5.3 ^{def}
		5	8.1 ^{abc}
		10	7.8 ^{abcd}
		20	6.1 ^{cde}
		30	7.8 ^{abcd}
	0.01	0	7.1 ^{bcd}
		5	10.4 ^a
		10	6.1 ^{cde}
		20	8.7 ^{ab}
		30	7.4 ^{bcd}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$)

سلول‌های گیاهی و پروتوپلاست‌ها تحریک می‌کند (۸). یکی از گسترده‌ترین اثرات مشاهده شده‌ی فراصوت روی سلول‌های زنده، افزایش نفوذپذیری غشا است که باعث افزایش جذب مواد خارجی و آزاد کردن محصولات درون سلولی در سلول‌ها می‌شود (۲۱). در ۲ ثانیه فراصوت دهی، مقادیر اندازه‌گیری شده بیشتر از مقادیر شاهد بود. بر اساس این حقایق نتیجه‌گیری شد که تحریک فراصوت روی سلول گیاهی در کشت سوسپانسیون قادر به تحریک سلول گیاهی است. زمان یا شدت تحریک کلید بهبود محیط رشد سلول گیاهی است (۴).

بررسی میزان سیتوکینین و اکسین در اندام‌زایی *Lilium auratum* Lindl. در شرایط *L. speciosum* Thunb. cv. Uchida نشان داد که، افزودن هورمون‌های گیاهی به محیط کشت جهت تمایز و رشد اندام‌ها ضروری است. همچنین گزارش شد، در هر دو گونه و *L. auratum* Lindl. *L. speciosum* Thunb. cv. Uchida سیتوکینین اثر بازدارندگی در ریشه‌زایی داشت که در غلظت‌های مختلف BA بارزتر از کینتین بود (۱۴) (شکل ۱). نقش مثبت امواج فراصوت را نیز می‌توان به این قضیه نسبت داد، که تابش فراصوت ملایم به‌طور معنی‌داری سنتز پروتئین را در



شکل ۱- تأثیر زمان‌های مختلف قرارگیری در معرض فراصوت بر صفات پیازچه‌زایی و ریشه‌زایی سوسن چلچراغ

Figure 1- Effect of different times of ultrasound exposure on the bulblet production and root induction of *Lilium ledebourii*

استفاده از آن میزان باززایی از این گیاه را افزایش داد.

نتیجه‌گیری کلی

اثر مثبت تیمار فراصوت بر پیازچه‌زایی و صفات مربوط به آن نشان می‌دهد که این تیمار می‌تواند تأثیر زیادی برای باززایی این گیاه در شرایط درون شیشه‌ای داشته باشد. بنابراین از آنجا که فراصوت به طور غیرمستقیم بر میزان هورمون‌های درون‌زا در ریزنمونه تأثیر می‌گذارد، توصیه می‌گردد که در کنار تیمار هورمونی از تیمار فراصوت نیز در تکثیر این گیاه با ارزش استفاده کرد و با استفاده از آن میزان باززایی این گیاه را افزایش داد.

بنابراین تأثیرات مثبت یا منفی امواج فراصوت در این پژوهش ممکن است به دلیل افزایش نفوذپذیری غشا و در نتیجه افزایش جذب تنظیم‌کننده‌های داخل محیط کشت باشد که موجب می‌شود تعادل هورمونی در بافت کشت شده به هم بریزد یا مساعد گردد. تکثیر سلولی یکی از مهمترین ویژگی‌های فعالیت سلول زنده و اساس رشد و نمو گیاه است که معمولاً از طریق چرخه‌ی سلولی مشخص می‌گردد (۵). اثر مثبت تیمار فراصوت بر پیازچه‌زایی و صفات مربوط به آن نشان می‌دهد که این تیمار می‌تواند تأثیر زیادی برای باززایی این گیاه در شرایط درون شیشه‌ای داشته باشد. بنابراین از آنجا که فراصوت به طور غیرمستقیم بر میزان هورمون‌های درون‌زا در ریزنمونه تأثیر می‌گذارد، توصیه می‌گردد که در کنار تیمار هورمونی می‌تواند تیمار فراصوت در تکثیر این گیاه با ارزش استفاده کرد و با

منابع

- 1- Atrashi M., Tavakoli E., Darzi M.T., Hashemi J., Rozbeh S.H., and Masum M. 2011. Effect of ultrasound on the production of Carvone as a secondary metabolite in callus derived from *Bunium persicum* Boiss. Journal of Herbal Drugs, 2: 129-135. (in Persian)
- 2- Azadi P., and Khosh-Khui M. 2007. Micropropagation of *Lilium ledebourii* (Baker) Boiss as affected by plant growth regulator, sucrose concentration, harvesting season and cold treatments. Electronic Journal of Biotechnology, 4: 582-591.
- 3- Bakhshaie M., Babalar M., and Khalighi M. 2010. Somatic embryogenesis and plant regeneration of *Lilium ledebourii* (Baker) Boiss., an endangered species. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 102: 229-235.
- 4- Bochu W., Jiping S., Biao L., Jie L., and Chuanren D. 2004. Soundwave stimulation triggers the content change of the endogenous hormone of the Chrysanthemum mature callus. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 37: 107-112.
- 5- Bochu W., Yoshikoshi A., and Sakanishi A. 1998. Carrot cell growth response in a stimulated ultrasonic environment. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 12: 89-95.
- 6- Gaba V., Kathiravan K., Amutha S., Singer S., Xiaodi X., and Ananthakrishnan G. 2006. The uses of ultrasound in plant tissue culture. Journal Plant Tissue Culture Engineering, 417-426.
- 7- Ibanescu M., Constantinovici D., and Strajeru S. 2008. Study about the ultrasound effects on potato plantlets (*Solanum tuberosum* L.), conserved in vitro through slow growth method. Studia Universitatis, 18: 41-44.
- 8- Joersbo M., and Brunstedt J. 1990. Direct gene transfer to plant protoplasts by mild sonication. Plant Cell Reports, 9: 207-210.

- 9- Kanchanapoom K., Ponpiboon T., Wirakiat W., and Kanchanapoom K. 2011. Regeneration of lily (*Lilium longiflorum* 'Easter lily') by callus derived from leaf explants cultured *in-vitro*. Science Asia, 37: 373-376.
- 10- Kapoor R., Kumar S., and Kanwar J.K. 2008. Bulblet regeneration from *ex-vitro* root explant in lily hybrids. Horticultural Science, 35: 107-112.
- 11- Kapoor R., Kumar S., and Kanwar J.K. 2009. Bulblet production from node explant grown *in-vitro* in hybrid lilies. International Journal of Plant Production, 3: 1-6.
- 12- Liu Y., Takatsuki H., Yoshikoshi A., Wang B., Sakanishi A. 2003. Effects of ultrasound on the growth and vacuolar H⁺-ATPase activity of *Aloe arborescens* callus cells. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 32: 105-116.
- 13- Mir J.I., Ahmed N., Itoo H., Sheikh M.A., Rashid R., and Wani S.H. 2012. *In-vitro* propagation of Lilium (*Lilium longiflorum*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 82(5): 455-558.
- 14- Novak, F.J., and Petru, E. 1981. Tissue culture of Lilium hybrids. Scientia Horticulturae, 14: 191-199.
- 15- Omid M., and Farzin N. 2012. Biotechnology approaches for improvement of medicinal plants. Modern Genetics Journal 7:209-220 (in Farsi).
- 16- Padasht Dahkaei, M. N., Khalighi, A., Naderi, R., and Mousavi, A. 2006. Effect of temperature, propagation media and scale position on bulblet regeneration of Chelcheragh lily (*Lilium ledebourii*) by scaling method. Seed and Plant 22: 383-397. (In Persian)
- 17- Padasht Dahkaei M. N., Khalighi A., Naderi R., and MoUsavi A. 2008. Effect of different concentration of benzyladenine (BA) and naphthalene acetic acid (NAA) on regeneration of *Lilium ledebourii* (Chelcheragh Lily) using bulblets microscales. Seed and Plant Improvement Journal, 24: 321-332. (in Persian)
- 18- Pelkonen V.P., and Kauppi A. 1999. The effect of light and auxins on the regeneration of lily (*Lilium regale* Wil.) cells by somatic embryogenesis and organogenesis. International Journal of Plant Sciences, 160: 483-490.
- 19- Pierik R.L., and Steegmans H.M. 1975. Effect of auxins, cytokinins, gibberellins, abscisic acid and etephon on regeneration and growth of bulblets on excised bulb scale segments of hyacinth. Physiology Plant, 34: 14-17.
- 20- Podwyszynska M. 2006. Improvement of bulb formation in micropropagated tulips by treatment with NAA and paclobutrazol or accymidol. Acta Horticuture, 725: 679-684.
- 21- Shin Y.K., Abdullahil Baque M., Elghamedi S., Lee E.J., and Paek K.Y. 2011. Effects of activated charcoal, plant growth regulators and ultrasonic pretreatments on *in-vitro* germination and protocorm formation of Calanthe hybrids. Australian Journal of Crop Science, 5: 582-588.
- 22- Tatari varnufaderani M., Fotouhi Ghazvini R., Hamidoghli Y., and Hatamzadeh A. 2004. Effects of plant growth regulators and kind of bulblet initiation on *in-vitro* culture of bulb scale segments from *Lilium ledebourii* (Chelcheragh lily). Journal of Agricultural Science, 1(2): 19-27. (in Persian)
- 23- Una G., Sanin H., Jasmina C., Anisa R., and Damir M. 2010. *In-vitro* propagation of *Lilium martagon* L. var. cattaniae Vis. and evaluation of genotoxic potential of its leaves and bulbs extracts. Acta Biologica Slovenica, 53(2): 53- 60.
- 24- Wei M., Yang C.Y., and Wei S.H. 2012. Enhancement of the differentiation of protocorm like bodies of *Dendrobium officinale* to shoots by ultrasound treatment. Journal of Plant Physiology, 169: 770-774.
- 25- Xiujuan W., Bochu W., Yi J., Danqun H., and Chuanren D. 2003. Effect of sound stimulation on cell cycle of chrysanthemum (*Gerbera jamesonii*). Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 29: 103-107.



Effect of Plant Growth Regulators and Ultrasound on the Bulblet Production and Root Induction in *Lilium ledebourii*

M.Mohebodini^{1*} - A. Azimzadeh² - E. Chamani³ - M.Erfani⁴

Received: 29-02-2016

Accepted: 25-10-2017

Introduction: Lily (*L. ledebourii*) is the rarest species of the genus *Lilium*, and grows in Caucasus region. Iran is one of the important distribution areas of this endangered species. It is important as an ornamental plant due to its large and attractive white flowers that are equal to those of commercial lilies in terms of beauty. The two main constraints on growing this plant are a low multiplication rate and the high cost of bulb production. Five to ten flowers commonly appear on each plant, even specimens with up to 15 flowers have been observed. Plant tissue culture techniques are widely used in plant propagation and using these methods can effectively provide micro-propagation of this plant in large scale. High percentage of regeneration is necessary for plant protection, using in the breeding programs and gene transfer to this plant. Therefore, the effect of plant growth regulators and abiotic stress (ultrasound) were studied on the bulblet production and root induction of *Lilium ledebourii*.

Materials and Methods: The experiment was factorial based on completely randomized design with four replications and was carried out in tissue culture lab of University of Mohaghegh Ardabili in 2015. For this purpose, segments of scale explant were treated with ultrasound and cultured on MS medium supplemented with different concentrations of NAA and BA alone and/or in combination with each other. In this experiment, different concentrations of NAA (0, 0.01, 0.1 and 1 mg l⁻¹) and BA (0, 0.01, 0.1 and 1 mg l⁻¹) and different Ultrasound exposure duration (0, 5, 10, 20 and 30 second) were studied. In order to remove possible contamination from the media, all media were autoclaved for 20 minutes at 121 °C. At the end of the experiment, the number of bulblet, root length, fresh weight of bulblet were recorded. The cultures were kept at 25±2°C under illumination with daylight fluorescent lamps (30 mol m⁻²s⁻¹) at 16 h photoperiod. Data was subjected for analysis of variance and compare means using SPSS 16.

Results and Discussion: The results showed that ultrasound had negative effect on root length, so that the highest root length was observed in explants without ultrasound treatment. Result also indicated that ultrasound had positive effect on bulblet production and root induction. A different effect of growth regulators was observed in similar media on the bulblet formation percentage. The 0.1 NAA concentration had a higher efficiency while increasing NAA insignificantly decreased bulblet induction. The highest total weight and number of bulblets obtained by 0.1 mg l⁻¹ NAA. Concentrations of NAA increased rooting percentage. Different concentrations of NAA had also significant effects on some traits. So that, the highest weight of bulblets obtained by 0.01 and 0.1 mg l⁻¹ BA and the highest number of roots obtained in control. Bulblet maximum mean weight was in 30 seconds of ultrasound treatment, which had a significant difference with the control treatment (without ultrasound treatment). In the other hand, ultrasound increased the number and weight of bulblets. Mechanical stress and microstreaming by acoustic cavitation might be considered as the most possible cause of the various physiological effects of ultrasound on cells. The enhancement of V-ATPase transport and ATP hydrolysis activities seem to be an ultrasound-induced metabolic response of cells. High-intensity ultrasound is well known to be destructive to biological materials, disrupting the cell membranes and deactivating biological molecules such as enzymes and DNA. Low-intensity ultrasound, on the other hand, has shown a range of sub lethal biological effects that are of potential significance in biotechnology. There are several processes that take place in the presence of cells or enzymes activated by ultrasonic waves. High-energy ultrasonic waves break the cells

1, 2, 3 and 4- Associate Professor, M.Sc. Graduated, Professor and Ph.D. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili respectively

(*- Corresponding Author Email: mohebodini@uma.ac.ir)

and denature the enzymes. Low-energy ultrasound can modify cellular metabolisms or facilitate the uptake of nutrient, and make them easily through the cellular walls and membranes. In the case of enzymes, the increase in the mass transfer rate of the reagents to the active site seems to be a most important factor.

Conclusions: The results showed that the bulblet production at first stages and a little root formation in tissue culture is useful for fast bulblet induction and then rooting. Finally, it seems that ultrasound in combination with plant growth regulators have the potential to produce the highest average number of bulblets in the scale explant.

Keywords: Benzyladenine, *in vitro*, Naphthalene acetic acid, Rooting



اثر اسیدهیومیک و اسیدفولویک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه شمعدانی (*Plargonium spp.*)

رسول عباسزاده فاروجی^۱ - محمود شور^{۲*} - علی تهرانی فر^۳ - بهرام عابدی^۴ - نسیم صفری^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۰۱

چکیده

گیاهان زینتی امروزه علاوه بر رفع نیازهای روحی و روانی، از لحاظ اقتصادی نیز در بازارهای جهانی خودنمایی می کنند. تولید مطلوب محصولات کشاورزی نیازمند به خاک مناسب و عناصر غذایی کافی و قابل جذب برای گیاه است. مواد آلی نقش مهمی در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و باروری خاک دارند. به منظور بررسی تاثیر مواد هیومیکی بر روی گیاه زینتی شمعدانی، آزمایشی در محل گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سالهای ۱۳۹۳-۱۳۹۴ انجام گرفت. تحقیق به صورت فاکتوریل ۴×۴ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول اسیدهیومیک و عامل دوم اسید فولویک هر در چهار سطح (۰، ۰/۲، ۰/۵ و ۱) گرم بر لیتر بودند. صفات مورفولوژیک گیاه شامل تعداد برگ، تعداد گره، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع شاخه اصلی، ارتفاع گیاه، طول ریشه، سطح برگ، وزن تر اندامهای هوایی، وزن تر ریشه، طول ریشه، حجم ریشه، حجم اندام هوایی و وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و نسبت اندام هوایی به ریشه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد ترکیبی اسیدهیومیک و اسیدفولویک سبب بهبود اکثر صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده گردید، به طوریکه بیشترین ارتفاع (۴۱/۷۵ سانتی متر)، وزن تر اندام هوایی (۹۴/۸۳ گرم)، وزن خشک اندام هوایی (۲۰/۷۱ گرم)، وزن تر ریشه (۱۶/۴۰ گرم)، سطح برگ (۶۰/۲۷ سانتی متر مربع)، طول ریشه (۴۵/۱۶ سانتی متر) و حجم ریشه (۱۵/۳۳ سانتی متر مکعب) در / تیمار ترکیبی اسیدهیومیک و اسیدفولویک حاصل شد. کمترین ارتفاع، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، سطح برگ، طول ریشه، حجم ریشه به ترتیب ۲۰/۷۵ سانتی متر، ۳۶/۴۹ گرم، ۵/۷۸ گرم، ۴/۷۵ گرم، ۲۹/۶۰ سانتی متر مربع، ۲۵/۸۸ سانتی متر، ۴/۰۰ سانتی متر مکعب ثبت شد. همچنین تعداد برگ گیاه تحت تاثیر کاربرد اسیدهیومیک و اسیدفولویک قرار گرفت و کمترین تعداد برگ (۱۴/۱۶ عدد) در تیمار شاهد ثبت شد. به طور کلی کاربرد مواد هیومیکی (اسیدهیومیک و اسیدفولویک) سبب بهبود صفات رشدی گیاه شد، این درحالی است که تیمار ترکیبی این دو تاثیر مشهودتری نسبت به کاربرد جداگانه هر کود داشت.

واژه های کلیدی: سطح برگ، گیاهان زینتی، مواد آلی، وزن خشک

مقدمه

بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (۴۴) و باروری خاک دارند (۲۰). باروری خاک به مقدار زیاد به محتوی موجود در مواد آلی (۸۲) و نیز کیفیت و پویایی این مواد در خاک بستگی دارد (۴۴). برای تولید مطلوب محصولات نیازمند به خاک مناسب و مقادیر بهینه از عناصر غذایی قابل جذب برای گیاه است (۸۲). در خاکهای مرغوب میزان مواد آلی در حدود ۲ درصد، در لایه های سطحی را تشکیل می دهد که نسبت به خاک ایران بسیار بالاتر است. همچنین سوزاندن بقایای گیاهی باعث کاهش روز افزون مواد آلی در خاکهای ایران شده است. در ایران در سالهای اخیر استفاده مازاد از کودهای شیمیایی باعث کاهش مواد آلی و نامتوازنی مواد غذایی و نیز تخریب ساختار فیزیکی در خاک شده که باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی در پیرامون اطراف ما شده اند (۳۰ و ۶۴). استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی باعث خسارات زیست محیطی (۲۰، ۳۳، ۶۷ و ۷۸) به منابع آب و خاک (۲۲، ۶۷ و ۷۸) توسط نفوذ نیترات به آب های

امروزه در جهان گیاهان زینتی علاوه بر تأمین نیازهای روحی و روانی، از نظر ارزش اقتصادی نیز در بازارهای جهانی میلیاردها دلار سود نصیب کشورهای تولیدکننده می کند که این مسئله باعث توجه بیشتر کشورها به این گیاهان می شود (۲۸). تولید مطلوب محصولات کشاورزی نیازمند به خاک مناسب و عناصر غذایی کافی و قابل جذب برای گیاه است (۸۲). از این رو سلامت خاک باعث افزایش عملکرد می شود (۵۰ و ۶۴). مواد آلی نقش مهمی در افزایش کیفیت (۲۴)،

۱، ۲، ۳ و ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*)- نویسنده مسئول:
(Email: Shoor@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i3.57849

زیرزمینی و انباشت مواد سمی در خاک شده است (۶۷). خاک‌ها دارای سطوح حداقلی از مواد آلی به شکل هوموس و هیومیک هستند (۵۴)؛ که فقر این مواد آلی باعث کاهش حاصلخیزی خاک و تولیدات کشاورزی می‌شود (۷۹). فقر مواد آلی در برخی سیستم‌های کشاورزی (فشرده) نیز باعث تخریب ساختمان و فرسایش و متراکم شدن خاک می‌شود (۵۴). بهبود خصوصیات خاک به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر میزان مواد آلی موجود در خاک قرار دارد که عمومی‌ترین روش احیاء آن، اضافه کردن مواد آلی به خاک است (۴۴). این مواد در خاک علاوه بر تأمین بخشی از مواد غذایی گیاه و انرژی موجودات خاکزی (باکتری، کرم‌های خاکی، قارچ‌ها) باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بهبود تشکیل خاکدانه، ظرفیت نگهداری رطوبت، هدایت هیدرولیکی، وزن مخصوص ظاهری، درجه تراکم و مقاومت در برابر فرسایش آبی و بادی می‌شود (۴۴). اسیدهای آلی یکی از منابع مهم مواد آلی است (۳۰). یکی از فراوان‌ترین اشکال مواد آلی در طبیعت، ترکیبات هوموسی است (۲۴ و ۴۵) که در تمام محیط‌های آبی و خاکی یافت شده (۴۵) و نقش مهمی در تبادل کاتیونی، رهاسازی عناصر غذایی و ظرفیت بافری فسفر و ابقاء مولکول‌های آلی فلزی و سمی دارند. هوموس به طور مستقیم باعث افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو مثل نیتروژن، فسفر، گوگرد و عناصر میکرو مثل آهن، روی، منگنز و مس می‌شود و با تحرک بخشی و افزایش فعالیت‌های میکروبیولوژیکی، جذب کانی‌ها را افزایش می‌دهد (۲۴). ترکیبات هوموسی مواد آلی، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسیدهیومیک و اسیدفولویک و جزء هیومین است (۱۴ و ۷۷) که از لحاظ ساختار شیمیایی و اندازه مولکولی باهم متفاوت‌اند و از منابع مختلفی نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده و زغال سنگ استخراج می‌شوند (۱۴، ۲۶ و ۷۷). در پژوهشی که بر روی گل حنا (*Impatiens walleriana* L.) صورت گرفت مشخص گردید که تیمار ترکیبی اسید هیومیک و اسید فولویک تمام صفات رشدی گیاه را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشید. غلظت ۴۰ میلی گرم بر لیتر از تیمار ترکیبی بیشترین تأثیر را بر افزایش ارتفاع گیاه و تعداد گل در گیاه داشت (۱۸). در تحقیقی که توسط لی و ایون (۴۷) صورت گرفت مشخص گردید که کاربرد هیومیک اسید سبب تحریک رشد در جعفری، بنفشه، شمعدانی و حنا شده و رشد ریشه را بهبود بخشیده است. در گل داوودی کاربرد هیومیک اسید به صورت محلول‌پاشی از طریق بهبود سرعت فتوسنتز گیاه، صفات رشدی گیاه را بهبود بخشید (۲۱). در گیاه *Calathea insignis* استفاده از اسید هیومیک سبب بهبود صفات رشدی شد (۹۳). در پژوهش‌های دیگر افزایش ارتفاع تحت تأثیر کاربرد اسید هیومیک در گل آهار (۵۲) و اطلسی (۱۱) گزارش شده است. نیکبخت و همکاران (۶۳) گزارش کرده اند که کاربرد اسیدهیومیک افزایش قطر گل در ژربرا را در پی داشته است.

در تحقیقی دیگر استفاده از اسید هیومیک سبب افزایش تعداد گل در گل گلابول شده است (۶۶). دادلی و همکاران (۱۷) مشخص نمودند که کاربرد مواد هیومیکی تأثیر مثبتی بر تولید گل در اطلسی و جعفری داشته است. در پژوهشی که بر روی گل همیشه بهار انجام شد مشخص گردید که استفاده از اسید هیومیک به همراه فسفر در این گیاه، سبب افزایش عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس، عملکرد بذر و روغن بذر شد (۲۳). اسیدهیومیک در غلظت‌های پایین ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر سبب افزایش وزن تر نسبی در گل بریده آلسترومیا می‌شود (۱۰). محققین بیان کرده‌اند که کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش طول وزن ریشه در گیاه هویج شد (۹۰). کاربرد هیومیک اسید به مقدار ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در نشاء گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد شد (۳۵). حق پرست و همکاران (۳۳) بیان کرده‌اند که کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر اسیدهیومیک و اسیدفولویک باعث افزایش طول ساقه و ریشه گیاهچه فلفل شد (۳۳). همچنین در گیاه گندم کاربرد ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدهیومیک باعث اثر معنی‌دار بر روی وزن خشک و تر اندام هوایی، ارتفاع ساقه و سطح برگ در گیاه گندم شد (۷۶). در پژوهشی دیگر مشخص شد که مصرف هیومیک اسید سبب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه در گیاه فلفل شد (۳۱). کاربرد ترکیبات هیومیکی بر روی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی سبب ایجاد برگ‌های انبوه و تیره شدن رنگ سبز برگ‌ها شد (۷). گیاه شمعدانی با نام علمی *Plargonium spp.* از خانواده Geraniaceae که دارای گونه‌های وحشی نیز می‌باشد. کشت و کار این گیاه در جهان سابقه طولانی دارد. گونه‌های این جنس بومی آفریقای جنوبی هستند. گل‌ها ممکن است در شمعدانی کم یا پرپر باشند که نوع پرپر آن دارای زیبایی خاصی است، همچنین گیاه دارای دمگل بسیار طویل، برگ‌های پهن و کنگره‌دار و شکننده همراه با عطر ویژه‌ای از خود می‌باشد (۲۶). اسیدهیومیک و اسید فولویک جزء کودهای آلی می‌باشند. تأثیر مثبت این مواد بر رشد سایر گیاهان زراعی و باغی توسط سایر محققین به اثبات رسیده است. این مواد با بهبود جذب عناصر غذایی موجود در خاک و بهبود شرایط فیزیکی خاک محیطی ایده‌آل جهت رشد گیاهان را ایجاد می‌کنند. با توجه به مضرات کودهای شیمیایی استفاده شده در گیاهان آپارتمانی و با توجه به اینکه این گیاهان در محیط داخل منزل کاربرد دارند، استفاده از کودهایی بدون اثر سوء کودهای شیمیایی روشی مناسب و مفید در رفع نیاز غذایی گیاه می‌باشد. با توجه به ماهیت کودهای هیومیکی و اثرات مثبت تایید شده آن‌ها در سایر گیاهان زراعی و باغی، این آزمایش با هدف بررسی اثر کودهای هیومیکی بر صفات رشدی گیاه زینتی شمعدانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مواد هیومیک بر صفات مورفولوژیک گیاه زینتی شمعدانی (*Plargonium spp.*)، آزمایشی در محل گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴ انجام گرفت. تحقیق به صورت فاکتوریل 4×4 بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول اسیدهیومیک و عامل دوم اسید فولویک هر کدام در چهار سطح (۰، ۰/۲، ۰/۵ و ۱) گرم بر لیتر بودند. آنالیز کودهای استفاده شده در جدول ۱ نشان داده شده است. قلمه گیری در اواخر اسفند ۱۳۹۳ از گیاهان مادری انجام شد. قلمه‌ها از قسمت‌های انتهایی گیاه به همراه یک تا دو برگ در انتها و با اندازه‌های یکسان تهیه شد (قلمه‌های شمعدانی با قطر یکسان و طول حدود ده سانتی‌متر از قسمت میانی گیاه تهیه شد. قلمه‌ها و در بستری که مخلوطی از دو قسمت ماسه سیاه (رودخانه‌ای) شسته شده و یک قسمت شلتوک، قرار گرفتند. حدود یک ماه پس از ریشه‌زایی مناسب قلمه‌ها آن‌ها را از بستر خارج کرده و به گلدان‌ها منتقل شدند دو هفته پس از استقرار گیاهان در گلدان، اعمال تیمارها هر دو هفته یکبار (۸ مرتبه) صورت گرفت. اعمال تیمارها به همراه آبیاری، به صورتی بود که مقداری از آن از ته گلدان خارج شود. اندازه‌گیری صفات در انتهای آزمایش (۸ ماه پس از کشت قلمه) انجام شد. صفات مورفولوژیک گیاه شامل تعداد برگ، تعداد گره، تعداد شاخه

فرعی شمارش شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع شاخه اصلی و ارتفاع گیاه و نیز طول ریشه از خط‌کش استفاده شد. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (Model Li-COR_1300, USA) اندازه‌گیری شد. وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه‌ها بلافاصله پس از تخریب گلدان‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل GF-300 با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. ریشه‌ها به صورت کامل و با حداقل آسیب دیدگی از خاک خارج شد. به منظور اندازه‌گیری وزن تر و به جهت جلوگیری از پلاسیدگی، ریشه‌ها و اندام‌های هوایی بلافاصله به یخچال منتقل شدند. اندازه‌گیری طول ریشه در گلخانه و بلافاصله پس از تخریب گلدان‌ها صورت گرفت. 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) اندازه‌گیری شد (۴۰). ریشه و اندام‌های هوایی گیاه جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند و با ترازوی دیجیتالی مدل GF-300 با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. نسبت اندام هوایی به ریشه (S/R)، از تقسیم وزن خشک بخش هوایی به وزن خشک ریشه به دست می‌آید. آنالیز آماری داده‌های این پژوهش توسط نرم‌افزار JMP و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ انجام شد و به منظور مقایسه میانگین صفات از آزمون LSD در سطوح احتمالی ۵ و ۱ درصد استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات کودهای آلی اسیدهیومیک و اسید فولویک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Characteristics of Humic acid and Fulvic acid fertilizers used in the experiment

درجه خلوص	اسیدیته	حلالیت در آب	فرم کود آلی	کشور سازنده	نوع کود آلی
Purity	pH	Solubility in water	Form of organic fertilizer	Country of production	Type of organic fertilizer
85 %	8-9	85 %	گرانوله	ایتالیا	اسیدهیومیک
			Granulate	Italy	Humic acid
70 %	6	85 %	پودری	آلمان	اسیدفولویک
			Powder	Germany	Fulvic acid

ارتفاع گیاه و طول میانگره

بیشترین ارتفاع به ترتیب مربوط به تیمار ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید و سپس تیمار ۰/۵ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک و بعد از آن تیمار ۱ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک است که فاقد اختلاف معنی دار باهم بودند. همچنین بیشترین طول میانگره مربوط به کاربرد ۱ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید بود (جدول ۳). گزارش شده است که اسیدهیومیک از طریق افزایش در محتوی نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (۸). همچنین اسیدهیومیک از طریق تاثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و نیز با افزایش قدرت کلات کنندگی و جذب عناصر غذایی بر افزایش رشد و ارتفاع گیاه

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت بین تیمارهای مورد مطالعه در تعدادی از صفات مورفولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد توام اسیدهیومیک و اسیدفولویک تاثیر مثبتی بر صفات رشدی گیاه از جمله: ارتفاع، طول میانگره، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، حجم اندام هوایی و سطح برگ داشت (جدول ۲).

موثر است (۶۰). در پژوهشی بیان شد که اسیدهیومیک به علت داشتن خواص شبه هورمونی مانند اکسین و جیبرلین باعث افزایش هورمون‌های رشد گیاهی شده که نهایتاً منجر به افزایش طول ساقه و بهبود رشد گیاه می‌شود (۱). محققان بسیاری نیز افزایش ارتفاع را با کاربرد اسیدهیومیک تأیید کردند که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد (۳، ۸، ۱۲، ۷۷ و ۸۷). افزایش ارتفاع گیاه تحت تأثیر کاربرد ترکیب اسید هیومیک و اسید فولویک در گل حنا (۱۸) و کاربرد اسید هیومیک به تنهایی در گل داوودی (۲۱)، آهار (۵۲)، اطلسی (۱۱)، گل لاله (۴) و شب بو (۸۳) نیز گزارش شده است. همچنین در پژوهش دیگری بر روی گیاهچه‌های بادمجان و فلفل مشاهده شد که محلول پاشی اسیدهیومیک بر روی ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری ندارد (۶۵) که این نتایج با نتایج حاصل از این آزمایش مغایرت دارد. محققین در پژوهشی بر روی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی دریافتند که اسپری برگی اسیدهیومیک در مرحله ۲ برگچه‌ای سبب افزایش رشد رویشی و افزایش رشد میانگره‌ای بالا در گیاه می‌شود که در نتیجه سبب افزایش وزن خشک برگ، ساقه، ارتفاع و نهایتاً وزن خشک گیاه گردید (۷). در آزمایشی دیگر کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک در کشت سویا، بادام زمینی و شیدر، رشد ساقه را افزایش داد (۵۱). در آزمایشی که توسط روزبهانی و همکاران (۷۵) انجام شد. مشخص گردید که تیمار اسیدفولویک نسبت به اسیدهیومیک تأثیر بیشتری بر ارتفاع گیاه گندم داشت. اسیدفولویک دارای وزن مولکولی پایین و از نظر بیولوژیکی بسیار فعال است. به دلیل وزن کم و اندازه کوچک این مولکول آمادگی ایجاد کمپلکس با مینرالها و عناصر مختلف و در نتیجه بالا بردن حلالیت و تحرک این عناصر در گیاه و خاک را دارد. فولویک اسید می‌تواند تعداد زیادی از عناصر از جمله عناصر ریز مغذی و کمیاب را کمپلکس کند. بنابراین این عناصر می‌توانند در شرایطی کاملاً طبیعی توسط ریشه گیاه جذب، و وارد سلول‌های گیاه گردد. در نتیجه منجر به بهبود رشد گیاه می‌گردند (۸۱).

سطح برگ

بیشترین میزان سطح برگ در اثر اعمال تیمار ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید و سپس تیمار ۰/۵ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۰/۵ گرم در لیتر فولویک اسید حاصل گردید. همچنین کمترین میزان سطح برگ به ترتیب مربوط به تیمار ۱ گرم در لیتر هیومیک اسید و عدم کاربرد فولویک اسید و سپس بقیه تیمارهای فاقد فولویک اسید بود (جدول ۳). اسیدهیومیک از طریق افزایش نیتروژن گیاه سبب افزایش سطح برگ و میزان پروتئین می‌شود چراکه میزان پروتئین تابع نیتروژن گیاه است (۳۰). در پژوهشی اثر سطوح مختلف نیتروژن و هیومیک اسید بر روی چمن *Festuca rubra* بررسی شد که نتایج نشان از تأثیرات معنی‌دار مواد

هیومیکی در افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم شاخصه است (۴۵). در تحقیقی که بر روی گل لاله صورت گرفت مشخص گردید که تیمار ترکیبی اسید هیومیک با NPK سبب افزایش سطح برگ شد (۴). در پژوهشی که توسط باسیگ و همکاران (۹) انجام شد مشخص گردید که بیشترین غلظت از اسید هیومیک (۱۵۰ پی‌پی‌ام) بیشترین تأثیر را در توسعه برگ و افزایش سطح برگ داشته است. در پژوهشی که توسط نقیعی و همکاران (۵۹) انجام شد، مشخص گردید که بیشترین شاخص سطح برگ، ماده خشک و وزن برگ در گیاه *Cichorium pumilum* مربوط به تیمار اسیدهیومیک بوده و درمقایسه با تیمار فولویک اسید میزان بالاتری را نشان داد (۵۹). در بررسی‌ها مشخص گردید که استفاده از هیومیک اسید نسبت به عدم استفاده از آن سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید (۵۵). نتایج نشان می‌دهد که در تیمار محلول پاشی اسیدهیومیک در غلظت‌های بالاتر از حد مطلوب گیاه، جذب زیاد مواد غذایی صورت نمی‌گیرد (۳۰). کاربرد غلظت‌های بالای اسیدهیومیک در تریچه به علت افزایش غلظت عناصر سنگین سبب کاهش سطح برگ گردید ولی غلظت‌های پایین‌تر افزایش سطح برگ را سبب شد (۷۰). اسیدفولویک ظرفیت تبادل کاتیونی را به شدت افزایش می‌دهد و بدین ترتیب گیاه می‌تواند مقدار عنصر بیشتری را جذب کند. در نتیجه این عمل رشد گیاه نیز افزایش می‌یابد (۵۷).

وزن تر و خشک اندام هوایی

بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید است. همچنین کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در کاربرد ساده هیومیک اسید و فولویک اسید مشاهده شد. بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی مربوط به کاربرد غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید است و با تیمار شاهد که دارای کمترین میزان وزن خشک هوایی است، اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۳). در آزمایشی بر روی خیار دریافتند که اسیدهیومیک به دلیل افزایش فعالیت ترکیب ATP- H^+ در ریشه، سبب افزایش رشد ساقه نیز می‌شود (۷۴). اسیدهیومیک با افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، روی، آهن، مس (۳۴)، آزاد سازی آب و مواد غذایی باعث افزایش رشد گیاه (۷۴) و خواص شبه هورمونی سبب افزایش رشد و گسترش اندام هوایی می‌گردد (۶۱ و ۷۸). محققین بسیاری نیز افزایش رشد گیاه را در اثر استفاده از مواد هیومیکی به اثبات رسانیده‌اند (۵۳، ۶۵ و ۷۴). بر اساس نتایج، بیشترین وزن تر برگ مربوط به کاربرد غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید است. کمترین میزان وزن تر در کاربرد غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک اسید بدون کاربرد اسیدفولویک مشاهده گردید (جدول ۳). در گیاه صنوبر با افزایش آب و استفاده از مواد هیومیکی،

وزن خشک ساقه را در اثر کاربرد مواد هیومیکی تأیید کردند (۶۵) و (۷۱). در پژوهشی دیگر کاربرد اسیدفولویک سبب افزایش رشد در گیاه گندم شد (۷۵). اسیدفولویک موجب افزایش کارایی عناصر غذایی و نفوذپذیری می‌شود. همچنین موجب افزایش تقسیم سلولی و طولی شدن سلول می‌گردد. فولویک اسید موجب افزایش ظرفیت تولید از طریق افزایش سنتز کلروفیل نیز می‌گردد (۵۷).

طول ریشه و حجم ریشه

بیشترین میزان طول ریشه به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۵/۰ گرم در لیتر فولویک اسید و تیمار ۲/۰ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۵/۰ گرم در لیتر فولویک اسید و سپس تیمار ۲/۰ گرم در لیتر فولویک اسید بدون کاربرد هیومیک است که فاقد اختلاف معنی دار باهم بودند. کمترین میزان طول ریشه به ترتیب مربوط به کاربرد تیمار ۲/۰ گرم در لیتر هیومیک اسید بدون کاربرد فولویک اسید و همچنین تیمار ۱ گرم در لیتر فولویک اسید بدون کاربرد هیومیک اسید است (جدول ۳). کاربرد اسیدهیومیک با پایه لئوناردیت سبب افزایش طول ریشه در افرا قرمز شد (۴۲). محققان بسیاری نیز افزایش طول ریشه را در صورت استفاده از هیومیک اسید تأیید کردند (۷۴). در پژوهشی که توسط لی و ایونت (۴۷) انجام شد، مشخص گردید که کاربرد هیومیک اسید سبب بهبود رشد ریشه در گل جعفری، بنفشه، شمعدانی و حنا شد. وجود گروه‌های اکسین موجود در اسیدهیومیک باعث افزایش رشد جانبی ریشه و طول ساقه در غشاء سلولی گیاه ذرت گردید (۶). کاربرد اسیدهیومیک در محلول غذایی سبب افزایش محتوای نیتروژن در اندام هوایی و رشد شاخساره و ریشه در ذرت شد (۸۹). نتایج مقایسه میانگین بر روی جوانه‌زنی گندم نشان می‌دهد که پیش تیمار اسیدفولویک باعث افزایش معنی‌دار در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به پیش تیمار اسیدهیومیک گردید. احتمالاً کاربرد اسیدهیومیک باعث تحریک تولید هورمون جیبرلین می‌شود که این هورمون نقش مهمی در جوانه‌زنی و رشد دانه رست‌ها دارد (۴۴).

اسیدهیومیک باعث فعالیت دو مکانیسم در گیاه می‌شود یکی اثرات سیگنالی مواد معدنی به خاطر متابولیسم هورمون‌ها و دیگری افزایش فعالیت پمپ ATPase در اندام ریشه که در نهایت منجر به افزایش سرعت دسترسی ریشه به نیترات گردید؛ تغییر در این نسبت ریشه به ساقه در گیاه بستگی به مقدار هورمون‌ها از جمله ساینوکین و آبسزیک دارد زیرا یکی از نقش‌های هورمون‌ها دخالت در میزان دسترسی مواد غذایی ریشه و آسیمیلایون آن‌ها می‌باشد (۷۴). کاربرد اسیدهیومیک سبب تحریک بیشتر رشد و عملکرد ریشه نسبت به اندام هوایی گردید که این عمل ناشی از افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه‌ها است یا به عبارتی اسیدهیومیک باعث فراهمی و دسترسی بهتر مواد غذایی برای ریشه شده است (۷۳).

میزان کلروفیل، وزن ریشه، ساقه و برگ و در نتیجه وزن کل اندام هوایی افزایش یافت (۳۸). محققین بسیاری افزایش وزن تر برگ را در نتیجه کاربرد مواد هیومیکی تأیید کرده‌اند (۷۰ و ۷۳). بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین وزن تر ساقه مربوط به کاربرد غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید است. کمترین میزان وزن تر ساقه به ترتیب مربوط به غلظت ۵/۰ گرم در لیتر هیومیک اسید بدون کاربرد فولویک اسید و سپس تیمار شاهد است (جدول ۳). کاربرد مواد هیومیکی حاصله از منبع لئوناردیت باعث رشد ساقه و افزایش انباشت پتاسیم، منیزیم، کلسیم و آهن در برگ گیاه می‌شود، که در گیاهچه‌های زیتون ثبت شده است (۷۶). در گیاه انگور کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار رشد ساقه، وزن تر و وزن خشک ساقه شد (۷۳). افزایش وزن خشک ساقه تحت تأثیر مواد هیومیکی را می‌توان در ارتباط با افزایش ارتفاع گیاه دانست (۳۰). نتایج این پژوهش با نتایج اسکوبار و همکاران (۲۵)؛ ال‌هراگوبل و همکاران (۱۹) همخوانی داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تجمع ماده خشک ارتباط مستقیمی با میزان فتوسنتز گیاه دارد (۳۹). در گیاه ریحان برهمکنش اسیدهیومیک، کمپوست و فسفر بر وزن خشک برگ نسبت به شاهد نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ در برهمکنش ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسیدهیومیک و ۱۰ تن در هکتار کمپوست و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر حاصل شد که افزایش ۱۰۵ درصدی نسبت به شاهد داشت (۸۲). تحقیقات نشان داده است که استفاده از اسیدهیومیک سبب افزایش فسفر و نیتروژن در گیاه بنت گراس شده و در نتیجه سبب افزایش ماده خشک در گیاه می‌گردد (۳۰). در پژوهشی که توسط دانشور حکیمی میبدی و همکاران (۱۳) صورت گرفت مشخص گردید که غلظت‌های پایین اسید هیومیک (۱۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موثرتر از غلظت بالای اسید هیومیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر وزن تر و خشک چمن بودند. در گل مریم کاربرد ترکیبی اسید فولویک و NPK افزایش تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک برگ را در پی داشت (۸۴). در پژوهشی دیگر مشخص گردید که کاربرد اسید هیومیک سبب بیشترین وزن تر گل در جعفری گردید (۵۶). در پژوهشی بر روی گندم دریافتند که کاربرد مواد هیومیکی سبب افزایش ۲۲ درصدی در وزن خشک گیاه و ۵۰ درصدی در طول ریشه شده است (۴۱). کاربرد تلفیقی اسیدهیومیک و اسید استیک سبب افزایش غلظت آهن و کاهش pH شیره سلولی در گیاه انگور شد که نهایتاً باعث افزایش فتوسنتز و وزن خشک اندام هوایی گردید (۶۸). در پژوهش‌های دیگری در رابطه با تأثیر مثبت مواد هیومیکی بر افزایش وزن خشک اندام هوایی تأکید شده است (۶۱، ۷۳، ۸۵، ۸۶ و ۹۱). اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد گیاه می‌شود (۱۵). محققان بسیاری افزایش

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورفولوژیک در شمعدانی تحت تاثیر اسید هیومیک و اسید فولیک
Table 2- Analysis of variance (Mean Square) of some morphological traits of geranium affected by Humic acid and Fulvic acid.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن تر برگ Leaf Fresh weight	وزن تر ریشه Root Fresh weight	طول ریشه Root length	تعداد برگ Leaf number	تعداد گره Node number	سطح برگ Leaf area	تعداد شاخه فرعی Branch number	ارتفاع Height
اسید هیومیک Humic acid (HA)	3	303.08**	174.41**	54.69**	25.02 ^{ns}	96.04**	80.75**	39.21 ^{ns}	0.07 ^{ns}	96.59**
اسید فولیک Fulvic acid (FA)	3	347.60**	423.97**	82.71**	261.32**	121.62**	82.76**	846.11**	0.72 ^{ns}	484.38**
اسید هیومیک × اسید فولیک HA × FA	9	72.75**	144.01**	10.97**	90.73**	12.93 ^{ns}	9.46 ^{ns}	146.73**	0.23 ^{ns}	91.63**
خطا Error	32	9.75	27.46	1.76	18.18	8.07	9.96	38.94	0.35	19.48

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant
** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنادار شدن

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورفولوژیک در شمعدانی تحت تاثیر اسید هیومیک و اسید فولیک
Table 2- Analysis of variance (Mean Square) of some morphological traits of geranium affected by Humic acid and Fulvic acid.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوائی Shoot dry weight	نسبت وزن تر اندام هوائی به وزن تر ریشه Shoot /Root fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم اندام هوائی Shoot volume	حجم ریشه Root volume	وزن تر اندام هوائی Shoot fresh weight
اسیدهومیک Humic acid (HA)	3	60.55**	2.87**	31.19**	5.47**	1.28**	1603.53**	64.20**	936.85**
اسیدفولویک Fulvic acid (FA)	3	51.46**	6.61**	19.95**	9.78**	1.42**	2206.99**	66.02**	1528.57**
اسیدهومیک× اسیدفولویک HA×FA	9	45.29**	2.10**	37.43**	3.88**	0.21 ^{ns}	753.30**	10.99**	397.33**
خطا Error	32	3.05	0.58	2.88	0.40	0.10	32.92	1.96	45.05

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant
** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنادار شدن

پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر اسیدهیومیک در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی و همچنین کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر اسیدهیومیک در بادمجان سبب افزایش معنی‌دار رشد برگ، ساقه و ریشه نسبت به گیاهان شاهد گردید (۷۷). نتایج نشان داد که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌دار در سطح، حجم، طول وزن خشک ریشه گیاه گندم شد که این افزایش صفات‌های مربوطه را می‌توان به عنوان شاخص مناسبی برای استفاده بهتر از منابع محدود محیطی توسط گیاه لحاظ کرد (۷۱). اسیدفولویک به دلیل کلات‌کنندگی عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و ...) قابلیت استفاده از عناصر برای گیاه را افزایش داده و سبب ظهور افزایش رشد ریشه‌های جانبی می‌گردد (۶۲).

وزن تر و خشک ریشه

بیشترین وزن تر ریشه مربوط به اثر متقابل غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۰/۲ گرم در لیتر فولویک اسید است. کمترین میزان وزن تر ریشه مربوط به غلظت‌های متفاوت هیومیک اسید بدون کاربرد فولویک اسید است (جدول ۳). کاربرد اسیدهیومیک در غلظت‌های متفاوت سبب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به حالت شاهد شد. بیشترین وزن خشک ریشه در غلظت ۰/۲ گرم در لیتر هیومیک اسید حاصل شد. غلظت‌های بالاتر از اسیدهیومیک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کاربرد فولویک اسید سبب افزایش وزن خشک ریشه گردید اما بین غلظت‌های مختلف به کاربرده شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۱). محققین بیان کرده‌اند که وجود گروه‌های اکسین موجود در اسیدهیومیک باعث افزایش رشد جانبی ریشه می‌شود (۶). جک و ایوان (۳۶) گزارش کرده‌اند که کاربرد اسید هیومیک وزن تر ریشه جعفری و شمعدانی را افزایش داد. نتایج تحقیقی بر روی برخی ارقام تربچه نشان داد که کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌دار در طول ریشه گردید (۴۴). با وجود اینکه موادهیومیکی باعث افزایش تحریک رشد ریشه و اندام هوایی می‌شوند ولی اثر بخشی آن بر روی سیستم ریشه مشهودتر است (۴۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱ و ۷۲). همچنین اسیدهیومیک با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های ریشه سبب تقویت ریشه می‌شود (۷۷). ترکیبات نیتروژنی موجود در هیومیک اسید در گیاهچه‌های کاهو عامل اصلی رشد ریشه‌چه می‌باشد (۹۲). اسیدهیومیک و اسیدفولویک سبب افزایش نفوذپذیری غشاء سلول و صعود بهتر مواد غذایی از غشاء شده و همچنین نفوذپذیری خاک نسبت به نیتروژن را افزایش می‌دهد که افزایش جذب پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر توسط گیاه را در پی دارد که نهایتاً جوانه‌زنی و رشد ریشه و ساقه را افزایش می‌دهد

(۳۳). در پژوهشی کاربرد اسیدهیومیک و اسیدفولویک با سطوح ۴۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سویا و بادام‌زمینی در بستر شن سبب افزایش رشد ساقه و به خصوص وزن ریشه شد (۸۸). اسیدهیومیک در افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز نقش مؤثری را ایفا می‌کند در نتیجه در فراهمی میزان فسفر برای گیاه مؤثر است، همچنین جذب نیتروژن در حضور اسیدهیومیک افزایش پیدا می‌کند، به همین دلیل هیومیک اسید سبب افزایش طول وزن خشک ریشه گیاه شد (۴۶). در سیب-زمینی کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش ۱۰ درصدی تعداد برگ، افزایش ۱۳ درصدی سطح برگ و افزایش ۲۸ درصدی وزن خشک اندام زیرزمینی شد، احتمالاً می‌توان علت افزایش وزن خشک‌ریشه را در اثر کاربرد مواد هیومیکی به این دلیل دانست که این مواد سبب افزایش کلروفیل، فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها شده که به سبب آن وزن خشک افزایش یافت. در مطالعه‌ای بیان شد که کاربرد هیومیک اسید به مقدار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک‌ریشه و ساقه و همچنین غلظت نیتروژن خاک و نیتروژن ذخیره‌ای در گیاه نسبت به شاهد گردید (۸۵). کاربرد اسیدهیومیک در گندم به میزان ۵۴ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش ۵۰٪ در طول و ۲۲٪ در ماده خشک‌ریشه گردید (۴۱). همچنین کاربرد اسیدهیومیک و اسیدفولویک سبب افزایش معنی‌دار در وزن خشک ساقه، ریشه در گیاه سویا، بادام‌زمینی و شبدر کشت شده در بستر شن گردید (۸۸). نتایج نشان می‌دهد بین میزان کلروفیل برگ و وزن خشک اندام هوایی در گیاه توت‌فرنگی رابطه مثبتی برقرار است (۱۶). محققان دیگری نیز افزایش طول ریشه را در اثر کاربرد اسیدهیومیک تأیید کردند (۹۰) اما در برخی پژوهش‌ها عدم تأثیر مواد هیومیکی بر وزن تر و خشک‌ریشه نیز ثبت شده است (۶۱) که با نتایج حاصله از آزمایش فوق مطابقت ندارد.

تعداد برگ و تعداد گره

با توجه به اثر ساده اسیدهیومیک و اسیدفولویک مشخص گردید که کاربرد اسیدهیومیک و اسیدفولویک سبب افزایش معنی‌دار متوسط تعداد برگ نسبت به شاهد گردید (شکل ۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد خاصیت شبه هورمونی موجود در مواد هیومیکی سبب طویل شدن برگ‌ها، افزایش تعداد برگ، افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و زیست‌توده می‌شود (۱۶). در گیاه گل سرخ کاربرد کود حاوی ۲۰ درصد موادهیومیکی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ و تعداد برگ شد (۳۲). نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج سایر محققین در مورد افزایش تعداد برگ با استفاده از مواد هیومیکی همخوانی دارد (۱، ۵۸، ۶۱، ۶۵ و ۷۷). در گیاه شب‌بو کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش تعداد برگ نسبت به شاهد شد (۸۳).

جدول ۳- اثرات متقابل اسیدهیومیک × اسیدفولویک بر برخی صفات مورفولوژیک شمعدانی
Table3- Interaction effects of Humic acid × Fulvic acid on some morphological characteristics of geranium

اسیدهیومیک Humic acid (g/l)	اسیدفولویک Fulvic acid (g/l)	ارتفاع Height (cm)	حجم ریشه Volume of root (cm ³)	حجم اندام هوایی Volume of shoots (cm ³)	نسبت وزن تر اندام هوایی به وزن Shoot/Root fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	وزن خشک اندام Shoot dry weight (g)	وزن تر Shoot fresh weight (gr)
0	0	22 d	4 e	40 efg	10.10 bcde	2.92 e	2.85 defgh	5.78 h	40.43d
	0.2	33.16 b	8.66 bc	63.83 bcd	13.27 ab	12.65 a	3.53 cdef	16.18 b	56.77 bc
	0.5	25.16 cd	5.50 de	32.58 fg	12.39 b	5.29 cde	2.78 efgh	8.07 fgh	38.32 d
	1	23.25 d	5.16 e	38.50 efg	12.59 b	5.61 cde	2.60 fgh	8.22 fgh	40.14 d
0.2	0	22.83 d	5 e	31.50 g	16.47 a	10.60 ab	1.89 h	12.49 cd	36.72 d
	0.2	30.48 bc	15.33 a	72.50 b	8.38 cdef	11.33 a	3.84b cd	15.17 bc	67.67 b
	0.5	34.41 ab	10.97 b	72.66 b	5.55 f	3.94 e	4.70 b	8.64 efgh	62.55 bc
	1	41.75 a	14.25 a	110.16 a	11.22 bc	13.11 a	7.60 a	20.71a	94.83 a
0.5	0	21.58 d	6 de	42.50 e	11.04 bcd	5.05 cde	2.46 gh	7.51 gh	36.49 d
	0.2	23.25 d	8.83 bc	57.50 d	7.80 cdef	5.74 cde	3.51cdefg	9.25 efg	55.77 c
	0.5	34.75 ab	10.83 b	60.16 cd	6.71 ef	6.83 cd	3.71bcde	10.54 def	62.25 bc
	1	41.33 a	9.58 bc	63.16 bcd	7.46 def	7.82 bc	3.39 cdefg	11.21 de	57.73 bc
1	0	20.75 d	5.33e	41.50 ef	9.65 bcde	4.71de	2.12 h	6.83 gh	38.10 d
	0.2	27.90bcd	8.66 bc	59 d	7.09 ef	4.15 de	3.75 bcde	7.90 fgh	57.62 bc
	0.5	34.58 ab	7.66 cd	69.66 bc	12.86 ab	10.74 a	4.21bc	14.94 bc	64.16 bc
	1	41.18 a	9.50 bc	70.50 b	7.69 cdef	6.83 cd	4.31bc	11.14 de	60.58 bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ درصد با استفاده از آزمون مقایسه‌ای دانکن نمی‌باشند.
Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5 and 1%

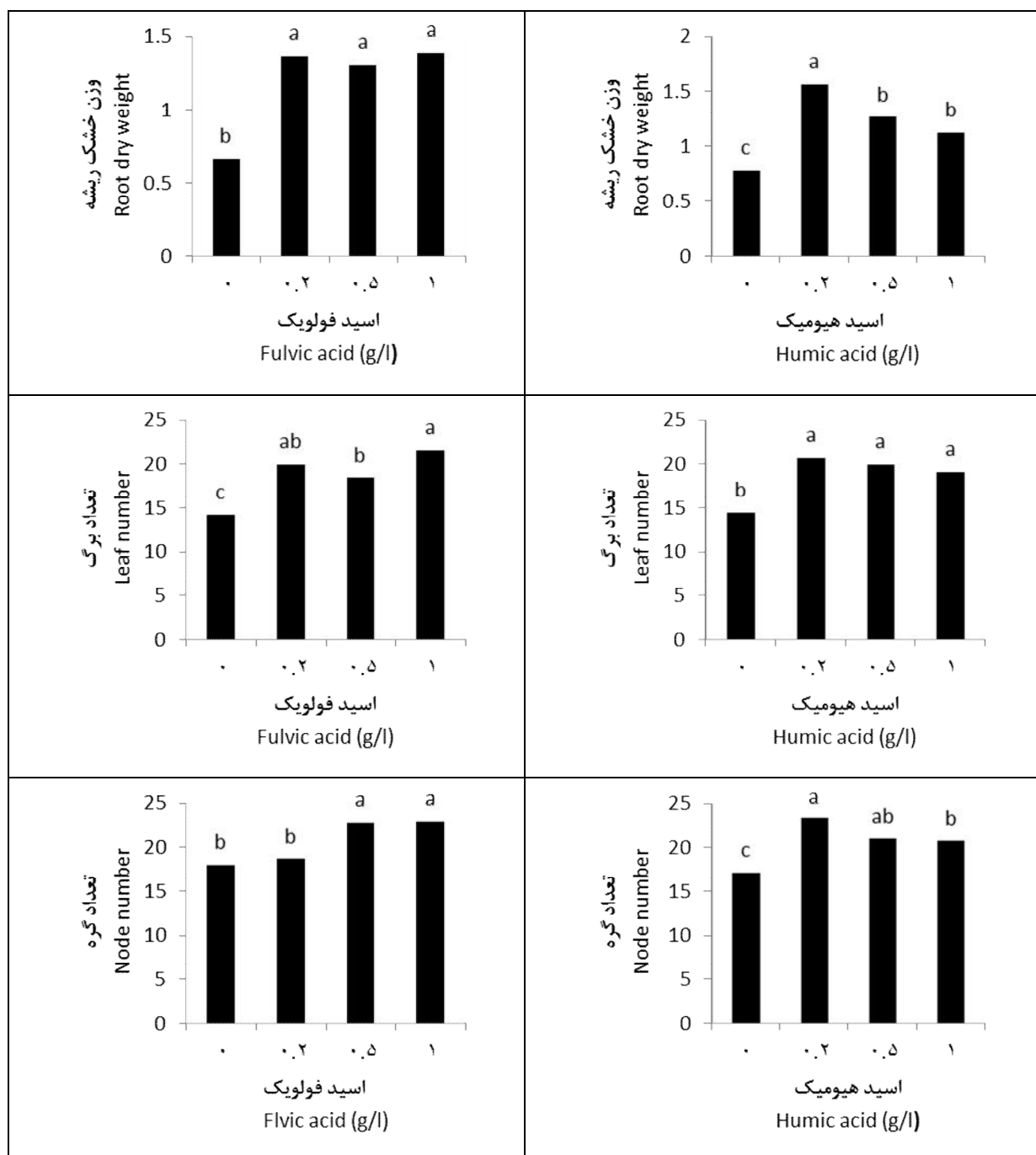
ادامه جدول ۳- اثرات متقابل اسیدهیومیک × اسیدفولویک بر برخی صفات مورفولوژیک شمعدانی

Table 3- Interaction effects of Humic acid × Fulvic acid on some morphological characteristics of geranium

اسیدهیومیک Humic acid (g/l)	اسیدفولویک Fulvic acid (g/l)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	طول میانگره Internode length (cm)	سطح برگ leaf area (cm ²)	طول ریشه Root length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن تر برگ Leaf Fresh weight (g)
0	0	17.47 ef	6.64 d	35.03 ef	31cd	4.75 e	22.96 cdefg
	0.2	26.29 cd	6.34 d	51.07 abc	42.25 a	11.21 cd	30.48 bc
	0.5	ef 17.96	8.31d	42.08 cde	34.75 bc	5.98 e	20.36 efg
	1	ef 19.31	7.98 d	41.14 cde	26 d	5.84 e	20.83 defg
0.2	0	21.86 de	6.17 d	32.80 ef	25.88 d	5.76 e	14.86 g
	0.2	31.76 b	14.70 c	37.82 def	34 bc	16.40 a	35.91 b
	0.5	29.92 bc	20.04 ab	47.90 bcd	45 a	12.80 bc	32.63 b
	1	46.38 a	18.59 abc	60.27 a	40.33 ab	13.59 b	48.45 a
0.5	0	16.15 f	5.85d	36.75 ef	33.58 bc	6.04 e	20.33 efg
	0.2	28.33 bc	7.87d	37.83 def	34.50 bc	9.72 d	27.43 bcdef
	0.5	28.18 bc	18.09 bc	56.15 ab	39 ab	11.63 bcd	34.07 b
	1	28.99 bc	19.65 abc	52.47 ab	39.25 ab	9.65 d	28.74 bcde
1	0	18.86 ef	5.35 d	29.60 f	27.91 cd	5.94 e	19.23 fg
	0.2	28.41 bc	19.75 abc	47.36 bcd	33.50 bc	9.89 d	29.21 bcd
	0.5	30.94 bc	14.68 c	52.76 ab	45.16 a	9.79 d	33.21 b
	1	29.05 bc	23.76 a	56.03 ab	38.33 ab	10.41 d	31.53 bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح ۵ و ۱ درصد با استفاده از آزمون مقایسه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5 and 1%



شکل ۱- اثر کاربرد اسیدهیومیک × اسیدفولویک بر تعداد گره، تعداد برگ و وزن خشک ریشه گیاه شمعدانی
Figure 1- Effect of Humic acid × Fulvic acid on node number, leaf number and root dry weight of geranium

گردید، همچنین کاربرد غلظت‌های بالای فولویک اسید سبب افزایش تعداد گره نسبت به شاهد و غلظت پایین فولویک اسید گردید (شکل ۱). محققین در پژوهش صورت گرفته بر روی کنجد بیان کردند که استفاده از هیومیک اسید در تیمار قطع آبیاری، سبب افزایش ۳۳ درصدی تعداد گره در ساقه گردید (۵۵). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر سطوح مختلف اسید فولویک بر عملکرد و اجزای عملکرد

در پژوهشی که توسط کشاورز و ماقانی (۴۳) انجام شد مشخص گردید که کاربرد اسیدهیومیک سبب ممانعت از زردشدگی برگ‌ها در شاخه بریده لیلیوم شد. در گل مریم کاربرد اسید فولویک به همراه NPK سبب افزایش تعداد برگ گردید (۸۴). بر طبق نتایج به دست آمده از بررسی اثر ساده هیومیک اسید و فولویک اسید، کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش در میزان تعداد گره نسبت به شاهد

ترکیبات نیتروژنی موجود در هیومیک اسید یک عامل مهم و تاثیرگذار در رشد گیاهان می باشند. ایجاد تغییرات هورمونی در گیاه که به دلیل خاصیت شبه هورمونی این مواد ایجاد می شود افزایش رشد قسمت های مختلف گیاه را در پی دارد. همچنین این مواد با ایجاد pH خنثی در خاک های قلیایی باعث جذب بیشتر عنصر نیتروژن و در نهایت افزایش رشد اندام هوایی در گیاه می شوند. با توجه به نتایج به دست آمده از کاربرد مواد هیومیکی بر روی صفات کمی و کیفی گیاه شمعدانی می توان بیان کرد که کاربرد اثر ترکیبی اسیدهیومیک و اسیدفولویک در اکثر صفات اندازه گیری شده بسیار موفق تر از اثر ساده این مواد آلی بر روی گیاه بوده است.

گیاه دارویی اسفرزه گزارش شد که کاربرد اسید فولویک ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه، خسارات ناشی از تنش شوری را کاهش داد (۲۹).

نتیجه گیری کلی

این آزمایش به منظور تاثیر کودهای آلی هیومیکی، کاهش اثرات مخرب استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود کیفیت رشد در گیاه، بر روی گونه گیاه زینتی شمعدانی انجام شد. تحقیقات نشان می دهد کاربرد کودهای هیومیکی سبب افزایش محتوی نیتروژن در اندام های هوایی گیاه می شود. تحقیقات مختلفی بر تاثیر مثبت کودهای هیومیکی بر صفات رشدی تاکید داشته اند. گزارش شده است که

منابع

- 1- Aghakhani Z., Azizi M., and Aroui H. 1393. The effect of Bio- Phosphorus and different levels of humic acid on growth and oil of evening primrose (*Oenothera biennis* L.). ferdowsi university of mashhad. MSc thesis.
- 2- Ahmad I., Saquib R.U., Qasim M., Saleem M., Khan A., and Yaseen M. 2013. Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus. Chilean Journal Of Agricultural Research, 73(4).
- 3- Albayrak S and Camas N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turpin. Journal of Agronomy, 42: 130-133.
- 4- Ali A., Rehman S.U., Raza S., and Allah S.U. 2014. Combined Effect of Humic Acid and NPK on Growth and Flower Development of Tulipa gesneriana in Faisalabad, Pakistan. Journal of Ornamental Plants, 4(4): 39-48.
- 5- Amani Beni M., Hatamzadeh A., Nikbakht A., Ghasemnezhad M., and Zarchini M. 2013. Improving Physiological Quality of Cut Tuberose (*Polianthes tuberosa* cv. Single) Flowers by Continues Treatment with Humic Acid and Nano-Silver Particles. Journal of Ornamental Plants (Journal of Ornamental and Horticultural Plants), 3 (3): 133-141.
- 6- Arancon N.Q., Edwards C.A., Atiyeh R.M., and Metzger J.D. 2004. Effect of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology, 93: 139-143.
- 7- Astarai A.R and Ivani R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. Ame-Eurasian. J. Agric Environ, Sci, 3(3): 352-356.
- 8- Ayas H., and Gulser F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of biological sciences, 5 (6): 801- 804.
- 9- Basbag S. 2008. Effects of humic acid application on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Asian Journal of Chemistry, 20: 1961- 1966.
- 10- Chamani A., Esmailpoor B., Poor birami Hir Y., Maleki lajayer H., and saadati A. 1391. Effects of humic acid on the vase life of flowers *Lstrvmya thidiazouron* and Knyambh figure. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology), 26 (2): 147- 152.
- 11- Chamani E., Joyce D.C., and Reihanytabar A. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of petunia hybrida 'Dream Neon Rose'. American Eurasian Journal Agricultural & Environmental Science, 3: 506-512.
- 12- Chen Y., and Aviadt T. 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: P. MacCarthy, E.E. Clapp, R.L. Malcoulm and P.R. Bloom (Eds.), Humic substances in soil and crop sciences, Pp: 161-186.
- 13- Daneshvar Hakimi Meybodi N., Kafi M., Nikbakht A., and Rejali F. 2011. The Effect Of Humic Acid On Some Qualitative And Quantitative Traits Of Speedygreen Turfgrass. Iranian Journal Of Horticultural Sciences (Iranian Journal Of Agricultural Sciences), 42(4): 403-412.
- 14- Davoodi fard M., Habibi D., and Davoodi fard F. 2012. Effects of salt stress on cell membrane stability, chlorophyll, and yield components in wheat inoculated with PGPR and humic acid. Agronomy Journal, 8(2): 71-86.
- 15- Delfine S., Tognetti R., Desiderio E., and Alvino A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agron. Sustain, 25: 183-191.
- 16- Dolatian N., Lekzian A., Fatoot A., and Tehrani far A. 2013. The effect of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of strawberry var. Selva under greenhouse conditions. Ferdowsi University of Mashhad.

- Msc Thesis.
- 17- Dudley J.B., Pertuit A.J., and Toler J. E. 2004. Leonardite influences zinnia and marigold growth. Hort Science, 39: 251-255.
 - 18- Esringü A., Sezen I., Aytatli B., and Ercişli S. 2015. Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. Akademik Ziraat Dergisi, 4(1): 37-42.
 - 19- Eyheraguibel B., Silvestre J., and Morard P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. Bioresource Technology, 99(10): 4206-4212.
 - 20- Falah ghaza ani M., Habibi M., Pazaki A.R., and KHavazi K. 2012. The effect of some strains of *A. chroococcum* and humic acid on auxin production, and yield and yield components of wheat in different levels of nitrogen. Agronomy Journal, 8(2): 97-109.
 - 21- Fan H.M., Wang X.W., and Sun X. 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. Scientia Horticulturae, 177: 118-123.
 - 22- Farazande A.R., Bani M., and Fazeli F. 2012. Studying the effects of humic acid and sowing date on growth and seed of corn. The Sixth National Conference on new ideas in agriculture. Branch. Islamic Azad University.
 - 23- Farjami A.A., and Nabavi kalat S.M. 2014. Effect of Humic Acid and Phosphorus on the Quantity and Quality of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Yield. Journal of Crop Ecophysiology, 7(4): 443-452.
 - 24- Ferghani A., and Javanmard A. 2005. The effect of different additives on the amount of humic and fulvic acids in different soils. Ninth Congress of Soil Science. Karaj.
 - 25- Fernandez-Escobar R., Benlloch M., Barranco D., Duenas A., and Guterrez Ganan J.A. 1996. Response of olive trees to foliar application of humic substance extracted from leonardite. Scientia Horticulturae, 66: 191-200.
 - 26- Ghasemi ghahsareh M and Kafi M. 2010. Scientific and practical floriculture. V.1. 310 p.
 - 27- Ghasemi A., Tavakoli M.R., and Zabihi, H.R. 2012. Effect of nitrogen, potassium and humic acid on growth and uptake of nitrogen and potassium in mini-tubers of potato under greenhouse conditions. Agronomy Journal. 8(1): 97-109.
 - 28- Ghasemi M., Kashefi B., and Matlabi A. 2013. Mitigating salt stress in plants by using the effect of humic acid. Passive defense in the agricultural sector. Qeshm Island.
 - 29- Gholami H., Samavat S., and Ardebili Z.O. 2013. The alleviating effects of humic substances on photosynthesis and yield of *Plantago ovate* in salinity conditions. International Journal of Applied and Basic Medical Research, 4: 1683-1686.
 - 30- Ghorbani S., KHazai H.R., Kafi M., and Bonayan aval, M. 2010. Effect of different levels of humic acid in irrigation water and spray on growth, yield, yield components and quality of forage maize (*Zea mays* L.). Ferdowsi University of Mashhad. Msc Thesis.
 - 31- Gulser F., Sonmez F., and Boysan, S. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. Journal of Environmental Biology, 31(5) 873-87.
 - 32- Güneş A., Salman A., Avcioglu R., and Çakar H. 2009. Effect of different rate of composed fertilizers with humic acid treatments on the growth and development characteristics of rose cuttings. Journal Anadolu. 19 (2): 73-84.
 - 33- Haghparsat R., Zangane Sh., and Rajabi R. 1390. Humic and fulvic acid treatments on germination of wheat seeds under drought stress. The Sixth National Conference on new ideas in agriculture. Branch. March 1390. Islamic Azad University.
 - 34- Harper S.M., Kerven, G.L., Edwards, D.G., and Ostatek Boczyski, Z. 2000. Characterization of fulvic and humic acids from leaves of *eucalyptus comalduensis* and from decomposed hay. Soil Biology and Biochemistry, 32: 1331-1336
 - 35- Hoseini A., and Kavoosi B. 2014. Effect of vermicompost and humic acid on growth indices of hybrid tomato seedling SUN 6189. The first national congress on biology and natural sciences.
 - 36- Jack A. H., and Evans M. R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling Root Development. Hort Science, 35: 1231-1233.
 - 37- Jamshideyni M., Khazai K.R., and Kafi M. 1391. Study the effect of humic and different levels of phosphorus on root growth, shoot and biomass and leading yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Ferdowsi university of mashhad. MSc thesis.
 - 38- Jing-min Z., Shang-jun X., Mao-peng S., Bing-yao M., Xiu-mei C., and Chunsheng L. 2010. Effect of Humic Acid on Poplar Physiology and Biochemistry Properties and Growth under Different Water Level. Journal of Soil and Water Conservation.
 - 39- Kafi M., Lahooti M., Zand A., Sharifinia H., and Goldani M. 1378. Plant Physiology (Translation). Publications University of Mashhad.
 - 40- Kamali M., Shoor M., and Salahvarzi Y. 2012. Studying the effect of salt stress on physio-morphological characteristics of C4 plants of tuberculate (*Gomphrena globosa* L.) and *Amaranthus tricolor* (*Amaranthus tricolor*

- L.) under different levels of carbon dioxide. Ferdowsi University of Mashhad. Msc Thesis.
- 41- Kauser A., and Azam F. 1985. Effect of humic acid on wheat seeding growth. Environ. Experim. Botany, 25: 245-252.
- 42- Kelting M., Harris J.R., Fanelli J., and Appleton B. 1998. Biostimulants and soil amendments affect two-year posttransplant growth of red maple and Washington hawthorn, HortScience. 33:819-822.
- 43- Keshavarzi L., and Chamani E. 2011. Effects Of Hinokitiol, Humic Acid, Sucrose, And Silver Thiosulfate (Sts) As A Short-Time (Pulsing) Treatment On Vase Life Of Cut 'Yelloween' Lily Flowers. Iranian Journal Of Horticultural Sciences (Iranian Journal Of Agricultural Sciences), 42(4): 393-402.
- 44- Khazai H.R., Nezami A., Eyshi rezai A., Saeednezhad A.H., and Poor amir F. 2012. Assessing the effect of type and concentration of humic material as a pretreatment on germination and seedling characteristics of two cultivars of triticale (*Triticosecale hexaploide* Lart L.). Journal of Agricultural Ecology, 4(4): 273-281.
- 45- Khorsand H., and Kavooosi B. 2012. The effect of different levels of nitrogen and humic acid on the vegetative characteristics of the grass meadow fescue (*Festuca rubra*) in cold region of Boyer Ahmad. The third national conference on agricultural science and food industry. Fasa. Islamic Azad University.
- 46- Kiyani M., Nabavi kalat S.M., and Klarstagh K. 1390. Effects of humic acid and phosphorus on growth of roots in German chamomile. The Sixth National Conference on new ideas in agriculture. Branch. March 1390. Islamic Azad University.
- 47- Li G., and Evens M.R. 2000. Humic acid substrate treatments and foliar spray application effects on root growth and development of seedlings. Hort Science, 35: 434.
- 48- Liu C., Cooper R.J., and Bowman D.C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of bentgrass. HortScience, 33(6): 1023-1025.
- 49- Malik K.A., Bhattin A., and Kauser F. 1979. Effect of soil salinity on the decomposition and humification of organic matter by cellulolytic fungi. Mycologia, 719: 811-820.
- 50- Marcum K.B. 1998. Cell memberance theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky. Crop sci, 38: 1214-1218.
- 51- Martin J.A., and Senn T.L. 1967 .The Influence of Various Rates of Nitrogen and Humic Acid Derivatives on the Growth and Yield of Greenhouse Tomatoes .S.Carolina Ag .Exp .Sta.Research .Series No .95 .In “ Oxidized Lignites and Extracts from Oxidized Lignites in Agriculture” (Michael Karr.) prof. Soil .Sci.2001.
- 52- Memon S.A., Bangulzai F.M., Keerio M.İ., Baloch M.A., and Buriri M. 2014. Effect of humic acid and iron sulphate on growth and yield of zinnia (*Zinnia elegans*). Journal of Agricultural Technology, 10(6).
- 53- Mishra B and Srivastava L.L. 1988. Physiological properties of has isolated from major soil associations of bihar. Soil. Science, 36: 1-89.
- 54- Mohamadi M. 2013. Journal of Agriculture (Payam Alkanes), (7-8). 3-5.
- 55- Mohammadian M., Kafi M., and Nezami A. 2012. Assessing the effects of drought stress and humic acid on yield, yield components and physiological and morphological characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) under Mashhad weather conditions. Ferdowsi University of Mashhad. MSc thesis.
- 56- Mohammadipour E., Golchin A., Mohammadi J., Negahdar N., and Zarchini M. 2012. Improvement fresh weight and aerial part yield of marigold (*Calendula officinalis* L.) by humic acid. Annals of Biological Research, 3: 5178-5180.
- 57- Mothaghi D. 2015. Folic Acid and Its Role in Agriculture. Datis Agrochemicals R&D Department.
- 58- Mustafa P., Türkmen O and Dursun A. 2010. Effects of potassium and humic acid on emergence, growth and nutrient contents of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedling under saline soil conditions. Afr. J. Biotech, 9(333): 5343-5346.
- 59- Naghibi R., Rezvani moghadam P., Ghorbani R., and Balenderi A. 1393. The role of integrated management of organic fertilizers and fertilization on growth indices, growth and seed yield dwarf chicory (*Cichorium pumilum* jacq.). Ferdowsi University of Mashhad. MSc thesis.
- 60- Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biological Biochemistry, 34: 1527-1536.
- 61- Nasiri S., Azizi M., and Aroui H. 2013. Studying the effect of humic acid and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on morphological and phytochemical characteristics of European borage (*Borago officinalis* L.) under two levels of manure. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. MSc thesis. In Persian.
- 62- Natesan R., Kandasamy S., Thiyageshwari S., and Boopathy P.M. 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. Science World Journal, 7: 1198-1206.
- 63- Nikbakht A., Kafi M., Babalar M., Xia P.Y., Luo A., and Etemadi N., 2015. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. Journal of Plant Nutrition, 31: 2155–2167.
- 64- Nsirpoor M., Khosh ghalb H., and Nemati S.H. 2015. Studying the application of humic acid, calcium and boron

- on the chemical and qualitative characteristics of tomato. Second National Conference on Environmental and Natural Resources Engineering and Management Sustainable Agriculture. Tehran. Shahid Beheshti University. In Persian.
- 65- Padem H., Ocal A., and Alan R. 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedling. ISHS Acta Hort, 491.
 - 66- Pin L., Guang S., and Lin Z. 2011. Effect of humic acid from straw on growth and pest resistance of *Salvia splendens*. en.cnki.com. cn. doi:cnki:sun:fzsa. 0.2011-03-007.
 - 67- Poorhadi M. 2011. Studying the effect of organic fertilizers on yield and essences of peppermint (*Mentha piperita* L.). Quarterly herbal medicines. 2: 137-148.
 - 68- Poozeshi R., Zabihi H.R. RAMzani moghadam, M.R., Rajabzadeh M., and Mokhtari, A. 1390. The effect of foliar application of zinc, humic acid and acetic acid on the yield and concentration of elements in grape varieties Hnasr arrow. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology). 25 (3): 351-360.
 - 69- Rahi A.R., Davoodi fard M., Azizi, F., and Habibi, D. 2012. Studying the effects of different levels of humic acid and response curves in *Dactylis glomerata*. Agronomy Journal. 8(3): 15-28.
 - 70- Rahi A.R., Farzaneh M.H., Safari dolat abad S., and Azizi F. 2012. Studying the trend of changes in relationship and response curves among morphological traits of *Agropyron cristatum* and the values are the humic acid fertilizer. Journal of plants and ecosystems, 32: 29-44.
 - 71- Rahi A.R., Mirzayi nadooshan H., Danai M., and Azizi F. 2012. The effect of humic acid on the vegetative growth of *Festuca arundinacea*. Journal of Research in Iran's grassland and desert, 19(4): 722-736.
 - 72- Rashidi tabar SH., and Tohidi M. 2014. Evaluating the effects of humic acid on yield components of maize under drought conditions in the north of Khuzestan. First National Congress on biology and natural sciences.
 - 73- Reynolds A.G., Wardle D.A., Drought B., and Cantwell R. 1995. Gro-mate soil amendment improves growth of greenhouse-grown 'Chardonnay' grapevines. Hort. Sci, 30: 539-554.
 - 74- Roohani N.S., Nemati S.H., Moghadam M., and 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. MSc Thesis.
 - 75- Roozbehani A., Ghorbani S., Mirzayi M.M., and uruj nia S. 2013. The effect of soil application of humic acid and fluvic acid on yield and yield component of barley (*Hurdeum vulgare* L.). Journal of Agronomy and Plant Breeding, 9(2):25-33.
 - 76- Sabzevari S., Khazai H.R., and 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.
 - 77- Sabzevari S., Khazai H.R., and Kafi M. 2010. Effects of humic acid on germination of four varieties of winter wheat (Sayonez and Sabalan) and spring (Chamran and Vanguard). Agricultural Research Journal. 8(3): 473-480.
 - 78- Salehi B., Bagherzade A., Ghasemi M., and Ebrahimi M. 2010. Effect of organic matter of humic acid on the characteristics of growth, yield and yield components of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Journal of Agricultural Ecology, 2(4): 640-647.
 - 79- Samavat S. 2007. Assessing the amount of humic acid in different organic matter and the effect of humic acid existed in compost of municipal solid waste on some soil properties. Iranian Soil Science Congress. Karaj.
 - 80- Sanchez-Sanchez A., Sanchez-Anderu J., Juarez M., Jorda J and Bermudez D. 2002. Humic substances and Amino acid improve effectiveness of Chelate FeEDDHA in Lemons trees. J. of Plant Nutrition, 25(11): 2433-2442.
 - 81- Schnitzer M. 1977. Recent ndings of the characterization of humic substances extracted from soils from widely di-ering climatic zones. Proceedings of the Symposium on Soil Organic Matter Studies, Braunsweig, 131-117.
 - 82- Seyed Jamali Z., Astarai A.R., and Emami H. 2013. The effect of humic acid and compost on the absorbability of some micronutrients in Basil. The first National Congress on medicinal plants and sustainable agriculture. Hamedan. Faculty of shahid Mofateh.
 - 83- Shahsavan Markadeh M., and Chamani E. 2014. Effects Of Various Concentrations And Time Of Humic Acid Application On Quantitative And Qualitative Characteristics Of Cut Stock Flower (*Matthiola Incana* 'Hanza'). Journal Of Science And Technology Of Greenhouse Culture, 5(19): 170-175.
 - 84- Sharaf El-Din, M.N., Omaima M.N., Abd El-Kafie .O.M., EL-Bably S.Z., and Aboukamar A.N. 2011. Effect Of Fulvic Acid Extract And Chemical Fertilization On *Pancritium maritimum*. J. Plant Production, Mansoura Univ. 2(8): 1037-1045.
 - 85- Sharif M., Khatlak R. A., and Sarir M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic cool derived humic acid on growth of maize plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33: 3567-3580.
 - 86- Sladky Z., Tichy V. 1959. Applications of humus substances to overground organs of plants. Biol. Plant, 1: 9-15.

- 87- Stephan W.K., and Charles W.J. 1994. Experimentation with Arkansas lignite to identify organic soil supplements suitable to regional agricultural needs. Proposal. Arkansas Technology University. Russellville.
- 88- Tan K.H., and Tantiwiranond D. 1983. Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut and clover. Soil Sci, 47:1121-1124.
- 89- Tan K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York.
- 90- Taylor G and Cooper L. 2004. Humic acid: The root to healthy plant growth. California State Science Fair, 1610.
- 91- Türkmen Ö., Dursun A., Turan M., and Erdinç Ç. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Acta Agriculture Scandinavica, 7:168-174.
- 92- Young C.C., and Chen L.F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedling. Plant and Soil, 195: 143-149.
- 93- Zhang L., Sun X.Y., Tian Y., and Gong X.G. 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. Scientia Horticulturae, 176:70-78.



Effects of Humic Acid and Fulvic Acid on some Morphological Characteristics of Geranium

R. AbaszadehFaruji¹ - M. Shoor^{2*} - A. TehraniFar³ - B. Abedi⁴ - N. Safari⁵

Received: 31-07-2016

Accepted: 23-09-2017

Introduction: Ornamental plants play a vital role in meeting the mental and spiritual needs of people that considered significance from commercial point of view as well. Optimal production of agricultural products requires suitable soil and adequate and absorbable nutrients for plant. Organic materials are important because of improving soil physical properties and soil fertility. Soil fertility depends on the content of organic matter as well as the quality, quantity and dynamics of these materials in soil. Organic acids are an important source of organic matter. One of the most abundant forms of organic matter in nature is humic compounds which can be found in all soil and water environment. They play an important role in cation exchange, nutrients release, phosphorus buffering capacity and metal and toxic organic molecules maintenance.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of humic substances on morphological characteristics of geranium, this experiment was conducted in research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad during the years 2014 and 2015. The experiment was carried out as factorial based on completely randomized design with two factors and three replications. The first factor had four levels of humic acid (0, 0.2, 0.5 and 1 g/l), and the second had four levels of fulvic acid (0, 0.2, 0.5 and 1 g/ml). Treatment was used along with irrigation. Morphological characteristics included the number of leaves, number of nodes, number of branches, plant height, root length, leaf area, fresh weight of shoot, fresh weight of leaf, fresh weight of root, dry weight of shoot, dry weight of leaf, dry weight of root, volume of shoots, volume of root, fresh weight of shoot were measured at the end of the experiment. Statistical analysis of the results was performed by using Jmp-8 software. Charts were drawn using Excel 2010 and difference among treatments means were compared with LSD test.

Results and Discussion: The results of means comparison showed that combined use of humic acid and fulvic acid had positive effects on growth traits such as height, internode length, root length, fresh weight of shoot, fresh weight of root, fresh weight of leaf, dry weight of shoot, dry weight of leaf, volume of shoot, volume of root and leaf area. Research had shown that the application of humic fertilizers increased nitrogen content in shoots of the plant. It was reported that nitrogen compounds existed in humic acid are important factors affecting the growth of plants. Humic acid also increased shoot growth by increasing the uptake of nitrogen, calcium, phosphorus, potassium, manganese, zinc, iron and copper as well as hormone-like properties. It was also found that humic acid enhanced plant growth by increasing the activity of the RuBisCO enzyme and the subsequent increase in photosynthetic activity. Furthermore, humic acid reduced the pH of alkaline soils and caused the nitrogen to be absorbed to a greater extent. The use of humic substances increased the leaf area and thus photosynthesis, therefore leading to the production of more dry matter in plants. Humic fertilizers also had a significant effect on root growth. Researchers had suggested that the presence of oxygen groups in humic acid increased lateral root growth. Although humic acid increased the growth of both root and shoot, its effectiveness on the root system was more evident.

Conclusions: This experiment was conducted with the aims of evaluating the effect of humic organic fertilizers, reducing the harmful effects of chemical fertilizers and improving the quality of plant growth in geranium. According to the results obtained from the present research, it can be concluded that combined application of humic acid and fulvic acid had greater effects on the majority of traits compared to the sole application of aforementioned compounds.

Keywords: Fulvic acid, Geranium, Humic acid, Ornamental plants

1, 2, 3, 4 and 5- M.Sc. Student, Associate Professor, Professor, Assistant Professor and M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(* - Corresponding Author Email: Email: Shoor@um.ac.ir)

اثر ریزموجودات مفید و سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت فرنگی رقم پاروس

علی اکبر شکوهیان^{۱*} - شهریار عینی زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ریزموجودات مفید (Effective Microorganisms (EM)) در سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و کیفیت توت فرنگی رقم پاروس، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ در دانشگاه محقق اردبیلی، اجرا شد. در این بررسی تیمارهای آزمایش، EM در چهار سطح (صفر، یک، دو و سه درصد)، روش‌های کاربرد EM در دو سطح (کاربرد خاکی و محلول پاشی) و نیتروژن در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم خالص در هکتار) اعمال گردیدند. شاخص‌های مورد بررسی شامل سطح برگ، تعداد گل، تعداد میوه، طول، حجم، وزن تر و خشک، عملکرد، ویتامین ث، مواد جامد محلول، اسیدیته کل، عمر انباری و درصد تشکیل میوه اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف ریزموجودات مفید در سطح احتمال یک درصد بر صفات وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، تعداد رانر، کلروفیل کل، سطح برگ و عملکرد و در سطح احتمال پنج درصد بر میزان وزن تر و خشک برگ، کلروفیل a و b معنی‌دار بوده است، بر اساس نتایج، اثر روش‌های مختلف کاربرد EM و اثرات متقابل تیمارها در هیچ یک از شاخص‌ها اختلاف قابل توجهی نداشتند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، سطوح نیتروژن بر صفات وزن تر ریشه، طول ریشه، تعداد رانر، کلروفیل a، b و کل، سطح برگ و عملکرد در سطح احتمال یک درصد و بر روی صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ و ریشه در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشتند. بر اساس نتایج این بررسی غلظت دو درصد و سه درصد ریزموجودات مفید و همچنین سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اثرهای مثبتی بر روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد داشتند.

واژه‌های کلیدی: طول ریشه، کاربرد خاکی، کلروفیل، محلول پاشی، وزن تر و خشک

مقدمه

خاک سودمندی‌های بسیاری را دارد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت پروتئین‌ها و ظرفیت فتوسنتزی گیاه، بهبود جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها، گلدهی، میوه‌دهی و رسیدن میوه، بهبود دسترسی مواد غذایی و جذب بهتر آن توسط گیاه، کمک به گیاه در برابر نابسامانی‌های فیزیولوژیکی، کم شدن آلودگی به آفات و بیماری‌ها، تسریع تجزیه مواد آلی، کاهش اثر سوءبرداشت مستمر محصول و کمک به کنترل عوامل بیماری‌زا با حذف رقابتی آن‌ها اشاره کرد (۲۵ و ۲۸). زمانی که ترکیب EM همراه با خاک یا محلول پاشی روی گیاه استفاده شود، سبب گسترش جمعیت باکتری‌های فتوسنتزی و تثبیت‌کننده نیتروژن خواهد شد (۲۳). فوزی و همکاران (۱۵) گزارش نمودند که محلول پاشی EM، آمینواسیدها و مخمرها در دو واریته پیاز (گیزا ۲۰ و سوپرایکس) سبب بهبود رشد، کیفیت و ترکیبات شیمیایی نسبت به شاهد شده که تیمار EM به غلظت ۳ میلیگرم بر لیتر بیشترین اثر را داشته است (۱۵). تلقیح

ریزموجودات مفید همزیست موجود در ترکیب EM شامل باکتری‌های فتوسنتز کننده (*Rhodospseudomonasplaris*، *Rhodobactersphacrodes*) باکتری‌های اسیدلاکتیک (*Lactobacillus plantarum*، *L. casei*، *Streptococcus*) مخمرها (*Saccharomyces spp.*)، اکتومیسیت‌ها (*Streptomyces spp.*) و قارچ‌های تخمیری (*Aspergillus*، *Penicillium*) هستند (۲۳). تلقیح ترکیب EM به اکوسیستم گیاه می‌تواند فتوسنتز و عملکرد گیاه را بهبود ببخشد (۵۵ و ۵۷). کاربرد ریز موجودات مفید در

۱ و ۲- استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی

(*)- نویسنده مسئول: (Email: shokouhiana@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.58937

ایجاد و نشاهای توت‌فرنگی به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در اوایل آبان ماه با تراکم ۱۰ بوته در هر ۱/۵ مترمربع کشت گردیدند. به‌منظور حفظ رطوبت، جلوگیری از رشد علف هرز و کیفیت بهتر محصول از مالچ پلاستیکی سیاه نیز استفاده شد.

در این بررسی سطوح نیتروژن در کرت‌های اصلی، روش کاربرد ریزموجودات مفید در کرت‌های فرعی و غلظت ریزموجودات مفید در کرت‌های فرعی‌فرعی اعمال شد. نصف مقادیر نیتروژن در موقع کاشت و ۲۵ درصد در اول اردیبهشت و ۲۵ درصد در اول خرداد به‌کاربرده شد. پس از شروع رشد رویشی نشاها، تیمارهای EM به‌صورت هفتگی به مدت دو ماه اعمال شدند. تیمارهای خاکی ریز موجودات مفید در هر نوبت آبیاری (هفتگی) همراه با آب به خاک اضافه و تیمارهای برگ‌گی EM نیز پس از آبیاری روی شاخ و برگ گیاه محلول‌پاشی شدند.

ارزیابی رفتارهای، تعداد ساقه‌های رونده، سطح برگ (به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (با دستگاه مدل BioScientific Ltd Area) وزن تر و خشک ریشه‌ها و برگ‌ها، طول ریشه‌ها، محتوای کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (۵) و عملکرد میوه‌های در هر بوته مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های مربوط به این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ۹.۱ تجزیه شد و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف ریزموجودات مفید در سطح احتمال ۱ درصد بر صفات وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، تعداد رانر، کلروفیل کل، سطح برگ و عملکرد و در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان وزن تر و خشک برگ، کلروفیل a و b معنی‌دار بوده است، بر اساس نتایج، اثر روش‌های مختلف کاربرد EM و اثرات متقابل تیمارها در هیچ یک از شاخص‌ها اختلاف قابل‌توجهی نداشتند (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد ریزموجودات مفید باعث افزایش وزن تر و خشک برگ در مقایسه با شاهد شده است. به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن تر و خشک برگ به ترتیب با مقدار ۲۷/۹۵ و ۸/۴۵ گرم مربوط به تیمار سه درصد EM و کم‌ترین میزان وزن تر و خشک برگ نیز به ترتیب با ۲۴/۶۶ و ۷/۲۵ گرم مربوط به گیاهان شاهد بوده است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سطح برگ در تیمارهای دو درصد (۶۱۷۵ میلی‌متر مربع) و سه درصد (۶۰۹۷ میلی‌متر مربع) EM، مشاهده گردید که با تیمار یک درصد و شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). این نتایج با گزارش‌های که روی محصولات سیب زمینی (۴۲) و بادام (۴۳ و ۴۳) ارائه شده مطابقت دارد. افزایش در میزان سطح برگ و همچنین دیگر

میکروبی EM-Farming در ارقام توت‌فرنگی باعث افزایش رشد رویشی و بیوماس ارقام هونوی و سلوا شده است (۱۷). بر اساس گزارش شکوهمیان و همکاران (۵۳) ریزموجودات مفید در سطح احتمال یک درصد سبب افزایش رشد گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و مقدار کلروفیل برگ در نهال‌های بذری بادام گردیده است (۵۳). مصرف در حد مطلوب نیتروژن نه تنها باعث تأخیر در پیری و رشد می‌شود، بلکه باعث تغییر شکل ظاهری گیاه نیز خواهد شد. قابل دسترس بودن نیتروژن توسط ریشه مخصوصاً در مراحل ابتدایی رشد، سبب طولی شدن اندام‌های هوایی گیاه می‌گردد (۳۰). کاربرد مناسب نیتروژن بر تعداد گل و شروع گلدهی فلفل اثر مثبتی داشته، اما مصرف زیاد این عنصر باعث تأخیر در تشکیل گل و افزایش رشد رویشی این گیاه شده است (۴). اکبری نودهی (۲) گزارش کرده که با افزایش نیتروژن به سطح ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سطح برگ، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد میوه، عملکرد کل بوته، اندازه میوه، وزن تر و خشک بوته و همچنین تعداد رانر در توت‌فرنگی افزایش می‌یابد ولی با افزایش سطح نیتروژن به ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار تمامی پارامترهای مذکور کاهش یافته است (۲).

هدف از انجام این تحقیق مطالعه تاثیر ریزموجودات مفید و روش کاربرد آنها در سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس بوده است.

مواد و روش‌ها

این بررسی به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با کاربرد تیمارهای برگ‌گی و خاکی ریزموجودات مفید هر کدام در چهار سطح (شاهد، ۱، ۲ و ۳ درصد) و تیمار نیتروژن به‌صورت کود اوره در سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) با سه تکرار و در مجموع با ۷۲ واحد آزمایشی طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. نشاهای توت‌فرنگی رقم پاروس از خزانه تکثیر ارقام توت‌فرنگی زیربار کردستان تهیه شد. کود زیستی EM از شرکت امکان‌پذیر پارس، نماینده انحصاری سازمان جهانی EMRO در ایران خریداری شد که بر اساس کاتالوگ ارائه شده بر روی کود شامل ترکیبات EM، آب، ماسل نیشکر، آلوه‌ورا، ترکیبی آزاد و طبیعی (بدون تغییرات ژنتیکی) از باکتری‌های فتوسنتز کننده، باکتری‌های اسیدلاکتیک، مخمرها و EM_۱ بود. خاک مزرعه نمونه‌برداری و تحت آنالیز قرار گرفت و بر مبنای ۵۰ تن در هکتار کود دامی و کودهای پایه به مقدار ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب فسفر و پتاسیم محاسبه و به خاک اضافه شد. سپس، پشته‌هایی به ابعاد ۱/۵×۱ متر تهیه و ردیف‌هایی به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از هم دیگر درروی آن

عوامل رشدی گیاه در اثر کاربرد ریزموجودات مفید می‌تواند در نتیجه اثرهای عمیق مواد تنظیم‌کننده رشد سنتز شده توسط این ریزموجودات و ارتقاء توانایی استفاده بهینه از مواد غذایی موجود در خاک باشد (۳۹).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ریزموجودات مفید و سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس
Table 1- Results of analysis of variance for the effect of effective microorganisms and nitrogen levels on morphological characteristics and Yield of strawberry cv. Paros

میانگین مربعات Mean of Squares												
منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	وزن تر برگ fresh Weigh L.	وزن خشک برگ dry Weigh L.	وزن تر ریشه fresh Weigh R.	وزن خشک ریشه dry Weigh R.	طول ریشه Root Length	تعداد رانر Runner	کلروفیل آ Chlorophyll a	کلروفیل ب Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	سطح برگ Leaf area	عملکرد Yield
تکرار Replication		5.58	0.22	4.68	0.86	3.5	0.16	0.004	0.004	0.005	17372	418
نیتروژن Nitrogen (N)	2	60.23*	6.13*	95.8**	16.01*	22.5**	2.87**	0.03**	0.04**	0.15**	2083797**	11442**
اشتباه اصلی Er. Main	2	28.6	0.88	6.54	2.22	9.19	1.01	0.006	0.006	0.008	91065	183.5
روش کاربرد Application Methods	4	44.76 ^{ns}	1.5 ^{ns}	18.6 ^{ns}	1.17 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.7 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}	201519 ^{ns}	308.6 ^{ns}
روش کاربرد × نیتروژن Application Methods × N	1	20.84 ^{ns}	4.47 ^{ns}	10 ^{ns}	1.95 ^{ns}	1.22 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	80828 ^{ns}	270.2 ^{ns}
اشتباه فرعی Er-sub	2	6.31	1.45	3.7	0.86	1.23	0.15	0.006	0.007	0.003 ^{ns}	134157	244.7
EM	6	47.42*	5.06*	37.2**	3.59**	7.75**	1.59**	0.02*	0.01*	0.07**	1644919**	8609**
EM × N	3	5.47 ^{ns}	1.22 ^{ns}	4.5 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.008 ^{ns}	148074 ^{ns}	142 ^{ns}
روش × کاربرد Application Methods × EM	6	19.44 ^{ns}	3.05 ^{ns}	4.16 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.46 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.007 ^{ns}	32312 ^{ns}	164.8 ^{ns}
اثر متقابل سه جانبه Trilateral interaction	3	12.27 ^{ns}	0.76 ^{ns}	4.68 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.47 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.07 ^{ns}	373239.4 ^{ns}	45 ^{ns}
اشتباه فرعی Er. Sub-sub	6	17.5	1.55	9.15	1.16	0.78	0.71	0.007	0.005	0.01	293211	164.4
ضریب تغییرات Cv (%)	36	15.85	15.79	14.33	12.69	4.76	9.25	6.91	15.18	6.82	9.21	7.83

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, * and **: Indicate non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۷/۳۹) میلی‌گرم بر گرم، کلروفیل b (۵/۱) میلی‌گرم بر گرم و کلروفیل کل

بیوماس گیاه افزایش می‌یابد که دلیل آن رشد بهتر ریشه در نتیجه‌ی فعالیت‌های بیولوژیکی مواد موجود در ترکیب EM می‌باشد (۴۲). نتایج حاصل از کاربرد ریزموجودات مفید در صفات وزن تر و خشک‌ریشه با گزارش‌ها گلینیکی و همکاران (۷)، عارف پویان و همکاران (۳) و یامادا و ژو (۵۸) مطابقت دارد. علت این افزایش می‌تواند ناشی از سنتز تنظیم‌کننده‌های رشد از نوع اکسینی و سایر فیتوهورمون‌ها به‌وسیله حضور EM باشد. بر اساس گزارش‌ها متعدد، هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین جیبرلین و اسید آسایزیک نقش مهمی در رشد و توسعه ریشه دارند (۴۹ و ۳۴). نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش از نظر اثر EM بر رشد ریشه با نتایج عارف پویان و همکاران (۳)، العربی (۱۳)، عیسی (۱۱)، غونیم و همکاران (۱۶)، برکت و گبر (۶) و الگامال (۱۲) مطابقت دارد. ریزموجودات مفید به‌خصوص باکتری‌های فتوسنتز کننده موجود در ترکیب کود زیستی موجب تثبیت نیتروژن هوا و برقراری توازن در جذب عناصر موردنیاز برای رشد گیاه می‌شوند، افزون بر این ریزموجودات با تولید و ترشح مواد محرک رشد و اسیدهای آمینه و همچنین آنتی‌بیوتیک‌ها سبب رشد و توسعه ریشه و به دنبال آن اندام‌های هوایی می‌گردند، این موضوع منتج به تولید آسمیلات‌های بیشتر و انتقال آن به دیگر اندام‌ها خواهدشد (۱۸ و ۲۰). حضور ازوتوباکتر و آزوسپریلیوم در محیط ریشه موجب تولید بسیاری از مواد مفید برای رشد از جمله اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه ب، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتیک، بیوتین و غیره می‌گردد. کودهای زیستی پی‌اچ محیط ریشه را پایین می‌آورند و از این طریق جذب بسیاری عناصر برای ریشه گیاه راحت‌تر می‌شود (۲۰ و ۲۹).

(۱/۸ میلی گرم بر گرم) از تیمار EM در سطح دو درصد حاصل شده است و کم‌ترین مقدار کلروفیل a (۱/۲۱ میلی گرم بر گرم)، کلروفیل b (۰/۴۴ میلی گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۱/۶۵ میلی گرم بر گرم) را تیمار شاهد داشت (جدول ۲). گزارش‌ها بسیاری مبنی برافزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌وسیله کاربرد ریزموجودات مفید در گیاهان مختلف وجود دارد که از آن جمله می‌توان به نتایج آگامی و همکاران (۱) عارف پویان و همکاران (۲۰۱۴) شکوهمان و همکاران (۵۲) اشاره کرد. کودهای زیستی و ازجمله کود EM موجب پایین آمدن پی‌اچ خاک می‌گردند (۴۷) که این امر کمک شایانی به جذب بیشتر آهن و منگنز می‌کند. محلول‌پاشی EM نیز موجب افزایش جذب عناصر آهن و منگنز در ژربرا شده که با نتیجه حاضر منطبق است (۱۹). این دو عنصر در تشکیل کلروفیل و پایداری کلروپلاست و سنتز تعدادی از پروتئین‌ها نقش عمده‌ای دارند (۳۸). مقایسه میانگین‌ها حاکی از افزایش وزن تر و خشک ریشه با افزایش غلظت EM نسبت به شاهد بود. بر همین اساس بیشترین وزن تر ریشه به ترتیب ۲۲/۲۶ و ۲۲/۰۳ گرم در تیمارهای سه و دو درصد EM و کم‌ترین (۱۹/۱ گرم) آن متعلق به گیاهان شاهد بود. غلظت‌های مختلف EM در این صفت در یک گروه آماری قرار گرفتند. بیشترین طول ریشه (۱۹/۲۳ سانتی‌متر) در تیمار دو درصد ریزموجودات مفید و کم‌ترین میزان (۱۷/۷۱ سانتی‌متر) از گیاهان شاهد حاصل شد. همچنین بیشترین تعداد رانر (۹/۴۸) در تیمار سه درصد EM و کم‌ترین تعداد (۸/۷۶) از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۲). نتایج حاصل از کاربرد ریزموجودات در صفات وزن تر و خشک برگ با نتایج شکوهمان و همکاران (۵۳) و عارف پویان و همکاران (۳) مطابقت دارد. با مصرف ریزموجودات مفید رشد گیاه، سطح برگ وزن تر و خشک برگ و ریشه و کل

جدول ۲- اثر سطوح مختلف ریزموجودات مفید بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس

Table 2- Effect of effective microorganisms on morphological characteristics and yield of strawberry cv. Paros

EM (%)	وزن تر برگ Fresh Weigh. L (g)	وزن خشک برگ Dry Weigh. L (g)	وزن تر ریشه Fresh Weigh. R (g)	وزن خشک ریشه Dry Weigh. R (g)	طول ریشه Root Length (cm)	تعداد رانر Runner	کلروفیل A Chlorophyll A (mg/g)	کلروفیل B Chlorophyll B (mg/g)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g)	سطح برگ Leaf Area (mm ²)	عملکرد در بوته Yield (g)
0	24.66 ^b	7.27 ^c	19.01 ^b	7.96 ^b	17.71 ^c	8.76 ^b	1.21 ^b	0.44 ^b	1.65 ^c	5571 ^b	136.5 ^c
1	25.33 ^{ab}	7.57 ^{bc}	21.03 ^{ab}	8.29 ^{ab}	18.3 ^{bc}	9.11 ^{ab}	1.24 ^{ab}	0.47 ^b	1.72 ^{bc}	5669 ^b	156 ^b
2	27.56 ^a	8.26 ^{ab}	22.03 ^a	8.92 ^a	19.23 ^a	9.26 ^{ab}	1.29 ^a	0.51 ^a	1.8 ^a	6175 ^a	185.2 ^a
3	27.95 ^a	8.45 ^a	22.26 ^a	8.8 ^a	18.8 ^{ab}	9.46 ^a	1.27 ^a	0.48 ^{ab}	1.76 ^{ab}	6097 ^a	176.7 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability

گیاهان سنتز می‌کنند (۸). گزارشات بسیاری وجود دارد که حاکی از اثر مستقیم یا غیرمستقیم مخمرها در ریزوسفر بر روی افزایش رشد ریشه گیاه است (۴۳ و ۱۴).

در صفت عملکرد، نتایج حاصل بیانگر این بود که تیمار ۲ درصد EM با میزان ۱۸۵ گرم بیشترین و تیمار شاهد با میزان ۱۳۶ گرم

مارتین و همکاران (۳۹) و جاگو و همکاران (۲۶) نیز نشان دادند که باکتری‌های مفید ایندول استیک اسید و سایتوکینین تولید کرده و سطح و طول ریشه را افزایش می‌دهند. مخمرها ترکیبات ضد میکروبی و دیگر ترکیباتی مفیدی که برای رشد گیاه لازم است را از اسیدهای آمینه و قندهای تراوش شده از باکتری‌ها مواد آلی و ریشه

وزن تر ریشه، طول ریشه، تعداد رانر، کلریل a، b و کل، سطح برگ و عملکرد در سطح احتمال یک درصد و بر روی صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ و ریشه در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی داری داشتند (جدول ۱).

مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین وزن تر و خشک برگ به ترتیب با میزان ۲۷/۷ و ۸/۲۳ گرم در بوته مربوط به تیمار نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار بود که با نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین میزان وزن تر و خشک برگ نیز به ترتیب با میزان ۲۴/۶۲ و ۷/۳۱ گرم از تیمار نیتروژن ۵۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۳).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که نیتروژن ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین (۶۱۵۶ میلی متر مربع) و کمترین (۵۵۶۹ میلی متر مربع) میزان سطح برگ را داشته اند (جدول ۳). با افزایش مصرف نیتروژن میزان رشد رویشی گیاه برنج نیز گسترش پیدا کرد (۲۱). همچنین توسعه رشد رویشی گیاه توت فرنگی با افزایش کاربرد نیتروژن نیز گزارش شده است که با نتیجه حاضر مطابقت دارد (۳۵).

کمترین عملکرد در بوته را داشتند (جدول ۲). مطالعات بسیاری نیز حاکی از افزایش عملکرد و اجزای عملکرد محصولات مختلف کشاورزی به وسیله تیمارهای EM هست که از آن جمله می توان به گزارش های بر روی محصولات نخودفرنگی و ذرت شیرین (۱۰)، بادام زمینی (۵۹)، گوجه فرنگی (۵۶)، ذرت (۵۰)، نخودفرنگی (۲۷)، سیب (۴۲)، ماش (۲۸)، پیاز (۱۵) و در گوجه فرنگی (۳۳) اشاره کرد.

بهبود و افزایش رشد و عملکرد محصول می تواند به دلیل مشارکت و فعالیت باکتری های فتوسنتزی از جمله *Rhodobactersphacrodex* و *Rhodopseudomonasplaris* در محلول EM حضور دارند، باشد. این باکتری ها یک گروه مستقلی هستند که قادرند اسیدهای آمینه، پلی ساکاریدها، نوکلئیک اسیدها، مواد فعال زیستی و قندها را از ترشحات ریشه، مواد آلی و گازهای سمی مضر مانند سولفید هیدروژن با استفاده از نور خورشید و گرمای خاک به عنوان منبع انرژی به سازند (۳۱). این ترکیبات می توانند به وسیله گیاه به طور مستقیم جذب و در افزایش رشد و نمو گیاه مؤثر باشند (۲۲، ۳۲ و ۴۶).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها، سطوح نیتروژن بر صفات

جدول ۳- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت فرنگی رقم پاروس
Table 3- Effect of nitrogen on morphological characteristics and yield of strawberry cv. Paros

نیتروژن N (kg/ha)	وزن تر برگ Fresh Weigh. L (g)	وزن خشک برگ Dry Weigh. L (g)	وزن تر ریشه Fresh Weigh. R (g)	وزن خشک ریشه Dry Weigh. R (g)	طول ریشه Root Length (cm)	تعداد رانر Runner	کلریل آ Chlorophyll A (mg/g)	کلریل ب Chlorophyll B (mg/g)	کلریل کل Total Chlorophyll (mg/g)	سطح برگ Leaf Area (mm ²)	عملکرد در بوته Yield (g)
50	24.62 ^b	7.31 ^b	19.03 ^b	7.87 ^b	17.49 ^c	8.76 ^b	1.22 ^b	0.43 ^b	1.66 ^b	5569.3 ^c	148.8 ^b
100	26.8 ^a	8.23 ^a	23.02 ^a	9.42 ^a	19.4 ^a	9.26 ^a	1.29 ^a	0.52 ^a	1.82 ^a	5908.8 ^b	188.7 ^a
150	27.7 ^a	8.13 ^a	21.26 ^a	8.19 ^b	18.7 ^b	9.43 ^a	1.24 ^{ab}	0.47 ^{ab}	1.71 ^b	6156.9 ^a	153.3 ^b

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.
Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability

ارتجاعی گیاه را کمتر می کند این اثر کاهشی با بیشتر شدن طول رگبرگ ها و قطر برگ ها و تعداد روزنه ها مشهود است که منجر به کاهش در ارتفاع گیاه می گردد (۲۴).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار با ۲۳/۰۲ گرم وزن تر و ۹/۴۲ گرم وزن خشک ریشه و نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار با ۲۱/۲۶ گرم وزن تر ریشه و ۲۱/۲۶ گرم وزن خشک ریشه نسبت به نیتروژن ۵۰ کیلوگرم بر هکتار با ۱۹/۰۳ گرم وزن تر و ۷/۸۷ گرم وزن خشک افزایش معنی داری را نشان دادند. بین تمامی سطوح نیتروژن از نظر طول ریشه تفاوت معنی داری وجود دارد. سطح ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار بیشترین میزان (۱۹/۴ سانتی متر) و سطح ۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیز کمترین میزان (۱۷/۴۹ سانتی متر)

مقایسه میانگین ها حاکی از این بود که نیتروژن ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با تعداد ۹/۴۳ و ۹/۲۶ رانر در بوته بیشترین و نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار با ۸/۷۶ رانر در بوته کمترین میزان را داشتند (جدول ۳). هاو و همکاران (۲۱) گزارش کردند که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی میزان رشد رویشی گیاه نیز افزایش پیدا می کند. در مطالعه دیگری افزایش رشد رویشی گیاه توت فرنگی با افزایش کاربرد نیتروژن گزارش شده است (۳۵). مکانیسم افزایش رشد رویشی و شاخه زایی در گیاه توسط نیتروژن بدین صورت است که این عنصر تقسیم و تورم سلول های مریستمی را افزایش می دهد. مصرف کم تر از میزان مطلوب نیتروژن اثر کاهشی در ساخته شدن سلول های پارانشیمی و اسکلرانشیمی داشته و خاصیت

مذکور کاهش نشان دادند، همچنین افزایش سطح مصرف نیتروژن از ۵۰ و ۱۰۰ به ۱۵۰ میلی گرم در لیتر موجب کاهش قابل ملاحظه‌ای عملکرد توت‌فرنگی گردید (۳۶ و ۴۵). نتایج این بررسی با تحقیقات ذکر شده در یک راستا است. کمبود نیتروژن منتج به کاهش تعداد برگ، سطح برگ و تولید طوقه توت‌فرنگی شده و میوه‌های با اندازه کوچک‌تر تولید و عملکرد کمتر می‌شود (۴۰). مصرف مناسب نیتروژن باعث افزایش میزان پروتئین و رشد برگ‌ها و سطح کربن گیری گیاه می‌شود که این مهم گسترش فتوسنتز و مواد فتوسنتزی و در پی آن افزایش عملکرد را به دنبال دارد (۴۱) ولی مصرف بیش از نیاز نیتروژن، منجر به افزایش بیشتر در شاخص سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر شده و میزان رنگیزه‌های دخیل در فتوسنتز و نرخ کارایی آن کاهش می‌یابد (۳۰) همچنین گزارش شده که مصرف بهینه نیتروژن به علت افزایش عمر تخمک و فراهمی کربوهیدرات برای جوانه‌های گل تازه تشکیل شده، تأثیر به‌سزایی در افزایش تعداد میوه دارد (۴۸).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی بهترین نتیجه از تیمار EM دو درصد و میزان مصرف نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. با توجه به اینکه روش کاربرد ریزموجودات در این تحقیق از تفاوت معنی‌داری برخوردار نبود، بر این اساس نحوه مصرف بر صفات ذکر شده تأثیری نداشت.

طول ریشه را داشتند (جدول ۳). نتایج این پژوهش در مورد اثر نیتروژن بر رشد ریشه با نتایج حاصل از پژوهش اکبری نودهی (۲) بر روی توت‌فرنگی مطابقت دارد. با افزایش مصرف نیتروژن به سطوح بالاتر از حد بهینه از سنتز نشاسته در اندام‌های هوایی ممانعت و سطح قند در ریشه کاهش یافته و رشد آن کمتر می‌شود و به دنبال آن عملکرد میوه نیز کاهش می‌یابد (۵۴).

تیمار نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب با ۱/۲۹، ۰/۵۲ و ۱/۸۲ میلی گرم بر گرم بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل را دارا بود در هر سه نوع کلروفیل کم‌ترین میزان مربوط به تیمارهای ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۳). نیتروژن یکی از اجزا اصلی در کلروپلاست به شمار می‌رود به طوری که حدود ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در آن انباشته می‌شود. بین میزان نیتروژن و کلروفیل همبستگی زیادی برقرار است (۳۷)، در واقع نیتروژن عنصری ضروری در ساخت کلروفیل است و باعث افزایش میزان کلروفیل سطح برگ و دوام آن می‌شود.

عملکرد میوه در بوته با کاربرد نیتروژن در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان تولید (۱۸۸/۶۸ گرم) را در میان سطوح نیتروژن دارا بود. با افزایش مصرف این عنصر از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد در بوته کاهش یافته است. در این صفت پایین‌ترین سطح (۱۴۸/۸۱ گرم) از تیمار نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۳). بر اساس گزارش اکبری نودهی (۲) با مصرف نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار شاخص‌های سطح برگ، تعداد میوه، عملکرد کل بوته و اندازه میوه در توت‌فرنگی افزایش یافتند ولی با افزایش این میزان به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تمامی پارامترهای

منابع

- Agamy R., Hashem M., Alamri S. 2013. Effect of soil amendment with yeasts as bio-fertilizers on the growth and productivity of sugar beet. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 8(1), pp. 46-56.
- Akbryndhy D. 2013. the effect of drought stress and nitrogen levels in the pot on characteristics Selva strawberry plants (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. Selva). *Water Management and Irrigation*, 4(1): 72-59.
- Arfpvyan M., Davrynzhad Gh. m., Salahvarzi I. 2014. the impact of Effective Microorganisms on physiological responses Shyshhkp pomegranate cultivars under salt stress. *Journal of Horticultural Science*, 28, (4), P. 441-447.
- Aminifard MH., Aroiee H., Fatemi H., Ameri A., and Karimpour S. 2010. Responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) to different rates of nitrogen under field conditions. *Journal of Central European Agriculture*, 11(4): 453-458.
- Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiology*, 24(1): 1-15.
- Barakat M. A. S., and Gabr S.M. 1998. Effect of different biofertilizers types and nitrogen fertilizer level on tomato plants. *Alex. Journal of Agricultural Research*, 43: 149-160.
- Jagnow G.G., Hoflic H., and Hoffmann, H. 1991. Inoculation of non symbiotic rhizospher bacteria, possibilities of increasing and stabilizing yield. *Angew Botonic*, 65: 97-126.
- Boligłowa E., and Gleń K. 2008. Assessment of effective microorganism's activity (EM) in winter wheat protection against fungal diseases. *Ecological Chemistry and Engineering*, 15(1-2), pp 23-27.
- Boraste A., Vamsi K. K., Jhadav A., Khairnar Y., Gupta N., Trivedi S., Patil P., Gupta G., Gupta M., Mujapara A. K., Joshi B. 2009. Bio-fertilizers: A novel tool for agriculture. *International Journal of Microbiology*, 1(2): 23-31.
- Cloete K., Valentine A., Stander M., Blomerus L., Botha A. 2009. Evidence of symbiosis between the soil yeast

- Cryptococcus laurentii and a sclerophyllous medicinal shrub. *Agathosma betulina* (Berg.) Pillans. *Microbial Ecology*, 57:624-632.
- 11- Daly MJ., and Stewart DPC .1999. Influence of "Effective Microorganisms" (EM) on vegetable production and carbon mineralization- a preliminary investigation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14: 15-25.
- 12- Eissa E.M. 2003. Effect of some biostimulants on vegetative growth yield and fruit quality of "kelsey" plum Egypt. *Journal of Applied Sciences*, 18(5B).
- 13- El Gamal A. M. 1996. Response of photo in the newly reclaimed area to mineral nitrogen levels and nitrogen fixing biofertilizer Halex-2 Assiut. *Journal of Agricultural Science*, 27(2): 89-99.
- 14- El-Araby S.M. 2004. Effect of biofertilization under nitrogen fertilization rates on growth, yield and chemical constituents of jer articheoke Tubers. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 27: 55-68.
- 15- El-Tarabily K. A., Sivasithamparam K. 2006. Potential of yeasts as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. *Mycoscience*, 47:25-35.
- 16- Fawzy Z. F., Abou El-magd M. M., Yunsheng Li, Zhu Ouyang ., and A. M. Hoda. 2012. Influence of foliar application by EM "Effective Microorganisms", amino Acids and yeast on growth, yield and quality of two cultivars of onion plants under newly reclaimed soil. *Journal of Agricultural Science*, 4(11): 26-39.
- 17- Ghoneim I. M., and Abd-El-Razik A.H. 1999. Effect of biofertilization under different nitrogen level on growth, yield and chemical content of photo plants. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 2(4): 757-769.
- 18- Glinicki R., Sas-Paszt L., Jadcuk-Tobjasz E. 2011. The effect of microbial inoculation with EM-Farming inoculum on the vegetative growth of three strawberry cultivars. *Ann. Warsaw Univ. Horticulture and Landscape Architectutr*, 32: 3-14.
- 19- Gutierrez-Manero F.J., Ramos-Solano B., Probanza A., Mehouchi J., Tadeo F.R., and Talon M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111(2): 206-211.
- 20- Górski R., Kleiber T. 2013. Effect of effective microorganisms (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of Rose (*Rosa x hybrida*) and Gerbera (*Gerbera jamesonii*). *Ecology chemistry and Engine*, 17(4): 505-513.
- 21- Han H.S. and Lee, K.D. 2006. Effect of coculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*, 52: 130-136.
- 22- Hao H., You-zhang W., Xiaoe Y., Ying F., and Chun-yong W. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in Rice (*Oryza sativa*). *Rice Science*, 14 (4): 289-294.
- 23- Higa T .2000. What is EM technology? *EM World Journal*. 1: 1-6.
- 24- Higa T. 1991. Effective microorganisms: a biotechnology for mankind. In: Parr JF, Hornick SB, Whiteman CE (eds) *Proceedings of the first International Conference on Kyusei Nature Farming*, USDA, Washington, DC, pp 8-14.
- 25- Hqprst tnha M. R. 1990. *Nutrition and plant metabolism* (Translation). Islamic Azad University of Rasht. Page 198.
- 26- Hu C., Qi Y. 2013. Long-term effective microorganisms' application promotes growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *European Journal of Agronomy*, 46, 63-67.
- 27- Jagnow G., Hoflich G., Hoffmann H.1991. Inoculation of non symbiotic rhizospher bacteria, possibitites of increasing and stabilizing yield. *Angew botonic*. 65: 97-126.
- 28- Javaid A. 2006. Foliar application of effective microorganisms on pea as an alternative fertilizer. *Agronomy for Sustainable Development*, 26: 257-262.
- 29- Javaid A., and Bajwa R. 2011. Field evaluation of effective microorganisms (EM) application for growth, nodulation, and nutrition of mung bean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 443-452.
- 30- Kader M.A., Mian M.H., and Hoque M.S. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences*, 2: 259-261.
- 31- Khldbryn B., and Aslam zadh T. 2003. *Mineral Nutrition "of higher plants"*. Shiraz University Press, 229 pages.
- 32- Kim M.K., Choi K.M., and Yin C.R. 2004. Odorous swine wastewater treatment by purple non-sulfur bacteria, *Rhodopseudomonas palustris*, isolated from eutrophicated ponds. *Biotechnology Letters*, 26: 819-822.
- 33- Kin JK and Lee BK .2000. Mass production of *Rhodopseudomonas palustris* as diet for aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 23: 281-293.
- 34- Kleiber T., Starzyk J., Górski R., Sobieraski K., Siwulski M., Rempulska A., and Sobiak A. 2014. The studies on applying of effective microorganisms (EM) and CRF on nutrient contents in leaves and yielding of tomato. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 13(1): 79-90.
- 35- Kuraishi S. 1983. *Plant Hormones*. Tokyo: University of Tokyo Publisher, pp. 1-142.
- 36- Lolaei A. 2012. Effects of Calcium Chloride on Growth and Yield of Tomato under Sodium Chloride Stress. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2 (3): 155- 160.
- 37- Lovlaei A., Hashemabadi D. and Sdaqt H. 2013. The effects of spraying, calcium, zinc and nitrogen on the growth

- of vegetative, reproduction and storage strawberry cultivars Silva. *Environmental physiology of plants*, 8 (2): 40-31.
- 38- Madakadze I.C., Stewart K.A., Madakadze R.M., Peterson P.R., Coulman B.E., and Smith D.L. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. *Journal Plant Nutrition*, 22(6): 1001-1010.
 - 39- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Academic Press. Ltd. London. pp: 245.
 - 40- Martin P., Glatzle A., Klob W., Omay H., and Schmidt W. 1989. N₂ Fixing bacteria in the rhizosphere: quantification and hormonal effect on root development. *Z. p flonzener nahr bodenk*, 152: 237-245.
 - 41- Mass J.L. (1984) *Compendium of strawberry diseases*. Published by the American phytopathological society, in cooperation with Agricultural Research service USA Department of Agriculture. 15-18.
 - 42- Malakouty M.J. 1996. Sustainable agriculture and increase performance by optimizing fertilizer use in Iran. Karaj agricultural education publishing, Pages 87-68.
 - 43- Mohamed F., Sahain M., Elham Z., Motty A., Mohamed H., Sheikh El., Laila F. 2007. Effect of some biostimulant on growth and fruiting of Anna apple trees in newly reclaimed areas. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(5): 422-429.
 - 44- Nassar A., El-Tarabily K., Sivasithamparam K. 2005. Promotion of plant growth by an auxin-producing isolates of the yeast *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots, *Biology and Fertility of Soils*. 42:97-108.
 - 45- Ndonga R.K., Friedel J.K., Spornberger A., Rinnofer T., and Jezik K. 2011. Effective micro-organisms (EM): an effective plant strengthening agent for tomatoes in protected cultivation. *Biological Agriculture and Horticulture*, 27:189-204.
 - 46- Papadopoulos A.P. 1987. Nitrogen fertilization of greenhouse-grown strawberries. *Nutrient Cycling in Agroecosys*, 13(3): 269-276.
 - 47- Ranjith N.K., Sasikala C., and Ramana C.V. 2007. Catabolism of l-phenylalanine and l-tyrosine by *Rhodobacter sphaeroides* OU5 occurs through 3, 4-dihydroxyphenylalanine. *Research in Microbiology*. 158: 506-511.
 - 48- Sandra B., Natarajan V., and Hari K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane sugar yields. *Journal Field Crop Res*, 77: 43-49.
 - 49- Sobhy Rostami F., and glchyn A. 2011. The effect of different amounts of nitrogen, manganese and zinc on yield and quality, pomegranate, in Mazandaran province. *Journal of Horticultural Science*, Vol. 25, (2), P. 234-242.
 - 50- Schneider E. A., and Wightman F. 1974. Metabolism of auxin in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 25:487-531.
 - 51- Shah H.S., Saleem F., and Shahid M.M. 2001. Effect of different fertilizers and Effective Microorganisms on growth, yield and quality of maize. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3(4):378-379.
 - 52- Shokouhian A.A., Davarynejad G.H., Tehranifar A., Imani A., and Rasoulzadeh A. 2015. Selection vegetative almond rootstocks tolerant to water stress based on morphological markers. *Journal of Horticultural Science*, Vol. 29, (3), P. 323-331. (In Persian with English abstract).
 - 53- Shokouhian A.A., Davarynejad Gh., Tehranifar A., Imani A. and Rasoulzadeh, A. 2013. Evaluation of the Effects of Effective Microorganisms under Water Stress Conditions on Flower Buds Formation of two Almond Genotypes. *Journal of Horticultural Science* Vol. 27, (2), P. 217-226. (In Persian with English abstract).
 - 54- Shokouhian A.A., Davarynejad Gh., Tehranifar A., Imani A., and Rasoulzadeh A. 2013. Investigation of effective microorganisms (EM) impact in water stress condition on growth of almond (*prunus dulcis* Mill) seedling. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(9):86-92.
 - 55- Wang Z., Rui Y., Shen J., and Zhang F. 2008. Effects of N fertilizer on root growth in *Zea mays* L. seedlings, Spanish. *Journal of Agricultural Research*, 6(4): 677-682.
 - 56- Wang R., Xu H. L., and Mridha. M. A. U. 2000. Effect of Organic Fertilizer and EM Inoculation on Leaf Photosynthesis and Fruit Yield and Quality of Tomato Plants. *Journal of Crop Production*, 3(1): 173-182.
 - 57- Xu H.L., Wang R., Amin M., and Mirdha U. 2000. Effect of organic fertilizers and a microbial inoculant on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. *Journal of Crop Production*. 3: 173-182.
 - 58- Xu H.L. 2000. Effect of a Microbial Inoculant, and Organic Fertilizer, on the Growth, Photosynthesis and Yield of Sweet Com. *Journal of Crop Production*, 3(1): 183-214.
 - 59- Yamada K., and Xu, H. 2000. Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with Effective Microorganisms. In Xu H., Parr J. F., and Umemura H. (Eds) *Nature Farming and Microbial Applications*, New York, pp: 255-268.
 - 60- Yousaf Z., Jilani G., Qureshi R. A., Awan A.G. 2000. Effect of EM on ground nut (*Arachis hypogaea* L.) growth. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3, 1803-1804.



Impact of Effective Microorganisms and Nitrogen Levels on Morphological Characteristics and Yield of Strawberry cv. Paros

A.A. Shokouhian^{1*} - SH. Einizadeh²

Received: 26-10-2016

Accepted: 18-04-2018

Introduction: Insemination combined Effective Microorganisms (EM) to the plant ecosystem can improve photosynthesis and yield of fruit plants. The useful microorganisms contained in effective microorganisms (EM) mix include photosynthetic bacteria (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobactersphacodes*), lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus*), yeasts (*Saccharomyces spp.*), actinomycetes (*Streptomyces spp.*) and fermentation fungi (*Aspergillus*, *Penicillium*). When EM applied with the soil or sprayed on the plant will be expanded, the population of photosynthetic bacteria and nitrogen stabilizer. Optimal nitrogen consumption not only causes delays old age it will also change the appearance of the plant. The availability of nitrogen to the roots especially in the early stages of growth causes elongation of the aerial parts of the plant. Proper use of nitrogen has a positive effect on flower number and the beginning of flowering in pepper but high consumption of this element has caused a delay in the formation of flowers and increase plant growth. The aim of this study was to investigate the effects of Effective Microorganisms by two methods of soil application and foliar application in different nitrogen levels on yield and morphological characteristics of strawberry cv. Paros

Materials and Methods: In order to study the impact of effective microorganisms (EM) on morphological characteristics and yield of strawberry cv. Paros a split-split-plots experiment was conducted based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with foliar and soil treatments of effective microorganisms, each in four levels (control, one, two and three percent) and nitrogen treatment in the form of urea fertilizer in three levels (50, 100 and 150 kg ha⁻¹ of the net nitrogen) with three replications in University of Mohaghegh Ardabili during 2014-2015 years. Land was prepared in late August and potassium and phosphorous fertilizers were added as 150 and 50 kg ha⁻¹, respectively. Strawberries were planted in early November 2014 in double rows on beds covered with black polyethylene foil. Nitrogen levels in the main plots, methods of application of EM in the subplots, the concentration of effective microorganisms in the sub-sub plots were placed. Half of the amount of nitrogen at planting time, 25 percent in the April and 25 percent in the May was given with irrigation water to plants. Treatments of EM, after the start of growth seedlings weekly basis a period of two months, were applied. In soil treatment with irrigation water and foliar Treatments be applied after the irrigation (control plants with distilled water). In this study were measured traits leaf and root dry weight, root length, number of runner, chlorophyll a, band total leaf and yield. Data were analyzed by SAS ver9.3 software and means were compared by LSD test ($P \leq 0.05$).

Results: Analysis of variance showed that the effect of different levels of effective microorganisms at the level of 1% probability were observed significant difference in the characters fresh and dry weight of root, root length, number of runner, total chlorophyll, leaf area and yield and in the probability level 5% is significant on the characters fresh and dry weight of leaves, chlorophyll a and b. Based on the results the effect of different methods of application of EM and interaction effects were not significant differences in any of the studied indicators. According to the analysis of variance, using of nitrogen had significant effect on the fresh weight yield root, root length, number of runner, chlorophyll A, B and total leaf area and yield at 1% probability. The treatments had also significant effect on fresh and dry weight of leaf and root traits at 5% probability. Based on the results of this study the concentration of 1% and 3% of effective microorganisms and 100 kg N ha⁻¹ have positive effects on the parameters compared to the control. The results indicated that 2% EM was treated with a maximum of 185 g, and control treatment with 136 g had the lowest yield per plant. Fruit yield in plant with

1 and 2- Assistant Professor and Graduated M.Sc. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili

(* - Corresponding Author Email: shokouhiana@yahoo.com)

nitrogen application at 100 kg ha⁻¹ had the highest production (188 g) among nitrogen levels.

Conclusion: According to the results of this review, the best result was in treatment 2% of EM and 100 kg of nitrogen per hectare. Method used of EM in this study had no significant difference; accordingly method of consumption has no impact on the traits mentioned.

Keywords: Chlorophyll, Fresh and dryweight, Root length, Soil Application, Spraying



تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفیت میوه تازه زرشک بی دانه

فرید مرادی نژاد^{۱*} - سارا حسن پور^۲ - محمد حسن سیاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

چکیده

زرشک بی دانه با نام علمی *Berberis vulgaris* L. var. *Asperma* یکی از مهمترین محصولات باغی و دارویی خراسان جنوبی است. میوه تازه زرشک دارای آب فراوان و پوستی نازک در مرحله رسیدگی بوده و از اینرو حساس به ترکیدگی و فساد در طی مراحل مختلف برداشت، انبارداری و فرآوری می‌باشد. از اینرو آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند، در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارها شامل محلول پاشی پیش از برداشت با اسید سالیسیلیک (۱ و ۳ میلی‌مولار)، کلرید کلسیم (۱ و ۲ درصد) و آب مقطر (شاهد) بود. ارزیابی‌های مختلف در زمان برداشت و در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از نگهداری در انبار سرد با دمای 4 ± 0.5 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی 85 ± 5 درصد انجام شد. نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار باعث افزایش وزن تر، حجم، pH، مواد جامد محلول، اسیدآسکوربیک و اسیدیت قابل تیتر میوه زرشک بی‌دانه نسبت به سایر تیمارها شد. همچنین تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار باعث کاهش نشت یونی میوه زرشک شد که می‌توان از آن به عنوان یک تیمار مناسب برای کاهش آسیب سرمایی استفاده کرد. تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد نیز بیشترین تأثیر را بر کاهش افت وزن نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمارهای شیمیایی کلرید کلسیم ۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را در بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه زرشک بی‌دانه داشتند. بطور کلی محلول پاشی قبل از برداشت زرشک بی‌دانه با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم موجب بهبود کیفیت و کاهش ضایعات در طی دوره انبارمانی میوه تازه شد.

واژه‌های کلیدی: اسید آسکوربیک، پس از برداشت، دوره انبارمانی، کاهش ضایعات

انسان موثر باشد (۱۵).

مقدمه

تیره زرشک حدود ۶۵۰ گونه و ۱۵ جنس دارد و بومی آسیا، اروپا، آفریقای شمالی و آمریکا می‌باشد (۲) و در ایران فقط نوع بی دانه آن محصول باغی محسوب شده و کشت می‌شود. طی دهه‌های اخیر توسعه کشت درختچه زرشک به دلیل گستره مقاومت در برابر شرایط نامناسب آب و خاک، اهمیت زیادی پیدا کرده است. با وجود این، به دلیل کمبود آب و تنش‌های محیطی مختلف ناشی از آن در مناطق خشک مانند خشکی و شوری و در نتیجه تنش کمبود عناصر غذایی (۱۷) کاهش رشد، عملکرد و کیفیت محصول در این شرایط وجود دارد. علاوه بر آن، افت کیفیت در ریز میوه‌های فاسد شدنی و آبداری نظیر زرشک بی دانه به دلایل مختلفی مانند روش برداشت سنتی، دسترسی محدود به سوله‌های مناسب جهت نگهداری و خشک کردن محصول قابل توجه است. به دلیل ارزش تغذیه ای و خواص آنتی اکسیدانی بیشتر در میوه‌های تازه نسبت به محصول فرآوری شده و همچنین تقاضای روزافزون برای مصرف محصولات تازه باغی، ارایه روش‌های نوین در جهت افزایش عملکرد، بهبود کیفیت، کاهش

زرشک بی دانه (*Berberis vulgaris* L. var. *asperma*) بطور وسیعی در خراسان جنوبی کشت و کار می‌شود به طوری که بیش از ۹۵ درصد تولید این محصول در دنیا در این منطقه می‌باشد و از اینرو تولید آن نقش مهمی در ایجاد اشتغال و امرار معاش مردم منطقه دارد (۱۹). عمدتاً بصورت افزودنی، خشک و همچنین فرآورده هایی نظیر آبمیوه، شربت و مربا استفاده می‌شود. میوه زرشک علاوه بر آلکالوئیدهای مختلفی مانند بربرین حاوی خواص آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد تومور می‌باشد، خواص آنتی اکسیدانی بالا، ویتامین‌ها و اسیدهای آلی این میوه موجب شده که در درمان بیماریهای مختلف

۱ و ۲- دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی،

دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

*- (نویسنده مسئول: Email: fmoradinezhad@birjand.ac.ir)

۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.60331

صایعات و افزایش ماندگاری میوه تازه در این محصول ارزشمند ضروری بنظر می‌رسد.

تغذیه گیاه از طریق محلول پاشی یک روش معمول برای جبران نارسایی‌های تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود که می‌تواند در کیفیت محصول و قابلیت انباری آن تاثیر قابل توجهی داشته باشد (۴۰). ارتقاء کیفیت محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا اولین معیار برای خرید یک محصول کیفیت و ظاهر آن است. استفاده از روش‌هایی برای جایگزینی سموم شیمیایی که بتواند موجب افزایش مقاومت محصول به عوامل فساد و شرایط جابجایی و نگهداری پس از برداشت شوند نیز بسیار مهم هستند. یکی از این موارد اثبات شده استفاده از نمک‌های کلسیمی است. کاربرد محلول پاشی قبل و غوطه وری پس از برداشت نمک‌های کلسیمی در بهبود کیفیت، افزایش ماندگاری و کاهش بیماری‌های قارچی در میوه‌های مختلف معتدله و گرمسیری گزارش شده است (۶، ۱۳ و ۳۱). کلسیم عنصر مهمی است که نقش کلیدی در ساختار دیواره سلولی و غشای سلولی و رشد و توسعه و کیفیت عمومی میوه‌ها دارد (۱۳). علاوه، تغذیه برگ‌ی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد میوه‌ها و سبزی‌ها به خصوص در مورد کلسیم ایفا می‌کند زیرا جذب کلسیم با سایر عناصر متفاوت است و در مقادیر بسیار کم وارد گوشت میوه می‌شود (۳۸). محلول پاشی کلسیم قبل از برداشت، به صورت تجاری به منظور ارائه یک منبع تامین مواد غذایی قبل از ظهور علائم کمبود استفاده می‌شود، به دلیل اینکه جذب کلسیم از خاک و اندام هوایی محدودیت دارد (۱۲). وضعیت تغذیه‌ای قبل از برداشت میوه‌ها به ویژه از نظر کلسیم یکی از فاکتورهای مهم در انبارمانی میوه است (۱۱). ساده‌ترین روش برای به حداکثر رساندن سطح کلسیم میوه‌ها تغذیه برگ‌ی است (۱۴). مدارکی وجود دارد که نشان می‌دهد با محلول پاشی برگ‌ی کلسیم مقدار این عنصر در داخل میوه افزایش یافته است اگرچه مقدار آن به

طور معمول کم است (۲۸).

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی در گیاه می‌باشد که در گیاهان به مقدار وسیعی وجود دارد و به عنوان تنظیم کننده رشد عمل می‌کند که فرآیندهای رشد و نمو گیاه را کنترل می‌کند (۳۴). اسید سالیسیلیک کیفیت انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها را بهبود می‌بخشد (۴۵). از طرفی به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی می‌تواند از بیوسنتز و تولید اتیلن جلوگیری کرده و باعث حفظ سفتی بافت در میوه می‌شود (۱). نقش حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر آسیب سرمایی در گوجه فرنگی (۴۱) و انار (۲۶ و ۲۷) نیز گزارش شده است. بررسی منابع نشان می‌دهد که کاربرد محلول پاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک و نمک‌های کلسیم بر حفظ کیفیت، ارزش غذایی و افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه‌های تازه روشی بسیار مؤثر است. اما اطلاعاتی در خصوص اثر تیمارهای پیش از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر کیفیت، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عمر انباری میوه تازه زرشک وجود ندارد. از این رو هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی تاثیر محلول پاشی با کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و انبارمانی زرشک تازه بی‌دانه و در طی دوره انبار سرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی تابستان و پاییز سال ۱۳۹۳ در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. به منظور تعیین مشخصات خاک محل آزمایش، نمونه گیری‌هایی از عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری خاک صورت گرفت. نتایج آنالیز خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- آنالیز خاک محل آزمایش
Table 1- Soil analysis of experiment site

Calcium and Magnesium (meq/L)	Na (meq/L)	آهک Lime (%)	Ec (dS/m-1)	pH	مواد آلی Organic matter (%)	بافت Texture
62 ± 2.4	105 ± 4.5	10 ± 0.8	16.7 ± 1.1	7.8 ± 0.4	0.4 ± 0.03	Loam

۱۵ درصد) و در یک شرایط هوای آرام قبل از غروب آفتاب انجام شد. برداشت میوه در ۱۳ آبان ۱۳۹۳ با شاخه انجام شد و میوه‌ها پس از جدا شدن از شاخه و جدا کردن مواد زائد به صورت خوشه‌ای (هر خوشه دارای میانگین تعداد ۲۰ میوه) داخل سبدهای یک کیلویی بسته بندی شده و بعد از انجام اندازه گیری‌های اولیه در زمان برداشت، بقیه محصول به سردخانه میوه (رطوبت نسبی ۵ ± ۸۵ درصد و دمای ۵ ± ۴ درجه سانتیگراد) منتقل شدند. ارزیابی صفات مختلف با نمونه گیری در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از نگهداری در انبار

تیمارهای آزمایش

ابتدا تعداد ۱۵ درخت ۲۵ ساله که از نظر میزان باردهی تقریباً مشابه بودند انتخاب و برچسب گذاری در سه ردیف (بلوک) انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش در این طرح عبارت بودند از محلول پاشی با اسید سالیسیلیک (در غلظت‌های ۱ و ۳ میلی مولار)، کلرید کلسیم (در غلظت‌های ۱ و ۲ درصد) و آب مقطر که به عنوان شاهد استفاده شد. محلول پاشی با مواد ذکر شده، در دو زمان ۳۰ روز (مقدار مواد جامد محلول برابر ۱۳/۵) و ۱۵ روز قبل از برداشت (مقدار مواد جامد محلول

سرد انجام شد.

گرفت. این آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۵ تیمار در چهار زمان انجام شد. تجزیه داده‌ها توسط برنامه آماری GenStat (نسخه ۱۲) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD حفاظت‌شده (FLSD) در دو سطح ۱ و ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای محلول پاشی قبل از برداشت با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و اثر ساده دوره انبارمانی و همچنین اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی در تمامی صفات فیزیکی، شیمیایی و کیفی ارزیابی شده معنی‌دار شده است (جدول ۲، ۳ و ۴).

وزن تر میوه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دوره انبارمانی تأثیر معنی داری بر مقدار میانگین وزن تر ۱۰۰ حبه داشت و در طی دوره انبارمانی از مقدار آن کاسته شد به طوری که بیشترین مقدار آن در زمان برداشت و کمترین مقدار در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت (شکل ۱). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر مقدار وزن تر میوه‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود به طوری که بیشترین مقدار در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در زمان برداشت و کمترین مقدار در تیمارهای شاهد، کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی ثبت شد (جدول ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسید سالیسیلیک به دلیل افزایش نفوذ پذیری غشا، میزان جذب و مصرف مواد معدنی را افزایش می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش وزن میوه می‌شود (۱۸). بیشترین میزان وزن تر میوه در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار بدست آمد. این نتایج با یافته‌هایی که در تیمار درختان آلو گزارش شده مطابقت دارد (۴۳).

حجم میوه و آب میوه

بیشترین میانگین حجم ۱۰۰ حبه در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کمترین مقدار حجم در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱ درصد حاصل شده است (شکل ۱). همچنین دوره انبارمانی در میزان حجم میوه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۲)، به طوری که بیشترین مقدار در زمان برداشت و کمترین در ۹۰ روز پس از انبارمانی بدست آمد (شکل ۱). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر میزان حجم میوه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین مقدار در اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، شاهد و کلرید کلسیم ۱ درصد در زمان برداشت مشاهده شد. کمترین مقدار در تیمار کلرید

صفات مورد ارزیابی

برای اندازه‌گیری میانگین وزن تر حبه از ترازوی دیجیتالی (KB120-3N, Germany) با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد، در هر تکرار از هر تیمار ۱۰۰ حبه مورد آزمایش قرار گرفت. برای محاسبه میانگین حجم حبه ابتدا ۱۰۰ عدد میوه از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب شد. درون استوانه مدرج تا حجم مشخصی آب کرده و سپس زرشک‌ها درون آن ریخته شد و در نهایت تغییرات حجم آب یادداشت گردید. میانگین مربوط به حجم ۱۰۰ حبه میوه به عنوان حجم میوه در نظر گرفته شد. حجم آب میوه نیز برای تعداد ۱۰۰ حبه میوه پس از آبگیری اندازه گیری شد.

pH عصاره با استفاده از pH متر دیجیتالی (827 pH lab, Metrohm Ltd., Switzerland) تعیین شد. ارزیابی مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی (Extech, RF10, 0-32 °Brix, USA) تعیین و بر حسب درجه بریکس بیان شد. برای اندازه گیری اسیدیته قابل تیتر آب میوه رقیق شده، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالین به عنوان شناساگر استفاده شد و بر حسب درصد بیان شد. مقدار اسید آسکوربیک توسط روش تیتراسیون ۲،۶-دی کلروفنل ایندوفنول اندازه‌گیری گردید و بر حسب میلی گرم در صد گرم آب میوه بیان شد.

جهت اندازه گیری مقدار افت وزن، ابتدا وزن دقیق هر نمونه تعیین شد و در انتهای هر دوره انباری دوباره وزن نمونه‌ها مشخص گردید، سپس با تفاضل وزن اولیه از ثانویه و تقسیم بر وزن اولیه افت وزن محاسبه گردید (۳۶). برای اندازه گیری نشت یونی در میوه‌ها، ابتدا تعداد ۱۰ عدد میوه را جدا کرده و سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. سپس داخل یک ارلن ۲۰ میلی لیتر مانتول ۰/۴ مولار ریخته و به مدت چهار ساعت توسط شیکر همزده شد و پس از آن هدایت الکتریکی اولیه توسط EC متر اندازه گیری شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه داخل اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد و بعد از سرد شدن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، هدایت الکتریکی ثانویه ثبت گردید (۳۷).

در نهایت نمونه‌های برگ و میوه در زمان برداشت تهیه شد و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس آسیاب و پودر شده و در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۴ ساعت سوزانده شد. سپس با اسید پرکلریک هضم و محلول آماده شده با افزودن آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. از محلول آماده شده برای تعیین کلسیم نمونه‌ها به روش تیتراسیون با اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) استفاده شد (۴۷).

در مجموع ۱۵ درخت به عنوان واحدهای آزمایشی طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار به صورت کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار

کلسیم ۱ درصد، شاهد، اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت. اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر میزان حجم آب میوه در سطح ۱ درصد نیز معنی دار شد (جدول ۲)، بیشترین مقدار در اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و در زمان برداشت و کمترین مقدار در تیمارهای شاهد، کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی ثبت شد. محققان بیان کردند که اسید سالیسیلیک با افزایش تقسیم و رشد سلول‌ها سبب افزایش عملکرد می‌شود (۱۶). این رشد را می‌توان به دلیل اثر اسید سالیسیلیک بر فعالیت هورمون‌ها دانست که با تغییر تعادل هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و اسید آبسزیک سبب افزایش رشد و عملکرد می‌شود (۴۲).

pH

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم اثر معنی داری در سطح یک درصد بر مقدار pH داشته

است (جدول ۳) به طوری که بیشترین میزان pH در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و کمترین مقدار آن در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد وجود داشت (شکل ۲). مطالعات مشابه قبلی بیان کرده اند که افزایش pH در طی دوره انبارمانی ممکن است به دلیل شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس باشد، نتایج مشابه با آزمایش حاضر در این خصوص در توت فرنگی (۵۰) نیز گزارش شده است. از طرفی افزایش pH ممکن است به علت تغییر در مقدار اسیدهای آلی در طول دوره نگهداری باشد ولی این افزایش در میوه‌ها بسته به نوع آن متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تاثیر بر pH را دارند (۳۰). در مشاهدات ما نیز مقدار pH با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک کاهش یافت. نتایج مشابهی در محلول پاشی درختان هلو با اسید سالیسیلیک نیز بدست آمده است (۳۵).

جدول ۲- تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و دوره انباری بر خصوصیات فیزیکی میوه تازه زرشک بی دانه نگهداری شده در دمای ۵/۰±۴ درجه سانتی گراد

Table 2- Effect of salicylic acid and calcium chloride spray and storage duration on physical attributes of fresh seedless Barberry fruit stored at 4±0.5°C

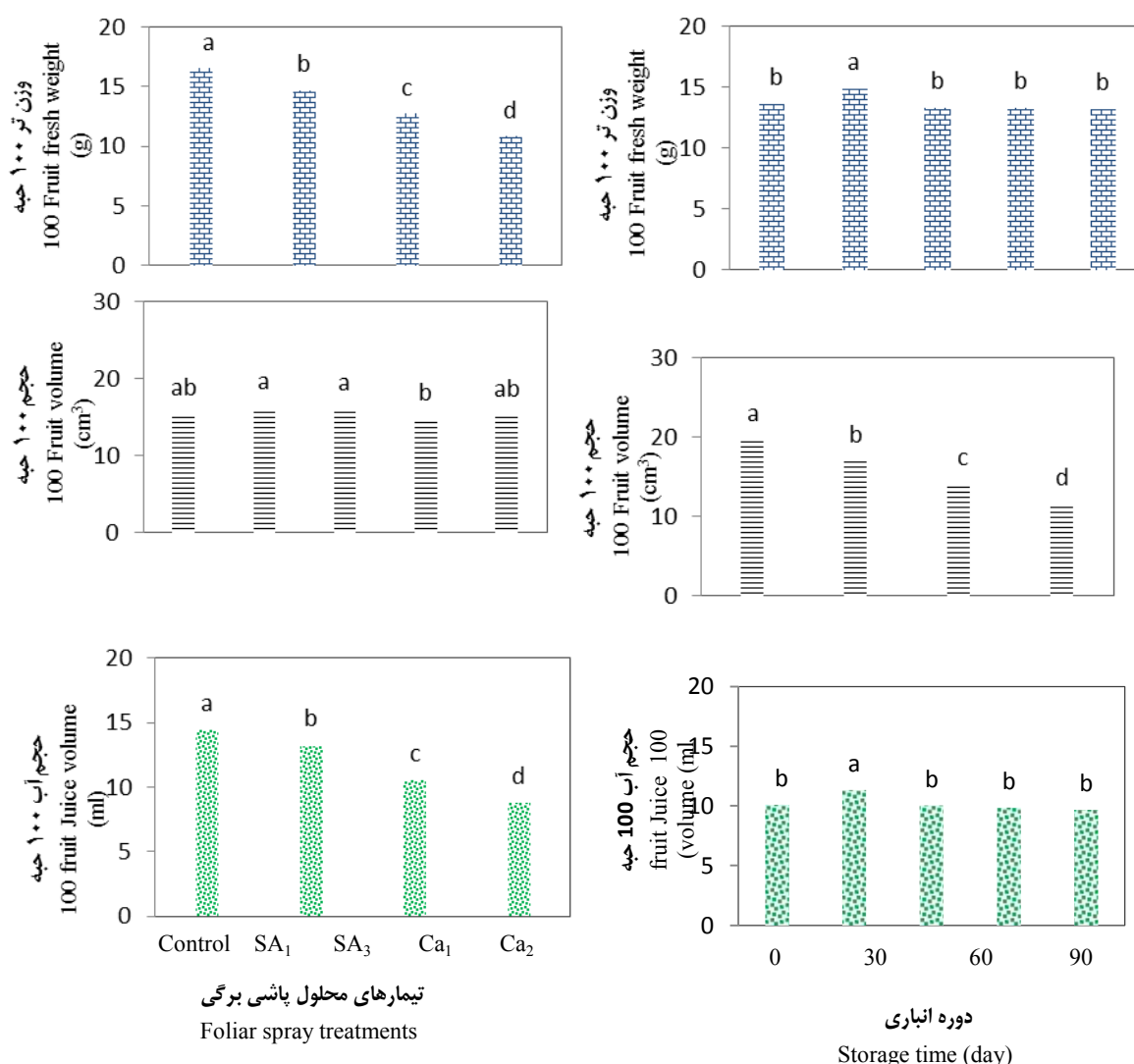
پارامتر Parameter	تیمارها Treatments	دوره انباری Storage duration (days) ^x				سطح معنی داری Significance level ^y		
		0	30	60	90	A	B	A×B
وزن تر ۱۰۰ حبه Fresh weight of 100 berries (g)	Control	17.16 ^b	14.83 ^d	12.47 ^f	10.13 ^j	**	**	**
	SA 1mM	18.43 ^a	16.05 ^c	13.67 ^e	11.29 ^{hi}			
	SA 3mM	16.06 ^c	14.23 ^{de}	12.39 ^{fg}	10.55 ^{ij}			
	CaCl ₂ 1%	16.43 ^{bc}	14.34 ^{de}	12.27 ^{fg}	10.38 ^j			
	CaCl ₂ 2%	14.70 ^d	13.69 ^e	12.69 ^f	11.69 ^{gh}			
حجم ۱۰۰ حبه Volume of 100 berries (cm ³)	Control	19.67 ^a	16.83 ^{cd}	14.00 ^g	11.17 ⁱ	*	**	*
	SA 1mM	21.00 ^a	17.83 ^{bc}	14.67 ^{efg}	11.50 ^{hi}			
	SA 3mM	20.67 ^a	17.58 ^{cd}	14.50 ^{fg}	11.42 ^{hi}			
	CaCl ₂ 1%	19.33 ^{ab}	16.25 ^{cde}	13.25 ^g	10.37 ⁱ			
	CaCl ₂ 2%	17.33 ^{cd}	15.92 ^{def}	14.50 ^{fg}	13.08 ^{gh}			
حجم عصاره ۱۰۰ حبه Juice volume of 100 berries (ml)	Control	13.36 ^b	11.33 ^d	9.17 ^f	7.14 ^j	**	**	*
	SA 1mM	14.69 ^a	12.55 ^c	10.47 ^e	8.21 ^{hi}			
	SA 3mM	12.24 ^c	10.89 ^{de}	9.42 ^{fg}	8.02 ^{ij}			
	CaCl ₂ 1%	13.27 ^{bc}	11.40 ^{de}	9.83 ^{fg}	7.74 ^j			
	CaCl ₂ 2%	11.61 ^d	11.12 ^e	10.18 ^f	9.55 ^{gh}			

^x Different letters across chemicals treatments and storage durations for each fruit attribute shows significant according to Fisher's Protected LSD test. NS = not significant at ($p < 0.05$); * and **, significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively. Day 0, at harvest; SA, salicylic acid.

^y Simple and interaction effects between major factors (treatments = A; durations = B).

^x حروف متفاوت در تیمارها و دوره‌های انباری در هر خصوصیت میوه، معنی داری بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی دار محافظت شده است. NS = عدم معنی داری، * و ** بترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد. Day 0 = در زمان برداشت، SA = سالیسیلیک اسید.

^y اثرات ساده و متقابل بین عوامل اصلی (A = تیمارها، B = دوره‌های انباری).



شکل ۱- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگ (چپ) و دوره انبارداری (راست) بر خصوصیات فیزیکی میوه تازه زرشک بی دانه. (SA₁: اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار، SA₃: اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار، Ca₁: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca₂: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 1- Simple effects of foliar spray treatments (left) and storage time (right) on physical attributes of fresh seedless Barberry fruit. (SA₁, Salicylic acid 1mM; SA₃, Salicylic acid 2mM; Ca₁, Calcium chloride 1%; and Ca₂, Calcium chloride 2%)

مواد جامد محلول

مقدار مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد تفاوت معنی داری داشت (جدول ۳). بیشترین مقادیر در تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار، شاهد، کلرید کلسیم ۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار در ۹۰ روز پس از انبارداری مشاهده شد. کمترین مقدار در میوه های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱ درصد، اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار و کلرید کلسیم ۲ درصد در زمان برداشت وجود داشت. معمولاً افزایش مواد جامد محلول در طول مدت نگهداری در نتیجه کاهش آب میوه و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده اتفاق

مقایسه میانگین ها نشان داد که اثر تیمارهای محلول پاشی بر مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول ۳). در مقایسه با شاهد کمترین مقدار در تیمار کلرید کلسیم ۱ درصد دیده می شود (شکل ۲). اثر دوره انبارداری نیز بر مقدار مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد معنی داری شد (جدول ۳)، به طوری که بیشترین مقدار مواد جامد محلول در ۹۰ روز پس از انبارداری و کمترین مقدار در زمان برداشت ثبت شد (شکل ۲). اثر متقابل دوره انبارداری × تیمار بر

اسیدیتة قابل تیتتر

بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسیدیتة قابل تیتتر آب میوه زرشک بی‌دانه داشته است (جدول ۳)، به طوری که بیشترین میزان اسیدیتة قابل تیتتر در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و ۳ میلی‌مولار و کمترین در تیمار کلرید کلسیم ۱ درصد بود (شکل ۲). همچنین دوره انبارمانی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسیدیتة قابل تیتتر داشته است (جدول ۳)، بیشترین درصد اسیدیتة قابل تیتتر در زمان برداشت و کمترین در ۹۰ روز پس از انبارمانی میوه زرشک بی‌دانه است. اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی در سطح ۱ درصد بر اسیدیتة قابل تیتتر میوه معنی‌دار شده است (جدول ۳)، بیشترین مقدار آن در تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار در زمان برداشت و کمترین در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت.

می‌افتد (۳۳). در میوه‌های برداشت شده اسید سالیسیلیک عامل کاهش تنفس و تولید اتیلن بوده که نتیجه آن کاهش مصرف قندها و حفظ مواد جامد محلول می‌باشد (۶). که این می‌تواند دلیل کاهش مقدار مواد جامد محلول با افزایش غلظت تیمار اسید سالیسیلیک باشد. نتایج مشابهی در گوجه فرنگی (۲۱) و کیوی فروت (۳) نیز مشاهده شده است. کاهش در مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم شاید به دلیل کاهش سرعت تنفس و متابولیسم در بافت میوه و تاخیر در فرآیند رسیدگی باشد (۳۰). گزارش شده که در طی دوره انباری مقدار مواد جامد محلول افزایش می‌یابد که این افزایش به طور مشخصی توسط تیمار کلرید کلسیم کاهش یافته است (۶). این یافته‌ها می‌تواند دلیل کاهش مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های زرشک تیمار شده با کلرید کلسیم یک درصد باشد که با نتایج گزارش شده در اثر کلرید کلسیم در گوجه فرنگی همخوانی دارد (۳۰).

جدول ۳- تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و دوره انباری بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه تازه زرشک بی‌دانه نگهداری شده در دمای ۵/۰±۴ درجه سانتی گراد

Table 3- Effect of salicylic acid and calcium chloride spray and storage duration on biochemical attributes of fresh seedless Barberry fruit stored at 4±0.5°C

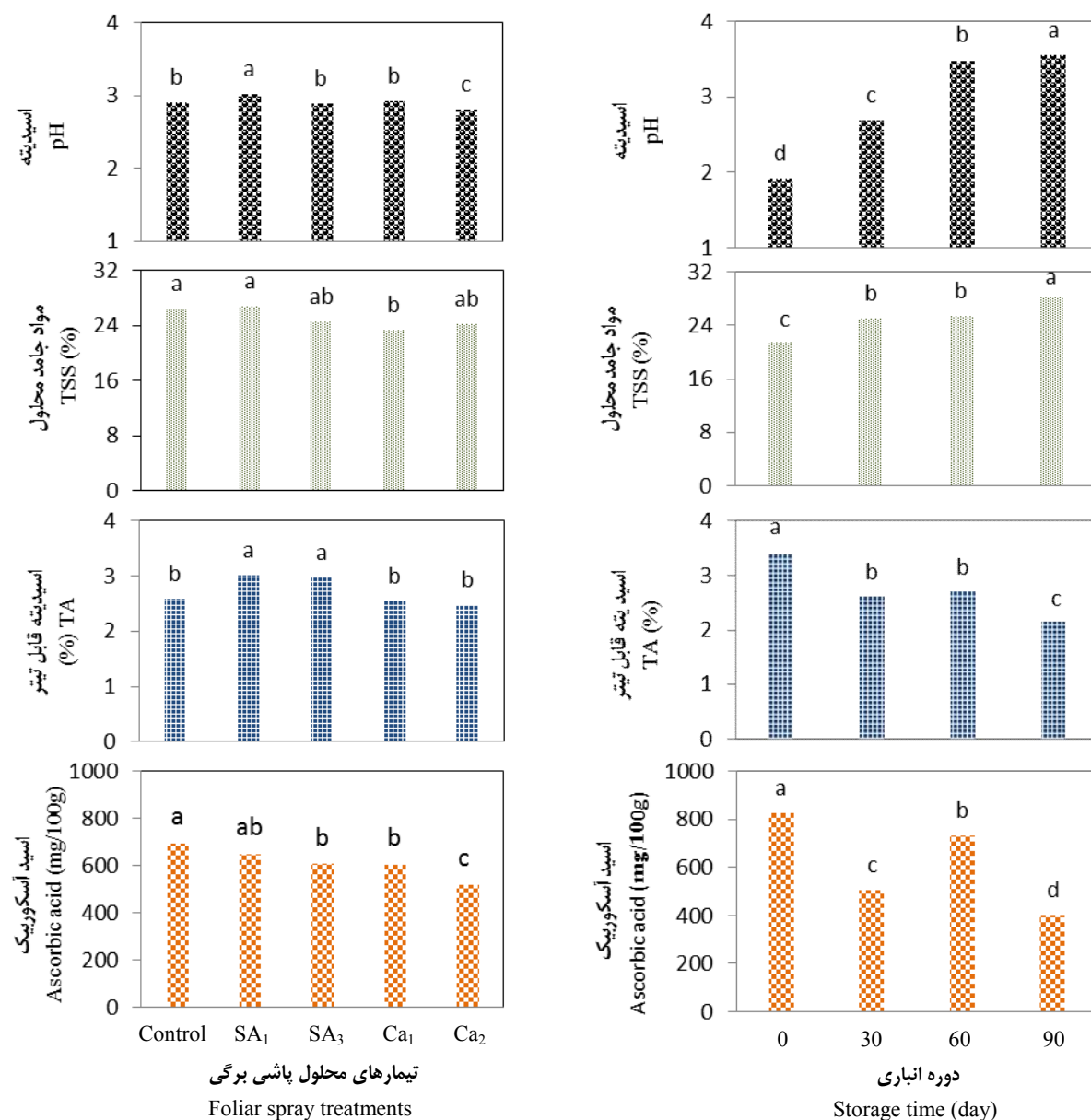
پارامتر Parameter	تیمارها Treatments	دوره انباری Storage duration (days) ^x				سطح معنی داری Significance level ^y		
		0	30	60	90	A	B	A×B
اسیدیتة pH	Control	1.97 ^h	2.72 ^e	3.46 ^c	3.50 ^{abc}	**	**	**
	SA 1mM	2.18 ^g	2.84 ^d	3.50 ^{abc}	3.57 ^{ab}			
	SA 3mM	1.81 ⁱ	2.66 ^{ef}	3.50 ^{abc}	3.59 ^a			
	CaCl ₂ 1%	1.94 ^h	2.68 ^e	3.48 ^{bc}	3.57 ^{ab}			
	CaCl ₂ 2%	1.71 ^j	2.58 ^f	3.48 ^{bc}	3.51 ^{abc}			
مواد جامد محلول TSS (°Brix)	Control	23.33 ^e	27.13 ^{ab}	26.00 ^{bcd}	29.33 ^a	**	**	**
	SA 1mM	25.53 ^{bcde}	27.23 ^{ab}	26.83 ^{abc}	27.50 ^{ab}			
	SA 3mM	19.50 ^f	24.33 ^{cde}	25.27 ^{bcde}	29.37 ^a			
	CaCl ₂ 1%	19.33 ^f	23.87 ^{de}	24.25 ^{def}	26.15 ^{bcd}			
	CaCl ₂ 2%	19.67 ^f	23.00 ^e	25.01 ^{bcde}	29.10 ^a			
اسیدیتة قابل تیتتر TA (%)	Control	3.12 ^{bc}	2.45 ^{de}	2.73 ^{cd}	2.01 ^e	**	**	**
	SA 1mM	3.46 ^b	3.12 ^{bc}	2.73 ^{cd}	2.70 ^{cd}			
	SA 3mM	4.35 ^a	2.45 ^{de}	2.74 ^{cd}	2.35 ^{de}			
	CaCl ₂ 1%	2.34 ^{de}	2.34 ^{de}	2.73 ^{cd}	2.46 ^{de}			
	CaCl ₂ 2%	3.68 ^b	2.68 ^{cd}	2.56 ^{de}	1.23 ^f			
آسکوربیک اسید Ascorbic acid (mg/100g)	Control	950.7 ^a	504.0 ^{ghi}	918.7 ^{ab}	413.3 ^{ij}	**	**	**
	SA 1mM	868.0 ^{abc}	488.0 ^{hij}	760.0 ^{cde}	488.0 ^{hij}			
	SA 3mM	785.3 ^{bcd}	612.0 ^{fgh}	661.3 ^{def}	372.0 ^j			
	CaCl ₂ 1%	909.3 ^{ab}	454.7 ^{ij}	682.0 ^{def}	372.0 ^j			
	CaCl ₂ 2%	620.0 ^{fg}	467.3 ^{ij}	637.3 ^{ef}	364.0 ^j			

^x Different letters across chemicals treatments and storage durations for each fruit attribute shows significant according to Fisher's Protected L.S.D. test. NS = not significant at ($p < 0.05$); * and **, significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively. Day 0, at harvest; SA, salicylic acid; TSS, total soluble solids; TA, titratable acidity.

^y Simple and interaction effects between major factors (treatments = A; durations = B).

^x حروف متفاوت در تیمارها و دوره انباری در هر خصوصیت میوه، معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار محافظت شده است. NS = عدم معنی‌داری، * و ** = بترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد. Day 0 = در زمان برداشت، SA = سالیسیلیک اسید. TSS = مواد جامد محلول، TA = اسیدیتة قابل تیتتر.

y اثرات ساده و متقابل بین عوامل اصلی (A = تیمارها، B = دوره‌های انباری).



شکل ۲- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگ (چپ) و دوره انبارداری (راست) بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه تازه زرشک بی دانه. (SA₁: اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار، SA₃: اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار، Ca₁: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca₂: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 2- Simple effects of foliar spray treatments (left) and storage time (right) on biochemical attributes of fresh seedless Barberry fruit. (SA₁, Salicylic acid 1mM; SA₃, Salicylic acid 2mM; Ca₁, Calcium chloride 1%; and Ca₂, Calcium chloride 2%)

تغییرات بیوشیمیایی ترکیبات آلی میوه در طی فرآیند تنفس بسیار محتمل است (۳۴). بطور مشابه در میوه‌های مختلف تیمار شده با اسید سالیسیلیک از قبیل توت فرنگی (۴) و گوجه فرنگی (۲۰) میزان اسیدیته قابل تیتراژ با افزایش دوره انبارداری افزایش یافت، که با مشاهدات ما همخوانی دارد.

اسیدیته قابل تیتراژ به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسیدهای آلی غالب میوه می‌باشد که یک پارامتر مهم در نگهداری کیفیت میوه‌ها است از آنجا که اسید آلی به عنوان سوبسترا برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌رود طی دوره پس از برداشت اسیدیته میوه کاهش یابد (۸). همچنین گزارش شده است که استفاده از اسیدسالیسیلیک میزان تنفس میوه را کاهش می‌دهد و از این طریق مصرف اسیدهای آلی را به تاخیر می‌اندازد. کاهش اسیدیته به علت

اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک در میوه می‌شود (۴۸). همچنین مطالعات مشابه نشان داد که اسید سالیسیلیک از سرعت کاهش مقدار اسید آسکوربیک در میوه آناناس جلوگیری می‌کند (۲۵). در مشاهدات ما نیز مقدار اسید آسکوربیک در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به میوه‌های شاهد کاهش نشان داد. در طول دوره نگهداری میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی اکسیدان‌های مهم می‌باشد، کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین به عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (۴۸). این یافته‌ها احتمالا می‌تواند دلیل مشاهدات ما نیز باشد. بطور کلی افزایش در مقدار اسید آسکوربیک در طی انبارمانی نشان می‌دهد میوه در مرحله رسیدگی است اما در مراحل بعدی کاهش مقدار اسید آسکوربیک بیانگر ورود به مرحله پیری است (۱۰). به‌طور مشابه در آزمایشی در خصوص انبارداری میوه پرتقال مشخص شد که میزان ویتامین ث در ابتدای دوره انبارداری کمتر بوده و سپس افزایش یافته و در نهایت روند کاهشی داشته است (۲۹)، نتایج آزمایش حاضر مشابه با این گزارش می‌باشد، علت دقیقی برای آن مشخص نیست. اگرچه این افزایش در میزان اسید آسکوربیک احتمالا می‌تواند به واسطه افزایش اسیدهای آلی میوه حاصل شده باشد.

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسید آسکوربیک داشت (جدول ۳) و باعث کاهش مقدار اسید آسکوربیک شد، به طوری که بیشترین میزان اسید آسکوربیک در میوه‌های شاهد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار وجود داشت، اما کلرید کلسیم در مقایسه با اسید سالیسیلیک منجر به کاهش بیشتر اسید آسکوربیک در میوه‌ها شد و کمترین مقدار آن در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۲). دوره انبارمانی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسید آسکوربیک داشت و با گذشت زمان از مقدار اسید آسکوربیک کاسته شد به طوری که بیشترین میزان اسید آسکوربیک در زمان برداشت و کمترین در ۹۰ روز پس از انبارمانی بدست آمد (شکل ۲). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر مقدار اسید آسکوربیک میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، بیشترین مقادیر در شاهد، کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در زمان برداشت، و میوه‌های شاهد در ۶۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد و کمترین مقدار در کلرید کلسیم ۲ درصد در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت. (جدول ۳). اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، اکسیداسیون سریع اسید آسکوربیک را به تاخیر می‌اندازد و در نتیجه باعث حفظ

جدول ۴- تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و دوره انباری بر افت وزن و نشت یونی میوه تازه زرشک بی دانه نگهداری شده در دمای 4 ± 0.5 درجه سانتی گراد

Table 4- Effect of salicylic acid and calcium chloride spray and storage duration on weight loss and electrolyte leakage of fresh seedless Barberry fruit stored at $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$

پارامتر Parameter	تیمارها Treatments	دوره انباری Storage duration (days) ^x				سطح معنی داری Significance level ^y		
		0	30	60	90	A	B	A×B
افت وزن Weight loss (%)	Control	-	13.60 ^e	26.25 ^{cd}	40.88 ^a	**	**	**
	SA 1mM	-	14.19 ^e	28.38 ^{bc}	42.57 ^a			
	SA 3mM	-	10.68 ^{ef}	21.12 ^d	31.52 ^{bc}			
	CaCl ₂ 1%	-	12.96 ^e	21.46 ^d	31.73 ^{bc}			
	CaCl ₂ 2%	-	6.70 ^f	13.29 ^e	21.10 ^d			
نشت یونی EL (%)	Control	19.08 ^l	26.27 ^h	51.35 ^e	58.67 ^b	**	**	**
	SA 1mM	20.31 ^k	30.86 ^g	49.63 ^f	60.07 ^a			
	SA 3mM	17.76 ^m	19.43 ^l	50.69 ^e	55.55 ^c			
	CaCl ₂ 1%	22.38 ^j	24.48 ^j	49.33 ^f	52.68 ^d			
	CaCl ₂ 2%	17.62 ^m	23.13 ^j	49.74 ^f	58.62 ^b			

^x Different letters across chemicals treatments and storage durations for each fruit attribute shows significant according to Fisher's Protected L.S.D. test. NS = not significant at ($p < 0.05$); * and **, significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively. Day 0, at harvest; SA, salicylic acid; EL, electrolyte leakage.

^y Simple and interaction effects between major factors (treatments = A; durations = B).

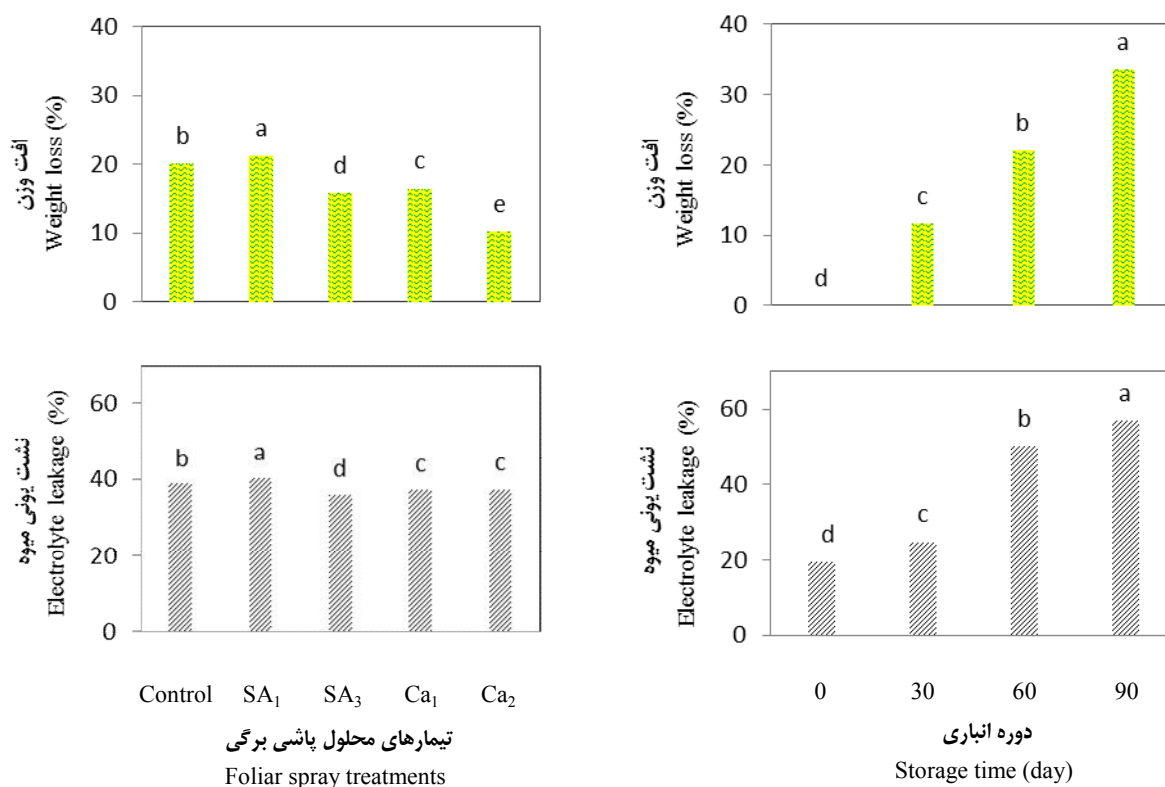
^x حروف متفاوت در تیمارها و دوره انباری در هر خصوصیت میوه نشان داده معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار محافظت شده است. NS = عدم معنی داری، * و ** بترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد. Day 0 = در زمان برداشت، SA = سالیسیلیک اسید، EL = نشت یونی. اثرات ساده و متقابل بین عوامل اصلی (A = تیمارها، B = دوره‌های انباری).

درصد افت وزن

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که اثر محلول پاشی بر درصد کاهش وزن در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴) به طوری که بیشترین درصد کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کمترین در کلرید کلسیم ۲ درصد حاصل شد (شکل ۳). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شده است و بیشترین مقدار در اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و شاهد در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین در تمام تیمارها در زمان برداشت وجود داشت (جدول ۴).

روند افزایشی در درصد افت وزن در طی دوره انباری در تمام تیمارهای آزمایش مشاهده شد. گزارش‌های پیشین نشان می‌دهد که مهمترین عامل افزایش درصد کاهش وزن میوه‌ها در طی انبارمانی

افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه می‌باشد (۲۴). علت پایین بودن درصد کاهش وزن در میوه‌هایی که با کلرید کلسیم تیمار شده اند می‌تواند به دلیل حفظ سفتی میوه و استحکام بافت مربوط باشد که عمدتاً از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول از بین برنده ساختار سلولی است که تبادلات گازی را کاهش می‌دهد (۲۴)، که این می‌تواند دلیل کاهش در میزان افت وزن در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد باشد. نتایج مشابهی در میوه آلو تیمار شده با کلسیم کلراید (۴۳) گزارش شده است. بیان شده که اسید سالیسیلیک با بستن روزنه‌ها و کاهش سرعت فرایندهای متابولیکی و کاهش تنفس باعث کاهش درصد افت وزن میوه‌ها می‌شود (۴۹). این نتایج در میوه هلو (۳۵) نیز گزارش شده است. این یافته‌ها با نتایج ما نیز مطابقت دارد.



شکل ۳- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگ (چپ) و دوره انبارداری (راست) بر افت وزن و نشت یونی میوه تازه زرشک بی دانه. (SA₁:

اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA₃: اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، Ca₁: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca₂: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 3- Simple effects of foliar spray treatments (left) and storage time (right) on weight loss and electrolyte leakage of fresh seedless Barberry fruit. (SA₁, Salicylic acid 1mM; SA₃, Salicylic acid 2mM; Ca₁, Calcium chloride 1%; and Ca₂, Calcium chloride 2%)

نشت یونی میوه

اثر تیمارهای محلول پاشی بر درصد نشت یونی میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). اسید سالیسیلیک در غلظت کمتر باعث

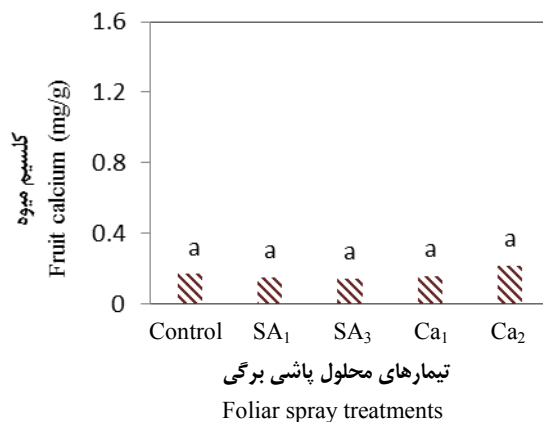
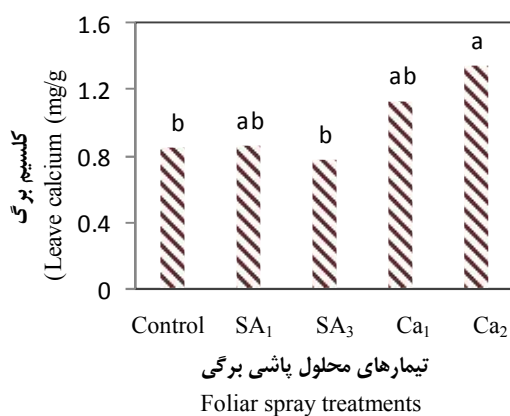
افزایش میزان نشت یونی میوه شده است به طوری که بیشترین مقدار نشت یونی میوه در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار مشاهده شد، اما با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از مقدار نشت یونی میوه به طور

درصد خسارت سرمای نسبت به شاهد کمتر بوده است. در بسیاری از مشاهدات مشخص شده که کلسیم می‌تواند استحکام غشای پلاسمایی را تقویت کند و به دنبال آن خسارت سرمای را کاهش دهد (۵). نتایج مشابه در خصوص کاربرد محلول پاشی کلرید کلسیم در انار (۳۲) و آووکادو (۵) گزارش شده که با نتایج آزمایش ما نیز مطابقت دارد، به طوری که میوه‌های تیمار شده با کلسیم کلرید ۲ درصد کمترین میزان نشت یونی را داشتند.

کلسیم برگ و میوه

اثر محلول پاشی قبل از برداشت بر درصد کلسیم برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۴) به طوری که بیشترین مقدار کلسیم در برگ میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد مشاهده شد که با مقدار کلسیم در کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین مقدار کلسیم در برگ تیمار شاهد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار ثبت شد. اثر تیمارهای محلول پاشی قبل از برداشت بر درصد کلسیم میوه معنی‌دار نبود، اگرچه افزایش در میزان کلسیم میوه در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد نسبت به شاهد وجود داشت.

معنی‌داری کاسته شد و کمترین مقدار در تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۳). همچنین تیمار کلرید کلسیم باعث کاهش مقدار نشت یونی میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه شاهد شد اما بین غلظت‌های متفاوت کلرید کلسیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. دوره انبارمانی تفاوت معنی‌داری در درصد نشت یونی در میوه تازه داشت به طوری که بیشترین میزان نشت یونی در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین در زمان برداشت ثبت شد. اثر متقابل دوره انبارمانی × تیمار در مقدار نشت یونی در میوه تازه معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین مقدار در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار در زمان برداشت وجود داشت. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که اثر اسید سالیسیلیک در کاهش خسارت سرمازدگی میوه‌ها در طول دوره انباری به علت توانایی آن در کاهش تجمع پروتئین‌های شوک حرارتی (۹) و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی (۴۸) مؤثر می‌باشد. در تحقیق حاضر با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک درصد نشت یونی نسبت به شاهد کاهش قابل توجهی داشت که با تیمار اسید سالیسیلیک در میوه‌های انار (۳۹) و توت فرنگی (۲۱) نیز مطابقت دارد. همچنین محققان اظهار داشتند که در نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم نشت یونی کمتر و در نتیجه



شکل ۴- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگی بر مقدار کلسیم برگ (چپ) و میوه (راست) زرشک بی دانه در زمان برداشت. (SA₁: اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA₃: اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، Ca₁: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca₂: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 4- Simple effects of foliar spray treatments on calcium content of leave (left) and fruit (right) of seedless Barberry at harvest time. (SA₁, Salicylic acid 1mM; SA₃, Salicylic acid 2mM; Ca₁, Calcium chloride 1%; and Ca₂, Calcium chloride 2%)

پاشی مقدار کلسیم در بافت گیاه نیز افزایش یافت که با محلول پاشی کلرید کلسیم در انار (۳۳) هم مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است که مقدار کلسیم با محلول پاشی کلرید کلسیم یک درصد در توت فرنگی افزایش معنی‌داری در میزان کلسیم برگ گیاه نشان داده است، اما مقدار افزایش کلسیم در میوه از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده

پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که غلظت عناصر در بافت برگ و میوه به نیاز گیاه بستگی دارد اما غلظت عناصر غیر متحرکی (مانند کلسیم و منیزیم) در برگ نسبت به میوه بسیار بیشتر است (۲۳). نتایج آزمایش حاضر نیز وجود چنین تفاوتی را در میزان کلسیم برگ و میوه تایید می‌کند. با افزایش غلظت کلرید کلسیم در محلول

معنی‌داری بر مقدار وزن تر، حجم، افت وزن، نشت یونی، pH، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتر و اسید آسکوربیک میوه‌های تیمار شده داشت. حداقل مقدار افت وزن در نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد ثبت گردید که این تیمار می‌تواند یک عامل مناسب برای حفظ کمیت میوه در طول انبارمانی باشد. این آزمایش نشان داد که اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار به طور چشمگیری مقدار نشت یونی میوه را نسبت به سایر تیمارها کاهش داد که می‌توان بعنوان یک عامل مناسب برای مقابله با سرمازدگی تلقی کرد. نتایج آنالیز برگ و میوه نیز نشان داد که محلول پاشی موجب افزایش میزان کلسیم شد اگرچه بنظر می‌رسد افزایش در تعداد دفعات و انجام زودتر محلول پاشی در طی تابستان می‌تواند اثرات سودمند بیشتری در کیفیت میوه‌های تازه زرشک و همچنین در طی دوره انبار سرد داشته باشد.

است (۴۴). حرکت کلسیم در گیاهان با جریان تعرق همراه است و کلسیم به نقاطی می‌رود که میزان تعرق بیشتر است، از آنجایی که در میوه تعرق کمتری وجود دارد جریان شیره خام حاوی کلسیم نیز به طرف میوه کاهش پیدا می‌کند (۲۳). انتقال کند کلسیم به اندام‌های کم تعرق دلیل اصلی کاهش تجمع کلسیم در میوه‌ها تلقی می‌شود این اثر ممکن است به علت محدود بودن ظرفیت گیاه برای تنظیم توزیع داخلی کلسیم باشد (۴۶). نتایج مشابهی در مقدار کلسیم میوه سیب (۲۲) وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

محلول پاشی قبل از برداشت اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم می‌تواند عامل مهمی در حفظ کیفیت فیزیکی و شیمیایی میوه زرشک بی‌دانه در طی دوره نگهداری در انبار سرد باشد. زیرا محلول پاشی اثر

منابع

- 1- Aghdam M., Mostofi Y., Motallebiazar A., Ghasemnezhad M., and Moghaddam J. F. 2009. Effects of MeSA vapor treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. p. 473-478. In M. Erkan and U. Aksoy (ed.) Proceeding of the 6th International Postharvest Symposium. 8-12 April. 2009. Antalya, Turkey.
- 2- Ahrendt L.W.A. 1961. Berberis and Mahonia – a taxonomic revision. Journal of the Linnean Society of London, Botany, 57: 67-68.
- 3- Asghari M., and Aghdam M.S. 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. Trends in Food Science and Technology, 21: 502-509.
- 4- Babalar M., Asghari M., Talaei A., and 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.
- 5- Chaplin G.R., and Scott K.J. 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocados. Horticultural Science, 15: 514-522.
- 6- Cheour F., Willemot C., Arul J., Makhlof J., and Desjardins Y. 1991. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl₂. HortScience, 26: 1186-1188.
- 7- Cioroi M. 2007. Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. Cercetari Agronomice Moldova, 1: 23-27.
- 8- Ding C.K., Chachin K., Hamazu Y., Ueda Y., and Imahori Y. 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology, 14(3): 309-315.
- 9- Ding Z.S., Tian S.P., Zheng X.L., Zhou Z.W., and Xu Y. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. Physiologia Plantarum, 130(1): 112-121.
- 10- Esteves M.T., Carvalho V.D., Chitarra M.I., and Paula M.B. 1984. Characteristics of fruits of six guava (*Psidium guajava* L.) cultivars during ripening. II. Vitamin C and tannins contents Annal do VII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 490-500.
- 11- Fallahi E., Conway W.S., Hickey K.D., and Sams C.E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. Horticultural Science, 32: 831-835.
- 12- Ferguson I.B., and Boyd L.M. 2002. Inorganic nutrients and fruit quality In: Fruit Quality and Its Biological Basis (Knee M. ed.). Sheffield Academic Press, Sheffield, UK. 17-45.
- 13- Ferguson I. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. Plant, Cell and Environment, 7(6): 477-489.
- 14- Gastol M., and Domagala-Swiatkiewicz I. 2006. Effect of foliar sprays on potassium, magnesium and calcium distribution in fruits of the pear. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14(2): 169-176.
- 15- Gundogdu M. 2013. Determination of antioxidant capacities and biochemical compounds of Berberis vulgaris L. fruits. Advances in Environmental Biology, 7(2): 344-8.

- 16- Hayat S., Fariduddin Q., Ali B., and Ahmad A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, 53: 433-437.
- 17- Hu Y., and Schmidhalter U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 541-549.
- 18- Javaheri M., Mashayekhi K., Dadkhah A., and Zaker Tavallae F. 2012. Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 1184-1187.
- 19- Kafi M., and Balandari A. 2004. Berberis (Production and Processing). Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran, p. 210.
- 20- Kalarani M.K., Thangaraj M., Sivakumar R., and Mallika V. 2002. Effects of salicylic acid on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) productivity. Crop Research, 23: 486-492.
- 21- Karlidag H., Yildirim E., and Turan M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Scientia Agricola, 66(2): 180-187.
- 22- Katsurayama J.M., Amarante C.V.T.d., Steffens C.A., and Pereira A.J. 2011. Preharvest spraying with commercial sources of calcium for bitter pit control in 'Catarina' apples. Revista Brasileira de Fruticultura, 33: 353-361.
- 23- Knee M. 2002. Fruit quality and its biological basis. Sheffield Academic Press (CRC Press).
- 24- Levy D., Poovaiah B.W., and Kolattukudy P.E. 1979. Effects of Calcium infiltration on membrane leakage and changes in phospholipid and fatty-acid content in apples during senescence. Plant Physiology, 63(5): 157-158.
- 25- Lu X., Sun D., Li Y., Shi W., and Sun G. 2011. Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. Scientia Horticulturae, 130: 97-101.
- 26- Moradinezhad F., and Khayyat M. 2014. Effects of intermittent warming and prestorage treatments (hot water, salicylic acid, calcium chloride) on postharvest life of pomegranate fruit cv. 'Shishe-Kab' during long-term cold storage. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1(1): 43-51.
- 27- Moradinezhad F., Khayyat M., and Saeb H. 2013. Combination effects of postharvest treatments and modified atmosphere packaging on shelf life and quality of Iranian pomegranate fruit cv. Sheshi-kab. International Journal of Postharvest Technology and Innovation, 3(3): 244-256.
- 28- Neilsen G.H., and Neilsen D. 2001. Effect of foliar Zn, form and timing of Ca sprays on fruit Ca concentration in new apple cultivars. In International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants, 594: 435-443.
- 29- Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K. and Levine, M. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. Journal of the American College of Nutrition, 22(1): 18-35.
- 30- Pila N., Gol N.B., and Rao T.V.R. 2010. Effect of post harvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during storage. American-Eurasian Journal Agriculture Environment Science, 9: 470-479.
- 31- Poovaiah B. 1986. Role of Calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technology, 40: 86-89.
- 32- Ramezani A., and Rahemi M. 2011. Chilling resistance in pomegranate fruits with spermidine and calcium chloride treatments. International Journal of Fruit Science, 11: 276-285.
- 33- Ramezani A., Rahemi M., and Vazifehshenas M.R. 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. Scientia Horticulturae, 121: 171-175.
- 34- Raskina I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-463.
- 35- Razavi F., Hajilou J., Dehgan G., Hassani R.N.B., and Turchi M. 2014. Enhancement of postharvest quality of peach fruit by salicylic acid treatment. International Journal of Biosciences, 4: 177-184.
- 36- Rehab M. 2013. Effect of post-harvest salicylic acid treatments on fruit quality of peach cv. Flordaprince during cold storage. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7: 920-927.
- 37- Saltveit M. 2002. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. Postharvest Biology and Technology, 26: 295-304.
- 38- Saure M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Scientia Horticulturae, 105: 65-89.
- 39- Sayyari M., Babalar M., Kalantari S., Serrano M., and Valero D. 2009. Effect of salicylic acid treatment on

- reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53: 152-154.
- 40- Schuman G.E., Stanley M.A., and Knudsen D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. *Soil Science Society of America Journal*, 37(3): 480-481.
- 41- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30: 157-161.
- 42- Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A., and Fatkhutdinova D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity, *Plant Science*, 164: 317-322.
- 43- Shokrollah F.S., Hajilou J., Zaare N.F., Tabatabaei S.J., and Naghshiband H.R. 2014. Effects of putrescine, calcium chloride and salicylic acid on quality and storage life of plum fruit cv. Shablon. *Bioresource Technology*, 5: 12-15.
- 44- Singh R., Sharma R.R., Kumar S., Gupta R.K., and Patil R.T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99: 8507-8511.
- 45- Supapvanich S. 2015. Effects of preharvest salicylic acid treatment on chilling injury alleviation and quality of Lemon basil and Holy basil during cold storage. *Journal of Food Science*, 6: 26-30
- 46- Taylor M.D., and Locascio S.J. 2004. Blossom-end rot: A calcium deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 123-139.
- 47- Walsh L.M. 1971. Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue. *Soil Science Society of America*. 5: 222-225.
- 48- Wang L., Chen S., Kong W., Li S., and Archbold D.D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 244-251.
- 49- Zheng Y., and Zhang Q. 2004. Effects of polyamines and salicylic acid on postharvest storage of 'Ponkan' mandarin. *Journal of Acta Horticulturae*, 632: 317-320.
- 50- Zokaee Khosroshahi M.R.Z., Esna-Ashari M., and Ershadi A. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*, 114(1): 27-32.



Influence of Preharvest Spray of Calcium Chloride and Salicylic Acid on Physicochemical and Quality Properties of Fresh Seedless Barberry Fruit

F. Moradinezhad^{*1} - S. Hassanpour² - M. H. Sayyari³

Received: 23-11-2016

Accepted: 15-01-2018

Introduction: Seedless barberry (*Berberis vulgaris* L. var. *asperma*) is one of the most important horticultural and medicinal crops and also valuable fruit in South Khorasan province. Fresh barberry fruit has a very short shelf life, due to the sensitive juicy fruit tissue in the ripening stage and decay during storage. Hence, most of the harvested fruits are dried traditionally or processed as juice, jam, and other products. However, the quality of both fresh and dried fruit is low due to different environmental stresses such as drought and salt stress and consequently deficiency of minerals during growth and development and also at harvest and during storage. It has been reported that pre-harvest foliar spray of calcium salts and salicylic acid can improve resistance to pathogens before harvest and reduce physiological disorders during handling and storage in many fruits. However, there is no information regarding the effect of calcium and salicylic acid spray as well as storage duration on fresh seedless barberry fruit. The objective of the current study, therefore, was to investigate the effects of the preharvest application of calcium chloride and salicylic acid on physiological attributes and postharvest quality of barberry fruits during long-term cold storage.

Materials and Methods: The experiment was conducted as split-plot in time and in a randomized complete block design with five treatments and in three replicates in the Research Orchard of Agricultural Faculty of the University of Birjand during 2014. Fifteen similar and 25-years old trees were used for the experiment. Pre-harvest treatments of foliar spraying were salicylic acid (1 and 3 mM) and calcium chloride (1 and 2%) and distilled water as control. Sprays were applied at 30 and 15 days before harvest. Fruits were harvested at commercial ripening stage, packed in plastic boxes and stored at cold room at 4 ± 0.5 °C and 85 ± 5 RH. Physicochemical and quality evaluations including fruit fresh weight and volume, and juice volumes of 100 berries, pH, total soluble solids (TSS), titrable acidity (TA), ascorbic acid, weight loss, electrolyte leakage of fruit and calcium content of leave and fruit were measured at harvest and after 30, 60 and 90 days of storage. Analysis of data was performed using Gen Stat program (ver 12) and comparison of means was done by LSD test at 5% probability.

Results and Discussion: The analysis of variance showed that the main effects of foliar spray with calcium chloride, salicylic acid and interaction of treatments were significant in storage time. The results showed that 1 mM of salicylic acid increased the fruit fresh weight, fruit volume and fruit juice, pH, total soluble solids, ascorbic acid and titrable acidity compared to other treatments. It has been reported that salicylic acid increases cell division and growth resulting in greater yield. It was also observed that application of salicylic acid at 3mM reduced electrolyte leakage significantly that can be useful to reduce chilling injury. The lowest weight loss was obtained in sprayed fruit with calcium chloride (2%) during cold storage, in agreement with the previous work on plum. Foliar application of calcium chloride increased the calcium content of leave and fruit, although calcium application was not a significant effect in fruit tissue. Generally, using of chemical treatments increased the physicochemical characteristics of the fruit in seedless barberry, among them calcium chloride 2% and salicylic acid at 1 mM were most effective.

Conclusions: It can be concluded that pre-harvest spraying of seedless barberry shrub with salicylic acid and calcium chloride can improve the quality of fruit as well as extend the storage life. This is because a foliar application with salicylic acid and calcium chloride significantly affected fresh fruit weight, weight loss, fruit volume, electrolyte leakage, pH, TSS, TA and ascorbic acid in treated fruit compared to the control. Salicylic acid at 3 mM significantly decreased electrolyte leakage, which can be used as a useful tool for increasing resistance to chilling injury during long-term storage. However, further studies are needed as the effect of chemical sprays on fruit quality and quantity properties depend on different factors such as tree age and types, environmental conditions during and after the spray and also chemical concentration.

Keywords: Ascorbic acid, Losses reduction, Postharvest, Storage period

1, 2- Associate Professor and MSc. Graduate, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran

(*-Corresponding Author Email: fmoradinezhad@birjand.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran



تأثیر مالچ‌های آلی و غیر آلی بر تغییرات رطوبت، دمای خاک، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ درختان پسته (*Pistacia vera* L.) در اقلیم خشک و نیمه خشک

مینا نورزاده نامقی^۱ - غلامحسین داوری نژاد^{۲*} - حسین انصاری^۳ - سید حسین نعمتی^۴ - احمد زارع فیض آبادی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹

چکیده

کاربرد انواع مالچ به عنوان یکی از روش‌های مدیریت خاک می‌تواند به طور قابل توجهی میزان تولید محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه خشک که با محدودیت منابع آب مواجه هستند تحت تأثیر قرار دهد. به همین منظور آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در غرب شهر فیض‌آباد، استان خراسان رضوی بر روی دما، رطوبت خاک، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ درختان پسته انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: M_1 (پوشش پلی‌اتیلن سفید زیر خاک با برش عرضی)، M_2 (پوشش پلی‌اتیلن سفید زیر خاک با برش دایره‌ای)، M_3 (پوشش پلی‌اتیلن UV دار بر روی سطح خاک)، M_4 (چیپس چوب)، M_5 (بقایای جو) و CK (شاهد) بود. نتایج نشان داد که میانگین درصد رطوبت خاک در طول دو سال آزمایش در کلیه مالچ‌ها به‌ویژه مالچ‌های پلاستیکی در مقایسه با شاهد بیشتر بود. در دو سال آزمایش در لایه ۲۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، مالچ‌های M_1 ، M_2 و M_3 با ۳۵، ۳۵/۲ و ۳۸/۹ درجه‌سانتی‌گراد بیشترین و مالچ‌های M_4 ، M_5 و CK با ۲۸/۸، ۲۹/۶ و ۳۲/۸ درجه‌سانتی‌گراد کمترین میانگین دمای خاک را نشان دادند و در لایه ۵۰-۶۰ سانتی‌متری خاک نیز نتایج مشابهی مشاهده گردید. همبستگی صفات نشان داد که هدایت روزنه‌ای و دمای برگ به طور قابل توجهی تحت تأثیر دمای خاک قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که افزایش دمای خاک تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد، در صورتی که سایر فاکتورهای خاکی و آب و هوایی محدودکننده نباشند، باعث بهبود این صفات می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که تیمار M_3 با وجود حفظ ذخیره رطوبت بالاتر به علت ایجاد دمای بالا در خاک و همچنین تقاضای بالای درختان برای جذب آب و عناصر غذایی در سال پرمحصول (۱۳۹۴) می‌تواند منجر به ایجاد تنش رطوبتی در خاک شود. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای پلی‌اتیلن سفید به‌ویژه مالچ با برش دایره‌ای (M_2) و مالچ‌های چیپس چوب و کاه و کلش جو به علت ایجاد دمای مطلوب برای رشد ریشه، حفظ ذخیره آب و هزینه کمتر گزینه‌های بهتری برای مدیریت آب در مناطق خشک و نیمه خشک با آبیاری سنتی و غرقابی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تبادلات گازی، مالچ چیپس چوب، مالچ پلاستیکی، مالچ کاه و کلش، مدیریت آب و خاک

مقدمه

درصد سهم اولین جایگاه را در بین صادرات غیرنفتی شامل می‌شود. بنابراین، این محصول به علت صادرات و منحصر بودن، ارزش اقتصادی بالایی برای کشور دارد (۷). استان خراسان بعد از کرمان و یزد از مهمترین مناطق کشت پسته در ایران است (۲۵). در این استان شهرستان فیض‌آباد محولات اولین جایگاه را از نظر تولید و سطح زیر کشت پسته دارد که کمبود آب و روش‌های آبیاری سنتی عمده‌ترین فاکتورهای محدودکننده تولید پسته در این منطقه به شمار می‌آید. کمبود آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از مهمترین عواملی است که تولیدات محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۰). کاهش منابع آب زیرزمینی، کاهش بارندگی، وقوع بیشتر خشکسالی به علت تغییر اقلیم (۱۲) و رشد سریع جمعیت از دلایل عمده کمبود آب به شمار می‌آیند (۵۱). آب خاک رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۶). به‌طوری‌که، حتی یک

پسته (*Pistacia vera* L.) از جمله مهمترین محصولات کشاورزی در جهان است (۲۱) که به طور عمده در ایران، ایالات متحده، ترکیه، سوریه، ایتالیا، تونس و یونان کشت می‌شود (۲۸). ایران یکی از بزرگترین تولیدکننده‌ها و صادرکننده‌های پسته محسوب می‌شود. به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۳، ۲۳۰ هزار تن تولید پسته و حدود ۱۸۰ هزار تن صادرات به کشورهای مختلف داشت (۲). پسته با ۱۴

۱، ۲ و ۴ - به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول: (Email: davarynej@um.ac.ir)

۳ - دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۵ - استاد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

تغییر کوچک در محتوای آب خاک می‌تواند بهره‌وری محصولات را به طور قابل توجهی تغییر دهد (۳۱). مطالعات نشان داده است که راهکارهای مدیریتی منابع آب و خاک می‌تواند به طور موثری اثرات منفی کمبود آب را جبران کرده و بهره‌وری آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک را افزایش دهد (۳۰).

پوشش سطح خاک یا مالچ یکی از راهکارهای مدیریتی برای افزایش کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی است (۳۰)، که شامل انواع مالچ‌های آلی (بقایای محصولات، کاه و کلش و کود سبز) و غیرآلی یا مواد مصنوعی (از جمله فیلم‌های پلی اتیلن و شن) می‌باشد. مالچ‌های آلی باعث بهبود رطوبت، عناصر غذایی (۱۰)، حفظ دماهای مطلوب خاک، بهبود استقرار و رشد گیاه (۲۰)، افزایش تخلخل، کنترل رواناب و فرسایش خاک می‌شوند (۴۲). افزایش رشد درختان با کاربرد مالچ‌های آلی در مطالعات متعددی گزارش شده است (۱۶). داوونر (۱۵) طی آزمایشی بر روی درختان آوآکادو گزارش کرد که مالچ آلی سبب توزیع سیستم ریشه‌ای و افزایش طول ریشه در درختان تیمار شده در مقایسه با شاهد شد. همچنین تردر و همکاران (۵۰) بر روی درختان سیب و باکستر (۸) بر روی هلو افزایش در رشد و عملکرد را تحت تأثیر مالچ‌های آلی گزارش کردند. علاوه بر این، کاربرد انواع مالچ‌های آلی بر روی خصوصیات فیزیولوژیک درختان نیز موثر است. کرگ و اسپوزکی (۱۱) گزارش کردند فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای گیاهان زینتی سرو (*Thuja occidentalis*) و شمشاد (*Euonymus alatus*) با اعمال مالچ چوب در مقایسه با عدم کاربرد مالچ افزایش یافت. همچنین کاربرد مالچ کمپوست در دوره‌های گلدهی و بلوغ انگور منجر به افزایش در فتوسنتز گیاهان شد (۳۶). در مقابل، هوانگ و همکاران (۲۶) طی پژوهشی بیان داشتند که کاربرد مالچ‌های آلی بر روی میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق درختان جنگلی تأثیری نداشت.

کاربرد مالچ با پوشش پلاستیکی در سال ۱۹۷۸ در چین معرفی شد و بسیار سریع در مناطق خشک گسترش یافت (۱۴). فیلم‌های پلاستیکی باعث کنترل تبخیر و حفظ رطوبت، تنظیم دمای خاک، جلوگیری از رشد علف‌های هرز، کاهش آلودگی نیترات و تجمع نمک در ناحیه ریشه می‌شوند (۱). مطالعات نشان داده است که مالچ

پلاستیکی با تغییر دما و رطوبت خاک به طور موثری جوانه‌زنی، رشد گیاه و جمعیت حشرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). همچنین این مالچ‌ها به علت گرم کردن خاک باعث بهبود کیفیت میوه، افزایش عملکرد و برداشت زود هنگام می‌شوند (۳۴). ایبارا-جیمنز و همکاران (۲۷) طی پژوهشی مشاهده نمودند که عملکرد بوته‌های خیار (*Cucumis sativus*) به علت افزایش دمای خاک و فتوسنتز در نتیجه کاربرد مالچ‌های پلاستیکی بهبود یافت. شیوخی و همکاران (۴۴) بیان کردند که مالچ‌های پلاستیک رنگی (سیاه، قرمز، و سفید) وزن و کیفیت میوه توت‌فرنگی را به علت تغییر دادن تشعشع و گرمای محیط گیاه تحت تأثیر قرار دادند. تادیک و همکاران (۴۹) نیز افزایش در تجمع مواد جامد محلول در حبه‌های انگور را در نتیجه استفاده از فیلم‌های پلاستیک رنگی نشان دادند. همچنین بهبود در میزان رشد و عملکرد درختان سیب (۴۷) و گیلاس (۵۳) در تیمارهای مالچ‌های پلاستیکی در مقایسه با عدم کاربرد مالچ به دلیل تولید موقعیت‌های میوه‌دهی بیشتر بر روی درختان (۵۳) در نتیجه افزایش رطوبت و دمای خاک نسبت داده شده است (۱۷).

با توجه به اینکه مطالعات محدودی در رابطه با تأثیر مالچ‌های مختلف بر تبادلات گازی برگ درختان انجام شده است و از طرفی عملکرد درختان به طور مستقیم وابسته به این تغییرات است. بنابراین، ابتدا هدف این مطالعه ارزیابی اثر مالچ‌های مختلف آلی و غیرآلی بر روی تغییرات دما و رطوبت خاک در عمق‌های مختلف خاک بود. سپس چگونگی تغییرات هدایت روزنه‌ای و دمای برگ پسته تحت تأثیر دما و رطوبت خاک مورد ارزیابی قرار گرفت.

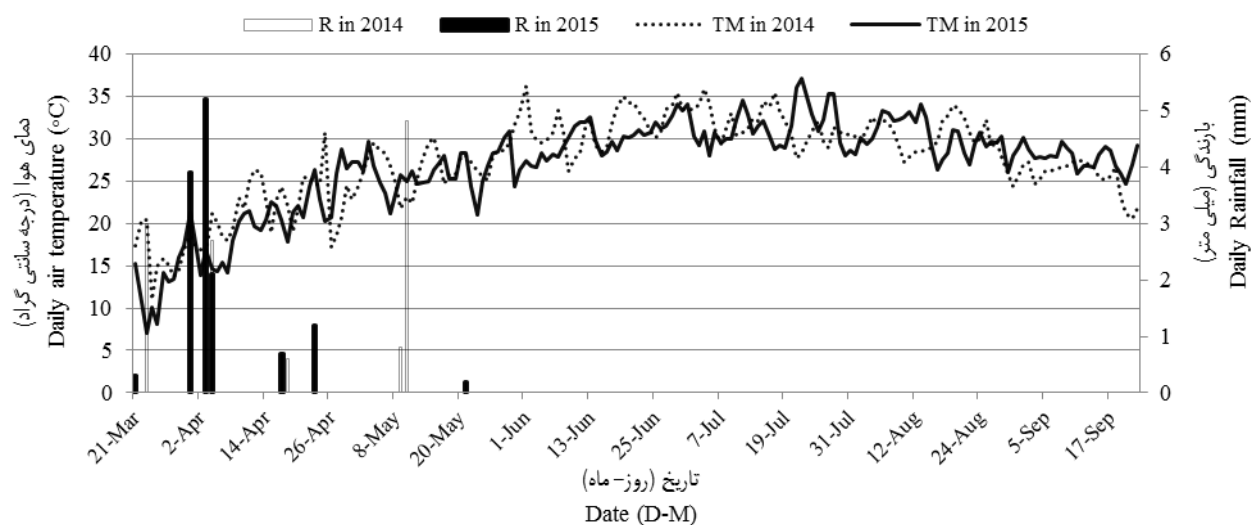
مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک باغ تجاری پسته با درختان بارور حدود ۲۰ ساله در قسمت غربی منطقه فیض آباد مهاباد، استان خراسان رضوی (۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۵۸ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی، ارتفاع ۱۲۵۳ متر) در دو سال ۱۳۹۳ (سال off) و ۱۳۹۴ (سال on) انجام گرفت. خاک باغ دارای بافت شنی لومی (جدول ۱) و متوسط بارندگی سالانه این منطقه ۱۷۱ میلی‌متر بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil profile under investigation

عمق Depth (cm)	بافت Texture			هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	چگالی ظاهری B.D (g cm ⁻³)	ظرفیت زراعی FC (%)	نقطه پژمردگی دائم PWP (%)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)									
0-30	67	17	16	3.22	7.55	1.39	20.1	6.9	0.23	0.03	5.9	258.3
30-60	68	16	16	2.5	7.53	1.45	19.4	6.8	0.11	0.02	2.7	175
60-100	69	15	16	2.1	7.42	1.48	19	6.6	0.06	0.01	2.5	110



شکل ۱- میانگین دمای هوا و بارندگی روزانه برای سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ شهر فیض آباد
Figure 1- Average daily air temperature and precipitation for 2014 and 2015 at Faizabad city

درختان پخش شد، M_5) مالچ جو، بیومس تازه جو طی دو سال به عنوان مالچ استفاده شد به‌طوری‌که بذریه جو در پاییز سال‌های قبل کشت و سپس در بهار در مرحله گلدهی بیومس تازه آن برداشت و در همان محل با ضخامت تقریباً پنج سانتی‌متری اعمال شد و CK) شاهد (بدون اعمال مالچ) بود. هر تیمار مالچ بر روی یک ردیف از درختان اعمال گردید. با توجه به عدم یکنواختی حجم آب موجود در ابتدا و انتهای ردیف‌ها، بلوک‌ها عمود بر جهت ردیف‌ها در نظر گرفته شد به‌طوری‌که هر ردیف به پنج قسمت (تکرار) تقسیم شد و هر قسمت شامل هشت درخت بود. در هر تیمار، چهار درخت مرکزی از هر بلوک انتخاب و شاخه‌های یکساله با اندازه و تعداد خوشه یکسان در چهار جهت هر درخت به منظور اندازه‌گیری کردن صفات در نظر گرفته شد. شاخه‌های انتخاب شده دارای یک خوشه در سال کم محصول و چهار خوشه در سال پرمحصول بودند. در طول دو سال در باغ مورد آزمایش مقدار یکسانی نهاده شامل کود، آفت کش و سایر مدیریت‌های زراعی اعمال شد. کلیه مالچ‌ها در اوایل اردیبهشت ماه هر سال اعمال و مالچ‌های پلاستیکی اواسط پاییز هر سال جمع‌آوری شدند.

اندازه‌گیری صفات

دما و رطوبت خاک در فواصل ۳۰-۲۰ و ۶۰-۵۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک به وسیله دستگاه REC-P55 (ساخت دانشگاه فردوسی مشهد، ایران) در ساعت ۱۴ هر ۱۲، ۲۴ و ۳۶ روز بعد از آبیاری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. سنسورهای دستگاه موردنظر با سه تکرار در اوایل اردیبهشت ماه قبل از اعمال تیمارها در دو عمق ذکر شده در فاصله‌ی ۱۰۰ سانتی‌متری از درختان و در داخل نوار آبیاری نصب

حداکثر مطلق درجه حرارت در هنگام ظهر در فصل رشد ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ترتیب ۴۴/۸ و ۴۳/۸ درجه‌سانتی‌گراد بود. شکل (۱) داده‌های دمای هوا و بارندگی طی دو فصل رشد برای این منطقه را نشان داده است.

درختان مورد آزمایش، درختان پسته رقم اکبری (*Pistacia vera* cv. Akbari) پیوند شده بر روی پایه بذری رقم بادامی سفید (بومی منطقه) بودند که به فواصل ۳×۶ متر کاشته شده بودند. آبیاری باغ بر طبق روش معمول منطقه به صورت سطحی نواری و هر ۳۶ روز یکبار صورت می‌گرفت. طول و عرض هر ردیف از درختان (نوار آبیاری) ۶×۶۰ متر بود که مجموعاً ۴۰ درخت در دو طرف ردیف و روی پشته کاشته شده بودند.

طرح آزمایشی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار و شش تیمار مالچ انجام شد. تیمارهای مالچ شامل: M_1) مالچ پلی‌اتیلن سفید با ضخامت ۱۵ میکرومتر که برش‌هایی به عرض شش متر در فواصل ۸۰ سانتی‌متری در طول ردیف درختان جهت نفوذ آب بر روی آن اعمال و سپس با دو سانتی‌متر خاک پوشیده شد، M_2) مالچ پلی‌اتیلن سفید با ضخامت ۱۵ میکرومتر که برش‌های دایره‌ای به قطر ۳۰ سانتی‌متر در فواصل ۸۰ سانتی‌متری در طول ردیف جهت نفوذ آب بر روی آن اعمال و سپس با دو سانتی‌متر خاک پوشیده شد، M_3) مالچ پلی‌اتیلن سبز (یووی ۵ درصد) با ضخامت ۲۵ میکرومتر به صورت تک لایه کشیده شده بر روی نوار آب به گونه‌ای که آب آبیاری از زیر پوشش عبور کند، M_4) تیمار چپیس چوب با ضخامت تقریباً پنج سانتی‌متر که به صورت یکنواخت در تمام طول ردیف

شدند. به منظور کالیبره کردن دستگاه، خاک باغ محل اجرای آزمایش در دو گلدان با اندازه مشابه که سنسور اندازه‌گیری در داخل آن نصب شده بود قرار گرفت بعد از پر کردن گلدان‌ها با خاک، برای تهیه خاک اشباع، گلدان‌ها سه مرتبه با آب مقطر، اشباع شدند. بعد از آخرین اشباع کامل به مدت ۲۴ ساعت و بلافاصله بعد از خروج آب، اندازه‌گیری‌ها آغاز شد و داده‌های وزنی رطوبت خاک با ترازوی با دقت ۰/۱ گرم و نیز پارامتری که دیتالاگر بر اساس آن ثبت داده می‌کرد، در یک نوبت در هر روز برای مدت ۲۰ روز یادداشت شد. سپس درصد وزنی رطوبت گلدان‌ها به عنوان متغیر وابسته و داده‌های قرائت شده دستگاه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و با استفاده از نرم افزار (DataFit 9) و براساس ضریب تبیین (R_2) بهترین معادله برازش داده شده انتخاب شد (معادله ۱). سپس داده‌های قرائت شده دستگاه در طول آزمایش با استفاده از معادله ذکر شده به درصد رطوبت وزنی خاک تبدیل گردید (۶).

$$Y = 0.0041 \times x^{1.002} \quad \text{معادله (۱)}$$

اندازه‌گیری هدایت روزه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (Model SC-1) و دمای برگ بوسیله ترمومتر مادون قرمز بر روی چهار برگ بالغ کاملاً توسعه یافته در چهار جهت هر درخت که در معرض نور کامل آفتاب قرار داشتند در ساعات ۱۵-۱۲ هر ۱۲، ۲۴ و ۳۶ روز بعد از آبیاری انجام گرفت. اندازه‌گیری کلیه پارامترها طی چهار دوره ۳۶ روزه از اواسط اردیبهشت ماه تا پایان شهریور ماه انجام شد. داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد و میانگین تیمارهای مختلف توسط آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

دمای خاک

تغییرات دمای خاک طی دو فصل رشد در تیمارهای مختلف در جدول (۲ و ۳) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دمای خاک در تیمارهای مالچ پلاستیکی در اعماق مورد بررسی به طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها بالاتر بود ($P \leq 0.01$). دمای خاک پوشش داده شده با مالچ پلی‌اتیلن روی خاک (M_3) در سال اول در ۵ تیر ماه (۶۵ روز بعد از مالچ همزمان با ۲۴ روز بعد از آبیاری دور دوم) با ۴۴/۰۴ و ۴۲/۱۰ درجه سانتی‌گراد و در سال دوم در ۱۳ تیر ماه (۳۶ روز بعد از آبیاری دور دوم) با ۴۳/۸ و ۴۱/۸۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در عمق ۲۰-۳۰ و ۵۰-۶۰ سانتی‌متری حداکثر دما را در بین تیمارها دارا بود. با توجه به شکل (۱) می‌توان گفت با افزایش دمای هوا در تیر و مرداد ماه با وجود آبیاری، دمای خاک در کلیه تیمارها به حداکثر مقدار خود می‌رسد. تیمارهای مالچ پلاستیکی زیر خاک با برش عرضی (M_1) و برش دایره‌ای (M_2) و مالچ پلاستیک

روی خاک (M_3) میانگین دمای خاک را به ترتیب تا ۲/۴، ۲/۲ و ۶/۲ درجه سانتی‌گراد در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری و تا ۳/۱، ۲/۸ و ۶/۸ درجه سانتی‌گراد در عمق ۶۰-۵۰ سانتی‌متری خاک در مقایسه با شاهد در دو سال افزایش دادند. افزایش کمتر در دمای خاک در مالچ‌های پلاستیک زیرخاک نسبت به مالچ روی خاک در مقایسه با شاهد می‌تواند به علت لایه خاکی باشد که بر روی این فیلم‌ها پخش شد. به نظر می‌رسد این لایه خاک به عنوان عایق عمل کرده و از افزایش بیش از حد دمای خاک از طریق محدود کردن تشعشع خورشید و تبادل گرمایی بین خاک و اتمسفر جلوگیری می‌کند (۴۵). پوشش‌های پلاستیکی به علت خصوصیات گرمایی مانند انعکاس، جذب، انتقال و اثرات متقابل آن‌ها با تشعشع خورشیدی تأثیر مستقیمی بر روی دمای خاک دارند (۴۳). پارک و همکاران (۳۷) افزایش ۲/۴ درجه سانتی‌گراد در میانگین دمای خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری تحت تأثیر فیلم پلی‌اتیلن شفاف و ۰/۸ درجه‌سانتی‌گراد تحت تأثیر فیلم پلی‌اتیلن سیاه را گزارش کردند. همچنین راماکریشنا و همکاران (۳۹) طی پژوهشی بر روی بادام زمینی نشان دادند که مالچ پلی‌اتیلن، دمای خاک را حدود ۶ درجه سانتی‌گراد در عمق ۵ سانتی‌متری و ۴ درجه سانتی‌گراد در عمق ۱۰ سانتی‌متر افزایش داد. تیمارهای مالچ آلی (M_4 و M_5) در طول دو سال آزمایش دارای کمترین دمای خاک بودند، به‌طوری‌که تیمار چپس چوب (M_4) به ترتیب با میانگین اختلاف دمای ۳/۹، ۶/۷، ۶/۵، ۱۰/۴ و ۰/۹ درجه‌سانتی‌گراد نسبت به شاهد، M_1 ، M_2 ، M_3 و M_5 کمترین دما بین تیمارها را در دو سال به خود اختصاص داد (جدول ۲ و ۳). نتایج مطالعه نشان داد مالچ‌های آلی و غیرآلی اثرات متنوعی بر دمای خاک دارند که در این راستا هاندا (۲۴) گزارش کرد فیلم‌های پلی‌اتیلن (سبز، سیاه و شفاف) به طور قابل توجهی دمای خاک را در مقایسه با مالچ‌های آلی (چمن) در مناطق معتدله، نیمه‌گرمسیری و گرمسیری افزایش می‌دهند.

تغییرات دمای خاک در طول دو سال در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری در مقایسه با عمق ۶۰-۵۰ سانتی‌متری از نوسانات بیشتری برخوردار بود و اختلاف دمای بین تیمارها در اوایل فصل (به ویژه ۱۲ روز بعد از آبیاری دور اول) در مقایسه با اواسط و به نسبت اواخر فصل کمتر مشاهده شد (جدول ۲ و ۳) که این امر می‌تواند به علت محتوی بالای رطوبت خاک و دمای کمتر هوا در اوایل فصل باشد. همچنین نتایج نشان داد که دمای خاک تحت تأثیر مالچ‌های آلی و غیرآلی در طول دو سال آزمایش در دو عمق مورد بررسی در مقایسه با دمای خاک تیمار شاهد به‌ویژه در ماه‌های گرم دارای نوسانات کمتری بود (جدول ۲ و ۳). نوسانات دمایی کمتر در ردیف‌های پوشش داده شده با این مالچ‌ها می‌تواند به علت انعکاس بیشتر و هدایت گرمایی کمتر در مقایسه با خاک بدون پوشش باشد.

جدول ۲- تأثیر مالچ‌های مختلف بر دمای خاک در ۱۲، ۲۴ و ۳۶ روز بعد از آبیاری در اعماق ۳۰-۲۰ و ۶۰-۵۰ سانتی متری زیر سطح خاک در سال ۱۳۹۳
Table 2- The effect of different mulches on soil temperature in 12, 24 and 36 days after irrigation at 20 to 30 cm and 50 to 60 cm below the soil surface in 2014

تیمارهای آزمایشی Treatments	روز بعد از مالچ Day after mulching											
	P ₁			P ₂			P ₃			P ₄		
عمق ۲۰-۳۰ Depth 20-30 (cm)	T ₁₂ 8May	T ₂₄ 20May	T ₃₆ 31May	T ₁₂ 12Jun	T ₂₄ 26Jun	T ₃₆ 8Jul	T ₁₂ 20Jul	T ₂₄ 2Aug	T ₃₆ 14Aug	T ₁₂ 27Aug	T ₂₄ 8Sep	T ₃₆ 21Sep
M ₁	28.06 ^{ab}	34.60 ^b	35.98 ^{ab}	35.42 ^b	35.88 ^b	35.98 ^b	36.20 ^b	34.94 ^b	36.72 ^b	35.04 ^b	34.62 ^{bc}	34.34 ^b
M ₂	27.30 ^b	35.04 ^b	34.32 ^b	34.66 ^b	36.56 ^b	35.36 ^{bc}	36.52 ^b	35.04 ^b	36.28 ^{bc}	35.92 ^b	35.88 ^{ab}	34.60 ^{ab}
M ₃	30.04 ^a	38.36 ^a	37.90 ^a	43.86 ^a	44.04 ^a	39.72 ^a	39.96 ^a	39.22 ^a	40.06 ^a	38.20 ^a	38.04 ^a	36.50 ^a
M ₄	23.04 ^c	28.14 ^d	26.26 ^d	27.20 ^d	30.46 ^c	29.76 ^d	29.60 ^c	28.68 ^d	31.96 ^d	29.70 ^d	29.54 ^e	28.62 ^d
M ₅	23.22 ^c	27.60 ^d	26.72 ^d	30.86 ^c	32.12 ^c	30.52 ^d	31.84 ^c	30.08 ^d	33.20 ^{de}	31.28 ^{de}	31.14 ^{de}	27.96 ^d
CK	25.84 ^b	31.30 ^c	29.84 ^c	35.94 ^b	35.54 ^b	33.66 ^c	34.42 ^b	32.46 ^c	35.96 ^{bc}	32.56 ^c	33.02 ^{de}	30.82 ^c
LSD	2.5	2.63	2.23	2.41	3.34	2.32	2.5	2.21	3.17	2.19	2.5	1.96
CV%	5.34	4.41	3.8	3.7	5.1	3.7	4	3.6	4.9	3.6	4.1	3.7
عمق ۵۰-۶۰ Depth 50-60 (cm)												
M ₁	28.14 ^{ab}	33.78 ^{ab}	34.64 ^b	35.50 ^b	34.10 ^b	33.48 ^b	36.16 ^b	35.50 ^b	38.48 ^a	32.90 ^{bc}	34.89 ^a	29.66 ^{bc}
M ₂	25.81 ^{abc}	31.45 ^{bc}	33.24 ^b	33.30 ^{bc}	35.46 ^b	33.92 ^b	34.22 ^b	34.41 ^{bc}	36.86 ^a	36.02 ^{ab}	36.41 ^a	32.68 ^b
M ₃	28.46 ^a	35.56 ^a	39.30 ^a	40.62 ^a	42.10 ^a	39.19 ^a	40.76 ^a	38.50 ^a	38.32 ^a	38.31 ^a	37.57 ^a	35.90 ^a
M ₄	22.62 ^c	23.22 ^d	26.92 ^c	26.32 ^d	28.24 ^d	29.50 ^c	29.36 ^d	27.75 ^c	31.14 ^c	28.32 ^d	29.27 ^b	26.80 ^c
M ₅	22.73 ^c	24.66 ^d	27.22 ^c	30.56 ^c	29.02 ^{de}	29.06 ^c	30.13 ^{de}	29.15 ^{de}	32.02 ^{bc}	29.78 ^{de}	30.35 ^b	27.92 ^c
CK	24.64 ^{bc}	29.18 ^c	29.43 ^c	34.44 ^b	32.47 ^{bc}	33.68 ^b	33.23 ^{bc}	31.58 ^{de}	34.09 ^b	31.77 ^c	31.96 ^b	29.60 ^{bc}
LSD	3.51	3.52	3	2.94	3.99	3.45	3.66	2.91	2.75	3.24	2.85	3.19
CV%	7.6	6.6	5.18	4.82	6.54	5.73	5.92	4.87	4.31	5.42	4.69	5.77

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون تفاوت معنی‌دار (LSD) از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند

In each columns, means followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD

P₁, P₂, P₃ and P₄ are first period, second period, third period and the fourth period of irrigation, respectively

T₁, T₂ and T₃ are 12, 24 and 36 days after the irrigation in each period, respectively

T₁, T₂ and T₃ are 12, 24 and 36 days after the irrigation in each period, respectively

جدول ۳- تأثیر مالچ‌های مختلف بر دمای خاک در ۲۴، ۳۶ و ۵۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک در سال ۱۳۹۴
Table 3- The effect of different mulches on soil temperature in 12, 24 and 36 days after irrigation at 20 to 30 cm and 50 to 60 cm below the soil surface in 2015

تیمارهای آزمایشی Treatments	روز بعد از مالچ Day after mulching											
	P ₁			P ₂			P ₃			P ₄		
عمق ۲۰-۳۰ Depth 20-30 (cm)	T ₁₂ 5May	T ₂₄ 17May	T ₃₆ 29May	T ₁₂ 10Jun	T ₂₄ 22Jun	T ₃₆ 4Jul	T ₁₂ 16Jul	T ₂₄ 28Jul	T ₃₆ 9Aug	T ₁₂ 21Aug	T ₂₄ 3Sep	T ₃₆ 16Sep
M ₁	32.36 ^a	31.78 ^{bc}	36.02 ^{ab}	34.92 ^b	37.58 ^b	39.74 ^b	36.4 ^b	36.42 ^b	36.02 ^{ab}	35.8 ^b	34.12 ^{ab}	34.7 ^{ab}
M ₂	33.18 ^a	32.46 ^b	35.52 ^b	33.64 ^{bc}	37.7 ^b	37.94 ^b	36.78 ^b	35.68 ^{bc}	35.5 ^{ab}	37 ^b	33.62 ^b	33.7 ^b
M ₃	34.46 ^a	35.52 ^a	38.26 ^a	38.98 ^a	41.82 ^a	43.8 ^a	40.86 ^a	39.36 ^a	38.62 ^a	41.82 ^a	37.52 ^a	37.66 ^a
M ₄	28.02 ^c	24.74 ^d	28.84 ^d	27.98 ^d	31.32 ^c	31.78 ^c	31.14 ^c	29.3 ^d	28.46 ^d	31.12 ^c	27.58 ^c	26.86 ^d
M ₅	28.4 ^{bc}	26.18 ^d	28.56 ^d	28.38 ^d	31.88 ^c	33.02 ^c	30.84 ^c	30.14 ^d	29.74 ^{cd}	32.4 ^c	27.18 ^c	28 ^{cd}
CK	31.58 ^{ab}	29.16 ^c	32.08 ^c	31.74 ^c	36.02 ^b	37.12 ^b	36.12 ^b	34.02 ^c	32.8 ^{bc}	35.96 ^b	28.88 ^c	30.1 ^c
LSD	3.26	2.85	2.54	2.88	3.36	4.01	3.16	3.02	4.3	3	3.54	3.16
CV%	5.72	5.24	4.21	4.86	5.12	5.93	4.92	3.13	7.05	4.71	6.18	5.45
عمق ۵۰-۶۰ Depth 50-60 (cm)												
M ₁	32.52 ^{ab}	32.27 ^b	34.20 ^b	34.08 ^b	36.93 ^b	37.75 ^{bc}	35.31 ^b	37.25 ^b	35.66 ^{ab}	35.68 ^b	34.28 ^b	35.00 ^{ab}
M ₂	31.86 ^{ab}	30.54 ^b	33.28 ^b	34.32 ^b	37.17 ^b	38.06 ^b	36.08 ^b	36.81 ^b	34.00 ^{bc}	35.38 ^b	33.68 ^b	34.06 ^b
M ₃	33.28 ^a	34.95 ^a	37.37 ^a	38.52 ^a	40.20 ^a	41.84 ^a	40.48 ^a	40.22 ^a	38.26 ^a	40.24 ^a	37.12 ^a	36.90 ^a
M ₄	26.04 ^d	24.87 ^d	26.74 ^d	26.84 ^d	28.29 ^d	30.04 ^d	28.57 ^c	28.96 ^d	27.03 ^c	29.27 ^d	25.62 ^d	27.08 ^c
M ₅	27.06 ^{cd}	25.91 ^{cd}	27.45 ^d	27.69 ^d	29.17 ^d	31.62 ^d	30.06 ^c	29.46 ^d	27.84 ^{de}	30.27 ^{cd}	25.70 ^d	26.88 ^c
CK	30.02 ^{bc}	28.19 ^c	30.91 ^c	30.18 ^c	33.13 ^c	35.37 ^c	34.01 ^b	33.04 ^c	31.16 ^{cd}	33.26 ^{bc}	27.74 ^c	28.52 ^c
LSD	3.03	2.29	1.8	2.29	2.05	2.57	2.78	2.53	3.4	3.7	1.87	2.55
CV%	5.53	4.28	3.14	3.69	4.54	3.94	4.48	4.05	5.83	6	3.34	4.4

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند

In each columns, means followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD

P₁, P₂, P₃ and P₄ are first period, second period, third period and the fourth period of irrigation, respectively

T₁, T₂ and T₃ are 12, 24 and 36 days after the irrigation in each period, respectively

(هر دوره آبیاری ۳۶ روز می‌باشد)

T₁, T₂ and T₃ are 12, 24 and 36 days after the irrigation in each period, respectively

رطوبت خاک

در شاهد مشاهده شد. بعلاوه لیو و همکاران (۳۲) ذخیره رطوبت در ۱۰۰ سانتی‌متری بالای پروفیل خاک در مالچ کاه و کلش نسبت به شاهد در درختان مرکبات را به نفوذ بیشتر آب از طریق منافذ بزرگ در بقایای محصولات، کنترل رواناب و تبخیر کمتر نسبت دادند.

نتایج مطالعه نشان داد که مالچ‌های پلی‌اتیلن در مقایسه با مالچ‌های آلی محتوی رطوبت خاک را بیشتر حفظ می‌کنند. مالچ‌های پلی‌اتیلن به طور موثری جذب و انتقال اشعه نورانی و فرآیند هدایت گرمایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. زمانی که فیلم پلی‌اتیلن اعمال می‌شود یک سیستم میکرواکولوژیک نسبتاً مستقل در زیر پوشش ایجاد می‌شود که باعث تغییر تبادل آب و تغییر گرما بین سیستم ایجاد شده و هوا می‌شود. فیلم پلی‌اتیلن می‌تواند از تبخیر آب خاک جلوگیری کند و مانع از تابش اشعه با طول موج بزرگ از سطح خاک شود که به علت ریزش قطرات آب سطح داخلی فیلم و حجم آب خاک بالاتر می‌باشد (۵۵). زانگ و همکاران (۵۴) اظهار داشتند که فیلم‌های پلی‌اتیلن با ایجاد مانعی بین خاک و اتمسفر، تبخیر آب از سطح خاک را کاهش و بنابراین باعث حفظ بیشتر ذخیره آب می‌شوند. بنابراین ردیف‌های تیمار شده با مالچ پلی‌اتیلن به‌ویژه تیمار M_3 (مالچ پلاستیک روی سطح خاک) دارای کمترین تبخیر از خاک، بالاترین رطوبت خاک و بیشترین دمای خاک در این مطالعه بود.

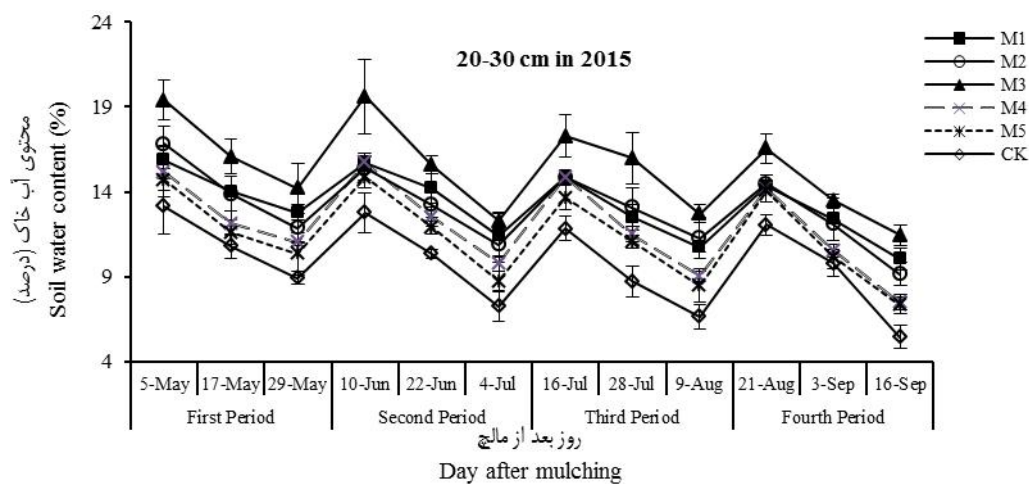
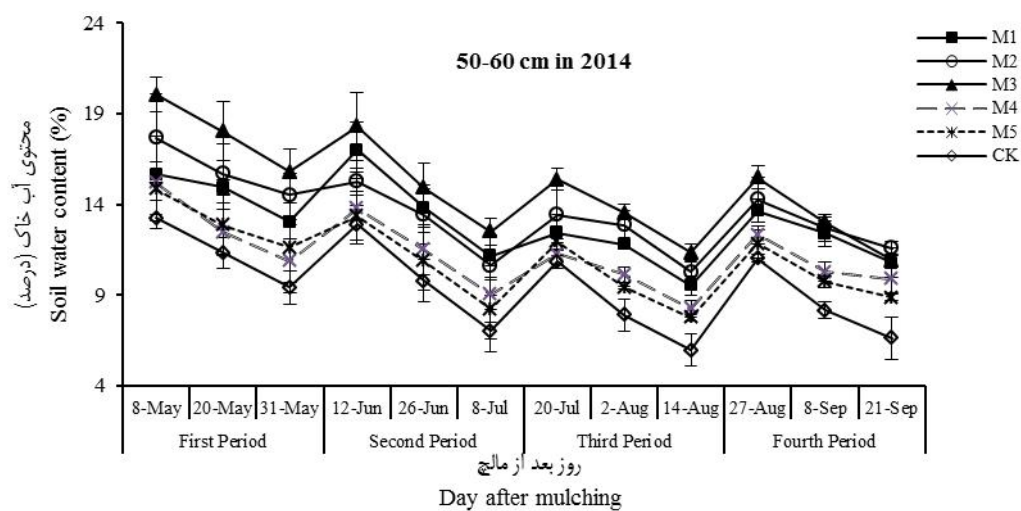
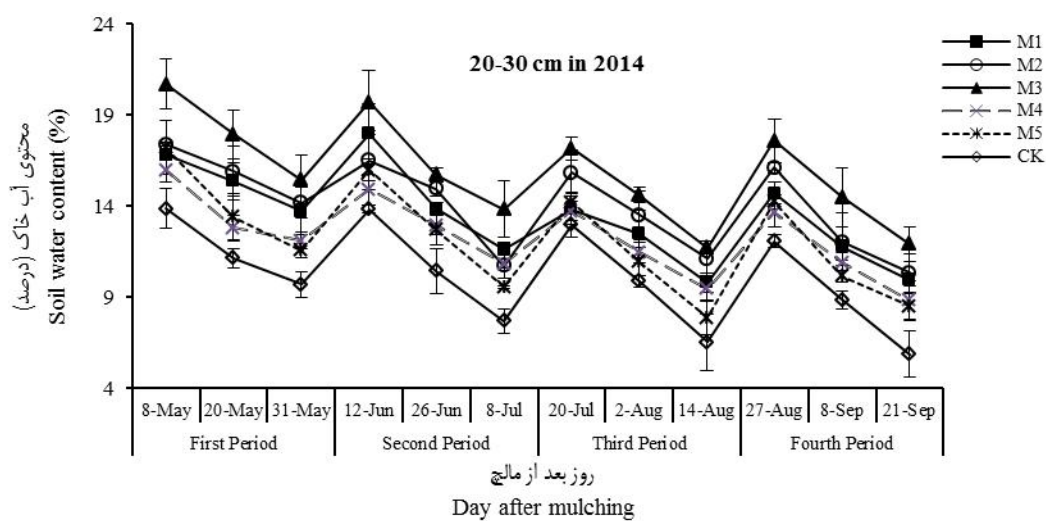
هدایت روزه‌ای

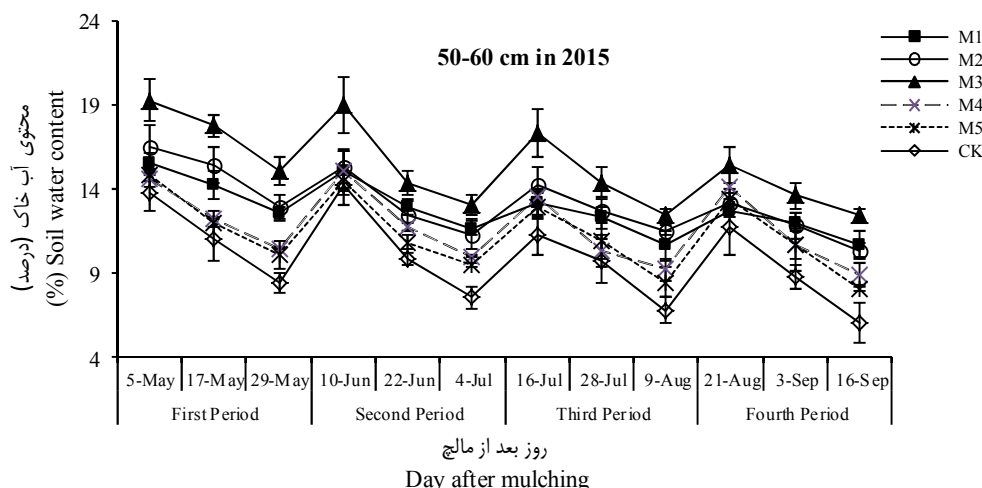
تغییرات هدایت روزه‌ای در طول دو سال در تیمارهای مختلف در شکل (۳) ارائه شده است. در سال ۱۳۹۳، هدایت روزه‌ای در اکثر نقاط بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نشان داد (شکل ۳). به‌طوری‌که تیمار مالچ پلی‌اتیلن روی خاک (M_3) و چپس چوب (M_4) با ۴۷/۷ و ۴۵/۱ بیشترین و شاهد با ۴۱/۱ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه کمترین میانگین هدایت روزه‌ای را طی چهار دوره آبیاری ثبت کردند. در طول فصل رشد در کلیه تیمارها بیشترین مقدار هدایت روزه‌ای در ۳۰ اردیبهشت (۲۰ می) و ۵ تیر ماه (۲۶ ژوئن) به دست آمد که در ۵ تیر ماه در تیمارهای M_1 ، M_2 ، M_3 ، M_4 و M_5 هدایت روزه‌ای به طور قابل توجهی تا ۷/۳۵، ۱۲/۸۸، ۱۵/۲، ۱۰/۹ و ۶/۶۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. همچنین کمترین میزان هدایت روزه‌ای در کلیه تیمارها در ۱۸ اردیبهشت و ۲۹ تیر ماه (۱۲ روز بعد آبیاری) همزمان با حداکثر دمای هوا مشاهده شد (شکل ۱).

در سال ۱۳۹۴، هدایت روزه‌ای بین تیمارها به جز در سه نقطه معنی‌دار نشان نداد که در ۲۷ اردیبهشت ماه، مالچ M_3 و در ۱ تیر و ۲۵ شهریور ماه مالچ M_2 بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. کاهش هدایت روزه‌ای در مالچ M_3 از دور دوم آبیاری تا انتهای فصل در مقایسه با سایر مالچ‌ها به نظر می‌رسد به علت عملکرد بالای درختان و دمای بالای خاک در این مالچ باشد (شکل ۳).

محتوی آب خاک در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۵۰-۶۰ سانتی‌متری در دو سال الگوی تقریباً مشابهی را نشان داد (شکل ۲). در دو سال آزمایش، اختلاف رطوبت بین تیمارها در لایه بالایی خاک نسبت به لایه پایین‌تر بیشتر مشاهده شد. حفظ ذخیره رطوبت خاک مالچ‌ها به ویژه مالچ‌های پلاستیکی به طور قابل توجهی بیشتر از تیمار بدون مالچ ثبت شد و مالچ پلاستیکی روی سطح خاک (M_3) دارای بیشترین محتوی رطوبت خاک بود. همچنین بین مالچ‌های آلی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در سال ۱۳۹۳، میانگین محتوی آب خاک در لایه ۳۰-۶۰ سانتی‌متری در طول چهار دوره آبیاری در تیمارهای M_1 ، M_2 ، M_3 ، M_4 و M_5 به ترتیب ۱۳/۵، ۱۴/۱، ۱۵/۹، ۱۲/۳ و ۱۲/۲ درصد مشاهده شد که در مقایسه با شاهد (۱۰/۳) بالاتر بود. محتوی رطوبت خاک در لایه ۵۰-۶۰ سانتی‌متری روند مشابهی را با لایه بالایی خاک نشان داد با این تفاوت که محتوی رطوبت تیمارها در این عمق در اوایل فصل نسبت به لایه بالایی خاک احتمالاً به علت ذخیره رطوبتی خاک، بیشتر مشاهده شد و با نزدیک شدن به اواخر فصل اختلاف رطوبتی لایه‌های خاک ناچیز نشان داد (شکل ۲). در سال ۱۳۹۴، میانگین محتوی آب خاک در لایه بالایی طی چهار دوره آبیاری در تیمارهای M_1 ، M_2 ، M_3 ، M_4 و M_5 به ترتیب ۱۳/۲، ۱۳/۱، ۱۳/۴، ۱۲ و ۱۱/۴ درصد بود که نسبت به تیمار بدون مالچ (۹/۸) بیشتر بود (شکل ۲). بیشترین تفاوت در ذخیره آب خاک بین مالچ‌ها و شاهد در این عمق در ماه‌های گرم (۱۹ تیر تا ۱۸ مرداد ماه) مشاهده شد. روند تغییرات رطوبت نیز در لایه ۵۰-۶۰ سانتی‌متری خاک مشابه لایه ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک بود (شکل ۲). این مطالعه نشان داد که طی دو سال در طول ۳۶ روز بعد از آبیاری دور سوم و چهارم رطوبت خاک در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۵۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در تیمار شاهد از ظرفیت زراعی به نقطه پژمردگی دائم یا زیر آن کاهش یافت، در حالی که رطوبت خاک در ردیف‌های پوشش داده شده با مالچ بالای نقطه پژمردگی دائم باقی ماند (جدول ۱ و شکل ۲).

همانطور که انتظار می‌رود مالچ‌های پلی‌اتیلن و آلی با کاهش تبخیر از سطح خاک، درصد رطوبت خاک را در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۵۰-۶۰ سانتی‌متری در طول دو سال در مقایسه با شاهد حفظ کردند. راماکریشنا و همکاران (۳۹) طی مطالعه‌ای بر روی بادام زمینی تحت تأثیر فیلم پلی‌اتیلن و کاه و کلش برنج، افزایش محتوی رطوبت خاک را در لایه ۶۰-۷۰ سانتی‌متری خاک در مقایسه با تیمار بدون مالچ گزارش کردند. تاپاوراسکین و میسکات (۴۸) با بررسی مالچ کاه و کلش بر روی توت‌فرنگی بیان کردند که میانگین محتوی رطوبت در طول سه سال آزمایش ۱۸ درصد در تیمار کاه و کلش و ۱۶/۲ درصد





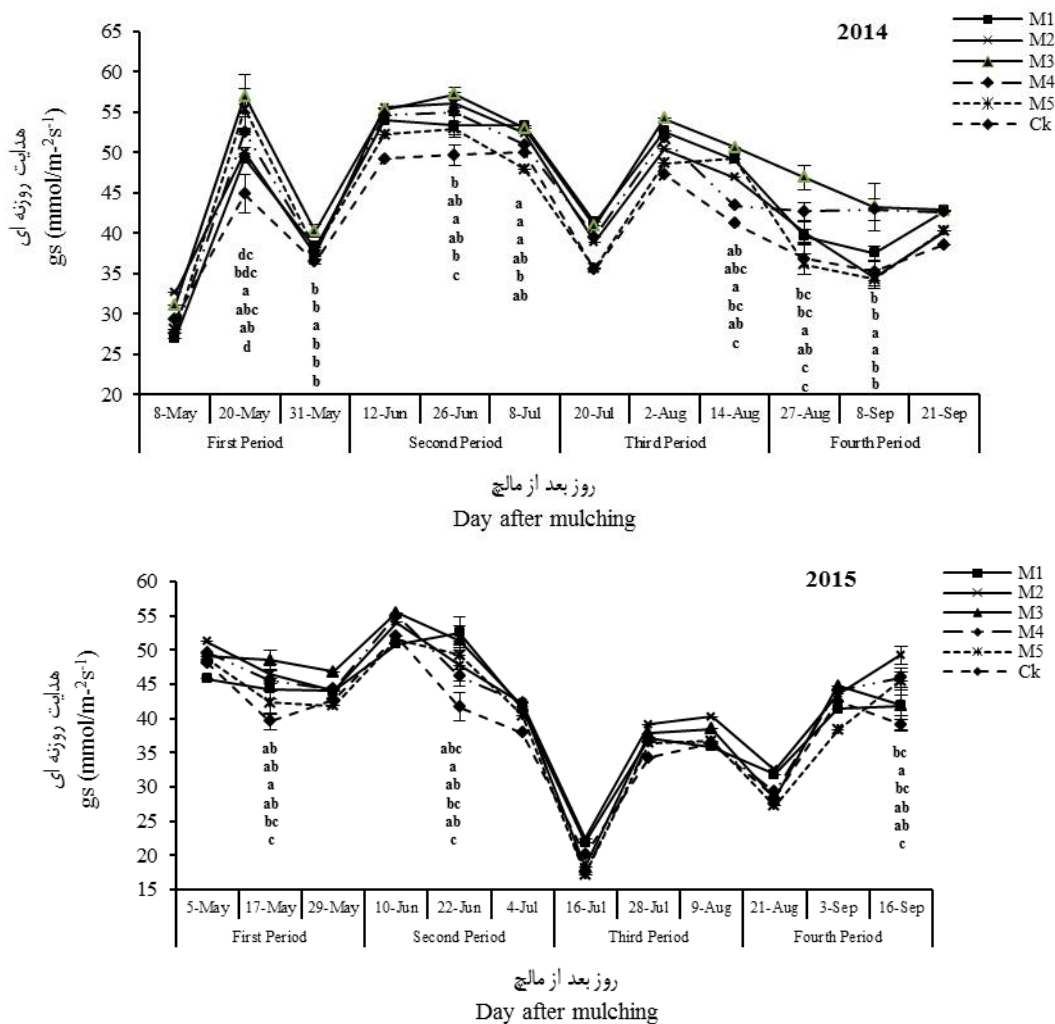
شکل ۲- تأثیر مالچ‌های مختلف آلی و غیر آلی طی چهار دوره آبیاری بر محتوی آب خاک در اعماق ۳۰-۲۰ و ۶۰-۵۰ سانتی متری خاک در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Figure 2- The effect of various organic and inorganic mulches on soil water content during the four periods of irrigation at 20 to 30 cm and 50 to 60 cm below the soil surface in 2014 and 2015

به افزایش هدایت و اسیمیلاسیون کانوپی می‌شود. همچنین افزایش هدایت روزنه‌ای در این مطالعه در اواخر فصل می‌تواند ناشی از کاهش دمای هوا باشد به گونه‌ای که کلین و همکاران (۲۹) ارتباط معنی‌داری را به وسیله‌ی رطوبت نسبی پایین، کمبود فشار بخار و دمای بالا بر میزان باز بودن روزنه در بادام گزارش کردند.

ارتباط رطوبت و دمای خاک با هدایت روزنه‌ای در دو عمق مورد بررسی در طول دو سال آزمایش در شکل (۵) نشان داده شده است. به‌طوری‌که همبستگی دمای خاک با هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). همانطور که مشخص است با افزایش در دمای خاک تا ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد مقدار هدایت روزنه‌ای افزایش یافته است. دماهای مطلوب برای رشد ریشه به نظر می‌رسد به طور وسیعی بین مناطق مختلف تغییر می‌کند که ظاهراً تا حدودی به رژیم‌های دمایی بومی وابسته است (۳۳). جرج و همکاران (۱۹) گزارش کردند که افزایش در دمای منطقه ریشه درخت کارامبولا (*Averrhoa carambola L.*) تا ۳۸ درجه‌سانتی‌گراد در اثر اعمال مالچ باعث افزایش در هدایت روزنه‌ای در مقایسه با دمای ۲۵ درجه-سانتی‌گراد ریشه شد. مطالعات مختلف نشان داده است که دمای خاک علاوه بر رطوبت خاک بر هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز گیاهان چندساله و یکساله تأثیر می‌گذارد (۵۲). نتایج ما کاهش هدایت روزنه‌ای در کلیه تیمارها در اواسط تیر تا اواخر مردادماه (دوره سوم آبیاری) (شکل ۳) را نشان داد که می‌تواند به علت افزایش دمای هوا، کاهش ذخیره رطوبتی خاک و افزایش در دمای خاک (به‌ویژه در مالچ M₃) باشد. بنابراین دمای بالای خاک در صورتی باعث افزایش در هدایت روزنه‌ای می‌شود که سایر فاکتورها از جمله شرایط خاکی و آب و هوایی محدود کننده نباشد.

جرج و همکاران (۱۹) اظهار داشتند دمای بالای ناحیه ریشه می‌تواند منجر به افزایش تنش آب و کاهش پتانسیل آب ساقه شود. به گونه‌ای که کاهش پتانسیل آب ساقه باعث کاهش در هدایت روزنه‌ای می‌شود (۲۳). کمترین مقدار هدایت روزنه‌ای همانند سال اول در تمام تیمارها در ۲۵ تیر ماه همزمان با حداکثر دمای هوا به دست آمد (شکل ۳). بنابراین با توجه به نتایج دوساله می‌توان بیان داشت که هدایت روزنه‌ای با وجود رطوبت کافی در خاک تابع شرایط آب و هوایی مانند شدت نور، CO₂، رطوبت، سرعت باد و دمای هوا است (۴۱). از طرفی، گولان و همکاران (۲۲) با بررسی ارتباط هدایت روزنه‌ای با رطوبت خاک در بافت لوم شنی بر روی گندم و آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که در رطوبت بیشتر از هفت درصد وزنی، هدایت روزنه‌ای بالا بوده و تقریباً بصورت یکنواخت است ولی کاهش رطوبت به زیر هفت درصد وزنی، هدایت روزنه‌ای را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. بنابراین با توجه به نتایج رطوبت وزنی در این مطالعه (بیشتر از ۷ درصد وزنی)، تغییرات هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر شرایط آب و هوایی تأیید می‌شود. فرینی و همکاران (۱۸) بیان داشتند که کاربرد انواع مالچ با وجود تأثیر بر روی رشد درخت روی فاکتورهای فیزیولوژیکی آن از جمله تبادلات گازی یا کلروفیل فلئورسانس تأثیر قابل توجهی ندارند. اما نتایج تحقیق ما خلاف این گفته را ثابت می‌کند به‌ویژه در اوایل فصل که افزایش در هدایت روزنه‌ای بخصوص در تیمارهای مالچ پلاستیکی می‌تواند به علت ذخیره رطوبتی بالای خاک و افزایش دمای خاک باشد. کرک و اسچوتزکی (۱۱) طی مطالعه‌ای بیان داشتند مالچ‌ها به علت بهبود رطوبت قابل دسترس باعث افزایش در هدایت روزنه‌ای می‌شوند. فانگ و همکاران (۱۷) نیز رشد و توسعه ریشه در فیلم‌های پلی‌اتیلن را ناشی از افزایش دمای خاک و افزایش چرخه عناصر غذایی خاک بیان داشتند که منجر



شکل ۳- تغییرات هدایت روزنه‌ای در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴
Figure 3- Stomatal conductance changes in different treatments in 2014 and 2015

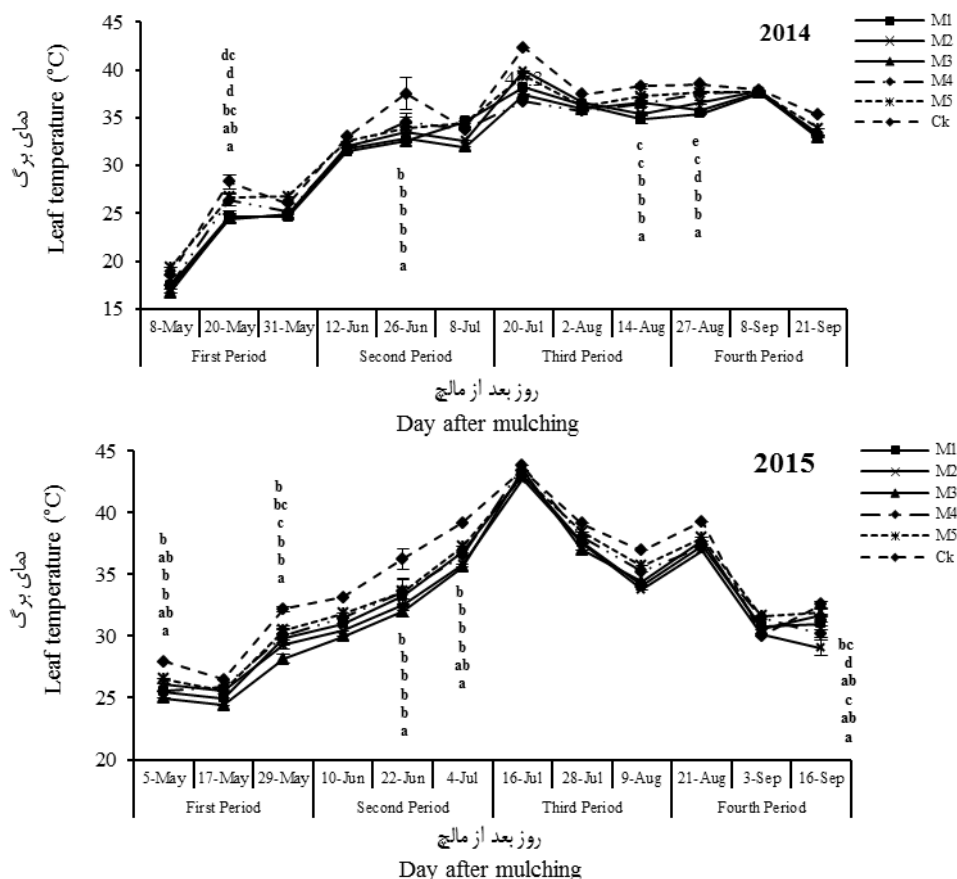
دمای برگ

الگوی تغییرات دمای برگ در دو سال مورد آزمایش در شکل (۴) نشان داده شده است. در طول دو سال، تیمارهای مالچ دمای برگ را از اواسط اردیبهشت تا اواسط تیر ماه و از اواخر مرداد تا اواخر شهریور ماه در برخی نقاط در مقایسه با شاهد تحت تأثیر قرار دادند. میانگین دمای برگ در طی چهار دوره آبیاری در سال ۱۳۹۳، در تیمارهای M_1 ، M_2 ، M_3 ، M_4 و M_5 به ترتیب با $۱/۷$ ، $۲/۴$ ، $۱/۹$ ، $۲/۲$ و $۱/۵$ درجه سانتی‌گراد و در سال ۱۳۹۴ با $۱/۸$ ، $۲/۲$ ، $۲/۲$ ، $۱/۵$ و $۱/۱$ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با شاهد کمتر بود. امینی و علامی میلانی (۳) پس از بررسی تأثیر مالچ کاه و کلش بر روی دمای برگ و کانوپی عدس گزارش کردند که مالچ بر دمای برگ تأثیر معنی‌داری دارد و بیان داشتند که تیمار مالچ احتمالاً با حفظ رطوبت تعرق شده توسط

گیاه منجر به خنک شدن و پایین آوردن دمای برگ می‌شود. با توجه به نتایج مطالعه، دمای برگ در مالچ‌های پلاستیکی نسبت به مالچ‌های آلی بیشتر کاهش یافت که این امر می‌تواند به علت حفظ رطوبت و دمای خاک بالاتر در این تیمارها باشد. از اواخر تیر تا اواخر مرداد ماه، دمای برگ در تمام تیمارها در بیشترین مقدار مشاهده شد به گونه‌ای که تفاوت قابل توجهی بین آن‌ها وجود نداشت. افزایش دمای برگ در اواسط فصل می‌تواند به علت کاهش ذخیره رطوبتی خاک و افزایش در دمای هوا و خاک باشد. بلانکوئیست و همکاران (۹) گزارش کردند که در نتیجه کاهش جذب آب، روزنه‌ها بسته می‌شوند و کاهش تعرق منجر به افزایش دمای برگ می‌شود. رابطه درجه یک بین دما و رطوبت خاک با دمای برگ نیز با مد نظر قرار دادن کلیه داده‌ها در دو سال آزمایش در شکل (۵) ارائه شده است. همانطور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود همبستگی بین این

خاک، دمای نسبتاً بالا در خاک باعث ایجاد تنش خشکی در خاک می‌شود به‌ویژه زمانی که گیاه تقاضای بالایی برای جذب آب و مواد غذایی داشته باشد.

دو صفت با دمای برگ معنی‌دار شده است به‌طوری‌که با افزایش در محتوی آب و دمای خاک که نشان‌دهنده کاهش تنش است، دمای برگ کاهش می‌یابد. از طرفی با توجه به اثرات متقابل دما و رطوبت



شکل ۴- تغییرات دمای برگ در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴
Figure 4- Leaf temperature changes in different treatments in 2014 and 2015

جدول ۴- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی طی دو سال آزمایش
Table 4- Correlation between traits evaluated in two years

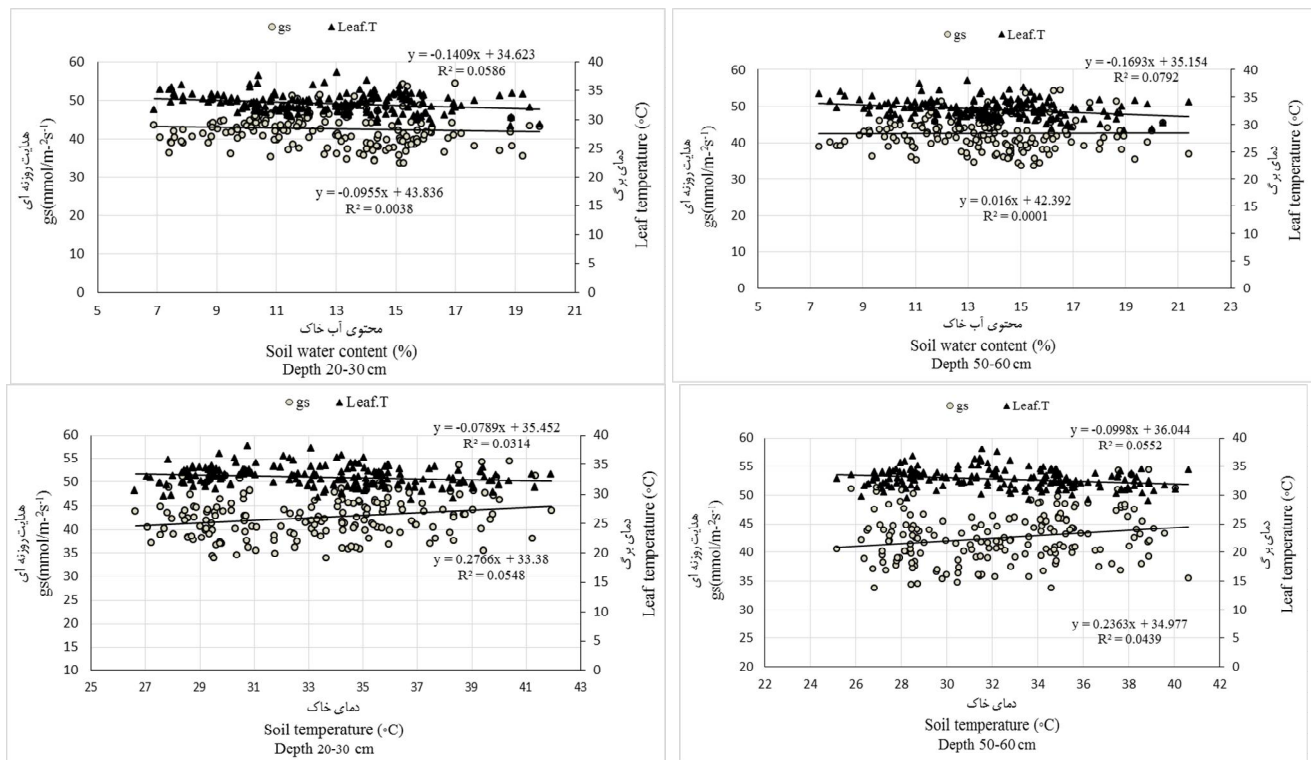
صفات Traits	SWC 50-60	SWC 20-30	ST 50-60	ST 20-30	gs	LT
SWC 50-60	1					
SWC 20-30	0.89**	1				
ST 50-60	0.46**	0.39**	1			
ST 20-30	0.45**	0.38**	0.94**	1		
gs	0.01 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.21**	0.23**	1	
LT	-0.28**	-0.24**	-0.23**	-0.18*	-0.27**	1

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

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

SWC, ST, gs و LT به ترتیب نشان‌دهنده محتوی آب خاک، دمای خاک، هدایت‌روزنه‌ای و دمای برگ می‌باشند

SWC, ST, gs and LS are soil water content, soil temperature, stomatal conductance and leaf temperature, respectively



شکل ۵- ارتباط هدایت روزنه‌ای و دمای برگ با دما و رطوبت خاک در لایه‌های مورد بررسی در طول دو سال آزمایش

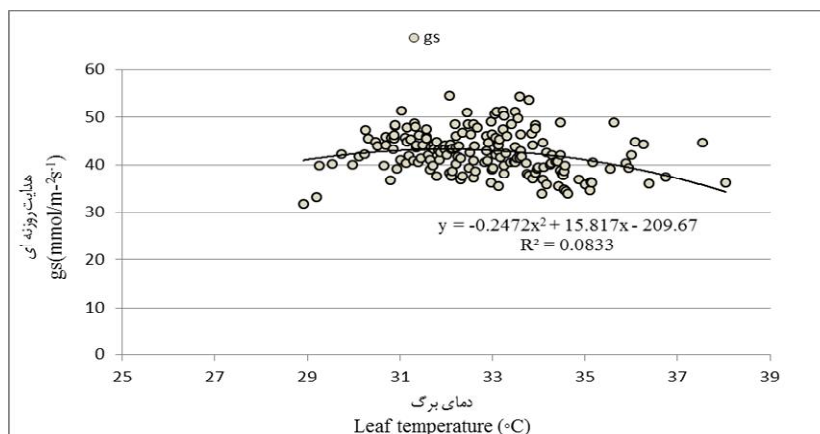
Figure 5- The relationship between stomatal conductance and leaf temperature with soil temperature and soil moisture in layers studied during two years of experiment

افزایش دمای برگ تا دامنه دمایی ۳۳-۳۰ درجه سانتی‌گراد، هدایت روزنه‌ای افزایش و پس از آن شروع به کاهش می‌کند و برای هدایت روزنه‌ای صفر، دمای برگ به بالای ۴۵ و زیر ۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. عنابی میلانی و همکاران (۴) ارتباط معنی‌داری به صورت معادله پلی‌نومینال بین هدایت روزنه‌ای و دمای تاج درخت بادام به دست آوردند و بیان داشتند که افزایش شدت تابش و دمای هوا تا رسیدن دمای برگ به ۲۸/۲ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش در هدایت روزنه‌ای می‌شود اما افزایش دمای برگ بیشتر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد به علت کاهش پتانسیل آب برگ و بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق، هدایت روزنه‌ای را کاهش می‌دهد. رومرو و بوتیا (۴۱) نیز چنین ارتباطی را در درخت بادام گزارش کردند و اذعان داشتند افزایش در دمای برگ تا یک مقدار بهینه (۳۵ درجه سانتی‌گراد) سبب افزایش در فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌شود و بعد از آن منجر به کاهش این صفات می‌شود. از این رو با توجه به نتایج ذکر شده و نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان داشت که بیشترین هدایت روزنه‌ای در برگ پسته در دامنه دمایی ۳۳-۳۰ درجه سانتی‌گراد برگ صورت می‌گیرد.

از این رو، چنین به نظر می‌رسد کاهش کمتر دمای برگ در سال دوم یا سال پر محصول در تیمار M₃ در مقایسه با تیمار M₂، ایجاد تنش رطوبتی در نتیجه تقاضای بالای آب و عناصر غذایی درختان و دمای بالای خاک باشد. رحمتی و همکاران (۳۸) بیان داشتند که تنش گرما و کمبود آب در خاک از طریق محدودیت در میزان تعرق منجر به افزایش در دمای برگ و در نهایت کاهش اسیمیلاسیون و کاهش رشد درخت می‌شوند. بنابراین افزایش در دمای خاک در صورت محدود نبودن رطوبت خاک، باعث افزایش در تنفس و رشد ریشه، افزایش جذب آب و در نهایت افزایش تعرق و کاهش در دمای برگ می‌شود.

رابطه‌ی هدایت روزنه‌ای و دمای برگ

همانطور که از شکل (۶) و جدول (۴) مشخص است ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین هدایت روزنه‌ای و دمای برگ در کل دو سال دیده شد. با مدنظر قرار دادن تمامی نقاط، معادله درجه دو برای ارتباط این دو صفت برآزش شد. براساس این معادله، با



شکل ۶- ارتباط هدایت روزنه‌ای و دمای برگ پسته طی دو سال آزمایش

Figure 6- The relationship between stomatal conductance and leaf temperature during two years of experiment

نتیجه‌گیری کلی

دمای بالای خاک در اواسط تا اواخر فصل می‌تواند منجر به تنش رطوبتی در خاک شود ولی این تنش تنها در سال دوم یا سال پرمحصول با کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش دمای برگ مشهود بود که علت این امر می‌تواند تقاضای بالای محصول برای جذب آب و عناصر غذایی در مقایسه با سال کم محصول باشد. از این‌رو، تیمارهای پلی‌اتیلن زیرخاک به‌ویژه مالچ با برش دایره‌ای (M_2) و مالچ‌های چیپس چوب و کاه و کلش جو با ایجاد دمای مطلوب رشد ریشه، حفظ رطوبت خاک و از طرفی هزینه پایین‌تر در مقایسه با مالچ یووی (مالچ روی خاک) می‌توانند گزینه‌های بهتری برای اعمال در باغ‌های پسته باشند. این نتایج می‌تواند اطلاعات مفیدی باشد برای بهبود بخشیدن تولید محصولات کشاورزی و استفاده کارآمدتر از آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشکی که سیستم آبیاری محصولات به صورت سنتی و غیر مکانیزه انجام می‌گیرد و سطح وسیعی از آب در معرض تبخیر قرار می‌گیرد.

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای مالچ آلی و پلاستیکی، محتوی آب خاک را در طول دو سال افزایش دادند و بنابراین باعث کاهش اثرات منفی کمبود آب شدند. انواع مالچ‌های آلی و غیرآلی به علت عایق بودن منجر به نوسانات کمتر در دمای خاک در مقایسه با شاهد شدند. با توجه به نتایج همبستگی، تفاوت معنی‌داری بین هدایت روزنه‌ای و رطوبت خاک مشاهده نشد اما ارتباط این صفت با دمای خاک و ارتباط بین دمای برگ با دما و رطوبت خاک نیز معنی‌دار گردید که این نشان‌دهنده تأثیر بیشتر دمای خاک بر کنترل هدایت روزنه‌ای و دمای برگ در مقایسه با رطوبت خاک بود، به‌طوری‌که افزایش در دمای خاک تا ۴۰ درجه‌سنتی‌گراد در صورتی که سایر عوامل خاکی و آب و هوایی محدودکننده نباشند، باعث بهبود این صفات می‌شود. به‌طور کلی نتایج نشان داد که تیمار M_3 (مالچ پلاستیکی روی سطح خاک) با وجود ذخیره رطوبتی بالا به علت ایجاد

منابع

- 1- Abd El-Mageed T.A., Semida W.M., and Abd El-Wahed M.H. 2016. Effect of mulching on plant water status, soil salinity and yield of squash under summer-fall deficit irrigation in salt affected soil. *Agricultural Water Management*, 173: 1-12.
- 2- Adibian M. 2016. Aflatoxins in pistachio, detection and prevention. *Journal of Novel Applied Sciences*, 5: 27-33.
- 3- Amini R., and Alami-Milani M. 2013. Effect of mulching on soil, canopy and leaf temperature of lentil (*Lens culinaris* Medick.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(20): 797-802.
- 4- Anabi Milani A., Neyshabouri M.R., and Zare Haghi D. 2015. Response of stomatal conductance to change leaf water potential and canopy temperature in almond tree under salinity stress and water scarcity. *Journal of Research Water in Agricultural*, 29(3): 298-316. (in Persian)
- 5- Anikwe M.A.N., Mbah C.N., Ezeaku P.I., and Onyia V.N. 2007. Tillage and plastic mulch effects on soil properties and growth and yield of cocoyam (*Colocasia esculenta*) on an ultisol in southeastern Nigeria. *Soil Tillage Research*, 93: 264-272.
- 6- Ansari H., and Hassanpour M. 2015. Design and manufacturing of measuring device of soil environment data particularly soil moisture, temperature and salinity under the trade name P55-RE. *Journal of Irrigation and Drainage*, 1(9): 32-43. (in Persian with English abstract)
- 7- Atatashafrooz R., Khoshru S.M.R., and Tajabadipour A. 2015. Study of the diversity in different cultivars of *Pistacia*

- vera* L. resistant to drought and salinity: comparing protein patterns using SDS-PAGE method. Journal of Nuts, 6 (1): 47-55.
- 8- Baxter P. 1970. Effect of weed-free or straw mulched strip on the growth and yield of young fruit trees. Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry, 10: 467-473.
- 9- Blonquist J.M., Norman J.M., and Bugbee B. 2009. Automated measurement of canopy stomatal conductance based on infrared temperature. Agricultural and Forest Meteorology, 149: 1931-1945.
- 10- Chattopadhyaya N., and Mukherjee D. 1990. Effect of mulching on the changes in the microbial population in soil and nodulation of lentil (*Lens culinaris*). Journal of Environment and Ecology, 8: 435-437.
- 11- Cregg B.M., and Schutski R. 2009. Weed control and organic mulches affect physiology and growth of landscape shrubs. Horticulture Science, 44(5): 1419-1424.
- 12- Deng X.P., Shan L., Zhang H.P., and Turner N.C. 2006. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. Agricultural Water Management, 80: 23-40.
- 13- Díaz-Pérez J.C., and Batal K.D. 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. Journal of the American Society for Horticultural Science, 127: 127-136.
- 14- Dong H.Z., Li W.J., Tang W., and Zhang D.M. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. Field Crops Research, 111: 269-275.
- 15- Downer A.J. 1998. Control of avocado root rot and *phytophthora cinnamomi* rands in mulched soils. University of California, PhD. Dissertation, Riverside, CA. pp 212.
- 16- Downer A.J., and Faber B. 2005. Effect of eucalyptus cladocalyx mulch on establishment of California sycamore (*Platanus racemosa*). Journal of Applied Horticulture, 7: 90-94.
- 17- Fang S.Z., Xie B.D., Liu D., and Liu J.J. 2011. Effects of mulching materials on nitrogen mineralization, nitrogen availability and poplar growth on degraded agricultural soil. New Forests, 41: 147-162.
- 18- Ferrini F., Fini A., Frangi P., and Amoroso G. 2008. Mulching of Ornamental Trees: Effects on Growth and Physiology. Arboriculture and Urban Forestry, 34:157-162.
- 19- George H.L., Davies F.S., Crane J.H., and Schaffer B. 2002. Root temperature effects on 'Arkin' carambola (*Averrhoa carambola* L.) trees I. Leaf gas exchange and water relations. Scientia Horticulturae, 96: 53-65.
- 20- Glab T., and Kulig B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). Soil and Tillage Research, 99: 169-178.
- 21- Goldhamer D.A. 1995. Irrigation management. In Ferguson, L. (ed.) Pistachio Production. Center for Fruit and Nut Research and Information, Davis, CA, p. 71-81.
- 22- Gollan T., Passioura J.B., and Munns R. 1986. Soil water status affects the stomatal conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 459-464.
- 23- Gonzalez-Dugo V., Zarco-Tejada P., Berni, J.A.J., Suarez L., Goldhamer D., and Fereres E. 2012. Almond tree canopy temperature reveals intra-crown variability that is water stress-dependent. Agricultural and Forest Meteorology, 154(155): 156-165.
- 24- Hanada T. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. Extension Bulletin, ASPAC No. 332, p 22.
- 25- Hosseyni M. 2009. Nuts in Iran, statistics and benefits. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 36: 53-61.
- 26- Huang Z., Xu Z., Blumfield T.J., and Bubbs K. 2008. Effects of mulching on growth, foliar photosynthetic nitrogen and water use efficiency of hardwood plantations in subtropical Australia. Forest Ecology and Management, 255: 3447-3454.
- 27- Ibarra-Jime'nez L., Zermeno-Gonzalez A., Mungui'a-Lo'pez J., Quezada-Marti'n M.A.R., and De La Rosa-Ibarra M. 2008. Photosynthesis, soil temperature and yield of cucumber as affected by colored plastic mulch. Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science, 58: 372-378.
- 28- Kashaninejad M., Mortazavi A., Safekordi A., and Tabil L.G. 2006. Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. Journal of Food Engineering, 72: 30-38.
- 29- Klein I., Esparza G., Weinbaum S.A., and DeJong T.M. 2001. Effects of irrigation deprivation during the harvest period on leaf persistence and function in mature almond trees. Tree Physiology, 21: 1063-1072.
- 30- Lin Z., Jian-liang L., Sha-sha L., Ling-duo B., Xin-ping Ch., and Shi-qing L. 2015. Soil mulching can mitigate soil water deficiency impacts on rain fed maize production in semiarid environments. Journal of Integrative Agriculture, 14(1): 58-66.
- 31- Liu Y., Li S.Q., Chen F., Yang S.J., and Chen X.P. 2010. Soil water dynamics and water use efficiency in spring maize (*Zea mays* L.) fields subjected to different water management practices on the Loess Plateau, China. Agricultural Water Management, 97: 769-775.
- 32- Liu Y., Wang J., Liu D., Li Zh., Zhang G., Tao Y., Xie J., Pan J., and Chen F. 2014. Straw mulching reduces the harmful effects of extreme hydrological and temperature conditions in citrus orchards. Plos One, 9: 1-9.
- 33- McMichael B.L., and Burke J.J. 1998. Soil temperature and root growth. Horticultural Science, 33: 947-951.
- 34- Moreno M.M., and Moreno A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. Scientia Horticulturae, 116: 256-263.

- 35- Ngouajio M., and Ernest J. 2005. Changes in the physical, optical, and thermal properties of polyethylene mulches during double cropping. *Horticultural Science*, 40: 94–97.
- 36- Nguyen T.T., Fuentes S., and Marschner P. 2013. Effect of incorporated or mulched compost on leaf nutrient concentrations and performance of *Vitis vinifera* cv. Merlot. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (2): 485–497.
- 37- Park K.Y., Kim S.D., Lee S.H., Kim H.S., and Hong E.H. 1996. Differences in dry matter accumulation and leaf area in summer soya beans as affected by polythene film mulching. *RDA journal of agricultural science*, 38: 173–179.
- 38- Rahmati M., Davarynejad G.H., Génard M., Bannayan M., Azizi M., and Vercambre G. 2015. Peach water relations, gas exchange, growth and shoot mortality under water deficit in semi-arid weather conditions. *Plos One*, 10(4): 1-19.
- 39- Ramakrishna A., Minh Tam H., P. Wani S., and Dinh Long T. 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*, 95: 115–125.
- 40- Rockström J., Lannerstad M., and Falkenmark M. 2007. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 6253–6260.
- 41- Romero P., and Botía P. 2006. Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas exchange of regulated deficit-irrigated almond trees under semiarid conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 158–173.
- 42- Sarkar S., and Singh S.R. 2007. Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (*Hordium vulgare* L.). *Soil and Tillage Research*, 92: 79–86.
- 43- Schales F.D., and Sheldrake R. 1963. Mulch effects on soil conditions and tomato plant response. *Proceedings of the National Agricultural Plastics Congress*, 4: 78–90.
- 44- Shiukhy S., Raeini-Sarjaz R., and Chalavi V. 2015. Colored plastic mulch microclimates affect strawberry fruit yield and quality. *International Journal of Biometeorology*, 59 (8): 1061–1066.
- 45- Siczek A., Horn R., Lipiec J., Usowicz B., and Łukowski M. 2015. Effects of soil deformation and surface mulching on soil physical properties and soybean response related to weather conditions. *Soil Tillage Research*, 153: 175–184.
- 46- Silvente S., Sobolev A.P., and Lara M. 2012. Metabolite adjustments in drought tolerant and sensitive soybean genotypes in response to water stress. *Plos One*, 7 (6): e38554.
- 47- Szewczuk A., and Gudarowska E. 2004. The effect of different types of mulching on yield, size, color and storability of Jonagored apples. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 207–213.
- 48- Taparauskiene L., and Miseckaite O. 2014. Effect of mulch on soil moisture depletion and strawberry yield in sub-humid area. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23: 475–482.
- 49- Todic S., Beslic Z., Vajic A., and Tesic D. 2008. The effect of reflective plastic foils on berry quality of Cabernet Sauvignon. *Bull l'OIV*, 81(926–928): 165–170.
- 50- Treder W., Klamkowski K., Mik A., and Wojcik P. 2004. Response of young apple trees to different orchard floor management systems. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 113–122.
- 51- World Bank. 2006. *Directions in Development. Reengaging in Agricultural Water Management: Challenges and Options*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank Washington, DC, p 218.
- 52- Wu S.H., Jansson P.E., and Kolari P. 2012. The role of air and soil temperature in the seasonality of photosynthesis and transpiration in a boreal Scots pine ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology*, 156: 85–103.
- 53- Yin X., Seavert C.F., Turner J., Núñez-Elisea R., and Cahn H. 2007. Effects of polypropylene groundcover on soil nutrient availability, sweet cherry nutrition, and cash costs returns. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 42 (1): 147–151.
- 54- Zhang S., Li P., Yang X., Wang Z., and Chen X. 2011. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize. *Soil and Tillage Research*, 112: 92–97.
- 55- Zhang Y., Xie Y.S., Hao M.D., and She X.Y. 2010. Effects of different patterns surface mulching on soil properties and fruit trees growth and yield in an apple orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 21(2): 279–286.



Effect of Organic and Inorganic Mulches on Soil Moisture, Soil Temperature, Stomatal Conductance and Leaf Temperature Changes of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Trees in Arid and Semi-arid Climate

M. Nurzadeh Namaghi¹- G. H. Davarynejad^{2*}- H. Ansari³- S. H. Nemati⁴- A. Zarea Feyzabady⁵

Received: 21-11-2016

Accepted: 14-03-2018

Introduction: Mulching is a useful practice with the potential of conserving moisture, reducing evaporation, modifying soil temperature, and improving aeration as well as releasing nutrients in the soil profile. Mulching involves the use of organic materials (e.g. crop residues, straw, grasses, and farmyard manure) or inorganic and synthetic materials (e.g. polyethylene sheets, and gravels). Application of mulch can notably as a soil management method influence agricultural crop production despite the limited amount of water available in arid and semi-arid areas.

Materials and Methods: Field studies were conducted in a randomized complete block design with five replications for two years in 2014 and 2015 at Feyzabad city, Iran (34° 40' N, 58° 25' E). The aim of the study was to investigate the effects of different mulching treatments on physiological traits of pistachio (*Pistacia vera* L.) in relation to soil temperature and moisture variations. The treatments were: M₁ (white polyethylene film mulch covered with two centimeter of soil with width cut), M₂ (white polyethylene film mulch covered with two centimeter of soil with circular cut), M₃ (green polyethylene film mulch which was as a single layer pulled on water strip so that irrigation water passes under the coverage), M₄ (woodchip mulch), M₅ (barley residue mulch), and CK (control or no mulching). The measurement (soil moisture and temperature, stomatal conductance and leaf temperature) was carried out periodically on the central trees (4 trees per treatment) every 12, 24 and 36 days after irrigation between 12-15 pm from early-May to late September. The data obtained from the experiment were subjected to an analysis of variance (ANOVA) by using SAS 9.1 software. Difference between means was compared using least significant difference test (LSD) at 5% level ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion: The results showed that the mean soil moisture percentage in all mulches especially plastic mulches was higher compared to the control over two years of experiment. During the two years of experiment, treatments of M₁, M₂ and M₃ with 35.2, 35 and 38.9 °C and treatments of M₄, M₅ and CK with 28.8, 29.6 and 32.8 °C indicated the highest and lowest average soil temperature at 20-30 cm soil depth, respectively. Also, similar results were observed at 50-60 cm soil layer. M₃ and CK treatments with 47.7 and 41.1 mmol/m²s⁻¹ had the highest and lowest mean stomatal conductance, respectively. The mean values of leaf temperature during the growing period under M₁, M₂, M₃, M₄ and M₅ treatments were 2.2, 1.9, 2.4, 1.7 and 1 °C in 2014, and 1.8, 2.2, 2.2, 1.5 and 1.1 °C in 2015 lower than CK (control) treatment, respectively. According to correlation results significant difference was not observed between stomatal conductance and soil moisture, but the relationship of this parameter with soil temperature and relationship between leaf temperature with soil moisture and soil temperature were significant. Thus, this results demonstrate that stomatal conductance and soil temperature were significantly affected by soil temperature, so that an increase in soil temperature to 40 °C, can be improved these traits if other soil and climatic factors weren't limiting. The results also showed that M₃ mulch (plastic mulch on soil surface) despite the higher soil water storage due to providing of soil high temperatures, can be leads to moisture stress in heavy cropping year.

Conclusions: The results of this study showed that organic and inorganic mulches improved the soil moisture content throughout the two growing seasons, thus reduced negative effects of water shortage. Mulch treatments indicated smaller fluctuations in soil temperature compared to CK (control) treatment, possibly due to insulating against heat radiation. The results of our study suggested that increase in soil temperature in M₃ treatment, despite higher water storage, had limited impacts on improving stomatal conductance and leaf temperature from early July in the second year. Thus, it seems that high soil temperature in this treatment in ON year that trees'

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: davarynej@um.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Irrigation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

5- Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

water and nutrients requirement is higher than OFF year acts as a limiting factor and restricts absorption of water and nutrients, resulting in the decrease of physiological activity of trees. Generally, it is conclude that white polyethylene films covered with soil especially M₂ and organic mulches due to providing optimum soil temperature, preserving soil moisture and lower cost can be better management options to be applied in pistachio orchards especially in arid and semiarid areas, where traditional irrigation methods with high evaporation level are used.

Keywords: Pistachio, Plastic mulch, Straw mulch, Soil and water management, Wood chips mulch



بررسی کودهای آلی، شیمیایی، زیستی بر نیاز حرارتی، مراحل نموی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری

بهاره پارسا مطلق^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - رضا قربانی^۳ - ذبیح اله اعظمی ساردویی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی کودهای آلی، شیمیایی، زیستی بر نیاز حرارتی، مراحل نموی و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت، به صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح آب آبیاری در سه سطح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان عامل کرت‌های افقی و منبع تغذیه‌ای گیاه در ۵ سطح (کود زیستی مایکوریزا، ورمی کمپوست، کود گاوی، کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و تیمار شاهد) به‌عنوان عامل کرت‌های عمودی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که درجه روز رشد سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای، بسیار مشابه بود، این‌طور به‌نظر می‌رسد آغاز گل‌دهی گیاه چای ترش بیشتر تحت تأثیر فتوپریودیسم بوده و میزان آب قابل دسترس گیاه و تغذیه‌ی آن تأثیر بسیار اندکی داشته است. همچنین اثر سطوح مختلف آب آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای بر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک معنی‌دار بود. بیشترین شاخص دوام سطح برگ در سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و منبع تغذیه‌ای کود گاوی و ورمی کمپوست مشاهده شد. بیشترین عملکرد کاسبرگ خشک (۱۲۱۷ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و منبع تغذیه‌ای کود گاوی و کمترین آن در تیمار شاهد در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۴۹۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. با توجه به شرایط خاکی و اقلیم منطقه مورد مطالعه، استفاده از تیمارهای کود گاوی یا ورمی کمپوست در کنار میزان آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌منظور رشد گیاه چای ترش مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، درجه روز رشد، صفات مهم زراعی، مایکوریزا

مقدمه

کاسبرگ برای تهیه نوشیدنی، سالاد، ژله، طعم دهنده و رنگ طبیعی مواد خوراکی و صنایع آرایشی و از برگ‌های جوان و ساقه‌های نازک بصورت تازه خوری و یا پخته شده با ترکیب سبزیجات مختلف (۱۳ و ۲۸)، از دانه‌ها به‌عنوان جایگزین قهوه (۸) و روغن دانه در التیام زخم‌ها موثر است (۲۸). در برخی کشورها از دانه گیاه چای ترش برای تولید روغن خوراکی و از کنجاله آن برای تغذیه طیور استفاده می‌شود (۳). همچنین اثرات کاهش دهنده فشار خون، تب، کلسترول (۹)، ضد انگلی و ضد باکتریایی آنتی اسپاسمودیک این گیاه گزارش شده است (۷، ۱۴ و ۱۷).

تنش رطوبتی گیاه را وادار به واکنش‌های مختلف مورفولوژیکی مانند کاهش سطح برگ، خاردار شدن، خزان زودرس، کاهش اندام‌های هوایی، افزایش رشد ریشه، واکنش‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در سرعت رشد، تجمع آنتی اکسیدان، مواد محلول و فعالیت ژن‌های خاص می‌کند (۱۸). از

چای ترش با نام علمی (*Hibiscus sabdariffa* L.) از زمان‌های گذشته در طب سنتی مورد استفاده بوده است گیاهی یک یا دوساله که در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر کشت می‌شود، کشت این گیاه در بخش‌هایی از قاره آفریقا، آسیا، آمریکا و استرالیا گزارش شده است (۲۱). از نظر اکولوژیکی گیاهی روزکوتاه، خودگشن و به شرایط آب و هوایی سرما و یخبندان، حساس است (۱۰). از قسمت‌های مختلف این گیاه می‌توان استفاده کرد به‌طوریکه از

۱- دکتری اگر واکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت

۲ و ۳- استادان دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: rezvani@um.ac.ir) (* نویسنده مسئول)

۴- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر رشد و نمو گیاه مؤثر است لذا استفاده از درجه حرارت برای تخمین طول دوره کاشت تا برداشت محصول توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (۱۹ و ۳۶). در حال حاضر باتوجه به اهمیت، مصارف و مقاومت چای ترش به تنش رطوبتی در استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و فارس مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. این مطالعه به منظور تاثیر کودهای آلی، شیمیایی، زیستی و سطوح مختلف آب آبیاری بر نیاز حرارتی، مراحل نمو، برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش در منطقه جیرفت انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت واقع در عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۵۰ متری از سطح دریا اجرا گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک محل آزمایش شنی-لومی بود. خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش و میزان متوسط بارندگی، حداقل و حداکثر دما به‌صورت ماهانه در سال مورد تحقیق بترتیب در جدول ۱ و ۲ ارایه شده است (۲۹).

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مقادیر آب آبیاری در سه سطح: ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه به‌عنوان عامل افقی و منبع تغذیه گیاه شامل ۵ سطح: کود زیستی مایکوریزا، ورمی‌کمپوست، کود گاوی و کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و تیمار شاهد به‌عنوان عامل عمودی مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت به‌طول ۴ متر، فاصله بین خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۵ سانتی متر بود. عملیات شخم و آماده سازی زمین در پاییز سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. کشت در تاریخ ۱۵ اردیبهشت، به‌صورت کپه‌ای انجام شد. طی فصل رشد به دفعات لازم وجین دستی انجام شد. بر اساس آزمون خاک، کودهای سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت سرک در سه نوبت بترتیب ۱/۳ همزمان با کاشت، ۱/۳ در مرحله رویشی و ۱/۳ در مرحله گل‌دهی مورد استفاده قرار گرفتند. عنصر نیتروژن به‌عنوان معیار تعیین مقدار کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد نیاز جهت تأمین نیاز غذایی گیاه، انتخاب شد. بدین ترتیب ۷۳۶۰ و ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گاوی و ورمی‌کمپوست محاسبه و به تیمارهای مورد نظر اضافه شد. میزان برخی عناصر غذایی کود گاوی پوسیده شده و کود ورمی‌کمپوست در جدول ۳ نشان داده شده است.

طرفی به‌منظور دستیابی به کشاورزی پایدار و هدایت چرخه‌های عناصر زیستی و استفاده صحیح از منابع آلی، بیولوژیکی و شیمیایی در اکوسیستم‌های زراعی، برای تولید گیاهان دارویی با کمیت و کیفیت بالا، شناخت تأثیر تغییرات عوامل اقلیمی، ویژگی‌های اکولوژیکی و زراعی بر گیاهان دارویی و بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای لازم و ضروری است (۲۲ و ۲۴). به منظور کاهش اثرات سوء مصرف نهاده‌های شیمیایی، می‌توان کودهای زیستی را جایگزین کودهای شیمیایی از جمله کود حیوانی، کمپوست و کود سبز نمود (۱۶). با توجه به اثرات مفید کاربرد کودهای آلی و زیستی در اکوسیستم‌های گیاهان زراعی و دارویی، افزایش رشد رویشی، بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاهان نخود (*Cicer arietinum* L.) (۲۷)، لوبیا (*Abelmoschus esculentus* L.) (۲۸)، کرچک (*Ricinus communis* L.) (۳۴) و ذرت (*Zea mays* L.) (۳۴)، گزارش شده است.

عواملی که جهت تعیین چگونگی رشد اجزای عملکرد استفاده می‌شود، شاخص‌های رشد نامیده شده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۲۵ و ۲۶). جهت آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ^۱ و وزن خشک الزامی است و سایر شاخص‌های رشد از طریق محاسبه به‌دست خواهد آمد. آنالیز رشد را می‌توان براساس تک بوته و در سطح معینی از زمین انجام داد (۳۳ و ۳۶). تولید و تجمع ماده خشک^۲ می‌تواند با دو شاخص مهم سرعت رشد محصول^۳ و سرعت رشد نسبی^۴ که از شاخص‌های مهم مورد استفاده در تجزیه و تحلیل رشد گیاه هستند، مطالعه گردد. سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد که به‌طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان زراعی بکار برده می‌شود. سرعت رشد محصول به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید را در واحد سطح زمین در زمان مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (۱۲ و ۱۹). سرعت رشد نسبی بیان کننده میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه آن در واحد زمان بوده و معمولاً بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود (۲۳). هدف از تعیین و تحلیل شاخص‌های رشد، تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به یک وضعیت محیطی معین است (۳۱). در بسیاری از آزمایشات، شرایط محیطی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در طی سال‌ها و همچنین در یک سال متغیر هستند. بنابراین، برای مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک، تحلیل‌های رشدی باید از تغییرات محیطی کاملاً مستقل باشند. درجه حرارت

- 1 - Leaf Area Index
- 2 - Total Dry Matter
- 3- Crop Growth Rate
- 4- Relative Growth Rate

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش ۱۳۹۲-۹۳

Table 1- Chemical characteristics of studied experimental soil site in 2013-2014

	پتاسیم قابل دسترس Available Potassium (ppm)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (ppm)	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی EC(dS/m ⁻¹)	اسیدیته pH
سال ۱۳۹۳ 2014	210	25.2	0.5	0.07	2.1	7.4

جدول ۲- متوسط حداقل دما، حداکثر دما و میزان بارندگی مکان مورد آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳

Table 2- Annual rainfall, averages maximum and minimum temperatures in experiment location during 2011-2014

سال year	حداقل دما Tmin (°C)	حداکثر دما Tmax (°C)	بارندگی Rainfall (mm)
2011	16.56	33.62	59.9
2012	17.55	33.49	107.8
2013	16.77	32.48	231.0
2014	15.55	36.2	153.1

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کود گاوی و ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Chemical characteristics of Cow manure and Vermicompost used in the experiment

	پتاسیم قابل دسترس Available Potassium (%)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (%)	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی EC(dS/m ⁻¹)	اسیدیته pH
کود گاوی Cow manure	0.72	0.2	10.2	1.25	9.6	7.5
ورمی کمپوست Vermicompost	1.1	0.8	14.2	0.92	7.3	6.3

انجام شد. به منظور ثبت مراحل فنولوژیکی گیاه چای ترش و محاسبه شاخص درجه روز رشد، یک سوم سطح هر کرت، برای اندازه‌گیری صفات رشدی گیاه، طی فصل رشد در نظر گرفته شد. برای تعیین مراحل فنولوژی گیاه، مراحل مختلف نمو تحت عنوان مرحله جوانه‌زنی، سبز شدن، رشد رویشی، ابتدای گل‌دهی (۱۰ درصد)، انتهای گل‌دهی (۱۰۰ درصد)، ریزش برگ‌ها و رسیدگی فیزیولوژیکی (برداشت گیاه) و هر مرحله با قرار گرفتن ۵۰ درصد از گیاهان تحت هر تیمار در آن مرحله ثبت شد (۱۱). شاخص حرارتی^۱ (GDD) با استفاده از رابطه (۱) و آمار اداره هواشناسی منطقه برای هر مرحله رشد گیاه تعیین شد.

$$\text{GDD} = \Sigma[(T_{\min} + T_{\max})/2] - T_b \quad (\text{رابطه ۱})$$

$T_{\max}$ حداکثر درجه حرارت روزانه، $T_{\min}$ حداقل درجه حرارت روزانه و T_b درجه حرارت جوانه‌زنی پایه می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، نمونه‌گیری‌ها از ۳۰ روز

قارچ مایکوریزا (اسپور مخلوط با خاک) به میزان ۵۰ گرم همزمان با کاشت زیر بستر بذر قرار داده شد. گونه‌ی قارچ میکوریز مورد استفاده در این آزمایش قارچ *Glomus mosseae* (تعداد ۱۲۰ اسپور در هر گرم خاک) بود که از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک واقع در اسدآباد همدان تهیه گردید. نیاز آبی گیاه توسط نرم‌افزار AGWAT با استفاده از پارامترهای شوری (ضریب حساسیت، شوری حد آستانه و شیب کاهش عملکرد)، مشخصات گیاهی (ارتفاع و حداکثر عمق ریشه)، ضرایب گیاهی (ابتداء، میانه و انتهای فصل رشد)، خصوصیات و طول دوره رشدی گیاه محاسبه سپس تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه تعیین و آب آبیاری در هر دور آبیاری توسط کنتور ثبت شد (۲). بر این اساس میزان ۹۱۰۰ مترمکعب بر هکتار نیاز آبی ۱۰۰ درصد و ۷۲۸۰ و ۵۴۶۰ متر مکعب بر هکتار بترتیب برای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه محاسبه شد. سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای با کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۱ مترمکعب و مستقل برای هر کدام از تیمارها استفاده شد. برداشت گیاهان در یک مرحله و در تاریخ ۱۰ آذر

که در آن Y شاخص سطح برگ، b حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d ضرایب معادله و t تعداد روز پس از سبز شدن است.

برازش تابع سیگموئیدی (رابطه ۳) برای تغییرات تجمع ماده خشک (TDM) با واحد گرم در متر مربع ($g.m^{-2}$):

$$Y = \frac{a}{1+b.e^{(-ct)}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن که در آن Y ماده خشک با واحد گرم در متر مربع ($g.m^{-2}$)، a حداکثر ماده خشک تولید شده، c میانگین سرعت رشد نسبی، b ضریب معادله و t تعداد روز پس از سبز شدن است.

محاسبه مشتق اول معادله ۳ برای محاسبه سرعت رشد محصول (CGR) با واحد گرم در متر مربع در روز ($g.m^{-2}.d^{-1}$):

$$\frac{dY}{dt} = \frac{a.b.c.e^{(-ct)}}{(1+b.e^{(-ct)})^2} \quad (\text{رابطه ۴})$$

پس از سبز شدن، هر ۳۰ روز یک بار انجام شد. در هر نمونه برداری، گیاهان به طور تصادفی برداشت و پس از جدا کردن برگ ها، سطح برگ آن ها توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ اندازه گیری و سپس همراه با دیگر اجزای گیاهی برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد مورد استفاده قرار گرفتند. وزن نمونه ها پس از خشک شدن توسط ترازوی دیجیتالی ثبت شد. برای نشان دادن روند تغییرات تجمع ماده خشک (DMA)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CG R) و سرعت رشد نسبی (RGR) محصول در طول دوره رشد، وزن خشک و شاخص سطح برگ اندازه گیری شد و با استفاده از روابط ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ نمودارهای مربوطه برازش داده شدند که به قرار زیر می باشند: برازش تابع لجستیک پیک برای تغییرات روزانه شاخص سطح برگ:

$$Y = \frac{a+b.4.(e^{(-(t-c)/d)})}{(1+e^{(-(t-c)/d)})^2} \quad (\text{رابطه ۲})$$

جدول ۴- مقایسه مراحل فنولوژیک گیاه چای ترش تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه ای در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی سال ۱۳۹۳-۹۴

Table 4- The comparison of phenological stage of Roselle by different fertilizer resource and 100% irrigation in 2014-2015

مراحل فنولوژیک Phenological stages	منابع مختلف تغذیه ای fertilizer resources	زمان شروع و پایان begin-end	دوره رشد Growth period (day)	درجه روز رشد GDD
کاشت - سبز شدن Sowing - emergence	Control	May- 10 – 15	5	148.6
	mycorrhiza	May- 10 – 15	5	148.6
	chemical fertilizer	May- 10 – 15	5	148.6
	vermicompost	May- 10 – 15	5	148.6
	cow manure	May- 10 – 15	5	148.6
سبز شدن - ابتدای گل دهی (دوره رویشی) Emergence-beginning of flowering	Control	May 15 – September 27	135	3913.3
	mycorrhiza	May 15 – September 27	135	3913.3
	chemical fertilizer	May 15 – September 27	135	3913.3
	vermicompost	May 15 – September 27	135	3913.3
	cow manure	May 15 – September 27	135	3913.3
ابتدا - انتهای گل دهی Anthesis beginning - end of anthesis	Control	September 27 -October 4	7	183.0
	mycorrhiza	September 27 -October 4	7	183.0
	chemical fertilizer	September 27 -October 4	7	183.0
	vermicompost	September 27 -October 4	7	183.0
	cow manure	September 27 -October 4	7	183.0
انتهای گل دهی - ریزش برگ ها End of Anthesis - leaves falling	Control	October 4-November 11	38	730.1
	mycorrhiza	October 4-November 11	38	730.1
	chemical fertilizer	October 4-November 11	38	730.1
	vermicompost	October 4-November 11	38	730.1
	cow manure	October 4-November 11	38	730.1
ریزش برگ ها - رسیدگی فیزیولوژیک Leaves Falling- maturity	Control	November 11-December 1	19	253.6
	mycorrhiza	November 11-December 1	19	253.6
	chemical fertilizer	November 11-December 1	19	253.6
	vermicompost	November 11-December 1	19	253.6
	cow manure	November 11-December 1	19	253.6

جدول ۵- مقایسه مراحل فنولوژیک گیاه چای ترش تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه‌ای در سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی سال ۱۳۹۳-۹۴

Table 5- The comparison of phenological stage of Roselle by different fertilizer resource and 80% irrigation in 2014-2015

مراحل فنولوژیک Phenological stages	منابع مختلف تغذیه‌ای fertilizer resources	زمان شروع و پایان begin-end	دوره رشد Growth period (day)	درجه روز رشد GDD
کاشت - سبز شدن Sowing - emergence	Control	May- 10 – 15	5	148.6
	mycorrhiza	May- 10 – 15	5	148.6
	chemical fertilizer	May- 10 – 15	5	148.6
	vermicompost	May- 10 – 15	5	148.6
	cow manure	May- 10 – 15	5	148.6
سبز شدن - ابتدای گل‌دهی(دوره رویشی) Emergence-beginning of flowering	Control	May 15 –September 27	135	3913.3
	mycorrhiza	May 15 –September 27	135	3913.3
	chemical fertilizer	May 15 –September 27	135	3913.3
	vermicompost	May 15 –September 27	135	3913.3
	cow manure	May 15 –September 27	135	3913.3
ابتدا - انتهای گل‌دهی Anthesis beginning - end of anthesis	Control	September 27 -October 4	7	183.0
	mycorrhiza	September 27 -October 4	7	183.0
	chemical fertilizer	September 27 -October 4	7	183.0
	vermicompost	September 27 -October 4	7	183.0
	cow manure	September 27 -October 4	7	183.0
انتهای گل‌دهی - ریزش برگ‌ها End of Anthesis - leaves falling	Control	October 4-November 7	34	689.0
	mycorrhiza	October 4-November 11	38	730.1
	chemical fertilizer	October 4-November 11	38	730.1
	vermicompost	October 4-November 11	38	730.1
	cow manure	October 4-November 13	40	752.0
ریزش برگ‌ها - رسیدگی فیزیولوژیک Leaves Falling- maturity	Control	November 7-December 1	23	294.7
	mycorrhiza	November 11-December 1	19	253.6
	chemical fertilizer	November 11-December 1	19	253.6
	vermicompost	November 11-December 1	19	253.6
	cow manure	November 13-December 1	17	231.7

مختلف تغذیه‌ای بسیار مشابه بود (جداول ۴، ۵ و ۶). در مراحل اولیه رشد (جوانه زنی و مرحله رویشی) نیاز حرارتی گیاه در همه تیمارها کاملاً یکسان بود. البته در مراحل پس از گل‌دهی تفاوت‌هایی جزئی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد، این امر نشان از آن دارد که منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آب آبیاری تأثیر چندانی بر درجه روز رشد گیاه نداشتند.

گیاه چای ترش، گیاهی روز کوتاه بوده و گل‌دهی آن بیشتر با رسیدن به روزهای کوتاه تحریک می‌شود. این گیاه طی ماه‌های اول رشد برای جلوگیری از گل‌دهی زودرس نیاز به ۱۳ ساعت نور خورشید دارد (۳۰). با توجه به این‌که چای ترش گیاهی روز کوتاه بسیار حساس به تغییرات طول روز است و گل‌دهی وقتی روزها کوتاه‌تر می‌شوند اتفاق می‌افتد، بنابراین تعیین تاریخ کاشت بیشتر تحت تأثیر طول روز، و کمتر تحت تأثیر نیاز رطوبتی قرار می‌گیرد (۸).

و محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR) با واحد گرم بر گرم در روز ($\text{g.g}^{-1}.\text{d}^{-1}$) با استفاده از مقدار ماده خشک و سرعت رشد محصول:

$$\text{RGR} = \text{TDM} \left(\frac{1}{\text{CGR}} \right) \quad (\text{رابطه ۵})$$

دوام سطح برگ ($\text{m}^{-2}.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$)، ترسیم منحنی LAI نسبت به زمان است و برای محاسبه دوام سطح برگ از رابطه ۶ استفاده شد.

$$\text{LAD} = \frac{(\text{LAI}_1 + \text{LAI}_2) \times (t_2 - t_1)}{2} \quad (\text{رابطه ۶})$$

در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.5، مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. شکل‌ها نیز توسط نرم‌افزار Excel و Sigma plot Ver. 12.5 رسم گردید.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژی گیاه بر اساس درجه روز رشد (GDD)

درجه روز رشد در تیمارهای سطوح مختلف آب آبیاری و منابع

جدول ۶- مقایسه مراحل فنولوژیک گیاه چای ترش تحت تاثیر منابع مختلف تغذیه‌ای در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی سال ۱۳۹۳-۹۴

Table 6- The comparison of phenological stage of Roselle by different fertilizer resource and 60% irrigation 2014-2015

مراحل فنولوژیک Phenological stages	منابع مختلف تغذیه‌ای fertilizer resources	زمان شروع و پایان begin-end	دوره رشد Growth period (day)	درجه روز رشد GDD
کاشت تا سبز شدن Sowing - emergence	Control	May- 10 – 15	5	148.6
	mycorrhiza	May- 10 – 15	5	148.6
	chemical fertilizer	May- 10 – 15	5	148.6
	vermicompost	May- 10 – 15	5	148.6
	cow manure	May- 10 – 15	5	148.6
سبز شدن - ابتدای گل‌دهی (دوره رویشی) Emergence-beginning of flowering	Control	May 15 –September 27	158	4451.0
	mycorrhiza	May 15 –September 27	158	4451.0
	chemical fertilizer	May 15 –September 27	158	4451.0
	vermicompost	May 15 –September 27	135	3913.3
	cow manure	May 15 –September 27	13	3913.3
ابتدا - انتهای گل‌دهی Anthesis beginning - end of anthesis	Control	September 27 -October 4	6	124.3
	mycorrhiza	September 27 -October 4	6	124.3
	chemical fertilizer	September 27 -October 4	6	124.3
	vermicompost	September 27 -October 4	7	183.0
	cow manure	September 27 -October 4	7	183.0
انتهای گل‌دهی - ریزش برگ‌ها End of Anthesis - leaves falling	Control	October 4-November 11	11	199.9
	mycorrhiza	October 4-November 11	11	199.9
	chemical fertilizer	October 4-November 11	11	199.9
	vermicompost	October 4-November 11	38	730.1
	cow manure	October 4-November 12	41	764.1
ریزش برگ‌ها - رسیدگی فیزیولوژیک Leaves Falling- maturity	Control	November 11-December 1	19	237.4
	mycorrhiza	November 11-December 1	19	237.4
	chemical fertilizer	November 11-December 1	19	237.4
	vermicompost	November 11-December 1	19	253.6
	cow manure	November 11-December 1	16	219.6

شاخص سطح برگ (LAI)

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر منابع مختلف تغذیه‌ای (۰/۰۱ p)، سطوح آبیاری (۰/۰۱ p) بر LAI در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین LAI در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه متعلق به تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست بود و کمترین LAI به تیمارهای مایکوریزا و شاهد تعلق داشت (جدول ۸). به نظر می‌رسد با توجه به سبک بودن خاک مزرعه و همچنین دمای بالای هوا در منطقه (جدول ۱ و ۲) طی مرحله رویشی گیاه، استفاده از هر عاملی که امکان نگهداری آب در خاک را فراهم آورد توانسته باعث بالا رفتن محتوای رطوبتی خاک شده و در نتیجه منشأ اثرات مثبت در رشد گیاه و از جمله LAI گیاه باشد، که به نظر می‌رسد کود گاوی و ورمی کمپوست توانسته‌اند در این راستا مطلوب عمل نمایند. نکته قابل توجه تأثیر اندک استفاده از مایکوریزا در خاک بر روند LAI بود، به‌طوری‌که روند تغییرات شاخص سطح برگ در گیاهان تحت تیمار مایکوریزا به‌طور تقریبی برابر با روند تغییرات LAI در تیمار شاهد بود. دمای بالای هوا در

منطقه مورد مطالعه و همچنین خاک سبک و فقیر از مواد آلی، عواملی هستند که می‌توانند بر محتوای آب خاک اثر گذار باشند. در این شرایط مقدار آب آبیاری می‌تواند نقش بسیار مهمی در تأمین رطوبت مورد نیاز و در نتیجه رشد و نمو گیاه ایفا کند. علاوه بر این، وجود مواد آلی مانند کود گاوی در خاک می‌تواند باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک شود که نتایج این آزمایش بر این امر اشاره داشت. از آنجایی‌که حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی حادث می‌شود (۵ و ۲۵)، هر اندازه سطح برگ گیاه در این موقع بیشتر باشد به همان اندازه نیز گیاه قادر به استفاده بهتر و بیشتر از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی بیشتری پیدا می‌کند (۳۴). در بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد، عملکرد کمی و کیفی کاسبرگ چای ترش در نیجریه، بترتیب شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با کودهای تلفیقی (کمپوست به همراه کودهای شیمیایی)، کود شیمیایی و کمپوست بیشتر بود (۱). در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از کودهای آلی سبب شد تا کلیه خصوصیات رشدی گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) از جمله شاخص سطح برگ افزایش یافت (۴).

جدول ۷- میانگین مربعات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک محصول در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه چای ترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری

Table 7- Means of squares of LAI, TDM in growth, flowering and maturity stages of Roselle by fertilizer resources and levels of irrigation

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ Leaf area index			تجمع ماده خشک Total dry matter		
		مرحله رویشی Growth stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله رسیدگی فیزیولوژیک Maturity stage	رشد رویشی Growth stage	مرحله گل‌دهی Flowering stage	مرحله رسیدگی فیزیولوژیک Maturity stage
تکرار Replication	2	0.36ns	0.27ns	0.02ns	5912ns	32629*	15401*
آبیاری Irrigation	2	0.99**	1.31**	0.42**	56259**	125904**	270970**
خطا Error	4	0.01	0.13	0.01	1369	9449	13965
منابع تغذیه‌ای Fertilizer resource	4	0.42**	0.29ns	1.05**	68565**	130539**	440533**
خطا Error	8	0.27	0.07	0.04	1981	3336	10098
آبیاری × منابع تغذیه‌ای Fertilizer resource × Irrigation	8	0.10ns	0.07ns	0.029ns	1595ns	4273ns	5840ns
خطای کل Error	16	0.056	0.14	0.027	1259	6499	4330
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		6.68	8.04	11.82	6.33	7.55	6.4

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

* and **: Significant at %5, %1 level of probability, respectively. ns = not significant

تجمع ماده خشک (TDM)

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر منابع مختلف تغذیه‌ای (p ≤ ۰/۰۱)، سطوح آبیاری (p ≤ ۰/۰۱) بر TDM در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه معنی‌دار شد (جدول ۷). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که TDM در تیمارهای کود گاوی و ورمی‌کمپوست در سه مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه بیشترین مقدار بود و کمترین آن به تیمارهای مایکوریزا و شاهد تعلق داشت (جدول ۸). با توجه به نتایج حاصل از روند شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، روند تجمع ماده خشک قابل انتظار بود و تیمارهای ذکر شده در این شاخص‌ها نیز بیشترین مقادیر را در طول فصل رشد به خود اختصاص دادند. تولید بیشتر برگ و همچنین دوام آن در گیاه جذب بهتر نور خورشید و در نتیجه فتوسنتز و ساخت مواد را به همراه دارد و از این رو بود که

تغییرات این شاخص‌ها با روند تجمع ماده خشک در گیاهان تحت منابع مختلف تغذیه‌ای همخوانی داشتند (جدول ۸ و شکل ۱). افزایش ماده خشک گیاهان نخود (۲۷) لوبیا، بامیه و ذرت (۳۴) و چای ترش (۱۵) توسط محققین گزارش شده بود. سرمدنیا و کوچکی (۳۳) شاخص سطح برگ را بهترین معیار بمنظور تعیین ظرفیت تولید ماده خشک عنوان کردند. چون گیاهان تحت تیمار کودی دامی و ورمی‌کمپوست دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند، لذا همین تیمارها دارای بیشترین وزن خشک نیز بودند. مقدار تجمع ماده خشک در گیاهان تحت سطوح مختلف آب آبیاری نشان داد افزایش مقدار آب آبیاری منجر به افزایش مقدار تجمع ماده خشک در محصول شد، بیشترین میزان تجمع ماده خشک به ترتیب در سطوح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک محصول در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک گیاه چای ترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف آبیاری

Table 8- Means comparison of LAI, TDM in growth, flowering and maturity stages of Roselle by fertilizer resources and levels of irrigation

		شاخص سطح برگ			تجمع ماده خشک		
		Leaf area index			Total dry matter (g/m ²)		
		رشد رویشی	گل‌دهی	رسیدگی	رشد	گل‌دهی	رسیدگی فیزیولوژیک
		Growth stage	Flowering stage	Physiological Maturity stage	Growth stage	Flowering stage	Maturity stage
منبع تغذیه‌ای	Control	3.24c	4.58b	0.95d	453d	907d	792c
	mycorrhiza	3.39bc	4.5b	1.14c	486d	994c	881c
	chemical fertilizer	3.61ab	4.6ab	1.46b	550c	1089b	1098b
	vermicompost cow manure	3.72a	4.61ab	1.55b	582b	1127b	11.56b
فertilizer resources		3.76a	4.96a	1.82a	676a	1281a	1259a
سطح آبیاری	100	3.71a	4.91a	1.50a	609a	1149a	1148a
	80	3.66a	4.72a	1.47a	579b	1083b	1069b
	60	3.24b	4.33b	1.19b	491c	968c	886c
شاهد	100	3.37cdef	4.71abcd	1.06ghi	509efg	1050cd	850fg
	80	3.29def	4.73abcd	0.97hi	455fgh	903ef	815fg
	60	3.07ef	4.31de	0.83i	395h	767f	563h
مایکوریزا	100	3.68abcd	4.70abcd	1.16fgh	497efg	1060cd	1038e
	80	3.45bcde	4.61abcd	1.42cdef	512ef	1046cd	856fg
	60	3.04f	4.43bcde	0.85i	449gh	875ef	748g
کود شیمیایی	100	3.75abc	4.94abcd	1.48cde	579cd	1161abc	1232bc
	80	3.06abc	4.59abcde	1.64bc	550de	1114bcd	1156cd
	60	3.64abc	4.33cde	1.27efg	467fg	993de	906f
ورمی کمپوست	100	3.82ab	4.98abc	1.70abc	651bc	1209ab	1223bc
	80	3.86a	4.55bcde	1.61bcd	603cd	1124bcd	1190c
	60	3.16ef	3.96e	1.35defg	493fg	1050cd	1056de
کود گاوی	100	3.95a	5.21a	1.94a	730a	1267a	1399a
	80	4.00a	5.05ab	1.86ab	706b	1230ab	1330ab
	60	3.23ef	4.63abcd	1.67abc	591cd	1157abc	1158cd

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند

Means followed by similar letters in each column are not significantly according to LSD test ($P \leq 0.05$)

دوام سطح برگ (LAD)

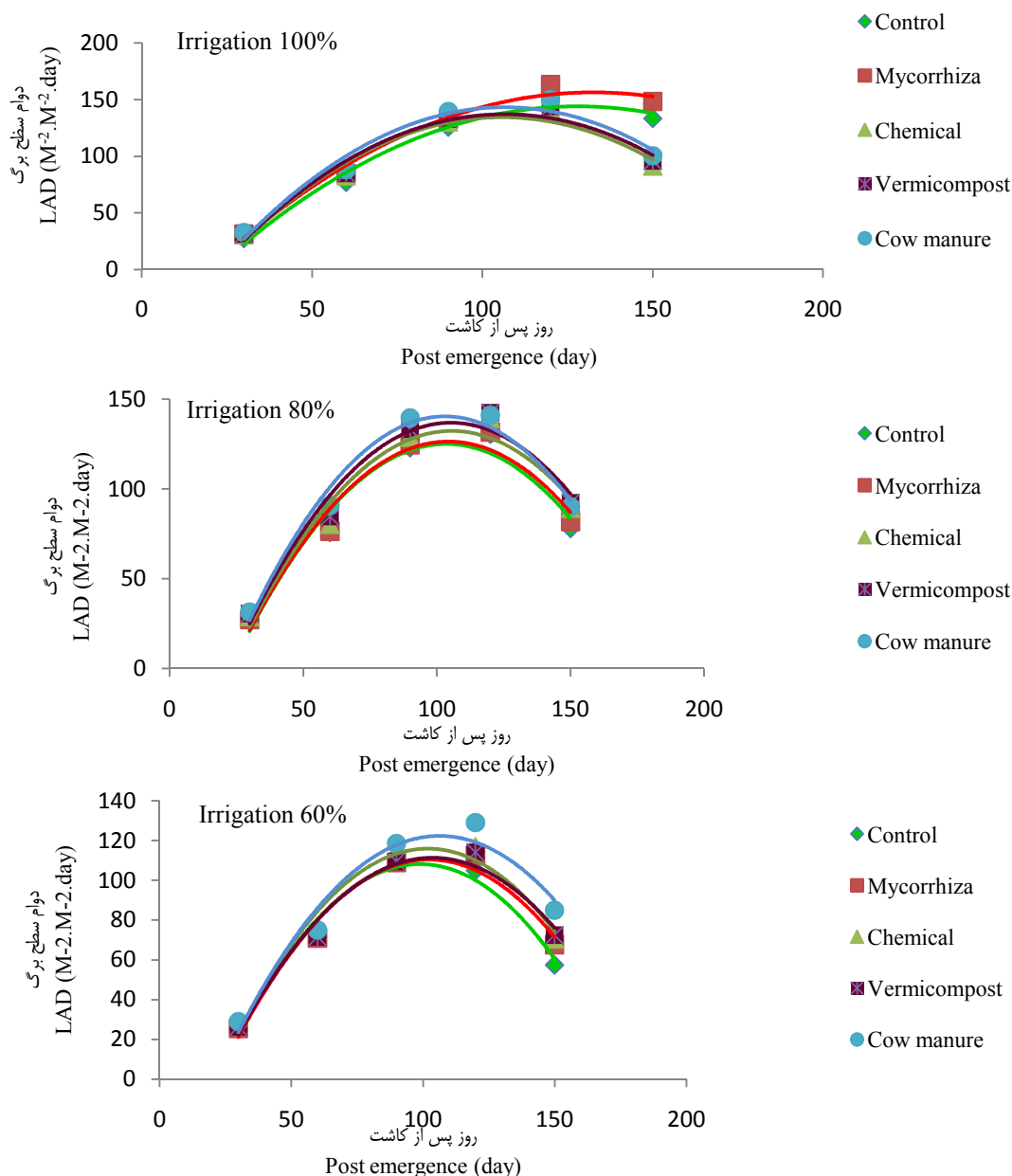
نتایج مربوط به دوام سطح برگ نشان داد که بیشترین LAD در طول دوره رشد گیاه به‌ترتیب به گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی، ورمی کمپوست و کود شیمیایی تعلق داشت. کمترین دوام سطح برگ نیز در تیمارهای شاهد و مایکوریزا مشاهده شد (شکل ۱). توجه به روند LAD در طی فصل رشد نشان داد که افت LAD در هر سه سطح آبیاری پس از مرحله گل‌دهی (تقریباً ۱۲۰ روز پس از سبز شدن که شاخص سطح برگ به حداکثر خود رسید) در تیمار شاهد و مایکوریزا بیشتر از سایر تیمارها بود. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و نوع خاک سبک مزرعه مورد مطالعه، به‌نظر می‌رسد که عامل محدود کننده در این شرایط رطوبت بود و به‌همین دلیل، نتایج نشان داد که تیمارهایی مانند کود گاوی و ورمی کمپوست، علاوه بر تأمین نسبی مواد مغذی گیاه، با افزایش محتوای رطوبت خاک، LAD

بیشتری را به همراه داشتند. LAD نشان دهنده دوام بافت‌های فتوسنتزی جامعه گیاهی است، هرچه انرژی دریافتی خورشید در مدت زمان بیشتری به گیاه برسد ماده خشک بیشتری نیز تولید خواهد شد. به‌همین دلیل است که مقایسه منحنی روند تغییرات LAD با منحنی TDM نشان می‌دهد که در گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست، ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها تجمع پیدا کرد (جدول ۸ و شکل ۱).

ارزیابی تأثیر استفاده از کود شیمیایی در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که این تیمار در مقایسه با تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست، در رتبه سوم از نقطه نظر دوام و شاخص سطح برگ قرار گرفت (جدول ۸ و شکل ۱). این در حالی است که استفاده از نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش LAI و همچنین کاهش سرعت پیری برگ‌ها شود. به‌نظر می‌رسد که محدودیت رطوبت در شرایط این

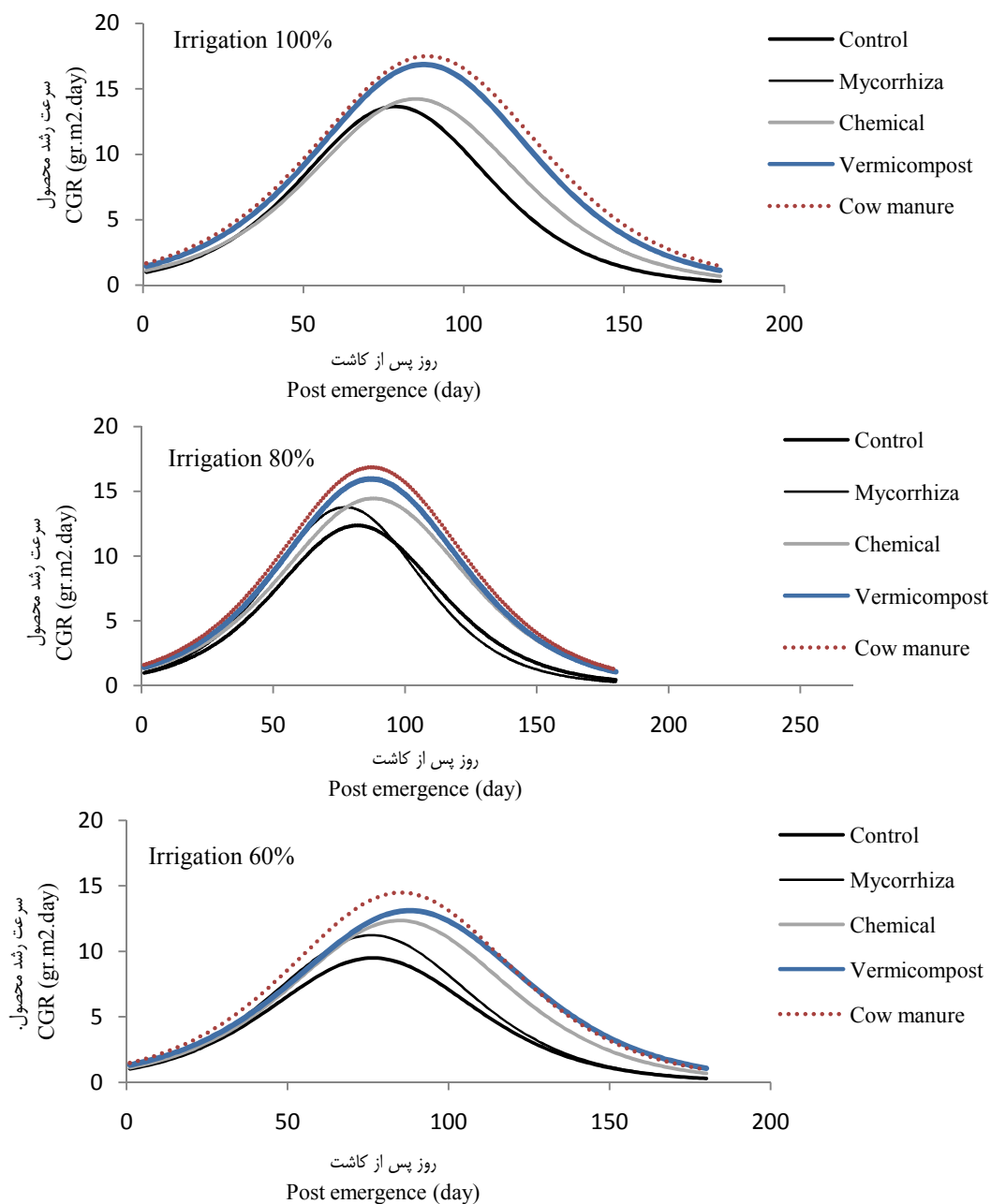
سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و بیشتر شدن محدودیت رطوبتی، تیمار کود گاوی افت کمتری را از این نظر نسبت به سایر تیمارها از خود نشان داد (شکل ۱). تسریع در ریزش برگ و پیری گیاه پس از مرحله گل‌دهی در شرایط تنش رطوبتی، می‌تواند منجر به حصول چنین نتایجی شده باشد.

آزمایش منجر به عدم تأثیر استفاده از کود شیمیایی (در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) و آبشویی نیتروژن به دلیل بافت بسیار سبک و شنی منطقه (در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به میزان قابل انتظار روی LAD و LAI شده باشد. دوام سطح برگ در هر سه سطح آبیاری بین تیمارهای مختلف کودی پس از مرحله گل‌دهی کاهش یافت، اما نکته قابل توجه این‌که با کاهش محتوای رطوبت در تیمار



شکل ۱- دوام سطح برگ گیاه چای ترش تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای

Figure 1- Roselle LAD by levels of irrigation effects and fertilizer resources



شکل ۲- سرعت رشد محصول گیاه چای ترش تحت تأثیر سطوح آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای
Figure 2- Roselle CGR by and levels of irrigation effects and fertilizer resources

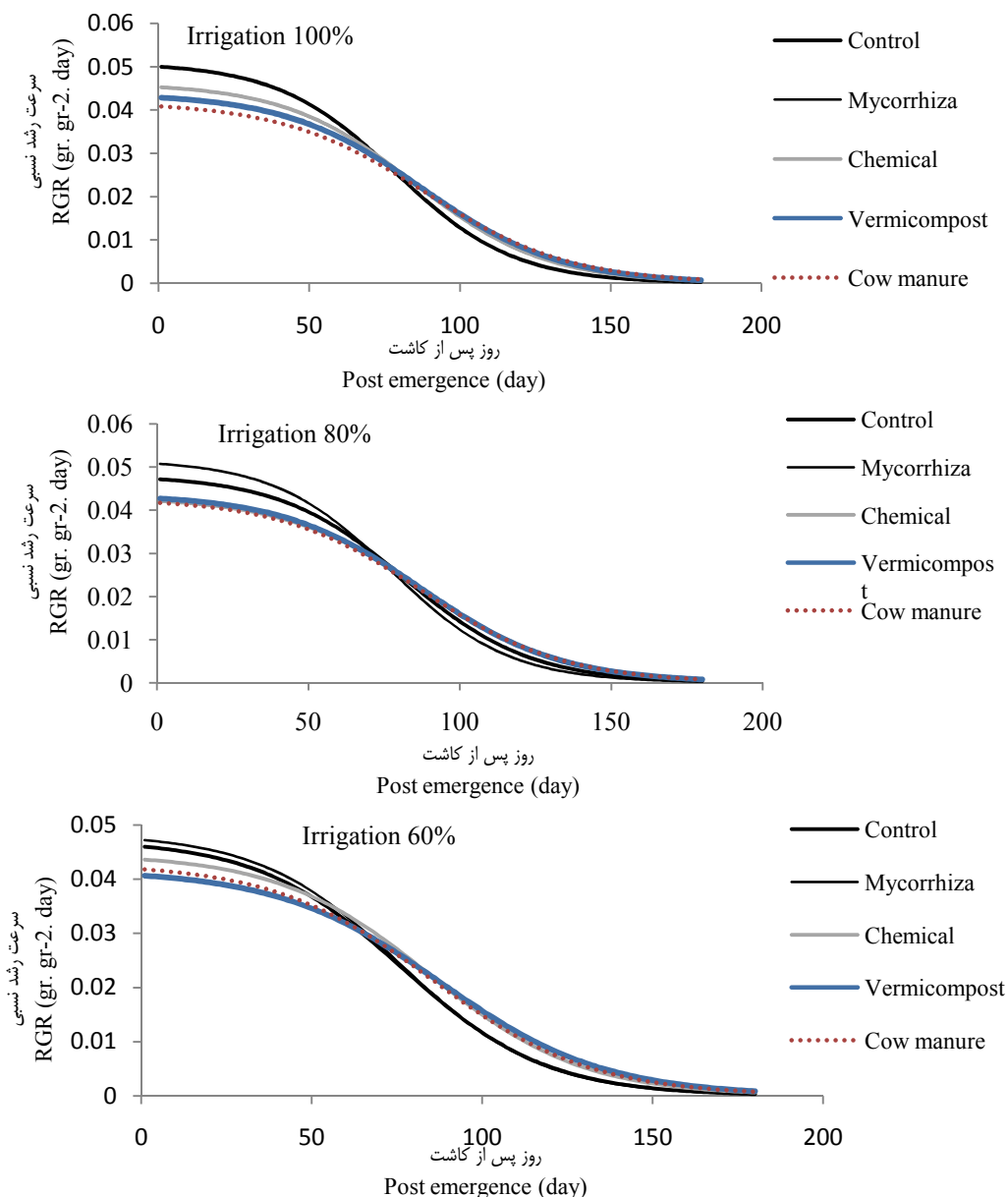
سرعت رشد محصول (CGR)

مقایسه بین سطوح مختلف آبیاری و تأثیر آن‌ها بر روند تغییرات CGR نشان داد که بیشترین مقادیر CGR به ترتیب از گیاهان تحت سطوح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، به دست آمد. میزان کاهش سرعت رشد محصول بین سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه چندان قابل توجه نبود، اما این کاهش در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه افت بیشتری داشت. این امر نشان می‌دهد

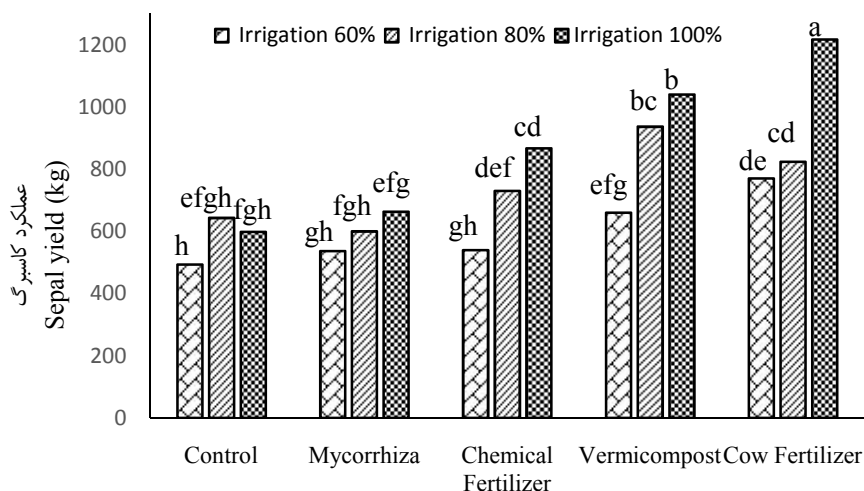
که در سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، گیاه دچار تنش رطوبتی شده و به این ترتیب از راندمان تولید آن کاسته شد. به همین دلیل شاخص دوام سطح برگ آن کاهش یافته و در نتیجه جذب کمتر نور خورشید، سرعت رشد محصول نیز در این تیمار با کاهش زیادی همراه بوده و در نهایت تجمع ماده خشک در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به سطح‌های ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه با کاهش قابل توجهی همراه می‌باشد (شکل‌های ۱ و ۲). بررسی روند کاهش CGR از اواسط فصل رشد و نقطه شروع آن در گیاهان تحت منابع مختلف تغذیه‌ای

در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند منجر به کاهش تولید در گیاه و همچنین افزایش هزینه‌های مربوط به نگهداری برگ‌های با کارایی کمتر شود، که این امر در نهایت باعث کاهش سرعت رشد محصول می‌شود. این شرایط احتمالاً در گیاهان تحت تیمارهای شاهد و مایکوریزا تحت شرایط سطح رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، بوجود آمد.

در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که با کاهش محتوای رطوبت خاک، روند کاهشی سرعت رشد محصول در گیاهان تحت تیمارهای شاهد و مایکوریزا، زودتر از تیمارهای دیگر آغاز شد. به این ترتیب که در تیمارهای کود گاوی، ورمی کمپوست و کود شیمیایی از حدود روز ۸۵ پس از سبز شدن و در تیمارهای شاهد و مایکوریزا از روز حدود ۷۵ پس از سبز شدن روند کاهشی سرعت محصول مشاهده شد. ریزش سریع‌تر و همچنین شروع زودتر پیر شدن و زرد شدن برگ‌ها



شکل ۳- شاخص سرعت رشد نسبی گیاه چای ترش تحت تأثیر سطوح آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای
Figure 3- Roselle RGR by levels of irrigation effects and fertilizer resources



شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف تغذیه‌ای × آب آبیاری بر عملکرد کاسبرگ چای ترش

Figure 1- Interaction effect of fertilizer resource × irrigation level on roselle sepal yield

عملکرد کاسبرگ خشک

تجزیه واریانس عملکرد کاسبرگ نشان داد که اثرات ساده سطوح مختلف آب آبیاری ($p \leq 0/01$) و منابع مختلف تغذیه‌ای ($p \leq 0/01$) بر عملکرد کاسبرگ در واحد سطح معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل منابع مختلف تغذیه‌ای در سطوح مختلف آب آبیاری ($P \leq 0/05$) بر عملکرد کاسبرگ خشک گیاه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین عملکرد کاسبرگ به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و پس از آن به سطح آبیاری ۸۰ درصد و کمترین عملکرد کاسبرگ به سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی تعلق داشت (شکل ۴). این امر نشان می‌دهد که کاهش میزان آبیاری اثرات منفی را در مرحله زایشی گیاه و در نتیجه تولید کاسبرگ به همراه داشت که موید اهمیت محتوای رطوبت خاک در شرایط آزمایش می‌باشد. در واقع برای تولید در مرحله زایشی، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و زمینه‌سازی تولید اندام‌های مختلف زایشی از جمله میوه، گل و دانه دارد. تاثیر تنش رطوبتی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد تولیدی در گیاهان شود (۳۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج بررسی مراحل رشد گیاه چای ترش براساس روزهای پس از کاشت در شرایط مزرعه و اقلیم منطقه جیرفت نشان داد که درجه روز رشد سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف تغذیه‌ای، بسیار مشابه بود، این امر نشان از آن دارد که منابع مختلف تغذیه‌ای و سطوح مختلف

سرعت رشد نسبی (RGR)

روند تغییرات RGR محصول در گیاهان تحت تیمارهای مختلف کودی در هر سه سطح آبیاری در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود شیب نزولی در تیمارهای کود گاوی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی مشابه یکدیگر می‌باشد. این در حالی است که شیب نزولی در تیمارهای شاهد و میکوریزا شدت بیشتری صورت داشت که نشان دهنده کاهش تولید مواد نسبت به وزن قبلی در واحد زمان است. علاوه بر این مقایسه RGR بین سطوح مختلف آبیاری نشان می‌دهد که این شدت کاهش بسته به محتوای رطوبت خاک در یک زمان از فصل رشد شروع نشده و در گیاهان تحت سطح آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به دو سطح آبیاری دیگر، در زمان زودتری از فصل رشد شروع شد. این امر کاهش شتاب تولید مواد در نتیجه کاهش اندام‌های تولید کننده و همچنین افزایش اندام‌های مصرف کننده در شرایط تنش رطوبتی را نشان می‌دهد.

با افزایش سن گیاه بافت‌های ساختمانی که از نظر متابولیسی فعال نبوده و در فتوسنتز نقشی ندارند نیز به گیاه افزوده می‌شوند که به این ترتیب نسبت بافت‌های فعال فتوسنتز کننده نسبت به بافت‌های غیر فعال، کاهش یافته و در نتیجه با افزایش سن گیاه میزان تولید ماده خشک نسبت به ماده خشک قبلی کاهش می‌یابد و به همین دلیل با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی گیاه کاهش پیدا می‌کند (۱۹). کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه توسط سایر محققان نیز مورد تایید قرار گرفته است (۳۲).

کاربرد تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد بر این اساس و با توجه به شرایط خاکی و اقلیمی محل مورد مطالعه، استفاده از تیمارهای کود گاوی یا ورمی کمپوست در کنار میزان آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، جهت صرفه جویی مصرف آب آبیاری که در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت بوده و به منظور تولید عملکرد گیاه چای ترش مناسب می باشد.

آبیاری تأثیر چندانی روی درجه روز رشد گیاه نداشتند. این طور به نظر می رسد آغاز گل دهی گیاه چای ترش بیشتر تحت تأثیر فتوپریودیسم بوده است و میزان آب دسترس گیاه و تغذیه آن تأثیر بسیار اندکی داشته دارد. ارزیابی روند تغییرات شاخص و دوام سطح برگ، روند تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول نیز بر اهمیت و تأثیر بیشتر کود گاوی و ورمی کمپوست تأکید داشتند. در بین گیاهان تحت تیمارهای آزمایشی، بیشترین میزان عملکرد کاسبرگ در نتیجه ی

منابع

- 1- Akanbi W.B., Olaniyan A.B., Togun A.O., Ilupeju A.E.O., and Olaniran O.A. 2009. The Effect of organic and inorganic fertilizer on growth, calyx yield and quality of Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 3(4): 652-657.
- 2- Alizadeh A., and Kamali Gh. 2008. Crop water Requirement in Iran. Astan Quds Razavi. Second edition.
- 3- Al-Wandawi H., Al-Shaikhly K., and Abdul-Rahman M. 1984. Roselle seed a new protein source. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32: 510-512.
- 4- Amin Ghafoori A., Rezvani Moghaddam P., Nassiri Mahallati M., Khorramdel S., and Ebrahimian A. 2013. Evaluation of growth characteristics of castor (*Ricinus communis* L.) by organic fertilizers. Iranian Horticultural Science Congress. September 2013. Hamadan. Bu Ali Sina University. (In Persian)
- 5- Bovetchko S.M., and Tewaris J.P. 1990. Root colonization of different hosts by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*. Journal of Plant and Soil, 129:131-136.
- 6- Dahmarch M., and Heidari H. 2015. Study of Botanical properties and Medicinal purposes of Roselle Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.). The first scientific conference of biology and Iranian Horticultural Science. 6 August 2015. (In Persian)
- 7- D'Heureux-Calix F., and Badrie N. 2004. Consumer acceptance and physicochemical quality of processed red sorrel/roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) sauces from enzymatic extracted calyces. Food service technology journal, 4: 141-148.
- 8- Duke J.A. 1983. Hand book of Energy crops.
- 9- Duke J.A. 1993. Medicinal plants and the pharmaceutical industry. In New Crops, (eds.), Janick, J and Simon, J.E. John Wiley & Sons, Inc., New York, 664-669.
- 10- Duke J.A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research, 17(3):91-110.
- 11- Elizabeth O., Ajibade D., Gabriel A., and Folorunsho A.E. 2013. Phenological Studies of Two Varieties of *Hibiscus cannabinus* Linn in Ile-Ife, South West, Nigeria. Journal of Biology Agriculture and Healthcare, 3(8): 49-57.
- 12- Eslami V. 1994. The effect of climate parameters on dry matter accumulation, seed yield and stem elongation of rained farming wheat (*Triticum Sativum* L.). MSc thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).
- 13- Facciola S. 1990. Cornucopia-A source book of edible plants. Kampong Publications. 1990 ISBN 0-9628087-0- 9.
- 14- Gad N. 2011. Productivity of roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) plant as affected by cobalt and organic fertilizers. Journal of Applied Sciences Research, 7:1785-1792.
- 15- Gendy A.S.H., Said-Al H.A.H., and Abeer Mahmoud A. 2012. Growth, Productivity and Chemical Constituents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Plants as Influenced by Cattle Manure and Biofertilizers Treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(5): 1-12.
- 16- Ghosh P.K., Ramesh P., Bandyopadhyay K.K., Tripathi A.K., Hati K.M., Misra A.K., and Acharya C.L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-N.P.K on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. Crop yields and system performance. Bioresource Technology, 95:77-83.
- 17- Heidarian E., and Rafieian-Kopaei M. 2012. Effect of silymarin on liver phosphatidate phosphohydrolase in hyperlipidemic rats. Biological Sciences Research, 9(2): 59-67.
- 18- Hughes S.G., Bryant J.A., and Smirinoff N. 1989. Molecular biology, application to studies of stress tolerance. In: Plants under stress. Hamlyn, G.J., Flowers, T.J., Jonea, M.B. (eds.), New York: Cambridge University Press, 131-135.
- 19- Karimi M.M., and Siddique K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat

- cultivars. Australian Journal of Agriculture Research, 42:13-20.
- 20- Karimian M.A., Mir B., Beidarnameni F., and Koshteh Gar A. 2016. Evaluation of yield and yield component Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in intercropping with bean (*Vigna unguiculata* L.) by manure fertilizer and planting pattern. The Second Congress of Agricultural Sciences and resources, Gorgan, education and research engineering company Barvgstr Pars, Teachers University, Golestan, Iran. (In persian).
- 21- Koble L.S. 1968. An Introduction to Botany of Tropical Crops, vol. 2, London, Longman, PP: 95-98.
- 22- Koocheki A.R., Soltani A., and Azizi M. 1997. Plant Ecophysiology (translate). Mashhad ACECR publications. 271 p.
- 23- Koocheki A.R., Nassiri Mahallati M., Khorramdel S., Anvarkhah S., Sabet Teimoori M., and Sanjani S. 2010. Study of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in both intercropping with additive and replacement. Journal of Agroecology, 2(1): 27-36. (In Persian with English Summary).
- 24- Malakooti J. 1996. Sustainable agriculture and yield increase whith fertilizer optimization in Iran, Publication research, education and agricultural extension. p 297.
- 25- Manaffee W.F., and Kloepper J.W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota management in sustainable farming syshoots, Pankburst, C. E. , Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R., and Grace, P. R. (eds.), pp:23-31. CSLRO, pub. East Melbourne: Australia. Management. Soil Science Society of America Journal, 61: 877-883 .
- 26- Menham N.J., Shipway P.A., and Scott R.K.S. 1981. The effects of seed size, autumn nitrogen and plant population density on the response to delayed sowing in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). The Journal of Agricultural Science, 96: 417-428 .
- 27- Mohammadi A., Asghari H.R., and Gholami A. 2013. The effect of mycorrhiza fungi and Phosphorus fertilizer on some of growth indices chickpea (*Cicer arietinum* L.) Hashem Var. Journal of Agroecology, 5 (3): 263-271.
- 28- Morton J.F. 1987. Roselle. In: Fruits of Warm Climates, Florida Flair Books, Miami (Ed), USA, 281-286 .
- 29- Research Station Agricultural Meteorology. 2014. Miandeh, Jiroft, Kerman, Iran.
- 30- Roberts Mc.Ca. 2005. Hibiscus production Manual (*Hibiscus sabdariffa* L.) Herb Research Foundation.
- 31- Russel M.P., Wilhelm W.W., Olson R.A., and Power J.F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science, 24: 28-32.
- 32- Sarhadi M., Zand A., Baghstani M., Meibodi M.A. and Mohtasabi R. 2010. The effect of planting different methods of corn (*Zea mays* L.) to inhibit weed, growth index and corn seed yield. Pajouhesh & Sazandgi Journal, 88: 78 - 86. (In Persian with English Summary).
- 33- Sarmadnia Gh., and Koocheki A. 1989. Crop Physiology. Publications University of Mashhad. p 467.
- 34- Samiran R., Kusum A., Biman K.D., and Ayyanadar A. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and, *Abelmoschus esculentus*. Applied Soil Ecology, 45, 78-84.
- 35- Sharma, R. 2004. Agro-Techniques of MedicinalPlants. Daya Publishing House, Delhi, p 264.
- 36- Siddique K.H.M., Belford R.K., Perry M.W., and Tennant D. 1989. Growth development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean type environment. Australian Journal of Agriculture Research, 40: 473-487.
- 37- Sreevalli Y., Baskaran K., Chandrashekara R., kuikkarni R., Sushil Hasan A., Samresh D., Kukre J., Ashok A., Sharma Singh K., Srikant S., and Rakesh T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in Petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22: 356-358.



The Study of Organic, Chemical and Biological Fertilizers on Thermal Requirements, Developmental Stages and some of Physiological Indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) by Irrigation Levels

B. Parsa Motlagh¹- P. Rezvani Moghaddam^{2*}- R. Ghorbani³- Z.A. Azami Sardooei⁴

Received: 01-01-2017

Accepted: 29-11-2017

Introduction: Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is an annual or biennial plant cultivated in arid and semiarid regions. This plant is grown in parts of Africa, Asia, America and Australia. This plant is ecologically short day, self-pollinated and sensitive to cold and freezing stress. Studies conducted on the medicinal plants in natural ecosystems suggested that using sustainable agriculture system provides the best conditions for the production of these plants, leading to maximum qualitative and quantitative yield in such conditions. In order to analyze the growth indices, leaf area index (LAI) and total dry matter (TDM) is required. Other indices were calculated from LAI and TDM. Considering the importance of resistance to drought stress of roselle, this plant cultivate in provinces of Kerman and Fars recently. In order to evaluate the effect of organic, chemical and biological fertilizers on thermal requirements, developmental stages and some of physiological indices of roselle by irrigation levels, was conducted in Jiroft area.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of organic, chemical and biological fertilizers on thermal requirements, developmental stages and some of physiological indices of roselle by irrigation levels, an experiment was conducted at Agricultural Research Farm Jiroft of University in 2013-2014 growing season. The experiment was conducted as strip plot based on a randomized complete blocks design with three replications. Three irrigation regimes (100%, 80% and 60% of crop water requirement) were assigned as horizontal factor and four fertilizer resources (mycorrhiza, vermicompost, cow manure and chemical fertilizer (NPK)) were allocated as vertical factor. Plant water requirement was calculated by using salinity parameters (sensitivity coefficient, salinity threshold and gradient of yield reduction), plant characteristics (height and the maximum depth of root), vegetation coefficients (first, middle and end of growth season), characteristics and duration of growth period with AGWAT software. Then, treatments of 80% and 60% of plant water requirements were determined and irrigation water per irrigation period was recorded by the water meter. As drip irrigation system with 0.001 Sq. M. were independently used for each treatment. Traits such as LAI, TDM, LAD, CGR and RGR indices and dry sepal yield were measured. All data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS 9.3 software. When F test indicated statistical significance at $P < 0.01$ or $P < 0.05$, the least significant difference (LSD) was used to separate the means. Figure drawing was done with Excel and Sigmaplot Ver. 12.5

Results and Discussion: The results indicated that roselle is short-day plant and its flowering is stimulated by nearing the short days. Fertilizer resources and irrigation water levels had not significant effect on flowering of plant. Also fertilizer resources and irrigation water levels had significant effect on LAI and TDM. The highest LAD value was found in the cow manure and vermicompost treatments. The highest CGR value was obtained from 100%, 80% and 60% respectively. Growth reduction between irrigation levels 100% and 80% was not significant. Slope decline between irrigation levels (i.e., 100% and 80%) was similar. Slope decline in control and mycorrhizal more than vermicompost, cow manure and chemical fertilizer. Similar results also reported by Gendy et al., (2012) and Samiran et al., (2010). The results showed that the interaction of Fertilizer resource and levels irrigations on the sepal yield was significant. Sepal yield at all three levels of irrigation showed increase in the plants treated with cow manure, vermicompost and chemical compared with mycorrhizal and control treatment. The highest sepal yield (1217 kg.ha^{-1}) was obtained from 100% crop water requirement cow manure treatment and the lowest sepal yield (493 kg.ha^{-1}) was obtained at 60% crop water requirement control treatments.

Conclusion: It seems that among the different fertilizer resources, cow manure and vermicompost have a greater impact on soil water holding compared to other sources of fertilizers (mycorrhiza and chemical fertilizer) by increasing soil organic matter. The results of Growth indices analysis, growth degree days and phenology

1 - PhD of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran

2 and 3- Professors, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran

assessment indicated that the most leaf area index and dry matter was observed at flowering stage and the beginning of flowering roselle was under the influence of photoperiod. Due to soil and climatic conditions of the study area, using cow manure or vermicompost with 80% of the irrigation water requirement, roselle plant seems appropriate.

Keywords: Agronomic important traits, Drought stress, Growth Degree Day, Mycorrhiza



تأثیر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر عارضه نکروز چوب خوشه انگور رقم بی دانه

سفید

حامد دولتی بانه^{۱*} - مرضیه محمدزاده^۲ - فرخ غنی شایسته^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

چکیده

نکروزه شدن چوب خوشه انگور یک ناهنجاری فیزیولوژیکی است که از طریق ایجاد لکه‌های نکروزه باعث خشک شدن و ریزش گل و حبه‌های انگور می‌شود. به منظور بررسی اثرات محلول پاشی کلسیم، منیزیم و هورمون اسید جیبرلیک و ارتباط بین غلظت عناصر مختلف در برگ و چوب خوشه با عارضه نکروزه شدن خوشه انگور، پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در یکی از تاکستان‌های ارومیه بر روی انگور رقم بی دانه سفید انجام گرفت. بعد از اتمام مرحله تمام گل و یک هفته بعد، تاک‌ها دو و پنج بار با کودهای سولفات منیزیم و کلرید کلسیم با غلظت ۲ درصد به تنهایی و در ترکیب با هم محلول پاشی شدند. همچنین محلول پاشی هورمون جیبرلین در دو مرحله (۷۰ درصد گلدهی با غلظت ۲۰ پی‌پی‌ام و مرحله تشکیل میوه با غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام) انجام پذیرفت. در مرحله شروع رسیدگی حبه‌ها شدت علایم عارضه روی خوشه‌ها و غلظت عناصر معدنی (نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نسبت پتاسیم به مجموع کلسیم و منیزیم) در چوب خوشه و برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که محلول پاشی عناصر منیزیم و کلسیم تأثیر مثبتی در کاهش بروز عارضه نکروز چوب خوشه انگور داشت. بیشترین و کمترین شدت این عارضه به ترتیب در نمونه‌های تیمارهای شاهد و دو بار محلول پاشی شده با سولفات منیزیم دو درصد مشاهده شد. هر چند غلظت عناصر مختلف در برگ و چوب خوشه تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفت ولی ارتباط منطقی و مشخصی بین غلظت عناصر مختلف در برگ و چوب خوشه با عارضه نکروز چوب خوشه، مشاهده نشد. نتایج به طور کلی نشان داد که محلول پاشی کودهای حاوی عناصر منیزیم و کلسیم می‌تواند در کاهش عارضه نکروز چوب خوشه انگور مؤثر باشد. در حالیکه محلول پاشی هورمون جیبرلین نقشی در کاهش شدت ناهنجاری نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، تاک، حبه، ریزش، ناهنجاری

مقدمه

انگور نکروزه شدن چوب خوشه است (۲۸) که در اغلب تاکستان‌های دنیا در دو مرحله متفاوت فنولوژیکی ظاهر می‌شود. در مرحله شروع گلدهی تا تشکیل غوره که گل‌ها و دم‌گل یا دم‌غوره‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند که به آن نکروز گل آذین یا نکروز زود هنگام چوب خوشه نیز گفته می‌شود. در حالیکه نکروز دیر هنگام چوب خوشه در زمان‌های مختلف بعد از شروع تغییر رنگ حبه‌ها رخ می‌دهد که در این مرحله بافت‌های چوب خوشه تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۳ و ۱۵). به خوبی مشخص شده که عارضه‌ی نکروز چوب خوشه در نتیجه‌ی واکنش انگور به شرایط آب و هوایی، حاصلخیزی خاک، تغذیه، عوامل هورمونی، هرس و همچنین فاکتورهای دیگری از جمله رقم و پایه می‌باشد (۱۲).

در مورد تأثیر رقم و پایه در بروز این عارضه بیان شده که این عارضه در ارقام سلطانی، فلیم سیدلس^۴ و کالمریا^۵ بیش‌تر از ارقام

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در دنیا به‌شمار می‌رود که عملکرد و کیفیت این میوه تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله شرایط اقلیمی منطقه رشد، رقم، مدیریت تاکستان قبل و بعد از برداشت و همچنین ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی می‌باشد (۲۶). از جمله ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی

۱- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

(*) - نویسنده مسئول: (Email: ah_dolati@yahoo.com)

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته علوم باغبانی دانشگاه ارومیه
۳- مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

DOI: 10.22067/jhort4.v32i1.61849

4 - Flame seedless

5 - Calmeria

خوشه مبتلا به این عارضه در مقایسه با بافت سالم گزارش شده است (۵). با این وجود در برخی از مطالعات بین غلظت عناصر برگ و نکرور چوب خوشه ارتباطی مشاهده نشده است (۱۲).

در تعدادی از مطالعات گزارش شده که کاربرد کلسیم به صورت خاکی یا محلول پاشی برگی می تواند شیوع نکرور چوب خوشه را در برخی از ارقام انگور کاهش دهد اما در تعدادی دیگر این نتایج تأیید نشده و ارتباط قطعی بین غلظت عناصر کلسیم و منیزیم و شیوع نکرور زود هنگام چوب خوشه گزارش نشده است (۲۱).

از آنجایی که نکرور چوب خوشه انگور یکی از ناهنجاری های فیزیولوژیکی مهم انگور بی دانه سفید در استان آذربایجان غربی می باشد (۲۶) و هر ساله خسارت مالی زیادی به باغداران وارد می نماید، این تحقیق به منظور بررسی اثر تیمارهای تغذیه ای با عناصر کلسیم و منیزیم و هم چنین محلول پاشی تنظیم کننده رشد جیبرلین بر کاهش نکرور چوب خوشه در انگور رقم بی دانه سفید انجام پذیرفت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثرات عناصر کلسیم و منیزیم و هورمون جیبرلین بر کاهش نکرور چوب خوشه انگور رقم بی دانه سفید، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار، در سال ۱۳۹۰ روی ۲۴ بوته انگور رقم بی دانه سفید در یکی از تاکستان های روستای کولق واقع در شهرستان ارومیه انجام پذیرفت.

تیمارها شامل شاهد (محلول پاشی با آب)، محلول پاشی با کودهای سولفات منیزیم و کلرید کلسیم به صورت جداگانه و تیمار ترکیبی آن ها هر کدام با غلظت ۲ درصد در دو نوبت (اواخر گلدهی و یک هفته پس از گلدهی) و پنج نوبت (اواخر گلدهی، یک، سه، پنج و هفت هفته پس از گلدهی) و محلول پاشی خوشه ها با هورمون جیبرلین در دو مرحله (۷۰ درصد گلدهی با غلظت ۲۰ پی پی ام و در زمان تشکیل میوه با غلظت ۴۰ پی پی ام) بودند. بوته های انگور تحت آزمایش دارای هشت سال سن، تربیت از نوع کوردون دوطرفه و دو طبقه و به صورت نشی آبیاری می شدند. از هر بوته مورد آزمایش شش خوشه انتخاب و علامت گذاری شدند و اندازه گیری فاکتورهای مورد نظر بر روی این خوشه ها انجام پذیرفت.

پس از اعمال تیمارها تعداد خوشه های دچار شده به نکرور چوب خوشه در زمان تغییر رنگ حبه ها شمارش شد و به صورت درصد بیان گردید. غلظت عناصر معدنی (نیتروژن، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، و نسبت پتاسیم به مجموع کلسیم و منیزیم) در برگ و چوب خوشه در زمان تغییر رنگ میوه در نیمه دوم تیرماه اندازه گیری شدند.

غلظت نیتروژن در نمونه های گیاهی (برگ مقابل خوشه و چوب خوشه) به روش تقطیر و تیتراسیون با استفاده از دستگاه میکروکجلاال، پتاسیم به روش نشر شعله ای به وسیله فلیم فتومتر و

دیگر می باشد. هم چنین بروز نکرور چوب خوشه در پایه های قوی رشد یا پایه هایی که بیش تر علایم کمبود منیزیم (از جمله 45-53 M و 161-49c So₄) را نشان می دهند بیش تر می باشد (۱۲). عواملی از جمله بارندگی زیاد، هوای سرد، گرما و خشکی در طی زمان های قبل از گلدهی، دوره گلدهی و تغییر رنگ حبه ها باعث افزایش شیوع نکرور چوب خوشه می شوند (۲). هم چنین تأثیر سایه در بروز این عارضه در دوره پس از گلدهی نسبت به سایه اندازی در طول دوره های پیش از گلدهی یا نزدیک به رنگ گیری، شدیدتر است (۱۷). رطوبت نسبی بالا شیوع نکرور چوب خوشه را بیش تر از گرما یا سرما تحت تأثیر قرار می دهد (۱۴). شدت عارضه ی نکرور چوب خوشه در تاک هایی با رشد رویشی زیاد (در نتیجه هرس شدید، آبیاری فراوان و یا کوددهی نیتروژن یا پتاسیم) یا تاک های با محصول فراوان، بیش تر بوده است (۱۷ و ۱۸). از آنجایی که یکی از عوامل مؤثر در ایجاد نکرور چوب خوشه، رقابت بین منابع رویشی و زایشی بر سر مواد غذایی است، کاربرد جیبرلین می تواند جذب مواد غذایی را از نوک شاخه به سمت گل ها و حبه ها منحرف کند، بنابراین افزایش انتقال مواد غذایی ممکن است منتج به کاهش درصد عارضه شود (۲۰). کاربرد جیبرلین روی خوشه گل یا گل آذین باعث کاهش شیوع نکرور چوب خوشه شده است (۱۷). در آلمان مصرف ۱۰۰ پی پی ام اسید جیبرلیک درست قبل از شروع رسیدگی در رقم "Riesling" باعث کاهش ۹۹-۸۹ درصدی بروز عارضه نکرور دیر هنگام چوب خوشه شده است، با این وجود تأثیر منفی جیبرلین بر جوانه زنی و تشکیل میوه در سال آینده، کاربرد این هورمون را در این رقم محدود ساخته است (۱۱).

در بسیاری از مطالعات وقوع عارضه نکرور چوب خوشه را به کمبود کلسیم یا منیزیم نسبت می دهند (۹). تحقیقات انجام گرفته در فرانسه، آلمان، ایتالیا و سوئیس تأکید دارند که عدم وجود تعادل بین عناصر پتاسیم، کلسیم و یا منیزیم در بافت های چوب خوشه و برگ انگور منتهی به این عارضه می شود (۷). به دلیل وجود رقابت منفی بین جذب پتاسیم با دو عنصر کلسیم و منیزیم، مقادیر بالای پتاسیم منجر به کمبود منیزیم و کلسیم می شود و اغلب عدم تعادل بین غلظت عناصر پتاسیم، منیزیم، کلسیم و نیتروژن در چوب خوشه و بافت برگ علت نکرور چوب خوشه گزارش شده است (۱). گزارش شده که نسبت پتاسیم به منیزیم و یا پتاسیم به کلسیم بعلاوه منیزیم در دمبرگ ها و انشعابات خوشه تا مرحله تغییر رنگ حبه ها افزایش و سپس کاهش می یابد که علائم اولیه این عارضه با این تغییرات ارتباط دارد. تعدادی از ارقام حساس به این عارضه مانند رقم Gewurztraminer دارای نسبت بالاتر پتاسیم به کلسیم بعلاوه منیزیم در بافت چوب خوشه در مقایسه با ارقام کم تر حساس مانند sylvaner می باشند (۱۰). اما این یافته در تمامی ارقام صادق نیست به طوریکه در رقم "تامسون سیدلس" نسبت پایین تر پتاسیم به کلسیم و منیزیم در بافت چوب

معنی داری داشت. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، محلول پاشی تیمارهای سولفات منیزیم ۲ درصد در دو و پنج نوبت و هم‌چنین کلرید کلسیم با غلظت ۲ درصد در پنج نوبت سبب کاهش معنی‌دار این عارضه نسبت به تیمار شاهد گردید، که این نتایج بیانگر تأثیر بیش‌تر منیزیم نسبت به کلسیم بر کاهش شدت این عارضه می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان این عارضه به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و سولفات منیزیم دو درصد در پنج نوبت مشاهده شد (شکل ۱).

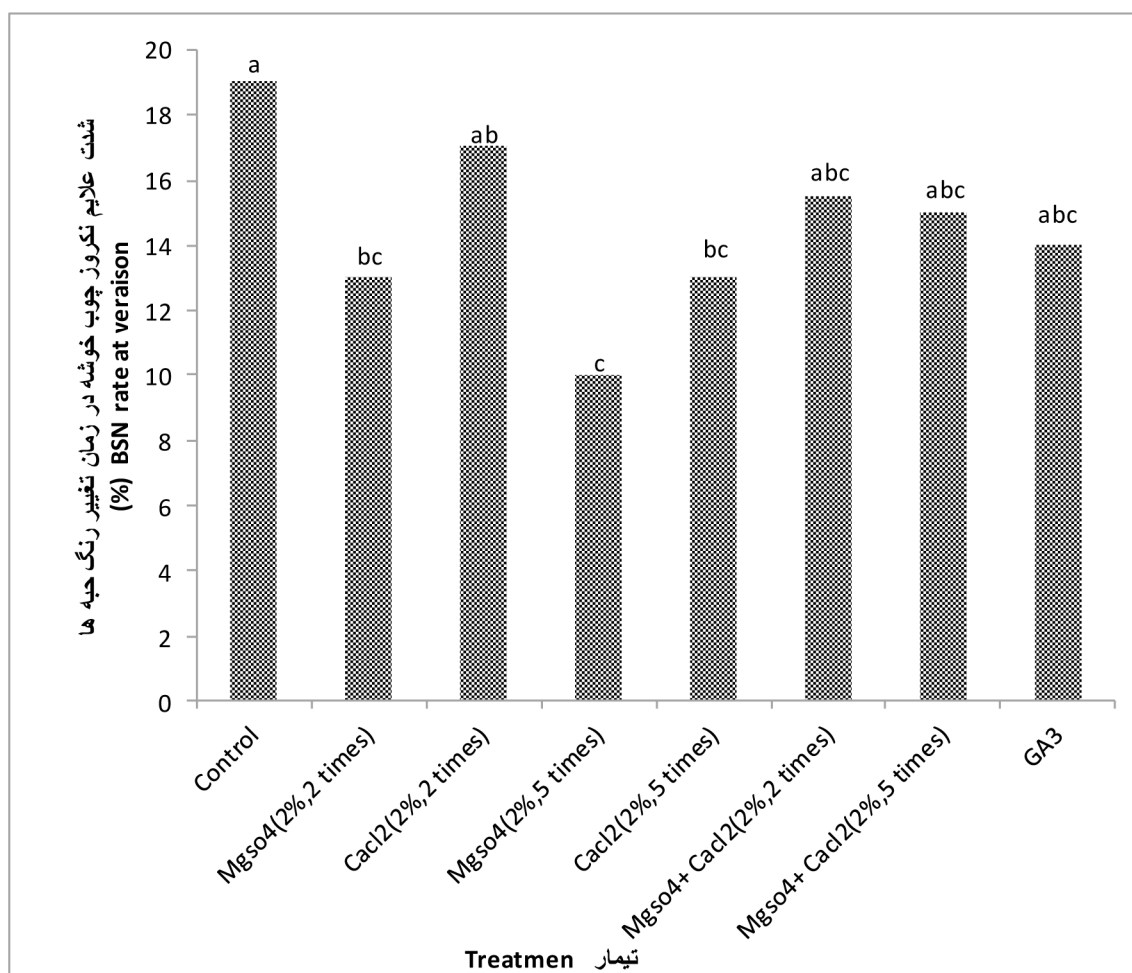
غلظت عناصر کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی (با استفاده از دستگاه مدل Perkin Elmer) اندازه‌گیری شدند (۸).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ آنالیز شدند و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. هم‌چنین رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

شدت بروز عارضه نکروز چوب خوشه انگور

محلول پاشی بر شدت عارضه در مرحله تغییر رنگ حبه‌ها تأثیر



شکل ۱- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر شدت عارضه نکروز چوب خوشه در زمان تغییر رنگ حبه‌های انگور رقم بی‌دانه سفید ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Figure 1- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on Bunch Stem Necrosis (BSN) incidence on veraison phase of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level.

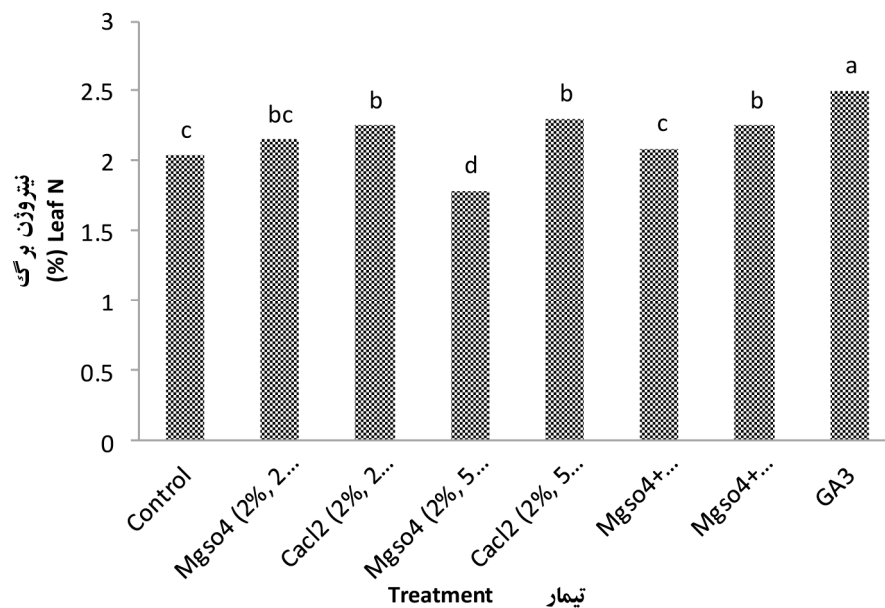
مناسب و با تعداد دفعات کافی در طی فصل رشد بتواند شدت

به‌نظر می‌رسد که کاربرد دو عنصر منیزیم و کلسیم با غلظت‌های

اثر تیمارها بر میزان عناصر غذایی برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی کلرید کلسیم، سولفات منیزیم و جیبرلین اثر معنی‌داری بر غلظت عناصر معدنی (نیتروژن، کلسیم، پتاسیم و منیزیم) در برگ و چوب خوشه داشت. بررسی نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین غلظت نیتروژن در برگ تاک‌های محلول‌پاشی شده با هورمون اسید جیبرلیک و کم‌ترین غلظت آن مربوط به تیمار سولفات منیزیم در پنج نوبت بود که کم‌ترین درصد عارضه نکروزه شدن چوب خوشه نیز مربوط به همین تیمار بود (شکل ۲)، در حالیکه در تاک‌های تیمار شده با اسید جیبرلیک، شدت عارضه زیاد نبود، اما غلظت نیتروژن برگ در حد بالایی بود. در تعدادی از مطالعات یکی از دلایل احتمالی وقوع عارضه نکروزه چوب خوشه، غلظت بالای نیتروژن برگ بیان شده است (۴) و در رقم "تامسون سیدلس" ارتباطی مثبت بین غلظت نیتروژن دمبرگ و مقدار آمونیوم چوب خوشه گزارش شده است (۵). همچنین گزارش شده که غلظت نیترات در برگ تاک‌هایی که دچار نکروزه شدید چوب خوشه شده بودند نسبت به تاک‌های سالم بیش‌تر بوده است (۱۳)، که به نوعی بیانگر همبستگی مثبت بین غلظت نیترات برگ و شدت این عارضه می‌باشد.

عارضه‌ی نکروزه شدن چوب خوشه را در مرحله تغییر رنگ حبه‌ها کاهش دهند. گزارش شده که محلول‌پاشی سولفات منیزیم با غلظت ۲ درصد در پنج نوبت از زمان تشکیل حبه‌ها تا رنگ‌گیری به‌طور موفقیت‌آمیزی باعث کنترل نکروزه چوب خوشه شده است (۱۳). لازم به ذکر است که کارایی تیمارهای کودی حاوی کلسیم و منیزیم در کاهش بروز نکروزه چوب خوشه بسته به محل، رقم و سال می‌تواند متفاوت باشد (۱۱). در بیش‌تر مطالعات انجام شده به کارایی بهتر کودهای منیزیمی در کنترل این عارضه در مقایسه با کودهای کلسیمی اشاره شده است (۲ و ۱۱)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در منابع زیادی به نقش کاتیون‌های دو ظرفیتی از جمله کلسیم و منیزیم در رشد گیاه و ساختن بافت‌ها و ثبات آن‌ها اشاره شده است. عنصر کلسیم مسئول ثبات و حفظ دیواره سلولی، استحکام تیغه میانی و ثبات و حفظ نفوذپذیری غشاء سلولی است. از طرف دیگر نیز عنصر منیزیم علاوه بر شرکت در ساختار کلروفیل در ثبات بخشیدن به دیواره سلول گیاهی نقش دارند. کمبود واقعی این عناصر در انگور و یا به هم خوردن تعادل این دو عنصر در نتیجه زیادی عنصر پتاسیم باعث تضعیف ثبات دیواره سلولی در بافت چوب خوشه و در نتیجه ایجاد زخم و خشکیدگی چوب خوشه می‌شود (۲۳).



شکل ۲- اثر محلول‌پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت نیتروژن برگ انگور رقم بی‌دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

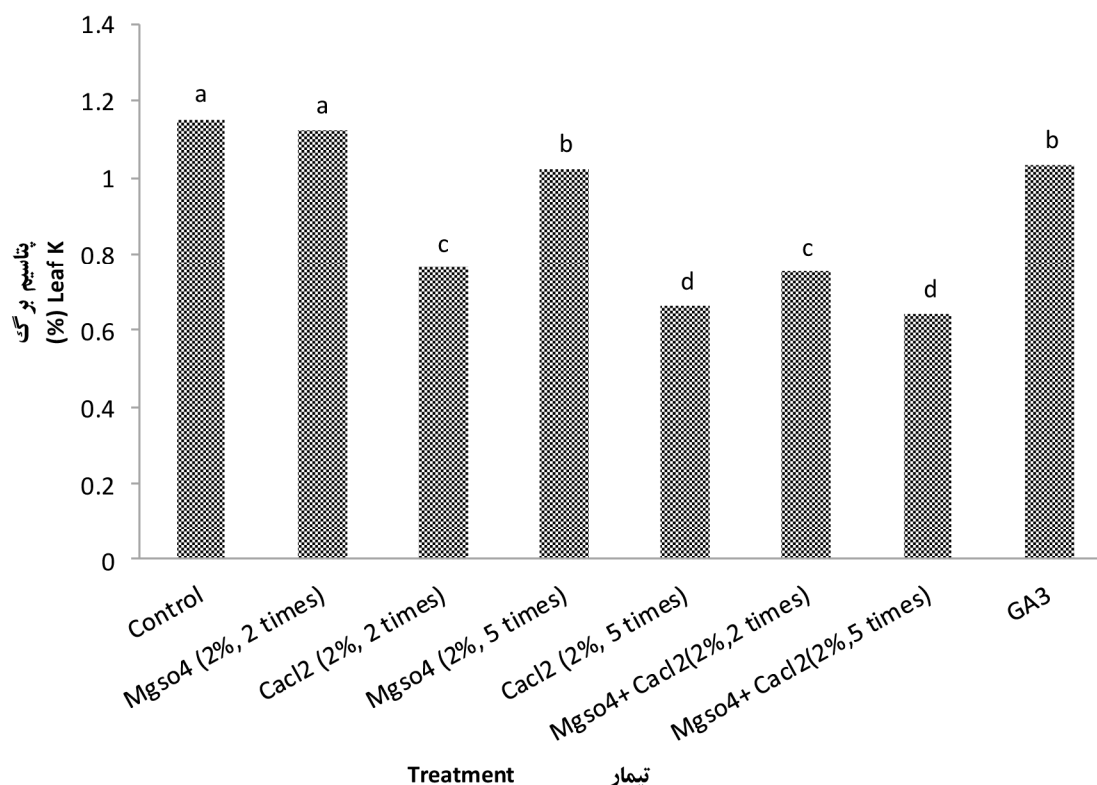
Figure 2- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on the leaf N concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

عناصر کلسیم و منیزیم (به‌غیر از تیمار سولفات منیزیم در دونوبت) و

غلظت پتاسیم برگ در تاک‌های شاهد و محلول‌پاشی شده با

خوشه زیاد بود. بر این اساس، در مجموع ارتباط مستقیم بین میزان بالای پتاسیم با شدت بروز عارضه که در تعدادی از مطالعات گزارش شده بود (۱۳، ۱۶ و ۲۵)، در این پژوهش مشاهده نشد. گزارش‌هایی نیز در خصوص عدم وجود ارتباط بین غلظت پتاسیم برگ و نکروز چوب خوشه ارائه شده است (۵ و ۲۲)، که با نتایج این پژوهش همخوانی دارند.

اسید جیبرلیک تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۳). بیش‌ترین غلظت پتاسیم برگ در تاک‌های شاهد وجود داشت که بیش‌ترین علائم نکروز چوب خوشه را نشان داد. با این وجود، غلظت پتاسیم در برگ تاک‌های پنج بار محلول‌پاشی شده با سولفات منیزیم در طی فصل رشد (کم‌ترین عارضه نکروز چوب خوشه را نشان دادند) (شکل ۱)، بالا بود. از طرف دیگر در تیمار دو بار محلول‌پاشی با کلرید کلسیم با وجود غلظت پایین پتاسیم در برگ، شدت این عارضه در



شکل ۳- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت پتاسیم برگ انگور رقم بی‌دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 3- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on the leaf K concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

کلسیم در بافت آوند آبکش و انتقال ناچیز آن از طریق مسیر سیم‌پلاستی، بنابراین انتقال کلسیم از ریشه به میوه‌ها از طریق آوند چوبی صورت می‌گیرد. جیبرلین‌ها نیز جذب کلسیم را کاهش داده و از تجمع آن در میوه‌ها و مریستم‌های رویشی جلوگیری می‌کنند این احتمال وجود دارد که این امر در نتیجه کاهش توسعه آوندهای چوبی در حضور هورمون جیبرلین باشد (۱۷). گزارش‌هایی مبنی بر نقش مثبت کلسیم در کاهش شدت این عارضه فیزیولوژیک در دسترس می‌باشد (۱، ۱۰ و ۱۱). به‌طوری که غلظت کلسیم در برگ ارقام با حساسیت کم‌تر به نکروز چوب خوشه (مانند رقم Sylvaner) بیش‌تر

غلظت کلسیم برگ تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفت (شکل ۴). کم‌ترین غلظت کلسیم برگ در تیمارهای شاهد، اسید جیبرلیک و سولفات منیزیم در دو نوبت اندازه‌گیری شد، که تفاوت معنی‌داری را با بقیه تیمارها نشان دادند. نتایج نشان داد که همانند عنصر پتاسیم، ارتباطی منطقی بین غلظت کلسیم برگ و نکروز چوب خوشه در انگور بی‌دانه سفید وجود نداشت.

یکی از دلایل بروز نکروز چوب خوشه، کمبود کلسیم در سلول‌ها گزارش شده است و نشانه‌های نکروز چوب خوشه شبیه نشانه‌های کمبود کلسیم می‌باشد (۲۲). با توجه به نسبتاً غیرمتحرک بودن

از ارقام حساس تر بود (۱۷).

بیشترین غلظت منیزیم برگ در تیمارهای پنج بار محلول پاشی با سولفات منیزیم و جیبرلین اندازه گیری شد در حالیکه کمترین غلظت منیزیم برگ مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۵). بررسی شدت بروز ناهنجاری نکرورز چوب خوشه (شکل ۱) با غلظت منیزیم برگ بیانگر عدم وجود ارتباط منطقی بین غلظت عنصر منیزیم برگ و این عارضه می باشد.

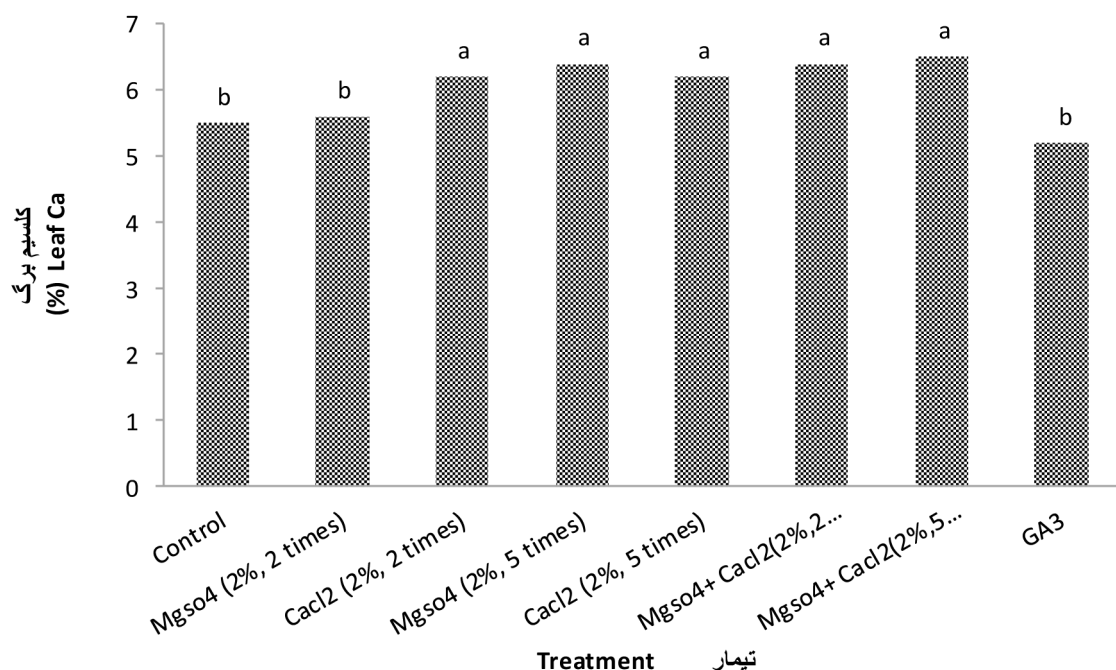
محلول پاشی خوشه ها با کودهای دارای غلظت بالای منیزیم از زمان تشکیل حبه ها تا مرحله رنگ گیری حبه ها به طور موفقیت آمیزی باعث کنترل نکرورز چوب خوشه شد (۱۳)، که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

تیمارهای محلول پاشی سبب کاهش معنی دار نسبت پتاسیم به کلسیم و منیزیم ($K/Ca+Mg$) برگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند، به طوری که بیشترین و کمترین میزان $K/Ca+Mg$ در برگ به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار ترکیبی سولفات منیزیم و کلرید کلسیم با غلظت دو درصد در پنج نوبت بود (شکل ۶). تیمار شاهد بیشترین مقدار نسبت $K/Ca+Mg$ برگ را داشت و در ضمن بالاترین میزان عارضه را نیز نشان داد. گزارش شده که هر سه نسبت K/Mg ،

K/Ca و $K/Ca+Mg$ در تاکهای سالم در مقایسه با تاکهای آلوده به عارضه کم تر بوده است (۲۷). همچنین در تحقیقی دیگر، میزان بالایی از عارضه خشکیدگی چوب خوشه در تاکهای رقم "کشمشی" با نسبت بالای پتاسیم به منیزیم برگ گزارش شده است (۷). به غیر از تاکهای دو بار محلول پاشی شده با کلرید کلسیم که علی رغم پائین بودن نسبت $K/Ca+Mg$ در برگ، شدت نکرورز چوب خوشه بالا بود، در سایر موارد یک ارتباطی منفی بین شدت عارضه با نسبت سه عنصر یاد شده، مشاهده شد.

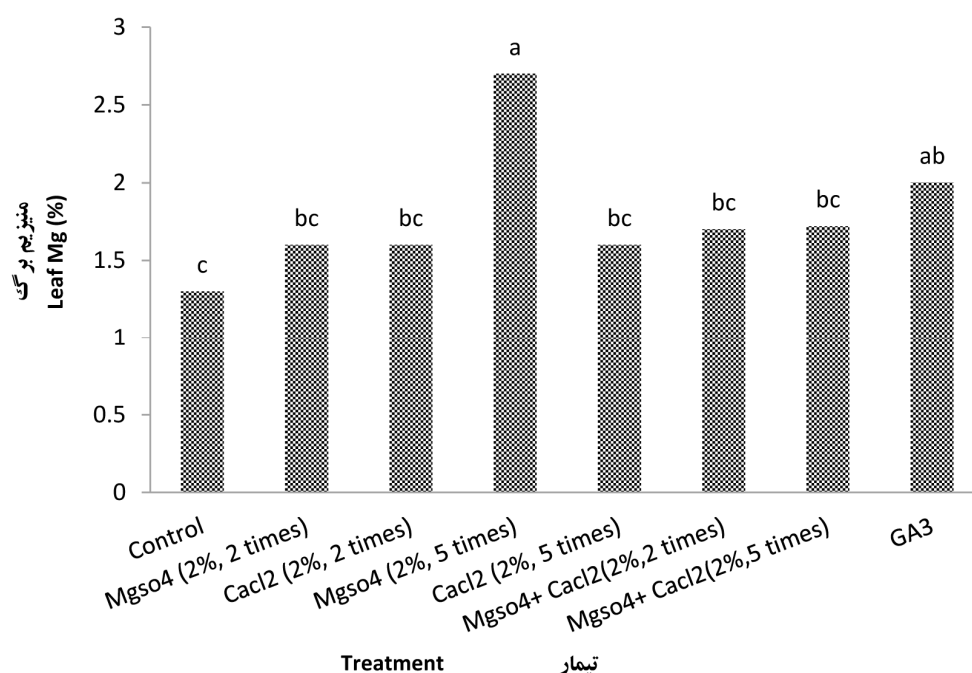
اثر تیمارها بر میزان عناصر غذایی چوب خوشه

نتایج بیانگر تأثیر معنی دار تیمارهای مختلف محلول پاشی بر غلظت نیتروژن چوب خوشه بود. کاربرد تیمارهای مختلف (به جز تیمارهای کلرید کلسیم در پنج نوبت و اسید جیبرلیک) سبب افزایش غلظت نیتروژن در چوب خوشه نسبت به تیمار شاهد شدند. کمترین میزان نیتروژن چوب خوشه در تیمار کلرید کلسیم در پنج نوبت و بیشترین مقدار نیز متعلق به تیمار سولفات منیزیم در دو نوبت بود (شکل ۷).



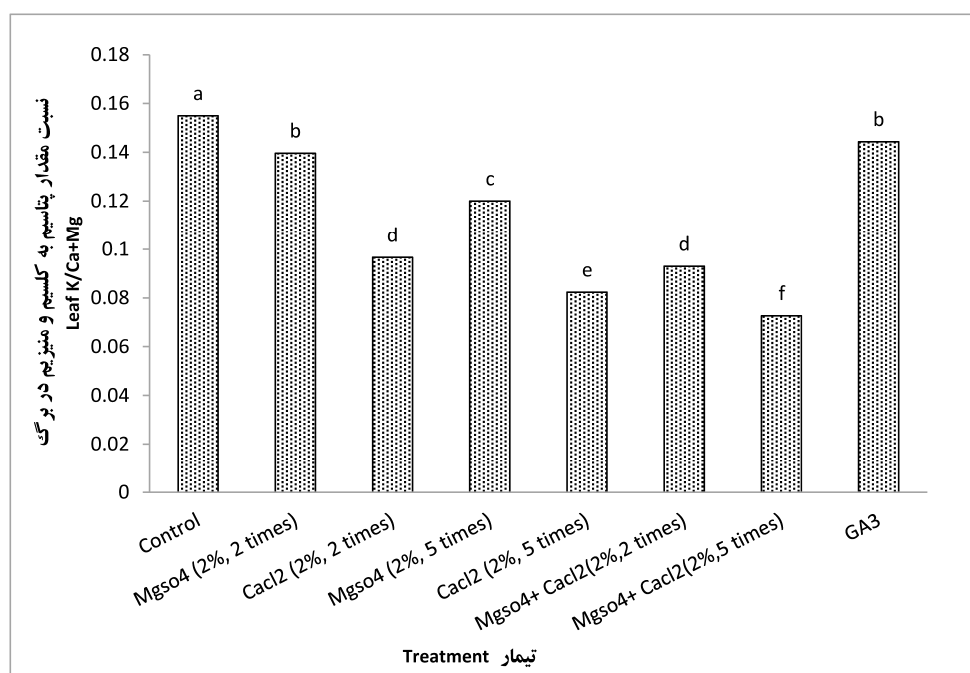
شکل ۴- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت کلسیم برگ انگور رقم بی دانه سفید. ستون ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 4- Effects of Ca, Mg and GA_3 foliar application on the leaf Ca concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



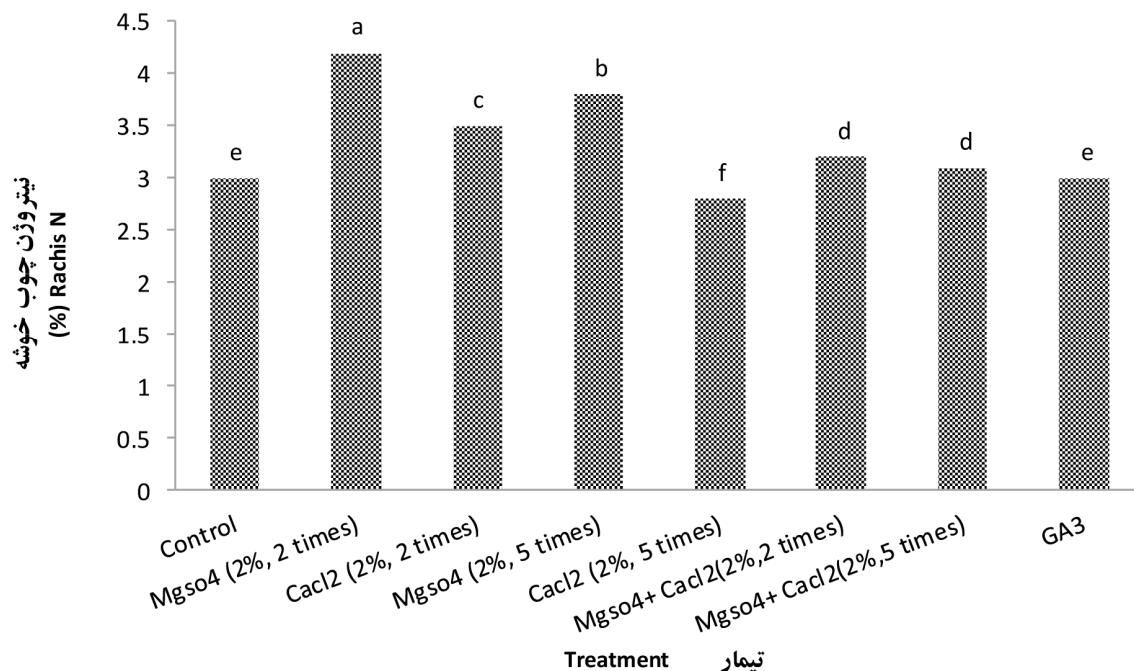
شکل ۵- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت منیزیم برگ انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 5- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on the leaf Mg concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل ۶- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر مقدار نسبت پتاسیم به کلسیم و منیزیم برگ انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 6- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on the leaf K/Ca+Mg ratio of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل ۷- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت نیتروژن چوب خوشه انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 7- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on rachis N concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

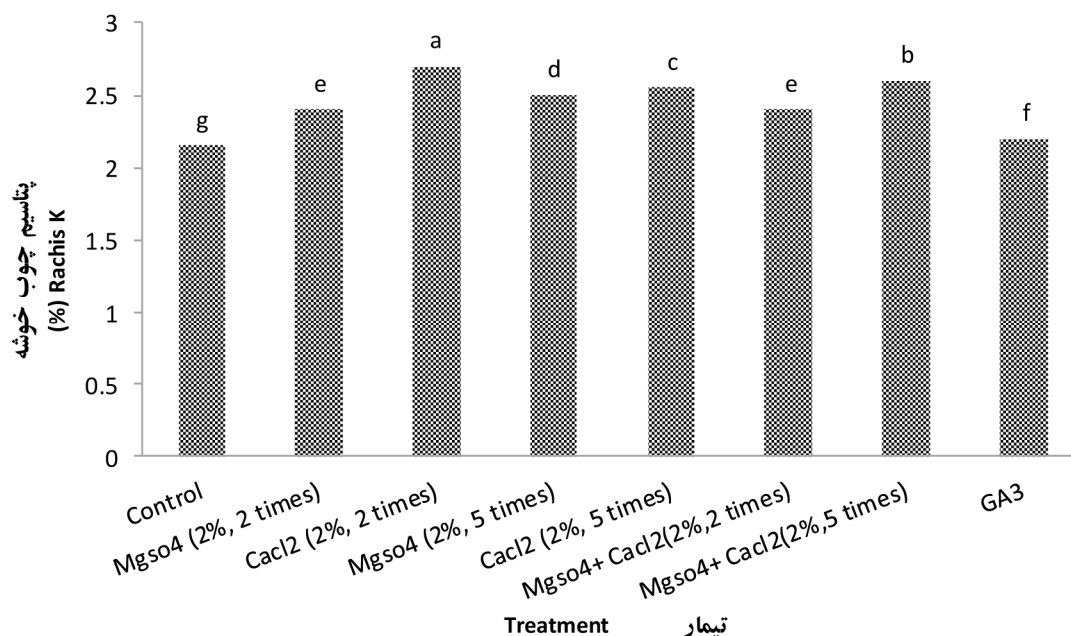
"Cabernet Sauvignon" مبتلا به نکروز چوب خوشه کم‌تر از چوب خوشه‌های سالم بوده است (۴)، در حالی که در مطالعه‌ای دیگر غلظت بالای پتاسیم در چوب خوشه‌های مبتلا به نکروز چوب خوشه گزارش شده است (۱۹). بر این اساس نمی‌توان رابطه‌ای مستقیم بین غلظت پتاسیم و شیوع نکروز چوب خوشه متصور شد و گزارشات در این مورد هم‌چنان ضد و نقیض هستند (۶).

کاربرد تیمارهای مختلف غلظت کلسیم چوب خوشه را تحت تأثیر قرار داد، بیش‌ترین غلظت کلسیم چوب خوشه مربوط به تیمار اسید جیبرلیک بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد (شکل ۹). کم‌ترین مقدار کلسیم چوب خوشه نیز مربوط به تاک‌های محلول‌پاشی شده با سولفات منیزیم با غلظت دو درصد در پنج نوبت بود که کم‌ترین درصد عارضه را داشت. علی‌رغم گزارش نقش مثبت محلول‌پاشی کلسیم و منیزیم بر کاهش عارضه نکروز چوب خوشه در برخی مطالعات (۲ و ۳)، اما در یک بررسی وسیع انجام گرفته بر روی چندین رقم انگور، ارتباطی بین غلظت کلسیم چوب خوشه و شیوع نکروز چوب خوشه مشاهده نشد (۱۲). هم‌چنین گزارش‌هایی مبنی بر وجود ارتباط منفی بین غلظت کلسیم و بروز این عارضه وجود دارد، به‌طوری ریدل (۲۰) اظهار کرد که غلظت کلسیم در ارقام حساس به نکروز چوب خوشه، بیش‌تر از ارقام مقاوم بوده است.

با بررسی شدت عارضه در تیمارهای بکار رفته (شکل ۱) و غلظت نیتروژن چوب خوشه مشخص شد که ارتباطی منطقی بین این دو فاکتور وجود نداشت. نتایج به‌دست آمده در مطالعات مختلف درخصوص تأثیر غلظت نیتروژن چوب خوشه در بروز عارضه نکروز چوب خوشه انگور بیانگر متناقض بودن این نتایج بسته به محیط، سال و رقم مورد بررسی می‌باشند. در این مورد، کریستنسن و بوگر (۵) وجود یک ارتباط مثبت بین غلظت آمونیوم چوب خوشه و شیوع نکروز چوب خوشه انگور رقم "تامسون سیدلس" را گزارش کردند. در حالیکه در رقم "شاردونی"، ارتباطی بین غلظت نیتروژن چوب خوشه در خوشه‌های سالم و خسارت دیده وجود نداشته است (۱۲ و ۲۱).

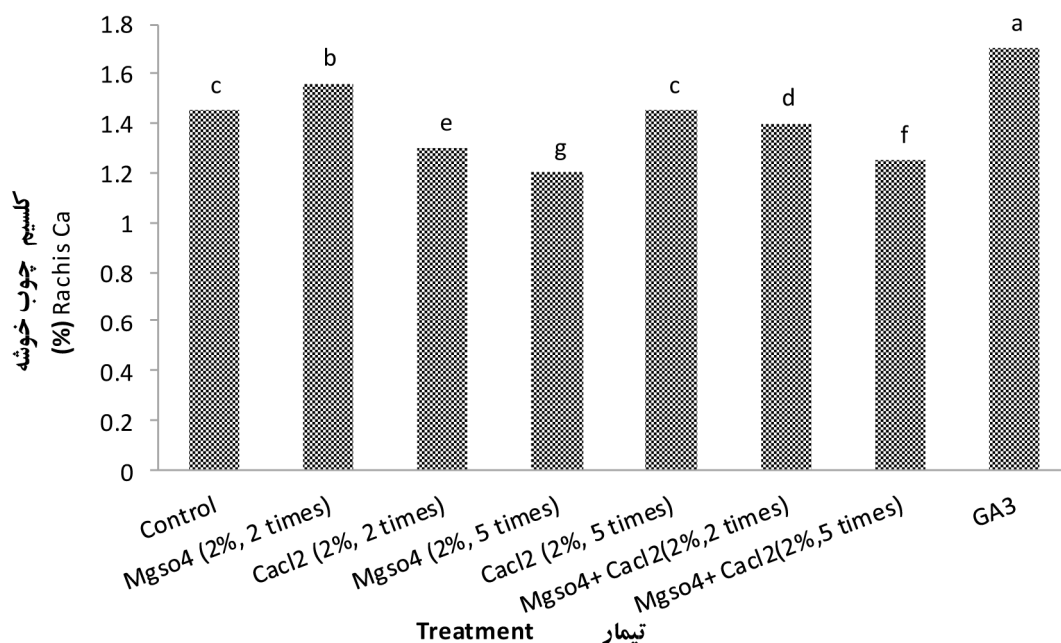
غلظت پتاسیم چوب خوشه تاک‌های مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی قرار گرفت (شکل ۸). بر اساس نتایج، بیش‌ترین غلظت این عنصر در تاک‌های دو بار محلول‌پاشی شده با کلرید کلسیم دو درصد اندازه‌گیری شد، که همین تیمار بیش‌ترین علائم نکروز چوب خوشه را بعد از تیمار شاهد نشان داد، با این وجود در تیمار شاهد علی‌رغم بروز شدت بالای عارضه، کم‌ترین غلظت پتاسیم چوب خوشه را داشت (شکل‌های ۱ و ۸).

گزارش‌های متناقضی در مورد ارتباط بین غلظت پتاسیم چوب خوشه و عارضه نکروز چوب خوشه وجود دارد. از جمله کاپس و وولف (۴) بیان کردند که غلظت پتاسیم در چوب خوشه‌های انگور رقم



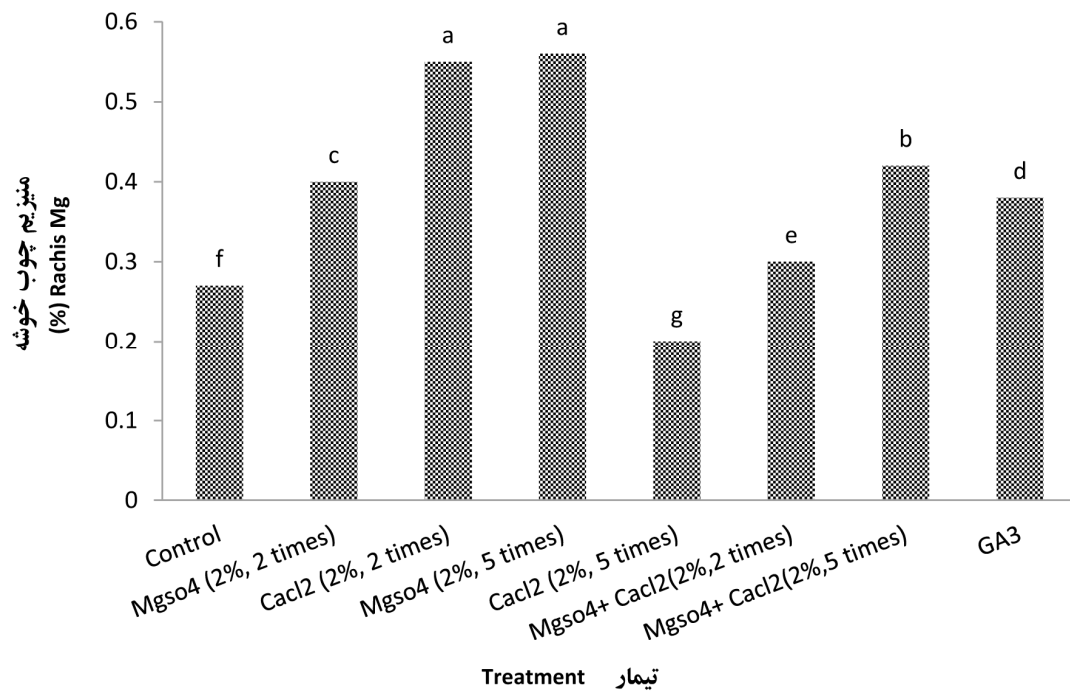
شکل ۸- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت پتاسیم چوب خوشه انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 8- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on rachis K concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



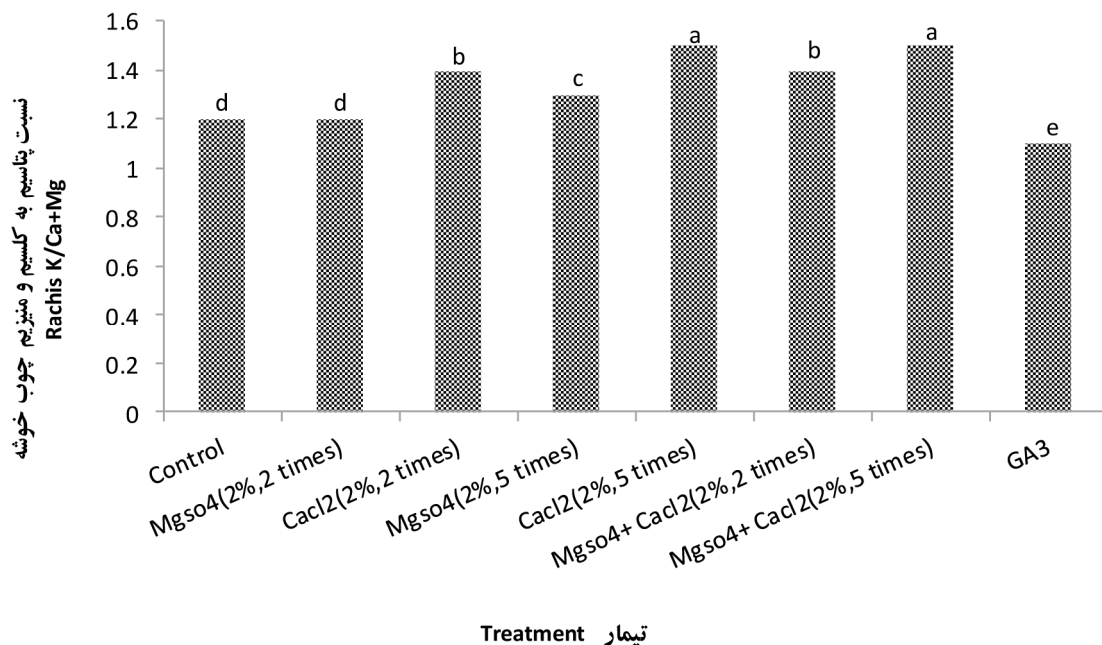
شکل ۹- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت کلسیم چوب خوشه انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 9- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on rachis Ca concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل ۱۰- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر غلظت منیزیم چوب خوشه انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 10- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on rachis Mg concentration of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level



شکل ۱۱- اثر محلول پاشی کلسیم، منیزیم و جیبرلین بر نسبت پتاسیم به مجموع کلسیم و منیزیم چوب خوشه انگور رقم بی دانه سفید. ستون‌ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 11- Effects of Ca, Mg and GA₃ foliar application on rachis K/Ca+Mg ratio of *Vitis vinifera* cv. Bidaneh Sefid. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on Duncan's multiple range test at 5% probability level

تامسون سیدلس مبتلا به این عارضه در مقایسه با خوشه‌های سالم، کم‌تر بوده است، در حالیکه در رقم "Cabernet Sauvignon"، ارتباط مشخصی بین غلظت عناصر معدنی و نسبت $K/Ca+Mg$ در چوب خوشه با عارضه نکروز چوب خوشه مشاهده نشده است (۱۴).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی کاربرد کودهای حاوی عناصر کلسیم و منیزیم تأثیر مثبتی در کاهش عارضه نکروزه شدن چوب خوشه انگور رقم بی‌دانه سفید داشت؛ به‌طوری که محلول پاشی کودهای سولفات منیزیم ۲ درصد در دو و پنج نوبت و همچنین کلرید کلسیم با غلظت ۲ درصد در پنج نوبت باعث کاهش شدت عارضه نکروز چوب خوشه در زمان شروع رسیدگی حبه‌های انگور بی‌دانه سفید شدند و تأثیر منیزیم نسبت به کلسیم در کاهش شدت این عارضه بیش‌تر بود. بیش‌ترین مقدار منیزیم چوب خوشه در تاک‌های تیمار شده با سولفات منیزیم با غلظت دو درصد در پنج نوبت بود که کم‌ترین درصد عارضه را داشت. گرچه ارتباطی منطقی و مستقیم بین غلظت عناصر معدنی در برگ و چوب خوشه با بروز عارضه مشاهده نشد، با این وجود شدت عارضه در تاک‌های محلول پاشی شده با کلسیم و منیزیم در مقایسه با شاهد کم‌تر بود. بر این اساس به منظور کاهش شدت بروز این عارضه در تاکستان‌های منطقه توصیه می‌شود که از کودهای منیزیمی و کلسیمی در باغات دچار شده استفاده گردد.

نتایج نشان داد که غلظت عنصر منیزیم در چوب خوشه‌های تاک‌های محلول پاشی شده با تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (شکل ۱۰). بیش‌ترین درصد منیزیم چوب خوشه در تیمار سولفات منیزیم با غلظت دو درصد در دو نوبت (که کم‌ترین درصد عارضه را داشت) و تیمار کلرید کلسیم با غلظت دو درصد در دو نوبت (که همراه شاهد بیش‌ترین درصد عارضه را داشت) اندازه‌گیری شد (شکل ۱۰)، که این امر نشان دهنده‌ی عدم وجود ارتباطی منطقی بین غلظت منیزیم چوب خوشه و شدت عارضه در این تحقیق می‌باشد. درحالی که در مطالعه انجام شده بر روی انگور رقم "مرلوت" گزارش شده که غلظت منیزیم در چوب خوشه‌های مبتلا به نکروز چوب خوشه در مقایسه با چوب خوشه‌های سالم، ۴۲ درصد کم‌تر بوده است (۱۱). هم‌چنین غلظت پایین منیزیم در چوب خوشه ارقام حساس به عارضه نکروز چوب خوشه (مانند رقم Gewürztraminer) در مقایسه با ارقام مقاوم گزارش شده است (۲۴).

براساس نتایج نسبت $K/Ca+Mg$ به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی قرار گرفت. کم‌ترین نسبت $K/Ca+Mg$ در تیمار اسیدجیبرلیک بدست آمد (شکل ۱۱) اما این تیمار از لحاظ میزان خسارت عارضه اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۱) و ارتباطی معنی‌داری بین نسبت این عناصر و بروز نکروز چوب خوشه مشاهده نشد. تأثیر نسبت عناصر $K/Ca+Mg$ در بروز نکروز چوب خوشه وابسته به رقم و محل می‌باشد به‌طوری که کریستنسن و بوگر (۵) اظهار کردند که این نسبت در بافت چوب خوشه‌های انگور رقم

منابع

- 1- Baldacchino-Reynaud C. 2000. Stalk necrosis of Muscat de Hambourg, *Arboriculture Fruitiere*, 540: 19-23.
- 2- Boselli M., Scienza A., Dorotea G. and Volpe B. 1995. Possibilities of avoiding stalk necrosis by controlling mineral nutrition, *Vigneveni*, 10:35-38.
- 3- Brendel G., Stellwaag-Kittler F. and Theiler R. 1983. Pathological-physiological criteria of stalk necrosis, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 33:100-104.
- 4- Capps E.R. and Wolf T.K. 2000. Reductions of bunch stem necrosis of Cabernet Sauvignon by increased tissue nitrogen concentration, *American Journal of Enology and Viticulture*, 51:319-328.
- 5- Christensen L.P. and Boggero J.D. 1985. A study of mineral nutrition relationships of waterberry in Thompson Seedless, *American Journal of Enology and Viticulture*, 36:57-64.
- 6- Cooper T, Castro D. and Retamales J. 1987. Factors influencing stalk necrosis in the table grape Sultanine, in Chile, Chemical control of this disorder, *Progres Agricole Viticole*, 104:467-471.
- 7- Dilmaghani Hasanlooii M.R., Hemati S., Doulati Baneh H., Agheli Mghanjouyi V. and Nikkhahi Dastjerdi Y. 2014. Effects of different potassium and magnesium ratios on cluster necrosis and fruit quality in Sefid Bidaneh grape, *Iranian Journal of Horticultural Science*, 45: 207-216.
- 8- Emami A. 1997. Plant Analysis Methods. Agricultural Research, Education and Extension Organization Publication, Iran. 128 pp (in Persian).

- 9- Gluhic D., Custic M.H., Petek M., Coga L., Slunjski S. and Sincic M. 2009. The Content of Mg, K and Ca Ions in Vine Leaf under Foliar Application of Magnesium on Calcareous Soils, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74:81-84 .
- 10- Hartmair V. and Grill F. 1965. Ein beitrage zum problem der Stiella͂hme der weintrauben, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 15:10-12.
- 11- Haub G. 1983. Experiments on stalk necrosis control; results and experiences, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 33:142-146.
- 12- Holzapfel B.P. and Coombe B.G. 1995. Incidence of grapevine bunch stem necrosis in South Australia: effects of region, year and pruning, *Australian Journal of Grape Wine Research*, 1:51-54.
- 13- Jordan D.T. 1989. Ammoniumin grapevines: Seasonal levels in tissue and xylem extracts, and tendril model system. Ph.D. thesis, Oregon State University, Corvallis.
- 14- Koblet W., Candolfi-Vasconcelos M.C. and Keller M. 1997. How do grapevines respond to altered source/sink ratios and unfavorable environmental conditions? Proceedings of the 4th international symposium on cool climate viticulture and enology, Rochester, NY 16-20 July 1996. Communications Services, New York.
- 15- Krasnow M., Weis N., Smith R., Benz J., Matthews M. and Shackel K. 2009. Inception, Progression, and Compositional Consequences of a Berry Shivel Disorder, *American Journal of Enology and Viticulture*, 60:24-34.
- 16- Morrison J.C., and Iodi M. 1990. The influence of waterberry on the development and composition of Thompson Seedless grapes, *American Journal of Enology and Viticulture*, 41:301-305.
- 17- Pickering A.H. 2006. Factors affecting the predisposition of 'Cabernet Sauvignon' grapevines (*Vitis vinifera* L.) to the physiological disorder, bunch stems necrosis. Ph.D. thesis, Massey University, Palmerston North, NZ.
- 18- Pickering A.H., Warrington I.J., Woolley D.J., and Wunsche J.N. 2004. A reduction in vine vigour of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) decreases bunch stem necrosis, *Acta Horticulturae*, 732:687-692.
- 19- Redl H. 1983. Development of macro- and micronutrient contents in grape stalk, berries and leaves during ripening in relation to stalk necrosis, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 33:39-59.
- 20- Redl H. 1987. Investigations concerning the prognosis of stem necrosis under Austrian wine growing conditions, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 37:109-113.
- 21- Ruiz S.R. and Moyano A.S. 1994. The problem of stalk necrosis in grapevines and its relationship with elevated putrescine levels and low potassium content, *Agricultura Tecnica*, 54:87-94.
- 22- Schaller K. 1977. Relationships between different nutrient fractions in the soil and the incidence of stalk withering in vines, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 27:151-155.
- 23- Klaus Schaller, K. and Lehnhart, R. 2016. Chemical Bonds of Cations in Grapevine Berries and Stems of Some Important Cultivars of *Vitis vinifera* (L.) and Their Relevance for Viticulture and Enology, *Bulletin UASVM Horticulture*, 73(2): 196-204.
- 24- Scienza A. 1982. Recent information on the causes of stalk withering, *Vignevini*, 9:15-30.
- 25- Scienza A. and Fregoni M. 1978. The relationship between the number of berries in the cluster and grapevine rachis desiccation, *Vignevini*, 5:31-37.
- 26- Shayesteh F. and Doulati Baneh H. 2002. Causes of berry and flowers abscission, cluster shivel of vines in gardens around urmia. (Annual Report1387:219). Soil and Water Research Institute, Urmia, Iran (In Persian).
- 27- Shin K.C., Moon J.Y., Choi J.S. and Kim S.B. 1984. Studies on the causes of grape stalk necrosis, *Research Reports*, Office of Rural Development, South Korean Horticulture Research Report, 26:10-14.
- 28- Stellwaag-Kittler F. 1975. Studies to elucidate the causal mechanism of stalk withering in grapes. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 25:3-18.



Effects of Ca, Mg and GA₃ Spray on Bunch Stem Necrosis Disorder in Grape (*Vitis vinifera* cv. BidanehSefid)

H. Doulati Baneh^{1*} - M. Mohammadzadeh² - F. Ghani Shayesteh³

Received: 30-12-2016

Accepted: 07-01-2018

Introduction: Late-season Bunch Stem Necrosis (BSN) is observed as a necrosis of the cluster stem (rachis) that leads to shriveling of berries on the affected portion of the cluster. The BSN symptoms include dark, necrotic lesions on the rachis or individual pedicels that may spread and eventually girdle the affected part of the cluster rachis. Berries distal to a lesion cease normal development, and the unripe berries either abscise or remain on the cluster in a withered condition. Frequently only the cluster tip or a shoulder is affected, while the rest of the cluster develops normally. Symptomatic and non-symptomatic clusters may be borne on the same vine. BSN has been correlated with numerous factors; however, no universal cause and effect relationships have been demonstrated. No pathogens are believed to cause this condition. Instead, certain weather conditions and vine nutrition seem to be associated with its occurrence. Low temperatures and high humidity around bloom or excessive rainfall after veraison may be related to its development. Imbalances between calcium and potassium as well as low levels of nitrogen in vines are other possible causes. Unaffected portions of clusters develop normal fruit quality. 'BidaneSefid' or 'Keshmeshi' is an important grape cultivar in Iran and is frequently affected by bunch stem necrosis disorder around country. The purpose of this study was to determine if mineral nutrition was associated with BSN of 'BidaneSefid' grape cultivar under Urmia growing conditions.

Materials and Methods: To evaluate the effects of foliar sprays of Ca, Mg and GA₃ on reduction of BSN incidence on 'BidaneSefid' cultivar, and to examine the relationships between specific nutrients and the incidence of BSN this field experiment was performed based on randomized complete blocks design with eight treatments and three replicates on 2011 in a vineyard around Urmia city. Vines were 8-year-old and were trained as bi lateral cordon. At the end of full bloom and a week after that the vines were sprayed two and five times with 2% MgSO₄ and CaCl₂ fertilizers alone and combined. GA₃ also was sprayed at 70% of flowering with 20 ppm and replicated at fruit set with 40 ppm. Symptoms rate of BSN on bunches and minerals nutrient content (N, K, Ca, Mg and Ca+Mg/K) of leaves and rachis were measured in veraison phenological stage.

Results and Discussion: Results showed that in veraison stage the most and the least BSN incidence rate was recorded in control and the vines that were sprayed two times with 2% MgSO₄, respectively. Leaf Ca content in vines treated two times with 2% CaCl₂ and those sprayed five times with MgSO₄+CaCl₂ was more than other treatments. Maximum amount of Mg was recorded in leaves of vines sprayed by 2% MgSO₄, 5 times during growing season. These vines showed the least BSN rate, too. The most content of K/Ca+Mg were in the leaves of control and GA₃ treated vines and the least content of those was in vines treated five times with MgSO₄+CaCl₂. Rachis tissue analysis for nutrient elements in veraison stage did not consistently reveal any relationship between N, K, Mg, Ca and Mg+Ca/k and bunch stem necrosis in bunches of studied vines of 'BidaneSefid' cultivar in Urmia region. There are conflicting reports regarding the association of essential nutrients and the incidence of BSN. A high ratio of potassium to magnesium and/or calcium in affected tissues, and also the application of calcium and/or magnesium fertilizers effectively reduced the incidence of BSN in Europe. In California, BSN was not reduced by applications of calcium and magnesium. An increase in the incidence of BSN was reported with application of nitrogen fertilizers. Magnesium and calcium appeared to be involved in the disorder. The results illustrate that BSN-prone vineyards should be individually examined for nutrient imbalance or other stresses that may be contributing to BSN.

Conclusions: Results of this study suggest the control of BSN incidence by fertilizer treatments. Foliar

1-Horticulture Crops Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

(* - Corresponding Author Email: ah_dolati@yahoo.com)

2-Ms Horticulture, former graduate Student, Agricultural Faculty, Urmia University, Urmia, Iran

3-Soil and Water Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

applications of Mg and Ca fertilizers appeared to have effect on BSN control and two times foliar applications of magnesium starting just before veraison minimize the problem. No apparent relationship was found between the petiole and/or rachis $K/(Mg + Ca)$ ratio and BSN incidence. External application of GA_3 reduced the BSN incidence in comparison to control .

Keywords: Abscission, Berry, Disorder, Grapevine, Nutrition



بررسی اثر تعدیل کنندگی کلریدپتاسیم بر شاخص‌های رشدی و فتوسنتزی دو رقم گیاه دارویی خردل (Parkland و Goldrush) در شرایط تنش شوری حاصل از کلریدسدیم

مرتضی گلدانی^{۱*} - مریم کمالی^۲ - محمد غیاث آبادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹

چکیده:

کلرید پتاسیم به عنوان یک عنصر غذایی مهم برای محصولات زراعی و همچنین کاهنده شوری در زمین‌های تحت تنش شوری محسوب می‌شود. به منظور مطالعه اثر تعدیل کنندگی شوری ناشی از کلریدسدیم توسط کلریدپتاسیم در گیاه خردل آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیب دو سطح KCl (شاهد و ۲۰ میلی مولار) در چهار سطح NaCl (شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار) به عنوان عامل اول و دو رقم خردل (Goldrush و Parkland) به عنوان عامل دوم بود. برهمکنش تیمار سدیم و پتاسیم با عامل رقم در صفات وزن خشک ریشه و اندام هوایی، سطح برگ، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، محتوای رطوبت تسبی، پایداری غشا و مقدار کلروفیل معنی دار شد. حداکثر مقدار فتوسنتز (۱۴ میکرومول در مترمربع در ثانیه) در رقم Goldrush و تیمار ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم بدون کلریدسدیم، بیشترین هدایت روزنه‌ای (۱۱۴ میکرومول در مترمربع در ثانیه) در گیاهان شاهد رقم Goldrush، بیشترین محتوای آب نسبی در گیاهان شاهد و در ارقام Goldrush و Parkland (به ترتیب ۷۹/۶۷ و ۸۹/۴۷ درصد) و همین صفت در تیمار ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم بدون کلریدسدیم رقم Goldrush به مقدار ۷۱/۲۷ درصد بود. ضمن اینکه بیشترین پایداری غشا نیز در رقم Goldrush و تیمار ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم بدون کلریدسدیم مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سدیم و پتاسیم حجم ریشه کاهش می‌یابد که در تیمارهای ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد کلرید پتاسیم و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم همراه با ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم به کمترین میزان رسید. به طور کلی با افزایش شوری حاصل از کلریدسدیم صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده خردل کاهش یافت، و در تیمار استفاده از کلریدپتاسیم در غلظت ۲۰ میلی مولار بدون کلریدسدیم کمترین مقدار تعرق و بیشترین شاخص پایداری غشا (۱۰۰ درصد)، عدد کلروفیل متر (۳۰/۳)، فتوسنتز (۱۱/۲ میلی مول بر متر مربع در ثانیه) در همین تیمار مشاهده شد. ضمن اینکه رقم Goldrush در تحمل شوری نسبت به Parkland نتایج بهتری از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، فتوسنتز، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، وزن خشک

مقدمه

است، که به آن خاصیت ضدالتهابی، آنتی‌باکتریال و کمک در تسریع جریان خون داده است. اراضی شور در اثر فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی پیوسته در حال گسترش هستند (۲۱). بنابراین تولید محصولات کشاورزی در این شرایط امکان‌پذیر نمی‌شود. برای مقابله با این مشکل شناسایی و انتخاب ارقام متحمل بسیار ضروری به نظر می‌رسد (۲۲). کلریدسدیم مهمترین ترکیب غالب در مناطق شور است و کلراید، کربنات و بی‌کربنات‌های سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم نیز از دیگر ترکیبات ایجادکننده شوری هستند، در این مناطق به دلیل فراوانی یون‌های Na^+ و Cl^- که سبب کاهش جذب عناصر مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیم می‌شود، تعادل تغذیه‌ای گیاه را برهم می‌خورد (۳۲). در این شرایط یون Na^+ جایگزین یون K^+ در جایگاه یونی مربوطه شده و سبب آسیب‌رساندن به ساختار بیوشیمیایی سلول

خردل با نام علمی *Brassica campestris* به طور وسیعی در نواحی خشک و نیمه خشک رشد می‌کند. سلول‌های اپیدرمی دانه آن دارای موسیلاژ است. این گیاه دارای گونه‌هایی با فرم و خصوصیات رشدی متفاوتی می‌باشد. به دلیل داشتن موسیلاژ خاصیت آرام بخش داشته و منبع غنی از پروتئین، کلسیم، منیزیم، سلنیوم و پتاسیم

۱ و ۳- دانشیار و کارشناس ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*)- نویسنده مسئول: (Email: Goldani@um.ac.ir)

۲- دانشجوی دکترای گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.61472

می‌شود به طوری که فشار آماس در تونوپلاست که بوسیله K^+ ایجاد می‌شود توسط Na^+ جایگزین شده و اثر بازدارندگی این یون روی مکانیسم جذب K^+ سبب کمبود تغذیه‌ای K^+ می‌شود (۳۱). کاهش پایداری غشای سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، کاهش فتوسنتز، کاهش آماس سلول‌ها و در نتیجه کاهش توسعه برگ‌ها، اختلال در جذب یون‌ها و به ویژه تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ و در نهایت کاهش رشد رویشی و عملکرد اقتصادی از اثرات تنش شوری بر گیاهان زراعی می‌باشد (۳۲). جاکاب و همکاران (۳۳) تمایز در جذب یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر و کلسیم را یکی از راهکارهای تحمل شوری در گیاهان بیان نمودند زیرا در شرایط تنش شوری افزایش نسبت پتاسیم و کلسیم نسبت به کلر و سدیم از راهکارهای اصلی تحمل تنش شوری در گیاهان است. در یک آزمایش گلخانه‌ای، اثر تنش شوری روی رشد و میزان انباشت یون‌ها در گیاه دارویی زینان مطالعه شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی داری در وزن تر و خشک ریشه و ساقه، میزان کلسیم و پتاسیم و افزایش میزان سدیم در اندام هوایی و ریشه گردید (۴). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مرزه انجام گرفت، نجفی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش شوری، پارامترهای رشد و سرعت فتوسنتز کاهش پیدا کرد (۳۵). شوری در ریحان موجب کاهش وزن خشک بوته، طول ساقه و ریشه، ارتفاع بوته و سطح برگ شد (۴۸). در تحقیقی بیان شد که مؤلفه‌های رشد از قبیل طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه و بیوماس کل گیاه سیاهدانه با افزایش شوری به طور معنی داری کاهش یافت (۴۰). همچنین، خراسانی نژاد و همکاران (۲۸) با بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی خصوصیات رشدی نعنای نشان دادند که با افزایش شوری طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، طول میانگره و بیوماس کل کاهش می‌یابد. صراحی نوبر و همکاران (۴۲) نیز در آزمایشی با بررسی تأثیر تنش شوری بر وزن تر و خشک و میزان پروتئین چهار توده بومی شنبلیل در شرایط کشت بافت گزارش کردند که با افزایش غلظت نمک وزن تر و خشک هر چهار توده کاهش یافت در حالیکه محتوای پروتئین با افزایش شوری در تمامی توده‌ها افزایش یافت.

عبید و همکاران (۱) در زمینه تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه، بیان کردند که شوری ناشی از کلرور سدیم در گیاه ذرت (*Zea mays*) باعث کاهش میزان رشد نسبی و به تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه می‌گردد. اسکچمن و مانز (۴۴) اعلام کردند که در شرایط تنش شوری، غلظت یون سدیم گیاهی افزایش می‌یابد ولی سرعت تجمع آن در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد. سربینی‌واسولو و همکاران (۴۶) بین حساسیت به تنش شوری و میزان نشت الکترولیت در غشاء سلولی برگ ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) همبستگی مثبتی گزارش نمودند. تحقیقات ایشان نشان داد که در ارزن دم‌روباهی

افزایش یون سدیم و کلر در بافت برگ سبب تخریب غشاء سلولی و کاهش تورژسانس سلول‌های برگ شد. فرهودی (۱۴) بررسی تعادل یون‌ها، میزان تخریب غشاء سلولی و بررسی وزن خشک گیاهچه را از عوامل مهم انتخاب ارقام متحمل به شوری کلزا (*Brassica napus*) بیان نمود. از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نشان دهنده وضعیت آبی گیاهان تحت تأثیر شرایط تنش‌های محیطی هستند می‌توان به درصد رطوبت نسبی بافت گیاه اشاره کرد. کیازم و همکاران (۳۷) بررسی پتانسیل آب برگ و محتوی نسبی آب برگ ارقام کلزا را یک صفت مناسب جهت معرفی ارقام متحمل به شوری این گیاه معرفی نمودند. بررسی‌ها نشان داد که افزایش پتاسیم در محیط ریشه، سبب افزایش تحمل به شوری و عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus*) شده است (۱۲). نگهداری مقدار مناسب پتاسیم برای بقای گیاهان در زیستگاه‌های شور ضروری است، به طوری که پتاسیم به عنوان یک عنصر معدنی ضروری در کاهش پتانسیل اسمزی استوانه مرکزی به منظور جذب آب به داخل آوند چوبی نقش دارد (۳۱). با توجه به اطلاعات موجود که در شرایط فراوانی یون‌های Na^+ میزان جذب و انتقال پتاسیم در گیاه کاهش می‌یابد، اما اطلاعات کمی وجود دارد که نشان می‌دهد اضافه کردن پتاسیم به خاک‌های شور سبب بهبود رشد و عملکرد در گیاه می‌شود (۱۰). استفاده از کودهای پتاسیمی سبب افزایش نسبت K^+/Na^+ در گیاه می‌شود (۲۰). در این شرایط پتاسیم تکمیلی غلظت سدیم را در برگ کاهش و پتاسیم برگ را افزایش داد (۳۰). یافته‌های کایا و همکاران (۲۷) نشان داد که تنش شوری ۳۵ میلی مولار $NaCl$ سبب کاهش ماده خشک عملکرد میوه و غلظت کلروفیل در مقایسه با شاهد در توت فرنگی شد و زمانی که پتاسیم به صورت سولفات پتاسیم به مقدار سه میلی مولار به محلول غذایی در شرایط شور اضافه شد سبب بهبود ماده خشک، عملکرد و غلظت کلروفیل شد. در مطالعه دیگر در لوبیا (*Phaseolous vulgaris*) نشان داده شد که اثر $NaCl$ بستگی به غلظت یون پتاسیم محلول غذایی دارد. افزایش KCl در این شرایط سبب کاهش اثرات سمیت $NaCl$ در گیاه می‌شود (۷). در مطالعه دیگر اعمال ترکیب حاوی یون K^+ در محلول غذایی در ریشه گندم (*Triticum aestivum*) سبب کاهش معنی‌داری در غلظت یون Na^+ در ریشه گیاه شد (۲۴).

نظر به روابط سینرژیستی و آنتاگونیستی زیاد عنصر پتاسیم با دیگر عناصر در شرایط متفاوت و همچنین تأثیر پتاسیم در جبران کاهش عملکرد ناشی از اثرات سوء تنش شوری، این پژوهش با هدف بررسی اثر تعدیل‌کنندگی کلریدپتاسیم بر صفات رشدی و فتوسنتزی دو رقم خردل (Parkland و Goldrush) تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً

تصادفی در سه تکرار اجرا شد. به این منظور از گلدان‌هایی محتوی شن و خاک به نسبت ۱:۱ به وزن ۱۲ کیلوگرم استفاده شد. نتایج آزمون خاک گلدان در جدول یک آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- The physicochemical characteristics of the soil used in this experiment

نمونه	بافت	Ca	Mg	Na	SAR	OC	N	K	P	EC	pH
Sample	Textuer			(meq.l ⁻¹)		(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(dS/m)	
Soil	Clay loamy	10.0	12.2	15.3	5.8	0.71	0.142	209	12.5	2.3	7.3

جهت اندازه‌گیری مقدار محتوای آب نسبی برگ^۱، دو روز بعد از آبیاری در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح، از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته نمونه‌گیری انجام و به روش اسمارت (۴۵) اندازه‌گیری شد. مقدار کلروفیل a و b بر مبنای طیف سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر محاسبه شد (۱۳).

جهت بررسی اثر تیمارهای آزمایش از شاخص تولید ماده خشک استفاده شد. به این منظور در انتهای فصل ابتدا بوته‌ها از محل طوقه برداشت شد، سطح برگ در هر تیمار با دستگاه (Li-Cor, Model Li-1300, USA) اندازه‌گیری و سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک بخش هوایی و ریشه، بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و با ترازوی ۰/۰۰۱ توزین شد. پس از شستشوی ریشه‌ها، حجم ریشه توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه بر حسب سانتی‌متر مکعب (قانون ارشمیدوس) اندازه‌گیری گردید.

جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم افزار Mstat-C و ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثرات ساده تیمار کلرید سدیم مخلوط با کلرید پتاسیم در صفات مورفولوژیک مورد بررسی یعنی وزن خشک بخش هوایی و ریشه، سطح برگ و حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر رقم نیز بر صفات ذکر شده به جز وزن خشک ریشه معنی‌دار شد. همچنین بررسی اثرات متقابل تیمارهای استفاده شده و رقم اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد در صفات وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه و سطح برگ نشان داد. به این ترتیب

کود مورد استفاده بصورت NPK به نسبت ۲۰:۲۰:۲۰ اعمال شد. تیمارها شامل عامل اول ترکیب دو سطح کلرید پتاسیم (صفر و ۲۰ میلی مولار) در چهار سطح کلرید سدیم (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار) در مجموع هشت تیمار (شاهد (T1)، ۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T2)، ۳۰ mM کلرید سدیم و ۰ mM کلرید پتاسیم (T3)، ۳۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T4)، ۶۰ mM کلرید سدیم و ۰ mM کلرید پتاسیم (T5)، ۶۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T6)، ۹۰ mM کلرید سدیم و ۰ mM کلرید پتاسیم (T7)، ۹۰ mM کلرید سدیم و ۲۰ mM کلرید پتاسیم (T8)) و عامل دوم دو رقم خردل (Parkland و Goldrush) بود به طوری که Goldrush بهاره و با شرایط خشک و شوری سازگاری دارد و نسبتاً زودرس می‌باشد ولی Parkland بهاره و با شرایط خشک و شوری سازگاری کمتری دارد و زودرس‌تر می‌باشد.

پس از ضد عفونی بذور با قارچ کش کاربندازیم با نام تجاری لیگناسان به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان کشت شد و پس از سبز شدن طی دو مرحله تنک به تعداد چهار بوته در داخل هر گلدان کاهش یافت. گلدان‌های مورد استفاده به قطر سانتیمتر ۲۵ و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر بودند. جهت اعمال تیمار، آبیاری با آب حاوی تیمارهای کلرید سدیم و کلرید پتاسیم در غلظت‌های ذکر شده هر دو روز یکبار به میزان نیم‌لیتر انجام شد. به طوری که هدایت الکتریکی آب خروجی از گلدان‌ها با آب آبیاری شده یکسان بود و در صورت افزایش هدایت الکتریکی آبیاری انجام می‌شد. در شروع مرحله گلدهی اندازه‌گیری فتوسنتز توسط دستگاه فتوسنتز مدل LCA₄ روی جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته از بوته‌های متفاوت در هر گلدان انجام شد و زمان اندازه‌گیری فاصله بین ساعات ۱۲-۱۰ قبل از ظهر بود. هدایت روزنه‌ای با دستگاه پرومتر (Leaf Prometer, Model SC-1, Decagon Devices) و شاخص سبزیگی با دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین میزان پایداری غشاء (از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت برگ) روش سایرام و همکاران (۴۱) استفاده شد.

جدول ۲- جدول میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تنش شوری در دو رقم خردل
Table 2- Analysis of variance (mean square) of the traits measured in two varieties of mustard under salt stress

منابع تغییر S.O.V	درجه df	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	حجم ریشه	فتوسنتز	تعرق	هدایت	محتوای آب نسبی برگ	شاخص پایداری غشاء	کلروفیل متر	کلروفیل b	کلروفیل a
		Shoot Weight	Root Weight	Leaf Area	Root Volum	Photosynthesis	Transpiration	Ttomatic Conductance	Relative Water Content	Membrane Stability index	Spad	Chlorophyll b	Chlorophyll a
تیمار	7	0.428**	22.12**	4030.82**	29.19**	41.55**	7.29**	2264.49**	2346.58**	3078**	180.66**	5.59**	28.26**
رقم	1	0.406**	0.542ns	14286.45**	5.33*	28.83**	0.42ns	3.68ns	3661.01**	125.74**	2627**	12.1**	43.32**
تیمار × رقم	7	0.042**	1.459**	549.32**	1.00ns	6.53**	1.07**	1372.35**	439.96**	418.17**	144.59**	5.02**	0.33**
خطا	32	0.003	0.420	52.18	0.812	0.288	0.306	42.80	134.54	10.09	5.59	0.11	0.05
Error													

ns غیر معنی دار، * و ** معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns are no significant, * and ** significant at the 5 and 1% probability level.

با توجه به نتایج جدول ۳ بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار بدون کلرید سدیم و حاوی ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم مشاهده شد. بر اساس نتایج همین جدول رقم Goldrush با اختلاف معنی دار وزن خشک بخش هوایی بیشتری نسبت به رقم Parkland داشت. همچنین نتایج نشان داد بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار T2 (اعمال ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم بدون کلرید سدیم) و T4 (تنش ۳۰ میلی مولار کلرید سدیم + ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم) و در رقم Goldrush به ترتیب با ۳/۴۴ و ۲/۹۰ گرم در هر بوته بود که به ترتیب ۴۳ و ۲۱ درصد نسبت به تیمار T1 و در رقم Goldrush افزایش داشت (جدول ۴). در رقم Goldrush و سطح ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم، با افزایش کلرید پتاسیم از صفر به ۲۰ میلی مولار وزن خشک بخش هوایی از ۲/۱۹ به ۱/۲۵ گرم کاهش یافت. این در حالی است که در همین رقم (V1)، در شرایط عدم اعمال کلرید سدیم، با افزایش کلرید پتاسیم از صفر به ۲۰ میلی مولار، وزن خشک بخش هوایی از ۲/۳۹ به ۳/۴۴ گرم افزایش یافت. با افزایش غلظت کلرید سدیم تا سطح ۹۰ میلی مولار وزن خشک ریشه کم شد. به طوری که در تیمار T7 (۹۰ میلی مولار کلرید سدیم و بدون کلرید پتاسیم) نسبت به تیمار شاهد (بدون کلرید سدیم و بدون کلرید پتاسیم) ۴۳ درصد کاهش یافت. همان طور که در نتایج نیز مشخص است افزایش غلظت کلرید سدیم از ۰ به ۹۰ میلی مولار منجر به کاهش تدریجی وزن خشک گیاه (بخش هوایی و ریشه) در هر دو رقم خردل مورد آزمایش شد. در تنش ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم وزن خشک ریشه ۴۳ درصد نسبت به شاهد (عدم اعمال تنش کلرید سدیم) کمتر بود. به نظر می رسد که کاهش وزن ریشه به علت ایجاد اسمز و اثر سمیت باشد. در واقع ریشه اندامی است که وظیفه جذب آب و املاح معدنی را به عهده دارد و تنش شوری بیشتر از ناحیه ریشه به گیاه وارد می شود، بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می شود. یکی از شاخص های موثر در تحمل به شوری حفظ آماس سلولی است و تنظیم اسمزی در اثر جذب نمک (یون های نمکی) و ساختن مواد آلی انجام می شود. گیاهان برای ساختن مواد آلی مانند پرولین انرژی زیادی صرف می کنند که با صرف انرژی زیاد جهت تنظیم اسمزی برای مقابله با شوری باعث کاهش کارایی ریشه در تامین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام ها می شود و رشد اندام های هوایی کاهش یافته و در نتیجه تنش شوری باعث کاهش اندام زائی و تولید ماده خشک شده و در نهایت کاهش انتقال مواد غذایی را به دنبال داشته و در نتیجه به کاهش وزن ریشه و وزن ساقه منجر می شود (۲۶). نتایج مطالعه رازیودین و همکاران (۳۸) نیز در بررسی شوری بر دو رقم کلزا (*B. Juncea*, *B.napus*) در سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار) نشان دادند که با افزایش شوری کاهش وزن تازه ریشه نسبت به شاهد به طور میانگین در ارقام مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۳۱ و ۶۲ درصد بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای سدیم - پتاسیم و رقم بر برخی صفات اندازه گیری شده در گیاه خردل

Table 3- Compare of the average effects of sodium - potassium treatments and variety on some measured traits of mustard

تیمار Treatment		وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root Dry Weight (g)	سطح برگ Leaf Area (cm ² .plant-1)	حجم ریشه Root Volume (cm ³ /plant)	فتوسنتز Photosynthesis (mol m ⁻² s ⁻¹)	تعرق Transpiration (mol m ⁻² s ⁻¹)	هدایت روزنه ای Stomatal Conductance (mol m ² s ⁻¹)
NaCl (mM)	KCl (mM)							
0	0	4.28 ^{bc}	8.26 ^b	90.91 ^b	8.33 ^b	9.81 ^b	4.35 ^d	86.95 ^a
0	20	5.74 ^a	9.61 ^a	103.66 ^a	9.83 ^a	11.27 ^a	3.63 ^e	59.95 ^b
30	0	4.33 ^b	6.15 ^c	94.91 ^b	7.50 ^b	8.93 ^c	4.71 ^{cd}	59.82 ^b
30	20	4.37 ^b	7.65 ^b	78.66 ^c	5.66 ^c	8.08 ^c	5.25 ^c	43.22 ^c
60	0	3.92 ^c	6.21 ^c	76.41 ^c	5.66 ^c	6.95 ^d	6.00 ^b	55.62 ^b
60	20	2.74 ^d	5.28 ^d	57.66 ^d	4.66 ^{cd}	5.95 ^e	6.36 ^{ab}	37.80 ^c
90	0	1.53 ^e	4.68 ^d	46.40 ^e	4.33 ^{de}	4.61 ^g	6.90 ^a	30.08 ^d
90	20	1.00 ^f	3.91 ^e	28.50 ^f	3.33 ^e	3.55 ^h	5.90 ^b	28.58 ^d
رقم Variety								
Goldrush (V1)		16.18 ^a	6.36 ^{ns}	89.39 ^a	6.50 ^a	8.17 ^a	5.48 ^{ns}	50.52 ^{ns}
Parkland (V2)		11.77 ^b	6.57 ^{ns}	54.89 ^b	5.83 ^b	6.62 ^b	5.29 ^{ns}	49.97 ^{ns}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد، آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های حاصل از برهمکنش تیمارهای سدیم- پتاسیم × رقم بر برخی صفات اندازه گیری شده در گیاه خردل

Table 4- Compare the average interaction effects of sodium- potassium treatments × variety on some measured traits of mustard

تیمار treatment	وزن خشک بخش Shoot Dry Weight (g)	وزن خشک ریشه Root Dry Weight (g)	سطح برگ Leaf Area (cm ² .plant ⁻¹)	هدایت روزنه ای Stomatal Conductance (mol m ⁻² s ⁻¹)	تعرق Transpiration (mol m ⁻² s ⁻¹)
T1V1	2.39 ^c	8.86 ^{ab}	113.33 ^{bc}	114.4 ^a	3.93 ^{gh}
T1V2	1.89 ^d	7.66 ^c	68.50 ^c	59.50 ^{cd}	4.76 ^g
T2V1	3.44 ^a	9.73 ^a	133.16 ^a	53.77 ^{de}	3.20 ^h
T2V2	2.30 ^c	9.50 ^a	74.16 ^e	66.13 ^{bc}	4.06 ^{gh}
T3V1	2.42 ^c	8.16 ^{bc}	115.50 ^b	41.77 ^{fg}	4.76 ^{fg}
T3V2	1.90 ^d	7.13 ^{cd}	74.33 ^e	44.67 ^{efg}	4.66 ^{fg}
T4V1	2.90 ^b	5.80 ^{ef}	102.16 ^{cd}	48.53 ^{ef}	5.13 ^{ef}
T4V2	1.46 ^{ef}	6.50 ^d	55.16 ^f	71.10 ^b	5.36 ^{e-f}
T5V1	2.19 ^c	5.33 ^{fg}	96.66 ^d	70.57 ^b	6.13 ^{bcd}
T5V2	1.73 ^{de}	7.10 ^{cd}	56.16 ^{ef}	40.67 ^{fg}	5.86 ^{b-e}
T6V1	1.49 ^{ef}	4.93 ^{gh}	72.33 ^e	41.80 ^{fg}	6.56 ^b
T6V2	1.25 ^f	5.63 ^{ef}	43.00 ^{gh}	33.80 ^g	6.16 ^{bc}
T7V1	0.81 ^g	4.40 ^{gh}	53.33 ^{fg}	15.23 ^h	7.56 ^a
T7V2	0.718 ^{gh}	4.96 ^{gh}	39.46 ^{hi}	44.93 ^{ef}	6.23 ^{bc}
T8V1	0.50 ^h	3.70 ⁱ	28.66 ⁱ	13.73 ^h	6.56 ^b
T8V2	0.50 ^h	4.13 ^{hi}	28.33 ⁱ	43.43 ^{efg}	5.23 ^{def}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد، آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 و T8 به ترتیب NaCl و KCl با نسبت‌های ۰، ۰-۳۰، ۰-۶۰، ۰-۹۰، ۰-۱۲۰، ۰-۱۵۰، ۰-۱۸۰ و ۰-۲۱۰ می‌باشد.

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 and T8 were NaCl and KCl, respectively, with a ratio of 0-0, 0-20, 30-0, 30-20, 60-0, 60-20, 90-0 and 90-20

Parkland نیز کمتر از Goldrush بود. با اعمال ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم سطح برگ در رقم Goldrush ۱۷ درصد و در رقم

سطح برگ در بیشترین غلظت‌های کلرید سدیم و پتاسیم یعنی تیمار T8 کمترین مقدار را داشت. ضمن اینکه سطح برگ رقم

Parkland ۹ درصد افزایش یافت. علی‌رغم افزایش سطح برگ در غلظت ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم و در شرایط عدم اعمال کلریدسديم (T2)، نتایج نشان داد در غلظت‌های بالاتر کلریدسديم استفاده همزمان از کلریدپتاسیم نه تنها منجر به افزایش سطح برگ نشد بلکه اثر منفی نیز داشت. به عنوان مثال سطح برگ در رقم Goldrush از ۱۳۳ سانتی‌متر مربع در تیمار T2 به ۱۰۲ سانتی‌متر مربع در تیمار T4 و به ۷۲ سانتی‌متر مربع در تیمار T6 رسید. اثرات ساده تیمارهای مورد بررسی نشان داد با افزایش غلظت سديم و پتاسیم حجم ریشه کم شد و در تیمارهای T7 و T8 به کمترین میزان رسید. ضمن اینکه رقم Goldrush حجم ریشه بیشتری نسبت به Parkland داشت. از آنجاییکه صفات اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده افزایش تحمل به شوری رقم Goldrush نسبت به رقم Parkland است، بنظر می‌رسد رقم Goldrush در تنظیم اسمزی و تامین عناصر غذایی و آب موفقتر بوده است.

مقدار عناصر سديم و کلسیم برای تنظیم اسمزی و بسیاری از فعالیت‌های حیاتی سلول در مقدار زیر آستانه سمیت ضروری بوده و سبب افزایش زیست توده و عملکرد می‌شود با افزایش غلظت آنها سبب بروز سمیت و اختلال در اعمال حیاتی سلول و در نهایت کاهش رشد می‌گردد (۳۳). به نظر می‌رسد در اثر تنش اسمزی ناشی از شوری، میزان فتوسنتز و زیست توده گیاه کاهش یافته است. زیرا بخشی از کربن ترسیب شده در فرآیند فتوسنتز به سمت ایجاد تحمل به شوری در گیاه تغییر جهت داده است. بنابراین سبب کاهش مقدار زیست توده می‌گردد (۳۶). به نظر می‌رسد کاهش رشد برگ‌ها در شرایط شوری علاوه بر اثر اسمزی شوری مربوط به تجمع بیش از حد نمک در سیتوپلاسم است که انتقال آن به واکوئل به کندی صورت گرفته و رشد برگ‌ها در اثر کاهش مقدار کربوهیدرات برای سلول‌های در حال رشد کاهش می‌یابد (۲۵). ارقام مقاوم به شوری نسبت به ارقام حساس، از ریشه‌های حجیم‌تر، طول‌تر و نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی (R/S) برخوردار می‌باشند (۴۱). به طور کلی کاهش تولید ماده خشک در شرایط شور را می‌توان به دلیل هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن و صدمه به بافت‌ها مربوط دانست (۳). فلاورز و یو (۱۵) بیان کردند که خسارت نمک به برگ‌های گونه‌های حساس گیاهان ممکن است به واسطه غلظت‌های بیش از حد یون‌ها در آپوپلاست یا اثرهای سمی یونی بر فرایندهای متابولیک در سیمپلاست باشد.

اثرات ساده تیمارهای سديم و پتاسیم استفاده شده و همچنین بر همکنش عامل رقم با عناصر سديم و پتاسیم در صفات مقدار فتوسنتز، مقدار تعرق برگ، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به جز دو صفت تعرق و هدایت روزنه‌ای اختلاف مقادیر سایر صفات ذکر شده

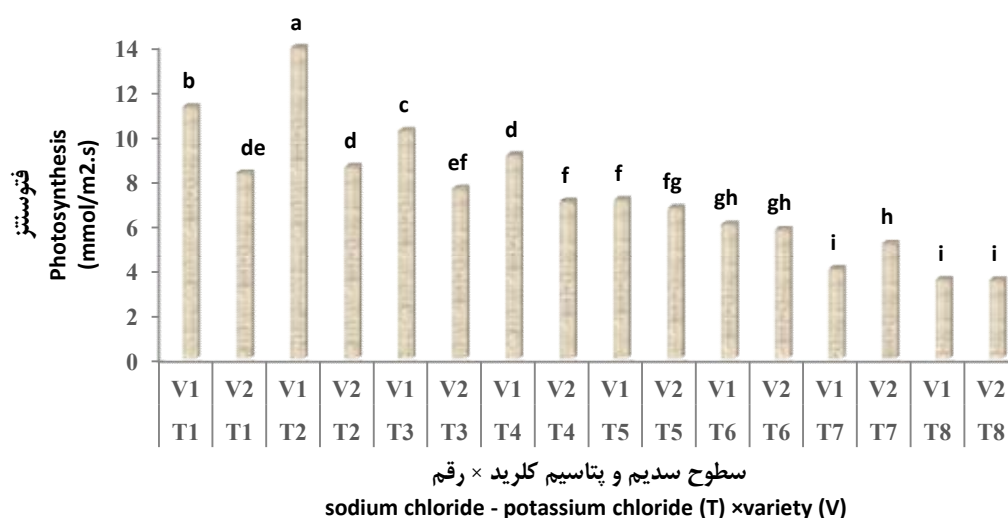
بر عامل رقم نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش غلظت کلریدسديم از ۰ به ۹۰ میلی مولار مقدار فتوسنتز از سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، درصد محتوای آب نسبی برگ و همچنین مقدار پایداری غشا برگی به تدریج کم شد (جدول ۳ و ۶). در شرایط عدم اعمال تنش کلریدسديم، با کاربرد ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم میزان فتوسنتز از ۹/۸۱ به ۱۱/۲۷ میلی‌مولار بر مترمربع در ثانیه رسید. این در حالی است که در همین سطح از کلرید پتاسیم (۲۰ میلی مولار)، با افزایش شوری از ۰ به ۳۰ میلی‌مولار کلرید سديم مقدار فتوسنتز ۸/۰۸ شد (شکل ۱). تعرق برگی در تیمار T1 ۴/۳۵ میلی‌مولار بر مترمربع در ثانیه بود و در گیاهان تیمار شده با شوری ۹۰ میلی‌مولار کلرید سديم (T7) به ۶/۹۰ افزایش یافت. در شوری ۳۰ میلی‌مولار کلریدسديم با افزایش کلریدپتاسیم از ۰ به ۲۰ میلی‌مولار، هدایت روزنه‌ای ۲۷ درصد کاهش یافت. مقدار محتوای نسبی آب برگ در گیاهان شاهد ۸۴ درصد بود که پس از اعمال تنش شدید ۹۰ میلی‌مولار کلریدسديم به ۲۳/۸ درصد رسید (جدول ۷). با این وجود در گیاهانی که در همین سطح تنش (۹۰ میلی مولار)، تیمار کلریدپتاسیم نیز اعمال شده بود (T8) افزایش جزیی محتوای رطوبت نسبی مشاهده شد. در سطح ۳۰ میلی‌مولار کلریدسديم و در رقم V1 با افزایش کلریدپتاسیم از ۰ به ۲۰ میلی مولار محتوای رطوبت نسبی از ۴۸ درصد به ۵۸ درصد رسید. شاخص پایداری غشا در گیاهانی که فقط با کلرید پتاسیم تیمار شده بودند (T2)، ۳/۵ درصد نسبت به شاهد (T1) افزایش داشت. میزان فتوسنتز، محتوای نسبی آب و پایداری غشای برگی در رقم Goldrush نسبت به Parkland بیشتر بود. به این ترتیب بیشترین مقدار فتوسنتز (۱۳/۹۳) در رقم Goldrush و تیمار T2 (۲۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم)، بیشترین هدایت روزنه‌ای (۱۱۴/۴) در گیاهان شاهد رقم Goldrush، بیشترین محتوای آب نسبی در گیاهان شاهد تنش و در ارقام Goldrush و Parkland (به ترتیب ۷۹/۶۷، ۸۹/۴۷ درصد) و همچنین تیمار T2 رقم Goldrush به مقدار ۷۱/۲۷ درصد بود. ضمن اینکه بیشترین پایداری غشا نیز در در رقم Goldrush و تیمار T2 مشاهده شد.

تنش شوری علاوه بر تأثیر بر فتوسنتز گیاه سبب کاهش آب قابل دسترس، سمیت یون‌ها و کمبود پتاسیم می‌گردد (۹). بنابراین بهبود تغذیه گیاهانی که در معرض تنش شوری قرار دارند، با کودهای پتاسیم‌دار می‌تواند با کاهش اثرات تخریبی اکسیداسیون سلولی و یا به حداقل رساندن، کاهش واکنش ترکیبات اکسیژن که در خلال فرایند فتوسنتز ایجاد می‌گردند (شبه رادیکال‌های اکسیژن) از اثرات مخرب تنش شوری بکاهد (۴۴). گیاهان زمانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند ابتدا تنش آب را تجربه می‌کنند، در این شرایط شوری از طریق بستن روزنه‌ها و کاهش فشار جزئی CO₂ بین سلولی و یا از طریق عوامل غیر روزنه‌ای به کاهش فتوسنتز منجر می‌شود که در نهایت به کاهش توسعه برگ‌ها می‌انجامد. در صورتی که گیاه مدت

سدیمی، غلظت بالای سدیم نه تنها باعث اختلال در عملکرد پتاسیم در ریشه ها می شود، بلکه ممکن است غشای سلول های ریشه را تخریب کرده و توان آن ها را در ورود انتخابی یون ها تغییر دهد (۲۹). یکی از راهکارهای افزایش تحمل به شوری پایین نگه داشتن غلظت یون سدیم و افزایش غلظت یون پتاسیم در گیاه است (۵۰).

جدول میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مربوط به رنگدانه های برگ شامل شاخص کلروفیل متر، کلروفیل a و کلروفیل b بین نتایج حاصل از اثرات ساده و برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی دار در سطح یک درصد نشان داد. بررسی اثرات ساده موجود در جدول ۵ نشان داد مقدار عددی کلروفیل متر از نظر کاهش یا افزایش در تیمارهای سدیم و پتاسیم روند مشابهی داشتند. شاخص کلروفیل متر در تیمار T2 ۳۵/۳۵ بود و بعد از اعمال تنش ۳۰ میلی مولار کلرید سدیم (T3) به ۲۸ کاهش یافت. در تیمار T4 با اعمال غلظت های ۳۰ میلی مولار کلرید سدیم و ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم شاخص کلروفیل متر مجدد افزایش یافت و در سایر تیمارها روند رو به کاهش نشان داد. در رقم Goldrush و در سطح ۳۰ میلی مولار کلرید سدیم با افزایش کلرید پتاسیم از ۰ به ۲۰ درصد افزایش یافت (جدول ۶). مقدار شاخص کلروفیل متر در رقم Goldrush ۴۰ درصد کمتر از رقم Parkland بود (شکل ۲).

طولانی در معرض شوری قرار گیرد تنش یونی را نیز تجربه می کند که باعث پیری زودرس برگ های بالغ می شود، بنابراین کاهش در سطح فتوسنتزی که حمایت کننده رشد است ایجاد می شود (۳۱). از طرفی تنش اسمزی ناشی از شوری سبب کاهش میزان آب سلول و کوچک شدن آن می شود و ادامه شرایط تنش سبب کاهش تقسیم و طولی شدن سلول و در نهایت اندازه نهایی برگ کاهش می یابد و در نتیجه میزان تولید مواد فتوسنتزی در واحد سطح کاهش می یابد (۳۴). به نظر می رسد شوری سبب کاهش قابلیت نفوذپذیری غشاء سلول های ریشه شده و از طرفی به واسطه برهم زدن تعادل یونی در محیط کشت در اثر شوری شرایط تخریب غشاء سلول ها را فراهم آورده که در نهایت باعث کاهش رشد و حجم ریشه گشته است (۸). اگر چه مقدار پتاسیم گیاه در غلظت های بالای یک مزیت است و می تواند به عنوان معیاری برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به شوری به کار رود (۱۶). ولی پاسخ گیاه به شوری به غلظت نمک و نسبت یون ها هم بستگی دارد (۳). یون ها به طرق مختلف بر یکدیگر اثر می گذارند. در حالت هم افزایی، یک یون در حضور یون دیگر سریعتر جذب گیاه می شود. برای مثال یون کلسیم، جذب یون پتاسیم را سرعت می بخشد. در حالت ناهمسازی، حضور یک یون بر جذب یون دیگر اثر منفی دارد. چنین ارتباطی بین سدیم و پتاسیم وجود دارد (۴۹). در این آزمایش کلرید پتاسیم در شرایط شوری تاثیر چندانی در بهبود اثرات ناشی از تنش نداشت. در واقع در شرایط شور و یا



شکل ۱- اثر متقابل سطوح کلرید سدیم - کلرید پتاسیم × رقم بر میزان فتوسنتز در گیاه خردل

ستون ها با حروف یکسان اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد ندارند

Figure 1- Interaction effect of sodium chloride - potassium chloride × variety on Photosynthesis of two mustard variety. Same letter within a column indicate they are not significantly different based on LSD at 1% probability level

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای کلرید سدیم - کلرید پتاسیم و رقم بر برخی صفات گیاه خردل

Table 5. Comparison of the average effects of sodium chloride-potassium chloride and two varieties on some traits of mustard plant

تیمار Treatment		محتوای آب نسبی برگ Relative Water Content (%)	شاخص پایداری غشاء Membrane Stability index (%)	کلروفیل متر Spad	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh weight)
NaCL (mM)	KCL (mM)					
0	0	84.57 ^a	96.50 ^b	32.32 ^b	9.80 ^a	4.61 ^c
0	20	62.92 ^b	100.00 ^a	35.35 ^a	10.02 ^a	5.11 ^b
30	0	52.82 ^{bc}	91.68 ^{cd}	28.05 ^c	9.28 ^b	4.98 ^{bc}
30	20	48.77 ^{cd}	90.55 ^{cd}	37.52 ^a	8.33 ^c	6.53 ^a
60	0	44.35 ^{cd}	96.58 ^b	29.40 ^{bc}	7.83 ^d	6.25 ^a
60	20	35.47 ^{de}	93.30 ^{bc}	26.63 ^{cd}	6.76 ^e	6.16 ^a
90	0	23.80 ^e	95.93 ^b	24.73 ^d	5.28 ^f	5.133 ^b
90	20	27.48 ^e	88.43 ^d	20.75 ^e	4.01 ^g	3.65 ^d
رقم Variety						
Goldrush (V1)		56.25 ^a	87.84 ^a	36.61 ^a	8.61 ^a	4.80 ^b
Parkland (V2)		38.78 ^b	84.50 ^b	21.82 ^b	6.71 ^b	5.80 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد، آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های حاصل از برهمکنش تیمارهای کلرید سدیم - پتاسیم × رقم بر برخی صفات گیاه خردل

Table 6- Comparison of the averages interaction of sodium, -potassium treatments × varieties on some traits of mustard

تیمار Treatment	محتوای آب نسبی برگ Relative Water Content (%)	شاخص پایداری غشاء Membrane Stability index	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh weight)
T1V1	79.67 ^a	19.50 ⁱ	10.83 ^a	2.96 ^h
T1V2	89.47 ^a	42.45 ^h	8.76 ^d	6.26 ^{bc}
T2V1	71.27 ^{ab}	119.3 ^a	11.00 ^a	3.30 ^{gh}
T2V2	54.57 ^{bc}	83.77 ^g	9.03 ^{cd}	6.33 ^{bc}
T3V1	48.27 ^{cd}	93.17 ^{cde}	8.93 ^{cd}	3.83 ^g
T3V2	49.27 ^{cd}	90.20 ^{ef}	8.30 ^e	6.13 ^{cde}
T4V1	58.87 ^{bc}	93.27 ^{cde}	10.27 ^b	6.93 ^a
T4V2	46.77 ^{cde}	87.83 ^{fg}	7.73 ^f	6.73 ^{ab}
T5V1	60.03 ^{bc}	100.9 ^b	9.20 ^c	6.23 ^{bcd}
T5V2	28.67 ^{ef}	92.23 ^{c-f}	6.46 ^g	6.26 ^{bc}
T6V1	51.70 ^{cd}	95.50 ^{cd}	7.80 ^f	6.63 ^{abc}
T6V2	19.24 ^{fg}	91.10 ^{def}	5.73 ^h	5.70 ^{de}
T7V1	32.60 ^{def}	97.03 ^{bc}	6.20 ^g	5.63 ^e
T7V2	14.99 ^{fg}	94.83 ^{cde}	4.36 ⁱ	4.63 ^f
T8V1	47.63 ^{cde}	83.23 ^g	4.70 ⁱ	3.50 ^{gh}
T8V2	7.33 ^g	93.62 ^{cde}	3.33 ^j	3.80 ^g

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد، آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not have significant difference at level 1% base on LSD test

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 و T8 به ترتیب NaCl و KCl با نسبت های ۰-۰، ۰-۳۰، ۳۰-۰، ۰-۶۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۰ و ۹۰-۰ می‌باشد.

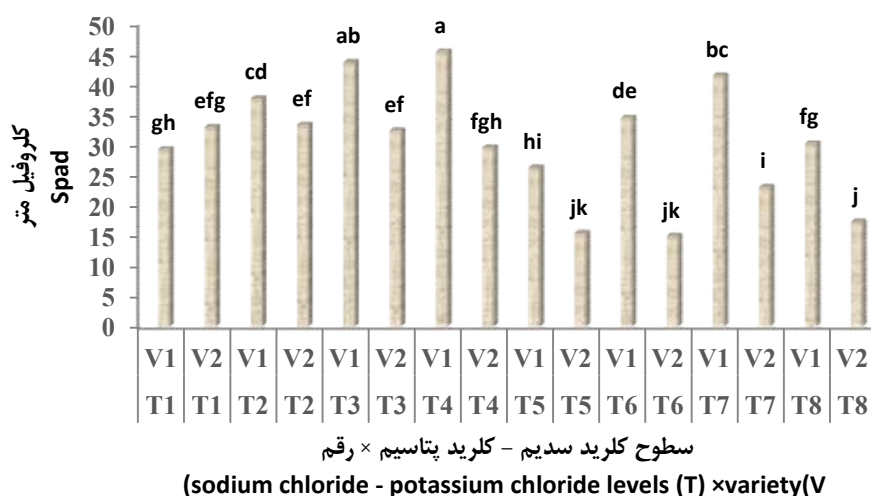
T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 and T8 were NaCl and KCl, respectively, with a ratio of 0-0, 0-20, 30-0, 30-20, 60-0, 60-20, 90-0 and 90-20

رقم Goldrush، کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب ۱۰/۳۸ و ۲/۹۶ بود و در گیاهانی که فقط با آب حاوی ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم آبیاری شده بودند این میزان به ترتیب به ۱۱ و ۳/۳۰ رسید. در رقم

شاخص کلروفیل متر و کلروفیل b در رقم Goldrush و تیمار T4 (۳۰ میلی‌مولار کلریدسدیم + ۲۰ میلی‌مولار کلریدپتاسیم) بیشتر و به عبارتی رنگ برگ در این تیمار سبزتر بود. در گیاهان بدون تنش و در

۱۵۰ میلی‌مولار مقدار کلروفیل a و b در هر دو رقم کلزای مورد مطالعه (Hayola and RGS) کاهش یافت مقدار کاهش کلروفیل a و b رقم RGS در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۷۰ و ۶۶ درصد بود و کاهش مقدار کلروفیل a و b در رقم Hayola در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ۲۰ و ۵۰ درصد بود. با افزایش شوری در بسیاری از گیاهان رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد که این واکنش می‌تواند ناشی از تشکیل آنزیم‌های پروتولیتیک مانند کلروفیلاز باشد که سبب تجزیه مولکول‌های کلروفیل شده و سبب خسارت به فرایند فتوسنتز گیاه می‌شود (۳۹).

Parkland نیز مشاهده شده در شرایط آبیاری با آب حاوی ۲۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم (T2) نسبت به آب معمولی (بدون عناصر سدیم و پتاسیم)، کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب از ۸/۷۶ و ۶/۲۶ به ۹/۰۳ و ۶/۳۳ میکروگرم در هر گرم وزن تر رسید و افزایش داشت. شاخص کلروفیل متر در بیشترین سطح تنش کلرید سدیم استفاده شده (۹۰ میلی‌مولار) در دو رقم Goldrush و Parkland به ترتیب ۴۱/۵۳ و ۲۳ بود. این میزان در تیمار T8 یعنی در گیاهان آبیاری شده با غلظت ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به همراه ۲۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم به ترتیب ۲۷ و ۲۴ درصد کمتر بود. نتایج مطالعه نظریه‌ی و همکاران (۲۴) در کلزا نشان داد که با افزایش شوری از صفر به ۷۵، ۱۰۰ و



شکل ۲- اثر متقابل سطوح کلرید سدیم - کلرید پتاسیم × رقم بر مقدار کلروفیل
 Figure 2- Interaction effects of sodium chloride - potassium chloride levels × variety on Spad of mustard cultivars

است (۲، ۶ و ۲۰). اما منطبق با نتایج این آزمایش افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذائی تأثیر مثبتی بر تحمل به شوری گلرنگ نداشت (۱۹). در مطالعه ساتی و لویز (۴۳) وزن خشک گوجه فرنگی با اعمال غلظت‌های کم پتاسیم (۴ میلی‌مولار) به محیط کشت شور افزایش یافت ولی با به کار بردن غلظت بالای پتاسیم (۱۶ میلی‌مولار) وزن خشک گیاه در مقایسه با شاهد کاهش یافت. زیادی پتاسیم می‌تواند باعث کاهش جذب کلسیم و منیزیم شده و در این شرایط عناصری مثل کلسیم نمی‌تواند نقش مؤثر خود را ایفا کند (۱۷). هرچند شوری باعث اختلال در جذب پتاسیم شده و افزایش سطح پتاسیم در گیاه در چنین شرایطی ضروری به نظر می‌رسد اما ورود انتخابی پتاسیم به ریشه در مقایسه با سدیم باید به اندازه‌ای باشد که بتواند نیاز پتاسیم گیاه را برای انجام فعالیت‌های متابولیکی فراهم کند و در نتیجه فرایند انتقال یون‌ها و تنظیم پتانسیل اسمزی انجام شود

علاوه بر اثر تخریبی شوری بر ساختار پروتئینی پیگمان‌های فتوسنتزی و تجزیه آن‌ها، کاهش آن‌ها می‌تواند منجر به عدم توانایی گیاه در تولید سیستم‌های پاک‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن^۱ شود که عامل دیگری در کاهش پیگمان‌های فتوسنتزی می‌باشد (۵). از آنجا که میزان فلورسانس کلروفیل سلامت غشای تیلاکوئید و کارایی انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I را مشخص می‌کند، تنش شوری باعث افزایش تجمع NaCl در کلروپلاست‌های گیاهان عالی می‌شود که سبب ممانعت از فعالیت فتوسیستم II و در نهایت با کاهش فعالیت انتقال الکترون فتوسنتزی در فتوستنر همراه می‌شود (۴۷).

تأثیر مثبت افزایش غلظت پتاسیم در محیط شور بر کاهش اثرهای زیان بار شوری بر گیاه در برخی از آزمایشات گزارش شده

(۱۱). کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور احتمالاً به دلیل رابطه ناهمسازی بین یون پتاسیم و سدیم است (۱۸).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی استفاده از تیمار کلریدپتاسیم در تیمار T2 بهترین نتیجه را داشت. به عبارتی در شرایط عدم تنش کلریدسدیم و در شرایطی که گیاهان فقط با آب حاوی ۲۰ میلی مولار کلرید پتاسیم آبیاری می شدند هم صفات رشدی و هم صفات فیزیولوژیک نظیر

مقدار کلروفیل نتایج بهتری داشتند. ضمن اینکه رقم Goldrush در تحمل شوری نسبت به Parkland نتایج بهتری از خود نشان داد. اگرچه با آغاز تنش خفیف ۳۰ میلی مولار کلریدسدیم صفات رشدی و فتوسنتزی کاهش یافت، تیمار ۲۰ میلی مولار کلریدپتاسیم توانست کاهش صفاتی نظیر وزن خشک، سطح برگ و مقدار فتوسنتز را در گیاهان تحت تنش ۳۰ میلی مولار کلریدسدیم بهبود بخشد. با افزایش سطوح شوری تا ۹۰ میلی مولار کلریدسدیم، کلریدپتاسیم در غلظت استفاده شده اثر تعدیل کننده نداشت و منجر به تشدید اثرات تنش شد.

منابع

1. Abid M., Qayyum A., Dasti A. A., and Abdilwajid R. 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize & properties of the soil. Journal of Research, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan. 12(1):26-33
2. Achilea O. 2002. Alleviation of salinity-induced stress in cash crops by multi-K (potassium nitrate), five cases typifying the underlying pattern. Acta Horticulture, 573: 43-48
3. Amir Mohammadi Meibodi S.A.M., and Ghare yazi B. 2003. Physiological Aspects and Breeding For Salinity Stress in Plants. Isfahan University of Technology Press.
4. Ashraf M., Mukhtar N., Rehman S., and Rha E. S. 2004. Salt induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop's weed (*Ammi majus* L.). Photosynthetica, 42(4): 543-550.
5. Atlasi Pak V., Nabipour M., and Meskarbashee M. 2009. Effect of salt stress on Chlorophyll content, Fluorescence, Na^+ and K^+ ions content in rape plants (*Brassica, napus* L.). Asian Journal of Agriculture Research, 3(2): 28-37.
6. Bardan N. M. 2006. Effect of potassium rate on barley growth and its mineral content under different salt affected soil conditions. Research journal of agriculture and biological sciences, 2(6): 512-519.
7. Benlloch M., Ojeda M. A., Romos J., and Prodriguez-Navarro, A. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. Plant Soil, 166: 117-123.
8. Bybordi A. 2011. Zinc, nitrogen and salinity interaction on agronomic traits and some qualitative characteristic of canola. African Journal of Biotechnology, 10(74), pp. 16813-16825.
9. Cakmak I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Plant Nutrition and Soil Science. 168: 521-530.
10. Cerda A., Pardines J., Botella M. A., and Martinez, V. 1995. Effect of potassium on growth, water relations and inorganic and organic solute contents for two maize cultivars grown under saline conditions. Journal Plant Nutrition, 18: 839-851.
11. Cheeseman J. M., and Wickens L. K. 1986. Control of Na^+ and K^+ transport in *Speragularia morina*. III. Relationship between ion uptake and growth at moderate Salinity. Journal of Plant Physiology, 67: 15-22.
12. Delgado I. C., and Sanchez-Raya A. J. 1999. Physiological response of seedling sunflower to salinity and K sources, Commun. Soil Science. Plant Annual, 30 (5-6).
13. Dere S., Gunes T., and Sivci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-a,b and total carotenoid contents of some Algae Species using different solvents. Turck. Journal Botany, 22: 13-17.
14. Farhodi R. 2011. The effect of salinity on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of rapeseed leaves. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(1): 123-130
15. Flowers T. J., and Yeo A. R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where Next? Plant Physiology, 22:875-884.
16. Flowers T. J., Torke P. F., and Yeo A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology, 28: 89-121.
17. Gadallah M. A. A. 1996. Absciscic acid, temperature and salinity interactions on growth and some mineral elements in *Carthamus* plants. Plant Growth Regulation, 20: 225-236.
18. Gauch H. G. 1972. Inorganic Plant Nutrition. PP. 395-426. Physiological Processes limiting Plant Productivity. Dowden, Hutchinson and Ross Inc., USA.
19. Gorji M., and Khoshgoftarmansh A.H. 2011. Effect of Potassium and Calcium on Safflower Response to Sodium

- Chloride Salinity in Aquatic Environment. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 53(4): 1-7.
20. Haghnia G.H. 2004. Plant tolerance to salinity. Mashhad university publishers.
21. Hall A.E. 2000. Crop responses to environment. United States of America. 248 p.
22. Jakob G., Ton J., Flors V., Zimmerli L.J., Metraux P., and Mauch- Mani B. 2005. Enhancing Arabidopsis salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABA Response. Plant Physiology, 139: 267-274.
23. Jeschke W.D., and Nassery H. 1981. K⁺ - Na⁺ selectivity in roots of Triticum, Helianthus and Allium. Physiology Plant, 52: 217-224.
24. Kafi M., Borzoei A., Salehi M., Kamandi A., Masomi A., and Nabati J. 2009. Environmental Stress on Plant Physiology. Mashhad University Jahad publication. (Translation).
25. Kafi M., Stewart D. 2001. The effects of salinity on growth and yield of nine cultivar of wheat. Journal of Agricultural Science and Technology. 12 :No 1.
26. Kaya C., Higgs D., and Sakar E. 2002. Response of Two leafy vegetables grown at high to supplementary potassium and phosphorus during different growth stages. Journal Plant Nutrition, 25: 2663-2676.
27. Khorasaninejad S., Mousavi A., Soltanloo H., Hemmati Kh., and Khalighi A. 2010. The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters, Essential oil Yield and Constituent of eppermint (*Mentha piperita* L). World Applied Sciences Journal, 11 (11): 1403-1407.
28. Khoshgoftarmanesh A.H. 2008. Principles of Plant Nutrition. Industrial University of Isfahan. edition 1 .pp.462
29. Kostas C., and Georgios P. 2006. Response of Two Olive Cultivars to Salt Stress and Potassium Supplement. Journal Plant Nutrition, 29(11): 2063-2078.
30. Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, San Diego, NY.
31. Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25: 239-250.
32. Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Physiology, 59: 651-681.
33. Munns R., James K.A., and Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57(5): 1025-1043.
34. Najafi F., Khavari-Nejad R. A., and Siah Ali M. 2010. The effects of salt stress on physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plant. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 6(1): 14-21.
35. Nazarbeygi E., Lari Yazdi H., Naseri R., Soleimani R. 2011. The Effects of Different Levels of Salinity on Proline and A-, B- Chlorophylls in Canola. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 10 (1): 70-74.
36. Netondo G.W., Onyango, and Beck E. 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science, 44: 806-811.
37. Qasim M., Ashraf M.M., Jamil A.M., Rehman Y.S.U., and Rha E.S. 2003. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Annual Application of Biology 142: 307-316.
38. Raziuddin Farhatullah Hassan G.H., Akmal M., Salim Shah S., Mohammad F., Shafi M., Bakht J., and Zhou W. 2011. Effect of camium and salinity on growth and photosynthesis parameters of brassica species. Pakistan Journal of Botany, 43(1): 333-340.
39. Sabater B., Rodriguez M.I. 1978. Control of chlorophyll degradation in detached leaves of barley and oat through effect of kinetic on chlorophyllase levels, Physiology Plant, 43: 274-276.
40. Safarnejhad A, Sadr V.A., and Hamidi H. The effect of salinity on morphological properties of Nigella sativa. J. Plant Breeding and Genetics Res. Iran. 2007; 15 (1): 75 - 84 (in Persian).
41. Sairam R.K., Rao K.V., and Srivastava G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163: 1037-1046.
42. Sarahi Nobar, M., and Moradi, B. 2011. Effect of salinity stress on protein content, pigments, sugars and phenolic compounds in tissue culture of several species of Iranian fenugreek. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 36(2): 53-59.
43. Satti, S. M. E., and Lopez M. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Commun. Soil Science and Plant Analysis, 25: 2807-2823.
44. Schachtman D., and Munns R. 2002. Sodium accumulation in leaves of Triticum species that differ in salt tolerance. Australia Journal Plant Physiology, 19(3):21,331-340
45. Smart R.E. 1974. Rapid Estimates of Relative Water Content. Plant Physiology, 53(2):258-60.
46. Sreenivasulu N., Grimm B., Wobns U., and Weschke W. 2000. Diffrentl response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of foxtail millet. Physiology Plantarum, 109: 435-442.

47. Sudhir P., and Murthy S.D.S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*, 42: 481-486.
48. Tarchoune I, Degl'Innocenti E, Kaddour R, Guidi L, Lachaal M, Navari-Izzo F and Ouerghi Z. Effects of NaCl or Na₂SO₄ salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. *Acta Physiol Plant*. 2012; 34 (2): 607- 15.
49. Timothy D. C., Epstein E., and Dvorak J. 1995. Differential solute regulation in leaf blades of various ages in salt sensitive wheat and a salt tolerant wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 108: 1714-1715.
50. Van Horn, J. W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. *Agricultural Management*, 20: 17-28.



Investigation of Mitigated Effects of KCl on Growth and Physiological Index in Mustard Plant (Parkland and Goldrush) Under Salinity Stress

M. Goldani^{1*} - M. Kamali² - M. Ghiasabadi⁴

Received: 29-01-2017

Accepted: 10-03-2018

Introduction: Salinity tolerance in plants can increase the importance of it as a result of the decreasing availability of high-quality irrigation water. Saline irrigation water can have many negative effects on crops. When irrigation water has high salinity, the salt may precipitate on the leaves as the water evaporates. Thus it can result in foliar uptake and phytotoxicity. The irrigation water may also cause accumulation of salt in the substrate, which may lead to salt uptake by the plants. Salt injury occurs when too much NaCl accumulates in the substrate. When excessive concentrations of NaCl are present in the soil, water uptake may be inhibited and it causing a physiological drought stress. However, potassium is required by plants in amounts (in kg unit) of similar or greater than nitrogen (N). K Uptake by the plant is highly selective and closely coupled to metabolic activity. At all levels in plants, within individual cells, tissues and in long-distance transport via the xylem and phloem, K exists as a free ion in solution or electrostatically bound cation. Potassium takes part in many essential processes such as enzyme activation, protein synthesis, photosynthesis, phloem transport, osmoregulation, cation-anion balance, stomatal movement and light-driven nastic movements. Potassium Chloride (KCl) is used as a source of nutrients in agricultural development and also used as relieve salinity stress.

Materials and Methods: In order to study the mitigation effects of KCl on salinity (NaCl) in mustard plant (Parkland and Goldrush), an experiment was carried out at the Research Greenhouse, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experiment was managed as a factorial arrangement based on completely randomized design in three replications. Treatments were included NaCl (0, 30, 60 and 90 mM) and KCl (0 and 20 mM) and two cultivars.

Relative water content was calculated by the following formula using leaf disc obtained from a young leaf of each plant.

$(DW + FW / DW + TW) * 100$ FW=fresh weight, DW=dry weight, and TW=turgid weight

Electrolytic leakage was calculated by the following formula:

$EL = L1/L2$ where L1 is electric conduction of leaf after putting in the deionized water in 25°C and L2 is the electric conduction of the autoclaved samples.

Leaf area was measured by Leaf area meter. Shoot and root dry weights were determined after drying the samples in 75°C for 48 h.

Chlorophyll concentration was calculated by the following formula:

$Chla (\mu g/ml) = 15.65A_{666} - 7.340 A_{653}$

$Chlb (\mu g/ml) = 27.05A_{653} - 11.21 A_{666}$

Analysis of variance was calculated using MSTAT-C software and means were compared by LSD test at probability level of 5%.

Results and Discussion: The results showed that the treatments of NaCl, KCl and interactions with cultivars were significantly different on dry weight, leaf area, photosynthesis, stoma conductivity and chlorophyll rate. The maximum shoot dry weight (3.44 g/plant) and photosynthesis rate was obtained from T2 (20 mM KCl and without NaCl). The maximum membrane stability index was obtained in Goldrush cultivar and T2. The minimum of these traits were observed in zero mM KCl and 90 mM NaCl. High level of NaCl (60 and 90 mM) and increasing application of KCl could not improve all traits. According to the result of the analysis of variance increasing density of sodium chloride in planting areas has a special effect on the size of leaves, weight of dried plant and each leaf and dried root. This effect shows a meaningful variation between the weight of dried leaves and its dried root and shoots. The salty areas have a lot of negative ions like Magnesium, Chlorine, sodium and sulfate. These materials are harmful by themselves or cause affective disorder in plants metabolism. Salinity

1 and 3- Associated Professor and Ms Graduate in Agronomy Group, Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(* - Corresponding Author Email: Goldani@um.ac.ir)

2- PhD student of Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

treatments applied to significant influence ($p \leq 0.01$) on the characteristics of photosynthesis, stomatal conductance and number of stomata was read out by SPAD. For example, sodium and potassium competition and chlorine and nitrate competition impairs the absorption of nutrients. The result of this reaction is that the plant needs more energy for producing organic matter so it loses most of its energy to resist against salt. This situation causes a low activity of the root and the growing of shoot consequently reduces. Also, weight and length of plant would reduce too. For example, existing potassium in salty lands causes the reduction of sodium in the shoot of plants. This research was done in a pot with the same amount of salt. Potassium causes the reduction of toxicity effects of sodium. This research showed that the potassium can regulate osmotic pressure and permeability of plant cell membranes and also cause to increase plant tolerance to salinity.

Conclusion: In salty condition, increasing the amount of sodium causes the reduction of potassium, compared with sodium. As a matter of fact this kind of reaction causes the reduction of potassium compared with sodium. We know that potassium can cause a suitable osmotic pressure and reduce the destructive effect of oxidation. So, amount of potassium more than sodium in salty lands is known as the standard resistance. In general, increasing the salinity of sodium chloride can decrease morphological and physiological traits of mustard. The use of potassium chloride in T2 treatment showed the best result. However, Goldrush cultivar showed better results compared with Parkland cultivar in salt tolerance.

Keywords: Chlorophyll, Dry weight, Leaf area, Photosynthesis, Stoma conductivity



ارزیابی تأثیر ترکیبات مختلف خاک‌های پوششی بر عملکرد و کیفیت قارچ دکمه‌ای سفید *Agaricus bisporus* (Lange)

رسول رحمانی پور^۱ - رضا صدرآبادی حقیقی^{۲*} - جواد جانپور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۴

چکیده

خاک پوششی که در صنایع پرورش قارچ دکمه‌ای به صورت استاندارد استفاده می‌شود، حدود یک سوم هزینه‌های تولید را به خود اختصاص می‌دهد. کیفیت و نوع خاک مورد استفاده در این مرحله تأثیر بسیار مهمی در عملکرد و سایر صفات مورفولوژیک قارچ خواهد داشت. به منظور بررسی تأثیر انواع ترکیبات خاک پوششی قارچ دکمه‌ای سفید *Agaricus bisporus* (Lange) آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقات قارچ‌های خوراکی، گروه زیست فناوری قارچ‌های صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی در زمستان سال ۱۳۹۴ انجام پذیرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار انجام پذیرفت. تیمارها شامل ۱- خاک پیت ۱۰۰ درصد، ۲- خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۴۰ درصد، ۳- خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد، ۴- خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد، ۵- خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد، ۶- خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد، ۷- خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد، ۸- خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد بودند. تیمارهای مورد نظر در کیسه‌های کمپوست تلقیح شده با نژاد تجاری A15 با ابعاد ۶۰×۴۰ سانتی اضافه شد. صفات مورد بررسی شامل عملکرد، میانگین وزنی قارچ‌ها، تعداد قارچ در هر کیسه، میانگین طول ساقه و میانگین قطر کلاهک در هر کیسه قارچ بودند، که در هر فلش برداشت به صورت جداگانه اندازه‌گیری گردید. صفات در فاصله زمانی خاک‌دهی تا اولین فلش برداشت و طول دوره برداشت در مجموع هر سه فلش برداشت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد تیمارهایی که در ترکیب خاک پوششی آن‌ها از ۴۰ درصد کوکوپیت و همچنین ۳۰ درصد کوکوپیت و ۱۰ درصد ذغال فعال به همراه خاک پیت استفاده شده بود بیشترین عملکرد، تعداد میوه و طول دوره میوه‌دهی و کوتاه‌ترین زمان خاک‌دهی تا اولین فلش را به عنوان صفتی مطلوب دارا بودند، هرچند میانگین وزنی قارچ‌ها و قطر کلاهک آن‌ها کمتر از سایر تیمارها بود که بازارپسندی محصول را تا اندازه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. دو تیمار که در ترکیب خاک پوششی آن‌ها یکی از ۴۰ درصد کمپوست مصرف شده و همچنین ۳۰ درصد کمپوست مصرف شده و ۱۰ درصد ذغال فعال به همراه خاک پیت استفاده شده بود کم‌ترین عملکرد، تعداد میوه و طول دوره میوه‌دهی و بیشترین زمان خاک‌دهی تا اولین فلش را به عنوان یک صفت نامطلوب دارا بودند، هرچند این دو تیمار بالاترین میانگین وزنی و قطر کلاهک را دارا بودند. بطور کلی نتایج نشان داد که استفاده از کمپوست مصرف شده از جنبه اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: طول ساقه قارچ، فلش، قطر کلاهک قارچ، وزن قارچ

مقدمه

برخی از بیماری‌ها همچون سرطان و بیماری‌های قلبی شناخته می‌شود. ایجاد و رشد کلاهک قارچ فقط به استعداد ژنتیکی میسلیوم‌ها بستگی نداشته و به فاکتورهای فیزیکی، محیطی، شیمیایی، مواد غذایی و عوامل میکروبیولوژیکی بستگی دارد (۱). امروزه صنعت پرورش قارچ به لحاظ نیاز آبی پایین، استفاده از ضایعات کشاورزی، امکان تولید در فضای محدود و همچنین مزایای تغذیه‌ای و افزایش تقاضای محصول در بازار، از سوی تولیدکنندگان مورد توجه قرار گرفته است (۸). در حال حاضر، پرمصرف‌ترین قارچ خوراکی، گونه دکمه‌ای سفید *Agaricus bisporus* (Lange) می‌باشد که بهینه‌سازی فرآیند تولید آن امری ضروری بنظر می‌رسد (۱۰ و ۱۱). مراحل کاشت و پرورش قارچ دکمه‌ای سفید شامل شش مرحله

رشد روز افزون جمعیت در جهان نیاز به منابع غذایی سالم را افزایش داده است. قارچ دکمه‌ای سفید به عنوان یک منبع غذایی و پروتئینی مناسب برای انسان‌ها و همچنین برای پیش‌گیری درمان

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد ایران

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir)

۳- استادیار، گروه بیوتکنولوژی قارچ‌های صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.62979

است که یکی از مهم‌ترین مراحل تولید آن مرحله خاک‌دهی با استفاده از خاک پوششی است، که در تغییر فاز رویشی رشد به فاز زایشی نقش دارد (۳). از جمله دلایل دیگر استفاده از خاک پوششی می‌توان به مواردی نظیر جلوگیری از خشک شدن بستر، ایجاد یک لایه مرطوب در سطح بستر برای تشکیل گره‌های زایشی اولیه و تکامل آن‌ها، فراهم کردن ذخیره آبی برای اندام زایشی قارچ، ایجاد مصنوعیت قارچ‌ها در برابر حمله بیماری‌ها، حمایت از رشد و تکثیر ریز زنده‌های موثر در میزان تولید قارچ اشاره کرد (۱۴). کووی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پوششی را این چنین اعلام کرد، خاک پوششی بایستی بیشترین تخلخل با ظرفیت جذب و نگهداری آب و pH بین ۷/۲ تا ۸/۲ و آهک فعال ۲/۵ تا ۳ درصد و نیتروژن کل ۰/۷ تا ۰/۸ درصد با محتویات کم از مواد غذایی معدنی و آلی و عاری از آفات و بیماری باشد (۱۰). ساختمان سطح لایه پوششی باید متخلخل و باز بوده و در آبیاری‌های پی‌درپی، ثابت بماند. از بین این خلل و فرج سطحی، منافذ رطوبتی کوچک از رشد سلول‌های پرموردیومی حمایت کرده و راه انتشار گازهای متابولیکی موجود در بستر کمپوست را به هوای آزاد بازمی‌کند. جمعیت میکروبی خاک پوششی عامل آزاد سازی هورمون‌هایی می‌شود که در آینده تولید میوه‌ها را سبب می‌گردد (۱۵). کیفیت و نوع خاک مورد استفاده در این مرحله تاثیر بسیار مهمی در عملکرد و سایر صفات مورفولوژیک قارچ خواهد داشت (۹).

امروزه، به‌طور عمده از خاک پیت جهت انجام عملیات خاک‌دهی استفاده می‌شود. منشاء خاک پیت، مناطق باتلاقی با زمستان‌های سرد بوده و در نتیجه تجزیه ناقص گیاهان و جانوران به همراه مواد آبرفتی حاصل می‌شود. این ترکیب در کشورهای نظیر انگلستان و ایرلند مناسب است، زیرا پیت به فراوانی در این کشورها یافت می‌شود. اما در کشورهای نظیر کشور ما که منطقه‌ای نیمه خشک محسوب می‌شود، منابع پیت محدود بوده و عمدتاً از طریق واردات تامین می‌شود، بنابراین استفاده از ترکیبات جایگزین راه‌کار مناسبی بنظر می‌رسد. بدین ترتیب، هزینه‌های تولید کاهش و صنعت تولید قارچ گسترش می‌یابد و همچنین منابع پیت حفظ می‌شود و در نتیجه می‌یابد (۱۶).

در ارتباط با استفاده از ترکیبات دیگر به عنوان جایگزینی برای خاک پوششی پیت تحقیقات زیادی انجام گرفته است (۵). از برخی موادی که تاکنون برای جایگزین نمودن خاک پوششی قارچ دکمه‌ای به تنهایی و یا به صورت ترکیب با خاک پیت استفاده شده‌اند، می‌توان به ورمی کمپوست (۱۶)، ضایعات تولید چای (۶) و کمپوست استفاده شده قدیمی (SMC) (۵)، ورمی کولیت، پرلیت (۱)، کودهای دامی پوسیده (FYM) و ذغال فعال (AC) (۲)، کاه و کلش گندم (۷) اشاره کرد.

بازار (۱) مطرح کرد که ترکیباتی نظیر کود دامی، کمپوست مصرف شده، پیت، ورمی کولیت، پرلیت، خاک باغچه نیز می‌توانند در

ترکیبات خاکهای پوششی بکار روند. نوبل و دوبروین (۱۳) نیز تاثیر ترکیبات مختلف خاکهای پوششی بر پایه پیت را مورد بررسی قرار دادند. گرنت و همکاران (۵) ترکیبی از خاک پوششی شامل نسبت ۲۰:۸۰ خاک پیت قهوه ای: سیاه دارای کمپوست با نسبت حجمی ۱۸ درصد را با خاک پیت استاندارد مقایسه کردند. آن‌ها EC کمپوست مصرفی را قبل از استفاده توسط آبشویی به کمتر از 4mS.cm^{-1} کاهش دادند. همچنین جهت افزایش تخلخل و قابلیت جذب آب به کمپوست، ورمی کولیت اضافه شد. نتایج عملکرد قارچ، در مقایسه با خاک پیت قابل قبول بود.

کادهاری و همکاران (۴) آزمایشی را برای بررسی تاثیر ترکیب خاک پوششی بر عملکرد قارچ انجام دادند. آن‌ها ترکیب کود حیوانی (گاوی) پوسیده و بقایای بستر قارچ مصرف شده (FYM + SMC, 3:1) و کود حیوانی پوسیده و ورمی کمپوست (FYM + VC, 3:1) را به عنوان دو تیمار بررسی کردند. نتایج نشان داد که ترکیب FYM + SMC به عنوان خاک پوششی بیشترین تاثیر را بر عملکرد و کیفیت اندام‌های باردهی قارچ در مقایسه با ترکیب (FYM + VC) داشت. گلسروپیکسن (۶) در مطالعه‌ای بعضی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی چای تخمیر شده و مخلوط ضایعات چای و پیت با خاک پوششی پیت را از نظر تاثیر بر عملکرد قارچ مقایسه کردند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به خاک پیت بود. نوبل و دوبروین (۱۲) در آزمایشی از قطعات خرد و آبیگری شده ذغال (ذغال فعال) به عنوان درصدی از ترکیب خاک پوششی همراه با پیت و ساقه‌های نیشکر استفاده کردند که باعث افزایش محتوای وزن خشک قارچ‌ها و ویژگی‌های بازار پسندی محصول شد.

بچرا و همکاران (۲) در تحقیقی مشابه نسبت‌های متفاوتی از ذغال فعال که در زمان‌های متفاوتی حرارت دیده بودند را در ترکیب خاک پوششی استفاده کردند. در تمام تیمارهای حرارت‌دهی pH خاک به مقدار ۰/۳۲ کاهش یافت. افزودن ذغال فعال به مواد خاک پوششی (خاک پیت + کربنات کلسیم) به صورت معنی داری باعث افزایش pH نسبت به خاک‌های فاقد ذغال فعال شد. حضور ذغال فعال در ترکیب خاک پوششی به میزان ۱۰ درصد باعث تولید بیشترین عملکرد محصول شد.

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی امکان استفاده از ترکیبات مختلف شامل: ورمی کمپوست، کوکوپیت، ذغال فعال و کمپوست مصرف شده قارچ در ترکیب با خاک پیت به عنوان جایگزینی برای خاک پوششی و تاثیر آن بر روی شاخص‌های عملکرد محصول و صفات مورفولوژیک قارچ دکمه‌ای سفید بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی انواع ترکیبات مختلف خاک‌های پوششی قارچ

داشته شد. سپس سطح بالایی بلوک‌های کمپوست توسط یک کاتر برش داده و پلاستیک رویی کیسه‌ها برداشته و سطح کمپوست با یک ماله کاملاً مسطح شد تا کیسه‌ها آماده خاک‌دهی شوند. دو روز قبل از عملیات خاک‌دهی، خاک پیت توسط محلول کاربندازیم ۱ درصد و دیازینون ۲ درصد جهت مبارزه با عوامل قارچی و حشرات احتمالی ضد عفونی گردید.

تیمارهای مختلف خاک‌های پوششی متشکل از خاک پیت به همراه کوکوپیت، ورمی کمپوست، ذغال فعال (ذغال اتوکلاو شده) و کمپوست مصرف شده بودند که آماده سازی بر اساس ترکیب هر تیمار جداگانه انجام شد. جهت آماده سازی خاک پوششی متشکل از کوکوپیت پس از باز کردن الیاف فشرده به مدت یک ساعت داخل ظرف آب غوطه‌ور شد تا از آب اشباع گردد و پس از خروج آب اضافی مورد استفاده قرار گرفت. pH ورمی کمپوست مورد استفاده ۷ بود و با نسبت حجمی ۱:۱ با پرلیت مخلوط و در حالت ظرفیت زراعی در ترکیب با بقیه مواد مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه ذغال فعال، پودر ذغال تهیه شده ابتدا با آب اشباع و پس از خروج آب اضافی به مدت یک ساعت در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد اتوکلاو گردید. جهت آماده سازی کمپوست مصرف شده، کمپوست دوره‌های قبل که به خوبی خشک شده بود، داخل ظرف آب قرار گرفت و پس از گذشت چند دقیقه آب‌شویی و به صافی منتقل شد تا آب اضافی خارج گردد و این عملیات آب‌شویی دوبار انجام پذیرفت و پس از خروج آب اضافی مورد استفاده قرار گرفت.

دکمه‌ای سفید، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار در واحد تحقیقات قارچ خوراکی جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد در زمستان سال ۱۳۹۴ انجام پذیرفت. تیمارها شامل ۱- خاک پیت ۱۰۰ درصد (P)، ۲- خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۴۰ درصد (PV)، ۳- خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد (PC)، ۴- خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد (PA)، ۵- خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد (PS)، ۶- خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد (PVA)، ۷- خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد (PCA)، ۸- خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد (PSA) بودند.

جهت اجرای آزمایش از قفسه‌هایی با ابعاد ۱×۲ متر مربع و با ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین جهت کنترل و یکنواختی بهتر دما و رطوبت استفاده گردید. بلوک‌های کمپوست دارای ابعاد ۶۰×۴۰، ارتفاع ۲۰ سانتی متر مربع و وزن ۱۷ کیلوگرم از شرکت کمپوست قارچ خوراکی هما تهیه گردید. بلوک‌های کمپوست با اسپاون قارچ نژاد A15 تلقیح شده بودند.

بلوک‌های مزبور با فواصل ۱۰ سانتی متر از هم روی قفسه‌ها قرار گرفتند و شماره گذاری شدند. در طول دوره ۱۳ روزه پنجه دوانی میسلیوم‌های قارچ داخل کمپوست، رطوبت سالن توسط آب پاشی مداوم کف سالن در حد ۹۵ درصد و دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه

جدول ۱- آنالیز فیزیکی و شیمیایی ترکیبات مختلف خاک‌های پوششی

Table 1- Physical and chemical analysis of different composition of casing soil

تیمار Treatment	Ca (mg l ⁻¹)	Mg (mg l ⁻¹)	TH** CaCO ₃ (mg l ⁻¹)	pH	TDS*** (mg l ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)
P*	16	81.5	4875	7.72	10093	16.02
PV	33	39	3600	7.12	8051.4	12.78
PC	33	24	2850	7.43	5317.2	8.44
PA	28.5	37.5	3300	8.08	7421.4	11.78
PS	66	72	6900	7.91	20979	33.30
PVA	31.5	40.5	3600	7.12	8013.6	12.72
PCA	24	27	2550	7.79	5852.7	9.29
PSA	64.2	72	6810	8.08	18837	29.90

*P: خاک پیت؛ PV: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۴۰ درصد؛ PC: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد؛ PA: خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد؛ PS: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد؛ PVA: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PCA: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PSA: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد.

** سختی کل (مجموع کلسیم و منیزیم)

*** کل مواد جامد محلول

*P: peat soil, PV: peat soil 60%+ vermicompost 40%, PC: peat soil 60%+ cocopeat 40%, PA: peat soil 60% + activated carbon 40%, PS: peat soil 60% + spent mushroom compost 40%, PVA: peat soil 60%+ vermicompost 30% + activated carbon 10%, PCA:peat soil 60% + cocopeat 30% + activated carbon 10%, PSA:peat soil 60% + spent mushroom compost 30% + activated carbon 10%.

** Total hardness

*** Total dissolved solids

در مرحله بعد، این ترکیبات با نسبت‌های حجمی مورد نظر با خاک پیت ترکیب شدند و این خاک‌های ترکیبی جدید داخل پاکت‌های پلاستیکی ۶۰×۴۰ سانتی متری ریخته شد و به مدت ۶ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد پاستوریزه گردید، پس از پاستوریزاسیون و سرد شدن مجدد خاک‌های ترکیبی، تیمارهای خاک‌دهی به واحدهای آزمایشی منتقل گردید. ارتفاع خاک پوششی در هر کیسه ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نوع ترکیب و خصوصیات تیمارهای خاک پوششی در جدول ۱ آورده شده است.

پس از عملیات خاک‌دهی، جهت حفظ رطوبت خاک روی بلوک‌ها با سفره‌های پلاستیکی پوشانده شد. در این مرحله دمای سالن در ۲۵ و رطوبت آن در سطح ۹۵ درصد حفظ گردید تا رشد رویشی میسلیم‌ها داخل خاک پوششی به خوبی انجام پذیرد. ده روز پس از انجام عملیات خاک‌دهی، آبیاری بسترها به میزان ۷۰۰^{cc} به ازای هر بلوک (سطح ۰/۲۴ مترمربع) و با استفاده از مه پاش انجام گرفت. چهارده روز پس از خاک‌دهی، زمانی که در اکثر تیمارها میسلیم ۸۰ درصد سطح خاک را پوشانده بودند، از شوک سرمایی به‌منظور ایجاد ته سنجاق‌های اولیه قارچ استفاده شد. به این منظور، دمای سالن با استفاده از کولر در یک دوره ۴۸ ساعته از ۲۵^{°C} به ۱۷^{°C} کاهش داده شد، در حالی که میزان رطوبت با استفاده از اسپری آب بین ۸۰ تا ۹۰ درصد حفظ گردید. پنج روز پس از تشکیل اولین ته سنجاق‌ها تا آخر دوره رشد، رطوبت بسترها فقط با استفاده از اسپری آب بر روی آن‌ها

تامین شد. برداشت قارچ‌ها به صورت روزانه انجام شد. روزهایی که بیشترین میوه از هر تیمار برداشت شد، به عنوان تاریخ شروع فلش جدید ثبت گردید. در مجموع سه فلش برداشت از هر تیمار انجام شد. پارامترهای اندازه‌گیری در هر فلش شامل تاریخ برداشت، وزن میوه، طول ساقه و کلاهک قارچ بودند.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و Minitab17 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اولین قارچ‌ها ۹ تا ۱۰ روز پس از شوک سرمایی در تیمارهای PC (خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد) و PCA (خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد) مشاهده شدند. به نظر می‌رسد این دو تیمار به دلیل خصوصیات بستر کشت نسبت به بقیه تیمارها سریعتر وارد مرحله تولید شدند. نتایج تجزیه واریانس مربوط به تاثیر تیمارهای مختلف در اولین فلش برداشت قارچ نشان داد صفات عملکرد، میانگین وزنی، تعداد و میانگین قطر کلاهک در سطح ۱ درصد و تاثیر تیمار بر صفت میانگین طول ساقه در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده اولین فلش برداشت در قارچ دکمه ای سفید *Agaricus bisporus* (Lange)

Tabel 2- Analysis of variance of measured traits in first flash in *Agaricus bisporus* (Lange)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		عملکرد yield	میانگین وزنی قارچ‌ها Mean of mushroom weight	تعداد قارچ Mushroom number	میانگین طول ساقه Mean of stipe length	میانگین قطر کلاهک Mean of cap diameter
تیمار Treatment	7	702127 **	71.83 **	4122.5 **	0.23 *	0.35 **
خطا Error	16	81911	14.54	769.5	0.075	0.022
کل Total	23					

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** Significant at 5% and 1% probability level, respectively

خاک پوششی، افزایش محتوای وزن خشک قارچ‌ها و ویژگی‌های بازار پسندی را مشاهده کردند. تیمارهای P (خاک پیت ۱۰۰ درصد) و PV (خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۴۰ درصد) نیز عملکرد بالایی داشتند که با تیمار قبلی اختلاف معنی داری نداشت. به نظر می‌رسد حضور خاک پیت در ترکیبات خاک پوششی این تیمارها منجر به

نتایج مقایسه میانگین عملکرد قارچ در اولین فلش نشان داد، بیشترین عملکرد متعلق به تیمار PA (خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد است و پس از آن تیمار PCA قرار داشت. تیمارهای فوق دارای نسبت‌های متفاوتی از ذغال فعال بودند. نوبل و دوبروین (۱۲) نیز در هنگام استفاده از ذغال فعال به عنوان درصدی از ترکیب

حصول این نتیجه شده است. گلسر و پیکسن (۶) نیز در مطالعه‌ای تأثیر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی چای تخمیر شده، مخلوط ضایعات چای و پیت و همچنین خاک پوششی پیت را بر عملکرد قارچ مقایسه کردند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد قارچ مربوط به خاک پیت بود.

کم‌ترین عملکرد قارچ از تیمارهای PS (خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد) و PSA (خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد) بدست آمد که در این تیمارها نیز محتوای نسبت‌های متفاوتی از کمپوست

مصرف شده بودند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد ترکیب کمپوست مصرف شده با خاک پوششی باعث کاهش عملکرد قارچ شده است که احتمال حضور ترکیبات یونی در این مخلوط را قوت می‌بخشد. گرنت و همکاران (۵) نیز مطرح کردند که در صورت استفاده مجدد از کمپوست قارچ حتماً بایستی قبل از مصرف با آب‌شویی، EC مخلوط را کاهش داد. چودهری و همکاران (۴) نیز مطرح نمودند که در صورت آب‌شویی صحیح، ترکیب کمپوست مصرف شده و کود حیوانی می‌تواند بیشترین تأثیر را بر عملکرد و کیفیت اندام‌های باردهی قارچ داشته باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در اولین فلش برداشت در قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)

Table 3- Mean comparison of measured traits in first flash of *Agaricus bisporus* (Lange)

تیمار Treatment	عملکرد Yield (g m ⁻²)	میانگین وزنی قارچ‌ها Mean of mushrooms weight (g)	تعداد قارچ Mushroom number (per m ²)	میانگین طول ساقه Mean of stipe length (cm)	میانگین قطر کلاهک Mean of cape diameter (cm)
P**	5040.29 a*	19.49 b	266.67 ab	1.33 bcd	3.94 b
PV	1148.60 a	19.26 b	254.17 abc	1.33 bcd	3.95 b
PC	ab 4785.83	12.42 c	366.08 ab	1.14 d	3.35 d
PA	1384.67 a	14.24 bc	433.33 ab	1.27 bcd	3.54 d
PS	5769.46 c	27.75 a	25 d	1.74 ab	4.39 a
PVA	2370.83 bc	16.48 bc	158.33 bcd	1.17 cd	3.61 c
PCA	5490.29 a	13.40 bc	422.21 a	1.62 abc	3.47 cd
PSA	975.00 c	18.71 bc	56.92 cd	1.90 a	3.99 b

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. P** : خاک پیت؛ PV: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۴۰ درصد؛ PC: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد؛ PA: خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PS: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد؛ PVA: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PCA: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PSA: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد.

*In each column, means with the same letters had no significant difference, base on LSD test at $p < 0.05$. **P: peat soil, PV: peat soil 60%+ vermicompost 40%, PC: peat soil 60%+ cocopeat 40%, PA: peat soil 60% + activated carbon 40%, PS: peat soil 60% + spent mushroom compost 40%, PVA: peat soil 60%+ vermicompost 30% + activated carbon 10%, PCA: peat soil 60% + cocopeat 30% + activated carbon 10%, PSA: peat soil 60% + spent mushroom compost 30% + activated carbon 10%.

آن مربوط به PC است و بقیه تیمارها از این لحاظ حد واسط این دو قرار گرفتند. طول ساقه بیشتر از ۱/۵ سانتی متر، صفتی نامطلوب به لحاظ بازار پسندی به‌شمار می‌آید (جدول ۳). با وجود این که تیمار PS، کم‌ترین عملکرد و تعداد قارچ را تولید کرده بود، اما قطر کلاهک قارچ‌ها در اولین فلش برداشت محصول در این تیمار بیشترین بود. تیمارهای PC و PA کم‌ترین قطر کلاهک را داشتند (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس دومین فلش برداشت نشان داد اثر تیمارها بر صفات عملکرد، میانگین وزنی قارچ‌ها، تعداد قارچ، میانگین طول ساقه قارچ‌ها و میانگین قطر کلاهک قارچ‌ها معنی دار است (جدول ۴).

مقایسه میانگین وزنی قارچ‌ها در فلش اول نشان داد، بیشترین میانگین وزنی قارچ‌ها متعلق به تیمار PS و کم‌ترین آن متعلق به تیمار PC است. بین تیمارهای PV و P و نیز تیمارهای PA، PVA، PCA و PSA تفاوت آماری وجود نداشت (جدول ۳).

در مقایسه میانگین تعداد قارچ‌ها در فلش اول، بیشترین تعداد قارچ در تیمارهای PA و PCA مشاهده شد که حاوی کوکوپیت و ذغال فعال بودند. کم‌ترین میانگین تعداد قارچ‌ها متعلق به تیمار PS بود که در آن از ۴۰ درصد کمپوست مصرف شده استفاده شده بود (جدول ۳). همچنین در مقایسه میانگین طول ساقه قارچ‌ها در فلش اول مشاهده شد بیشترین میانگین متعلق به تیمار PSA و کم‌ترین

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در دومین فلش برداشت در قارچ دکمه ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)Tabel 4- Analysis of variance of measured traits in second flash of *Agaricus bisporus* (Lange)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		عملکرد Yield	میانگین وزنی قارچ‌ها Mean of Mushrooms weight	تعداد قارچ Mushroom number	میانگین طول ساقه Mean of stipe length	میانگین قطر کلاهک Mean of cap diameter
تیمار Treatment	7	406710**	2.29 **	3519.4 *	0.095**	0.55 **
خطا Error	16	63734	9.004	217.5	0.022	0.078
کل Total	23					

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
 **, * Significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در دومین فلش برداشت در قارچ دکمه ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)Tabel 5- Mean comparison of measured traits in second flash of *Agaricus bisporus* (Lange)

تیمار Treatment	عملکرد Yeild (g m ⁻²)	میانگین وزنی قارچ‌ها Mean of mushrooms weight (g)	تعداد قارچ Mushroom number (per m ²)	میانگین طول ساقه Mean of stipe length (cm)	میانگین قطر کلاهک Mean of cape diameter (cm)
P**	2843.04 b*	13.08 c	222.21 b	1.22 b	3.5 c
PV	2591.67 b	15.96 bc	159.71 bc	1.40 b	3.71 bc
PC	5236.13 a	11.59 c	448.58 a	1.29 b	3.30 c
PA	3593.46 ab	15.81 bc	225 b	1.29 b	3.99 ab
PS	403.88 c	19.91 ab	19.42 d	1.22 b	4.37 a
PVA	3932.79 ab	19.62 ab	175.92 bc	1.34 b	4 ab
PCA	4791.67 a	12.29 c	394.42 a	1.26 b	3.33 c
PSA	2311.13 b	23.31 a	101.38 cd	1.76 a	4.36 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. P**: خاک پیت؛ PV: خاک پیت + ورمی کمپوست ۴۰ درصد؛ PC: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد؛ PA: خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد؛ PS: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد؛ PVA: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PCA: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PSA: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد.

*In each column, means with the same letters are not significantly different, base on LSD test at $p < 0.05$. **P: peat soil, PV: peat soil 60%+ vermicompost 40%, PC: peat soil 60%+ cocopeat 40%, PA: peat soil 60% + activated carbon 40%, PS: peat soil 60% + spent mushroom compost 40%, PVA: peat soil 60%+ vermicompost 30% + activated carbon 10%, PCA:peat soil 60% + cocopeat 30% + activated carbon 10%, PSA:peat soil 60% + spent mushroom compost 30% + activated carbon 10%.

۵ درصد، ۱۰ درصد و ۲۰ درصد که در زمان‌های متفاوتی (صفر، ۶۰ و ۱۸۰ دقیقه) حرارت دیده بودند را در ترکیب خاک پوششی استفاده کردند. در نهایت با مقایسه تیمارها به این نتیجه رسیدند که بسترهای تلقیح شده با اسپان بذری که در ترکیب خاک پوششی آن از ۱۰ درصد ذغال فعال استفاده شد، بیشترین محصول را تولید کرد. در مقایسه میانگین وزنی قارچ‌ها در فلش دوم مشاهده شد،

مقایسه میانگین عملکرد قارچ در دومین فلش برداشت نشان داد بیشترین عملکرد متعلق به تیمارهای PC و PCA است که در ترکیبات خاک پوششی آن‌ها از ذغال فعال و کوکوپیت استفاده شده بود. کم‌ترین عملکرد متعلق به تیمار PS بود که در ترکیب خاک پوششی آن از کمپوست مصرف شده استفاده شده بود (جدول ۵). بچرا و همکاران (۲) نسبت‌های متفاوت ذغال فعال به میزان صفر درصد،

بیشترین میانگین وزنی متعلق به تیمار PSA و کم‌ترین آن متعلق به تیمارهای PCA، PC و P است. بین سایر تیمارها نیز تفاوت آماری ملاحظه نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین تعداد قارچ‌ها در فلش دوم نشان داد بیشترین نشان داد بیشترین تعداد میوه متعلق به تیمار PC و PCA است که در ترکیب خاک پوششی آن‌ها از کوکوپیت و ذغال فعال استفاده شده بود. کم‌ترین تعداد قارچ متعلق به تیمار PS بود که در ترکیب خاک پوششی آن از کمپوست مصرف شده استفاده شده بود (جدول ۵). مقایسه میانگین طول ساقه قارچ‌ها در فلش دوم نشان داد بیشترین طول ساقه متعلق به تیمار PSA است و بین سایر تیمارها تفاوت آماری وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سومین فلش برداشت در قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)
Tabel 6- Analysis of variance (Mean of squares) of measured traits in third flash of *Agaricus bisporus* (Lange)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		عملکرد Yield	میانگین وزنی قارچ‌ها Mean of Mushrooms weight	تعداد قارچ Mushroom number	میانگین طول ساقه Mean of stipe length	میانگین قطر کلاهک Mean of cap diameter
تیمار Treatment	7	271729**	1483.3 **	4407.4 **	0.57 **	7.25 **
خطا Error	16	22826	202.3	220.7	0.19	1.39
کل Total	23					

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد
**Significant at 1% probability level

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در سومین فلش در قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)
Tabel 7- Mean comparison of measured traits in third flash of *Agaricus bisporus* (Lange)

تیمار Treatment	عملکرد Yield (g m ⁻²)	میانگین وزنی قارچ‌ها Mean of Mushrooms weight (g)	تعداد قارچ Mushroom number (per m ²)	میانگین طول ساقه Mean of stipe length (cm)	میانگین قطر کلاهک Mean of cape diameter (cm)
P**	bc* 2155.54	20.45 b	105.54 c	1.44 ab	4.42 b
PV	1750.00 c	17.52 b	97.21 c	1.04 abc	3.97 bc
PC	3097.21 ab	10.1 b	255.54 b	0.92 abcd	3.31 bcd
PA	1409.71 cd	17.96 b	83.33 c	1.09 abc	4.18 bc
PS	116.67 e	7 b	5.54 c	0.27 d	1.34 d
PVA	2277.75 bc	74.1 a	73.58 c	1.65 a	6.57 a
PCA	3759.71 a	8.9 b	492.50 a	0.86 bcd	3.24 bcd
PSA	326.38 de	8.28 b	29.17 c	0.61 cd	2-31 cd

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. P** : خاک پیت؛ PV : خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۴۰ درصد؛ PC : خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد؛ PA : خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد؛ PS : خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۴۰ درصد؛ PVA : خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PCA : خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PSA : خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد.

**In each column, means with the same letters had no significant difference, base on LSD test at $p < 0.05$. **P: peat soil, PV: peat soil 60%+ vermicompost 40%, PC: peat soil 60%+ cocopeat 40%, PA: peat soil 60% + activated carbon 40%, PS: peat soil 60% + spent mushroom compost 40%, PVA: peat soil 60%+ vermicompost 30% + activated carbon 10%, PCA:peat soil 60% + cocopeat 30% + activated carbon 10%, PSA: peat soil 60% + cocopeat 30% + activated carbon 10%, PSA:peat soil 60% + spent mushroom compost 30% + activated carbon 10%.

در این مرحله دو صفت فاصله زمانی خاک‌دهی تا اولین فلش و طول دوره میوه‌دهی مورد ارزیابی قرار گرفت نتایج آنالیز واریانس سه فلش برداشت نشان داد اثر تیمار بر صفات فاصله زمانی خاک‌دهی تا اولین فلش برداشت محصول، عملکرد، میانگین وزنی قارچ‌ها، تعداد قارچ‌ها و میانگین قطر کلاهک در سطح ۱ درصد و اثر تیمار بر صفات طول دوره میوه‌دهی و میانگین طول ساقه در سطح ۵ درصد معنی دار است (جدول ۸).

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده برای مجموع سه فلش برداشت در قارچ دکمه ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)Tabel 8- Analysis of variance of measured traits in total of three flashes of *Agaricus bisporus* (Lange)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		فاصله زمانی خاکدهی تا اولین فلش برداشت Duration between casing to first harvest flash	طول دوره میوه دهی Fruiting duration	عملکرد Yield	میانگین وزنی هر قارچ mean of mushrooms weight	تعداد قارچ Mushroom number	میانگین طول ساقه Mean of stipe length	میانگین قطر کلاهک Mean of cap diameter
Treatment تیمار	7	44.08 **	125.89**	3372430**	60.53 **	27195 **	0.025 **	0.41**
Error خطا	16	1.61	34.84	163338	6.11	3269	0.009	0.069
Total کل	23							

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

**Significant at 1% probability level

جدول ۱۰- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در مجموع سه فلش در قارچ دکمه ای سفید (*Agaricus bisporus* (Lange)Tabel 10- Mean comparison of measured traits in total of three flashes of *Agaricus bisporus* (Lange)

تیمار Treatment	فاصله زمانی خاکدهی تا اولین فلش برداشت Duration between casing to first harvest flash (day)	طول دوره میوه دهی Fruiting duration (day)	عملکرد Yield (g m ⁻²)	میانگین وزنی هر قارچ Mushrooms mean weight (g)	تعداد قارچ Mushroom number (per m ²)	میانگین طول ساقه Mean of stipe length (cm)	میانگین قطر کلاهک Mean of cap diameter (cm)
P**	30.66* c	31.66 ab	9562.21 b	16.78 bc	594.42 bcd	1.27 bc	3.82 bc
PV	29 cd	33 a	9780.54 b	17.86 bc	568.42 bcd	1.36 abc	3.83 bc
PC	26 e	29.66 ab	11840.83 ab	12.19 d	908.33 ab	1.27 ab	3.83 cd
PA	28 de	29.33 ab	10772.79 b	14.83 cd	741.67 bc	1.23 c	3.66 bcd
PS	36.88 a	15 c	1166.67 d	24.96 a	45.83 e	1.5 a	4.40 a
PVA	28.66 cd	32.11 a	5200.00 c	18.97 bc	451.38 cde	1.43 ab	4.03 ab
PCA	26.33 e	33 a	14042.38 a	11.29 d	1297.21 a	1.33 abc	3.27 d
PSA	33.33 b	21.66 bc	3650.00 cd	20.60 b	187.50 de	1.26 c	4.10 ab

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. P** : خاک پیت؛ PV: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی

کمپوست ۴۰ درصد؛ PC: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۴۰ درصد؛ PA: خاک پیت ۶۰ درصد + ذغال فعال ۴۰ درصد؛ PS: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده

۴۰ درصد؛ PVA: خاک پیت ۶۰ درصد + ورمی کمپوست ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛ PCA: خاک پیت ۶۰ درصد + کوکوپیت ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد؛

PSA: خاک پیت ۶۰ درصد + کمپوست مصرف شده ۳۰ درصد + ذغال فعال ۱۰ درصد.

**P: peat soil, PV: peat soil In each column, means with the same letters had no significant difference, base on LSD test at $p < 0.05$.
 60%+ vermicompost 40%, PC: peat soil 60%+ cocopeat 40%, PA: peat soil 60% + activated carbon 40%, PS: peat soil 60% + spent mushroom compost 40%, PVA: peat soil 60%+ vermicompost 30% + activated carbon 10%, PCA: peat soil 60% + cocopeat 30% + activated carbon 10%, PSA: peat soil 60% + spent mushroom compost 30% + activated carbon 10%.

قطر کلاهک قارچ متعلق به تیمارهای P، PC و PCA است (جدول ۵).

مقایسه میانگین قطر کلاهک قارچ‌ها در فلش دوم برداشت نشان داد بیشترین قطر کلاهک متعلق به تیمارهای PS و PSA و کم‌ترین

فلش سوم نشان داد، بیشترین قطر کلاهک متعلق به تیمار PVA و کم‌ترین آن متعلق به تیمار PS است (جدول ۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان دادند دو ترکیب خاک پوششی PC و PCA که در آن‌ها یکی از ۴۰ درصد کوکوپیت و دیگری از ۳۰ درصد کوکوپیت و ۱۰ درصد ذغال فعال به همراه خاک پیت استفاده شده بود، بیشترین عملکرد، تعداد میوه و طول دوره میوه دهی و کوتاه‌ترین زمان خاک‌دهی تا اولین فلش را به عنوان صفتی مطلوب دارا بودند، هرچند میانگین وزنی قارچ‌ها و قطر کلاهک آن‌ها کمتر از سایر تیمارها بود که بازپسندی محصول را تا اندازه‌ای تحت تأثیر قرار خواهد داد. دو تیمار PS و PSA که در ترکیب خاک پوششی آن‌ها یکی از ۴۰ درصد کمپوست مصرف شده و دیگری از ۳۰ درصد کمپوست مصرف شده و ۱۰ درصد ذغال فعال به همراه خاک پیت استفاده شده بود کم‌ترین عملکرد، تعداد میوه و طول دوره میوه‌دهی و بیشترین زمان خاک‌دهی تا اولین فلش را به عنوان یک صفت نامطلوب دارا بودند. هرچند این دو تیمار بالاترین میانگین وزنی و قطر کلاهک را دارا بودند که در مجموع نشان دادند که استفاده از کمپوست مصرف شده از جنبه اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

همچنین نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که در سومین فلش برداشت نیز همانند دو برداشت قبلی، تأثیر تیمارهای اعمال شده بر تمام صفات معنی دار است (جدول ۶).

مقایسه میانگین عملکرد قارچ در سومین فلش نشان داد بیشترین عملکرد متعلق به تیمار PCA و کم‌ترین آن متعلق به تیمار PS است (جدول ۷). مقایسه میانگین وزنی قارچ‌ها در فلش سوم برداشت نشان داد بیشترین میانگین وزنی میوه‌ها متعلق به تیمار PVA است که در ترکیب خاک پوششی آن از ورمی کمپوست و ذغال فعال استفاده شده بود و بین سایر تیمارها تفاوت آماری وجود نداشت (جدول ۷). نوبل و دوبروین (۱۲) گزارش کردند جایگزینی مقداری از خاک پوششی شامل پیت و ساقه‌های نیشکر با ذرات ذغال آبیگری شده در عملکرد محصول تأثیر نداشت اما باعث افزایش محتوی وزن خشک قارچ‌ها و ویژگی‌های بازار پسندی محصول شد.

مقایسه میانگین تعداد قارچ‌ها در فلش سوم برداشت نشان داد بیشترین قارچ تولید شده متعلق به تیمار PCA و بعد از آن تیمار PC است که در ترکیب خاک پوششی آن‌ها از کوکوپیت استفاده شده بود، بین سایر تیمارها تفاوت آماری وجود نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین، میانگین طول ساقه قارچ‌ها در فلش سوم نشان داد بیشترین طول ساقه متعلق به تیمار PVA و کم‌ترین آن متعلق به تیمار PS است (جدول ۷). مقایسه میانگین، میانگین قطر کلاهک قارچ‌ها در

منابع

- 1- Baziyar S. 2011. Introduction of edible mushrooms in Mashhad and suburb with emphasis on casing soil advanced technology with vermicompost usage. MSc.Thesis. Islamic Azad University, Mashhad Branch. (In persian)
- 2- Bechara M., Heinemann P.H., Walker P.N., Demirsi A., and Romaine C.P. 2009. Evaluating the addition of activated carbon to heat-treated mushroom casing for grain-based and compost-based substrates. Bioresource Technology, 100: 4441-4446.
- 3- Beyer D.M. 2003. Basic procedures for Agaricus mushroom. College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University Extension Bulltten. 16p.
- 4- Choudhary D., Agarwal P., and Johri B. 2009. Characterization of functional activity in composted casing amendment used in cultivation of *A.bisporus*. Indian jorنال of biotechnology, 8: 97-109
- 5- Grant J., Grogan H., Barry J., Kilpatrick M., and Doyle O. 2013. Changing formulations for mushroom casing. Technology updates Crops, Environment and Land Use, 3: 56-58.
- 6- Gulser C., and Peksen A. 2003. Using tea waste as a new casing material in mushroom (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) cultivation. Bioresource Technology, 88: 153-156.
- 7- Jurak E., Punt Am., Arts W., Kabel M. A., and Gruppen H. 2015. Fate of carbohydrates and lignin during composting and mycelium growth of *Agaricus bisporus* on wheat straw based compost. PLOS ONE 10(10). e0138909.
- 8- Mohammadi Goltapeh E., and Poor jam A. 2001. Principles of edible mushrooms culture. Sth edition, Tarbiat Modares University Publication office of scientific works, Tehran, Iran, 543 P. (in persian)
- 9- Morin E., Kohler A., Baker A. R., Foulongne-Oriol M., Lombard V., Nagye L. G., Ohm R. A., Patyshakuliyeveva A., Brun A., Aerts A. L., Bailey A. M., Billette C., Coutinho P. M., Deakin G., Doddapaneni H., Floudas D., Grimwood J., Hildén K., Kües U., LaButti K. M., Lapidus A., Lindquist E. A., Lucas S. M., Murat C., Riley R. W., Salamonov A. A., Schmutz J., Subramanian V., Wösten H. A. B., Xu J., Eastwood D. C., Foster G. F., Sonnenberg A. S. M., Cullen D., de Vries R. P., Lundell T., Hibbett D. S., Henrissat B., Burton K. S., Kerrigan R. W., Challen M. P., Grigoriev I. V., and Martin F. 2012. Genome sequence of the button mushroom *Agaricus bisporus* reveals mechanisms governing adaptation to a humic-rich ecological niche. Proc Natl Acad Sci U S A. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 109 (43): 17501-17506.

- 10- Nadi S., Farsi M., Nemati S., Arooyee H., and Davarinejad G. H. 2015. Renewd use of spent mushroom compost of white button mushroom culture units . Journal of Horticultural Science, 28 (4): 446-452. (in Persian)
- 11- Navi sani R., Gheibi M. B., and Fatahi Far A. 2010. Manual for appropriate operation of production and culture of white button mushroom. Agriculture and Natural Resources Engineering Organization Press.(in Persian)
- 12- Noble, R., and Dobrovin-Pennington, A. 2004. Partial substitution of peat in mushroom casing whit fine particle coal tailings. Scientia Horticulturae, 104: 351-367.
- 13- Noble R., Dobrovin-Pennington A., Evered C.E., and Mead A. 1999. Properties of peat-based casing soils and their influence on the water relations and growth of the mushroom (*Agaricus bisporus*). Plant and Soil, 207: 1–13.
- 14- Shamsi B., Mohammadi H.R., and Sedaghat A. 2010.Theoretical and pactical culture of white button mushroom. Ayeezh Publication. Tehran. Iran. 192 P. (in Persian)
- 15- Stamets, P. and Chilton. J.S. 1983. The mushroom cultivar: a practical guide to growing mushrooms at home. Agarikon Press. 415pp.
- 16- Zokati M., Bazyar S., and Khanebad M. 2011. Casing soil production advanced technology using vermicompost for mushroom culture. Journal of Biological Science, 4: (1)19-26. (in Persian)



Evaluation of the Effect of Different Composition of Casing Soil on the White Button Mushroom (*Agaricus bisporus* Lange) Yield and Quality Traits

R. Rahmanipoor¹- R. Sadrabadi Haghighi^{2*}- J. Janpoor³

Received: 22-05-2017

Accepted: 16-10-2017

Introduction: Today, due to increasing world population, food needs to be provided from different ways. The white button mushroom has also become an important constituent of a healthy diet. Their nutritional value relies on relatively high protein, minerals, vitamins, essential amino acids content and low calories. Mushroom mycelia growth and mushroom development are not only related to genetic factors but also depends on environmental, chemical, and microbiological conditions. Casing soil can protect the compost against desiccation, supporting the mushroom against pests and diseases and providing sporophores development and development and growth of mushroom by gas exchange. Casing layer provides an environmental change in which the mushroom shifts from a vegetative stage to a reproductive one due to microorganisms in the casing soil. Casing soil bacteria influence productivity, product quality and uniformity. Physical and chemical properties of a good casing should be high porosity and water holding capacity (WHC), pH range from 7.2 to 8.2, low content of soluble inorganic and organic nutrients and free of disease and pests. Many materials, alone or in combination, have been used as casing both commercially and experimentally, although only a few have been shown to be practical application. Peat is generally regarded as the most suitable casing. Because of its unique water holding and structural properties, it is widely accepted as ideal for the purposes of casing. Peats has a neutral pH and because of it contains organic matter and granular structure can stay porous even after a consecutive irrigation, hold moisture, allows appropriate gaseous exchanges and supports microbial population to release hormone-like substances which are very likely involved in stimulating the initiation of fruit bodies. Peat and limestone commonly used as a casing soil, however problems associated with its use, especially viability, depletion of reserves and alteration of ecosystems, have led to the search for alternative materials.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of different compositions of casing soil on the white button mushroom (*Agaricus bisporus* Lange) cultivation, an experiment was carried out in laboratory of mushroom research, Department of Industrial Fungi Biotechnology, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR- Khorasan Razavi), in 2015. The experiment was conducted in a completely randomized design with 8 treatments and 3 replications. The treatments were including peat soil (100%), peat soil (60%) + vermicompost (40%), peat soil (60%) + cocopeat (40%), peat soil (60%) + activated carbon (40%), peat soil (60%) + spent mushroom compost (40%), peat soil (60%) + vermicompost (30%) + activated carbon (10%), peat soil (60%) + cocopeat (30%) + activated carbon (10%), peat soil (60%) + spent mushroom compost (30%) + activated carbon (10%). The treatments were applied on the compost block (40 × 60 × 20 cm sizes), that inoculated with the mushroom spawn, commercial line A15. The investigated characteristics including mushrooms yield, mean of mushroom weight, number of mushrooms per square meter, mean of stipe length, mean of cape diameter, which was measured in each harvest flash, separately. The traits were measured three times from casing to first harvest flash and harvest period.

Results and Discussion: The results showed that the longest duration between casing to first flashing belonged to peat soil (60%) + spent mushroom compost (40%). The lowest duration belonged to peat soil (60%) + cocopeat (40%), peat soil (60%) + activated carbon (40%) and peat soil (60%) + cocopeat (30%) + activated carbon (10%). Treatments with the lowest duration between casings to first harvest flash, produced the most yield. The results also revealed that casing soils treatments contained cocopeat(40%) and cocopeat(30%) + active carbon(10%) had the highest yield, fruit number, fruiting period and shortest duration from casing to first harvest flash as a good characteristic, although the mean of mushrooms weight and diameter of cape were lower than other treatments that it affect on marketing quality. Two treatments including spent mushroom compost

1- MSc Agronomy Graduated Student, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

2- Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: rsadrabadi@msdiau.ac.ir)

3- Assistant Professor, Industrial Fungi Biotechnology Research Department, Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) Khorasan Razavi Province Branch

(40%) and spent mushroom compost (30%) + active carbon(10%), had the lowest yield, fruit number, fruiting duration, the longest duration between casing to first harvest flash as an unfavorable characteristic, although these treatments had the highest mean weight and cape diameter. Overall, the results showed that spent mushroom compost utilization as casing soil is not economically cost-effective.

Keywords: Mushroom stipe length, Mushroom Flash, Mushroom Cape diameter, Mushroom weight



مقایسه عملکرد، اجزای عملکرد و نیترات موجود در برخی توده‌های اسفناج در استان اصفهان

پیمان جعفری^{1*} - امیر هوشنگ جلالی²

تاریخ دریافت: 1396/03/01

تاریخ پذیرش: 1396/11/08

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی روند تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد ده توده/رقم اسفناج، پژوهشی به مدت 2 سال (1394-1393) با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان اصفهان انجام شد. مقایسه میانگین صفات عملکرد، طول برگ، طول دم‌برگ و ارتفاع (در سطح احتمال 1 درصد) و تعداد برگ و مقدار نیترات (در سطح احتمال 5 درصد) از نظر آماری معنی دار بود. توده بذر خاردار ورامین با عملکرد 53/49 تن در هکتار محصول تازه، بیشترین مقدار عملکرد را به خود اختصاص داد. دامنه تغییرات ارتفاع بوته از 24 سانتی متر در توده ساری تا 30/33 سانتی متر در توده نجف آباد متفاوت بود. توده اردستان با 10/67 برگ کمترین تعداد برگ در بین توده‌ها/ارقام مطالعه شده را داشت. طول دم‌برگ در بین ارقام/توده‌های آزمایش شده دامنه‌ای از 9/84 تا 18/33 سانتی متر داشت. توده برگ پهن ورامین به ترتیب با مقادیر نیترات پهنک و دم‌برگ معادل 231 و 462 قسمت در میلیون، کمترین و رقم آلمانی به ترتیب با نیترات پهنک و دم‌برگ معادل 583 و 1182 قسمت در میلیون بیشترین مقادیر نیترات را به خود اختصاص دادند. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش از میان توده‌های آزمایش شده توده‌های بذر خاردار ورامین، برگ پهن ورامین، ساری و نجف آباد از جمله توده‌هایی هستند که می‌توانند عملکردی مشابه رقم برگ پهن آلمانی تولید نموده و برای تولید اسفناج در استان اصفهان مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، پهنک برگ، دم‌برگ

مقدمه

محیطی و رقم از 18/6 تا 44/8 تن در هکتار عملکرد تولید می‌کند (9).

مناطق مختلف ایران از تنوع ژنتیکی وسیعی در رابطه با توده‌های اسفناج برخوردار بوده و با توجه به سازگاری قابل توجه این توده‌ها، کشت غالباً با اتکا به استفاده از همین توده‌ها انجام می‌شود. تحمل تنش‌های محیطی از قبیل تنش‌های رطوبتی و شوری (11) از دلایل علاقمندی کشاورزان به استفاده از این توده‌ها است. در میان توده‌های اسفناج، توده‌های موسوم به بذر خار دار (Spiny) به دلیل برخی ویژگی‌های مطلوب جایگاه قابل توجهی دارند. به عنوان مثال در پژوهشی در اصفهان از میان 5 توده اسفناج، توده بذر خاردار ورامین با عملکرد 47/8 تن در هکتار بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد (6). در پژوهش دیگری در مازندران و اصفهان از میان 29 توده اسفناج، 11 توده بذر خاردار بوده که از میان آن‌ها توده ورامین با 32/38 تن در هکتار بیشترین و توده بابلسر با 19/97 تن در هکتار کمترین مقدار عملکرد را داشتند (1). در مقایسه 44 توده بومی اسفناج ایرانی از نظر 21 صفت مورفولوژیک توده‌ها از نظر صفات مورفولوژیک به چهار گروه تقسیم شدند که 18 توده دارای بذر خاردار در یک گروه قرار گرفته و وزن تر و طول دوره رشد یکسانی داشتند (4). تعداد و

اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) به عنوان یک سبزی برگی با قابلیت مصرف تازه و کنسروی، منبع قابل توجهی برای تأمین ویتامین C، ویتامین A، کاروتنوئید، فلاونوئید، فولیک اسید، کلسیم و منیزیم محسوب می‌شود (8). بر اساس آمار در سال 2014، 4479 هکتار از زمین‌های کشاورزی کشور به کشت اسفناج اختصاص داده شده و متوسط عملکرد در هر هکتار برابر 42/18 تن بوده است (5). اگرچه اسفناج محصول فصل سرد محسوب می‌گردد، امکان کشت آن هم در پاییز و هم در اوایل بهار وجود داشته و با توجه به شرایط

1- مربی پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(* - نویسنده مسئول: Email: peimanjafari@yahoo.com)

2- استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

اجزای عملکرد هشت توده اسفناج ایرانی و دو رقم برگ پهن آمریکایی و آلمانی به مدت دو سال در اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سازگاری اسفناج بذر خاردار در استان اصفهان، این تحقیق به مدت 2 سال (94-1393) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد نظر در این تحقیق شامل اسفناج بذر خاردار ورامین، توده محلی ساری، توده قائم شهر، توده بابل، توده کاشان، توده اردستان و توده نجف آباد و رقم ورامین 88 به همراه اسفناج برگ پهن آمریکایی و اسفناج برگ پهن آلمانی بودند. برخی از ویژگی‌های ارقام و توده‌های استفاده شده در آزمایش در جدول 1 نشان داده شده است. محل اجرای آزمایش در استان اصفهان ایستگاه زراعی کبوتر آباد (اصفهان) با طول جغرافیایی 51 درجه و 51 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 31 درجه و 32 دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا 1545 متر بود. بر اساس آمار 20 ساله هواشناسی این ایستگاه، متوسط بارندگی و دمای سالیانه این ایستگاه به ترتیب برابر 110 میلی متر و 25 درجه

ابعاد برگ و تعداد شاخه جانبی از مهم‌ترین اجزای عملکرد اسفناج محسوب می‌شوند. در مقایسه 29 توده اسفناج در فاصله زمانی 135 تا 180 روز پس از کشت تعداد برگ دامنه ای از 12 تا 23 عدد داشت (2).

با توجه به این که حدود 70 درصد از کل نیترات جذب شده در رژیم غذایی هر فرد در روز از طریق سبزیجات برگی تأمین می‌شود (15)، توجه به مقدار نیترات تجمع یافته در گیاه اسفناج از اهمیت ویژه برخوردار است. در پژوهشی که برای بررسی تجمع نیترات در 7 شهرستان استان اصفهان انجام شد، بیشترین مقدار نیترات تجمع یافته در اسفناج و با دامنه ای از 1626 تا 3890 میلی گرم در هر کیلوگرم وزن تر گزارش شد (16).

تولید محصولات کشاورزی با توجه به استعدادهای اقلیمی منحصر به فرد در هر منطقه نه تنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است بلکه ثبات تولید در هر منطقه را نیز تضمین می‌کند. اسفناج گیاهی بومی آسیای جنوب شرقی و به احتمال زیاد ایران است (12). در نقاط مختلف کشور از ارتفاع 2 تا 1755 متر از سطح دریا می‌توان توده‌های اسفناج را مشاهده نمود. این قدرت سازش وسیع و توانمندی‌های این گیاه در برابر تنش‌های محیطی بستر مساعدی را فراهم نموده که با اتکا به آن می‌توان جایگاه ایران در تولید محصول اسفناج را ارتقاء بخشید. آزمایش حاضر به منظور بررسی عملکرد و

جدول 1- برخی از ویژگی‌های ارقام و توده‌های اسفناج مورد مطالعه

Table 1 - Some of the characteristics of the spinach landraces /cultivars studied

توده/رقم Landrace/Cultivar	شکل برگ Leaf shape	چروکیدگی برگ Wrinkling Leaf	نوع بذر Seed type	حالت دم‌برگ Petiole status
برگ پهن ورامین Varamin8888	مثلثی Triangular	صاف Smooth	بدون خار No- Spiny	ایستاده Standing
بذر خاردار ورامین Varamin spiny seed	مثلثی Triangular	صاف Smooth	خار دار Spiny	ایستاده Standing
ساری Sari	مثلثی Triangular	صاف Smooth	بدون خار No- Spiny	ایستاده Standing
قائم شهر Ghaemshahr	مثلثی Triangular	نیمه چروکیده Semi-Wrinkly	خار دار Spiny	نیمه ایستاده Semierect
بابل Babul	گرد Circular	صاف Smooth	بدون خار No- Spiny	نیمه ایستاده Semierect
اردستان Ardestan	مثلثی Triangular	صاف Smooth	خار دار Spiny	نیمه ایستاده Semierect
کاشان Kashan	مثلثی Triangular	صاف Smooth	خار دار Spiny	ایستاده Standing
نجف آباد Najafabad	مثلثی Triangular	صاف Smooth	بدون خار No- Spiny	ایستاده Standing
برگ پهن آلمانی German Broadleaf	تخم مرغی Oval	صاف Smooth	خار دار Spiny	نیمه ایستاده Semierect
برگ پهن آمریکایی American broadleaf	گرد Circular	صاف Smooth	بدون خار No- Spiny	ایستاده Standing

10 بوته که به طور تصادفی از دو خط میانی برداشت شد، اندازه‌گیری شدند. جهت برآورد عملکرد پس از حذف دو فاصله نیم متری از دو طرف خطوط وسط هر کرت، بوته‌های دو خط (سطحی معادل دو متر مربع) برداشت شد. مقدار نیترات نمونه‌ها با استفاده از دستگاه یون آنالایزر (Ion Analyser Jenway 3040, England) اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها، همبستگی صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SAS (13) انجام گرفت و میانگین‌ها به روش دانکن در سطح 5 درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در جدول 2 نشان داده شده است. تأثیر سال و برهمکنش سال و رقم بر صفات آزمایشی معنی دار نبود، بنابراین از میانگین اعداد دو سال برای مقایسه میانگین‌های صفات استفاده شد. مقایسه میانگین صفات عملکرد، طول برگ، طول دم‌برگ و ارتفاع (در سطح احتمال 1 درصد) و تعداد برگ و مقدار نیترات (در سطح احتمال 5 درصد) از نظر آماری معنی‌دار بود، اما تفاوتی بین عرض برگ توده/ارقام استفاده شده مشاهده نشد.

سانتی‌گراد است. بافت خاک محل آزمایش لومی و شوری، اسیدیته و مقدار ماده آلی خاک به ترتیب برابر 3/5 دسی زیمنس بر متر، 7/9 و 0/3 درصد بود.

عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک قبل از کاشت انجام و بر اساس آزمون خاک 150 کیلوگرم سولفات پتاسیم و 100 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به خاک اضافه شد. 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو نوبت (پس از سبز شدن و یک ماه بعد کاشت) به کرت‌های آزمایشی اضافه شد. هر کرت شامل 4 خط 5 متری به فواصل 30 سانتیمتر در نظر گرفته بود و فاصله بین دو بوته نیز 5 سانتیمتر در نظر گرفته شد. یک خط بین کرت‌ها و یک متر فاصله بین تکرارها در نظر گرفته شد. کشت تمام توده‌ها و ارقام اسفناج در تاریخ شانزدهم شهریور انجام و برداشت آن در تاریخ بیست و سوم آبان صورت گرفت. آبیاری مزرعه بلافاصله پس از کشت انجام و در حدود 10 روز بعد از کشت مزرعه به صورت یکنواخت سبز شد. کلیه مراقبت‌های زراعی از قبیل تنک و وجین علف‌های هرز در طول دوره رشد به صورت یکنواخت در همه کرت‌های آزمایشی انجام شد. در پایان فصل رشد، صفات مورد نظر که شامل تعداد برگ، ارتفاع بوته، عرض پهنک برگ، طول دم‌برگ و طول پهنک برگ بر اساس

جدول 2- تجزیه مرکب صفات برای ارقام/توده‌های مختلف اسفناج در سال‌های 1393-1394
Table 2 - Combined analysis of traits in different spinach cultivars/landraces in 2014-2015 years

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						مقدار نیترات NO ₃ ⁻
		عملکرد تازه Fresh yield	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	طول دم‌برگ Petiole length	ارتفاع بوته Plant height	
سال Year (Y)	1	317.58 ^{ns}	31.08 ^{ns}	27.67 ^{ns}	112.85 ^{ns}	50.00 ^{ns}	17.40 ^{ns}	12.66 ^{ns}
خطا Error	3	715.90	52.36	89.19	369.04	56.67	37.71	16.94
رقم Cultivar (C)	9	138.39 ^{**}	12.56 [*]	10.10 ^{**}	117.04 ^{ns}	41.50 ^{**}	660.08 ^{**}	16.60 [*]
رقم×سال (Y×C)	9	40.83 ^{ns}	5.34 ^{ns}	5.20 [*]	16.03 ^{ns}	6.04 ^{ns}	13.85 ^{ns}	5.06 ^{ns}
خطا Error	27	45.48	6.75	2.40	12.05	7.58	19.72	9.00
ضریب تغییرات CV (%)		13.01	9.44	10.15	8.12	9.60	14.11	12.64

ns: غیر معنی‌دار، *: معنی دار در سطح 5 درصد، **: معنی دار در سطح 1 درصد

ns :Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

عملکرد توده قائم شهر نداشتند. در سایر پژوهش‌ها دامنه عملکرد تازه اسفناج با توجه به شرایط محیطی و نوع رقم استفاده شده از 18/6 تا 44/8 تن در هکتار گزارش شده است (9). به نظر می‌رسد ارقام و توده های مختلف اسفناج بیشترین مقادیر عملکرد خود را در محیط‌های خاص جغرافیایی تولید می‌کنند. در پژوهشی مشابه که در شرایط آب و هوایی اصفهان انجام شد توده بذر خاردار ورامین با عملکردی معادل 47830 کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد را در میان توده‌های اسفناج داشت (6).

مقایسه میانگین مربوط به ارقام/توده های مختلف بر صفات اندازه گیری شده در جدول 3 نشان داده شده است. توده بذر خاردار ورامین با عملکرد 53/49 تن در هکتار محصول تازه، بیشترین مقدار عملکرد را به خود اختصاص داد. عملکرد رقم برگ پهن آلمانی و توده های نجف آباد، ساری و برگ پهن ورامین نیز تفاوت معنی داری با توده بذر خاردار ورامین نداشتند. رقم قائم شهر با تولید 32/2 تن در هکتار عملکرد تازه، کمترین مقدار عملکرد را به خود اختصاص داد (تقریباً 60 درصد عملکرد توده بذر خاردار ورامین). عملکرد رقم برگ پهن آمریکایی، اردستان، کاشان و بابل نیز تفاوت معنی داری با

جدول 3- برخی از ویژگی‌های ارقام و توده های اسفناج مورد مطالعه

Table 3 - Some of the characteristics of the spinach landraces /cultivars studied

توده/رقم Landrace/Cultivar	عملکرد Yield (t ha ⁻¹)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ Leaf Number	طول پهنک Leaf length (cm)	طول دم‌برگ Petiole Length (cm)
برگ پهن ورامین 88 Varamin88	47.3 abc	29.5 ab	13. 7 ab	14.5 ab	15.0 ab
بذر خاردار ورامین Varamin spiny seed	53.5 a	29. 7 a	12.5 abc	13.3 ab	17.5 a
ساری Sari	48.1 ab	24.0 c	12.5 abc	13.3 ab	16.3 a
قائم شهر Ghaemshahr	32.2 c	28.0 ab	12. 7 abc	15.3 a	14. 7 ab
بابل Babul	40.5 bc	27.8 ab	13.8 ab	12.7 b	18.2 a
اردستان Ardestan	36.00 bc	28.0 ab	10. 7 c	10.7 c	14.3 ab
کاشان Kashan	37.1 bc	28. 7 ab	11. 7 bc	14.0 ab	14. 7 ab
نجف آباد Najafabad	47.3 abc	30. 3 a	14.3 a	14.7 a	18.3 a
برگ پهن آلمانی German Broadleaf	43.5 abc	26.5 abc	13.0 abc	12. 7 b	1833 a
برگ پهن آمریکایی American broadleaf	38.3 bc	25. 7 bc	11.0 bc	12. 7 b	9.8 b

بر مبنای آزمون دانکن، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means in each treatment and for each column, Followed by the same letter are not significantly different at Duncan test ($P \leq 0.05$) of probability

ژنتیکی می‌توانند ارتفاع مختلفی داشته باشند (2) اما معمولاً در شرایطی که گیاه اسفناج با شرایط بهینه آب و هوایی مواجه شود به بیشینه ارتفاع خود دست یافته و این امر تأثیر مثبت بر عملکرد گیاه خواهد داشت (18).

تعداد برگ در توده نجف آباد 14/3 عدد بود که تفاوت معنی‌داری

دامنه ارتفاع بوته در ارقام/توده های استفاده شده در این پژوهش از 24 سانتی متر در توده ساری تا 30/3 سانتی متر در توده نجف آباد متفاوت بود (جدول 3). به طور کلی اکثر ارقام/توده های استفاده شده در این پژوهش از نظر ارتفاع در یک گروه آماری قرار داشتند (به استثناء توده ساری). اگرچه ارقام مختلف اسفناج به دلیل ساختار

با توده‌های برگ پهن ورامین 88، بذر خاردار ورامین، ساری، قائم شهر، بابل و دو رقم برگ پهن آلمانی و آمریکایی نداشت (جدول 3). توده اردستان با 10/7 برگ کمترین تعداد برگ در بین توده‌ها/ارقام مطالعه شده را داشت. تعداد برگ یکی از مهم‌ترین اجزاء عملکرد در گیاه اسفناج بوده و تعداد برگ زیادت‌ر در توده‌های بذر خاردار و برگ پهن ورامین در سایر پژوهش‌ها، از دلایل بالاتر بودن عملکرد این توده‌ها محسوب شده است (6). در مطالعه صفات کمی و کیفی 29 توده بومی اسفناج، دامنه‌ی تعداد برگ از 12 تا 23 عدد متفاوت بود (2). علت این که برای توده‌های یکسان در پژوهش‌های مختلف تعداد برگ متفاوتی گزارش می‌شود علاوه بر شرایط مختلف آزمایش‌ها، تاریخ کاشت‌های متفاوت است. اسفناج محصول فصل سرد محسوب می‌شود و امکان کشت آن هم در پاییز و هم در اوایل بهار وجود دارد (9)، بنابراین در تاریخ کاشت‌هایی که اجازه‌ی تداوم دوره رشد را برای گیاه فراهم می‌کند، تعداد برگ بیشتری گزارش می‌شود.

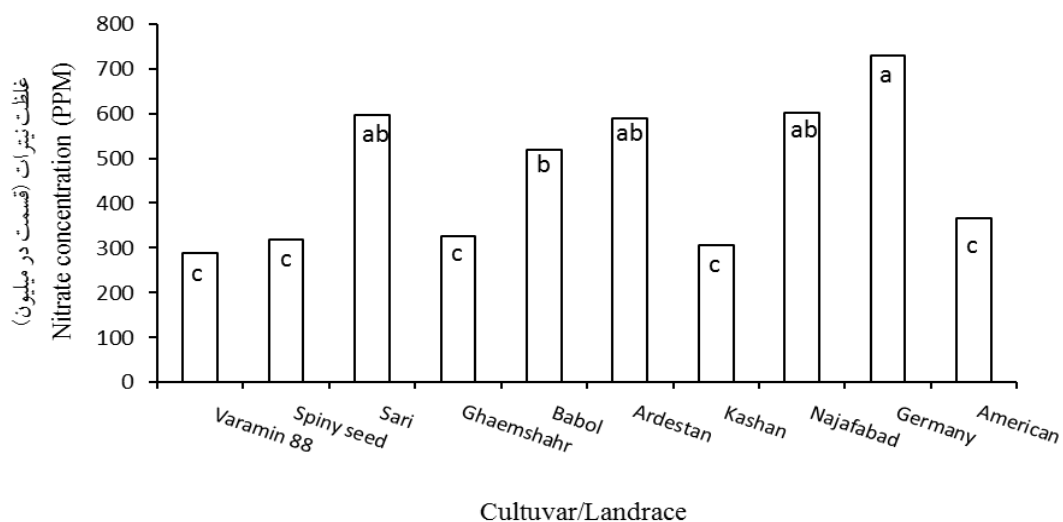
ارقام/توده‌های مطالعه شده در این پژوهش از نظر عرض پهنک برگ تفاوت معنی داری نداشتند (جدول 2) اما طول پهنک در بین ارقام/توده‌ها متفاوت بود (جدول 3). رقم قائم شهر با طول پهنک 15/33 سانتی متر، طولی‌ترین برگ را در بین ارقام/توده‌ها داشت. توده‌های نجف آباد، کاشان، ساری و برگ پهن و بذر خاردار ورامین از این نظر تفاوت معنی داری با توده قائم شهر نداشتند. در پژوهشی به منظور بررسی صفات زراعی توده‌های اسفناج، طول پهنک برگ در سه توده کاشان، شهرضا و نجف آباد به ترتیب 15/5، 11/5 و 9/5 سانتیمتر بود و هر سه توده از این نظر تفاوت معنی دار داشتند (2). دما در دامنه‌ی 5-16 درجه سانتی‌گراد تفاوتی در فتوسنتز برگ اسفناج ایجاد نکرده اما ویژگی‌های مورفولوژیک برگ را به طور چشم گیری تغییر می‌دهد (3).

اگرچه طول دمبرگ در بین ارقام/توده‌های آزمایش شده دامنه‌ای از 9/8 تا 18/3 سانتی متر داشت اما همه‌ی ارقام/توده‌ها (بجز برگ پهن آمریکایی) از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول 3). اگرچه صفت طولی بودن طول دمبرگ و برافراشته بودن آن صفتی مطلوب از نظر برداشت مکانیزه محسوب می‌شود اما تجمع نیترات در دمبرگ بیشتر از سایر قسمت‌های گیاه بوده (15) و در صورت مدیریت نامناسب کود نیتروژن می‌تواند به عنوان یک صفت نامطلوب مطرح شود (6).

ارقام/توده‌های برگ پهن آلمانی، نجف آباد، اردستان و ساری به طور معنی دار غلظت نیترات بیشتری نسبت به سایر ارقام/توده‌ها داشتند (شکل 1). حد بیشینه غلظت نیترات مشاهده شده در این پژوهش معادل 729 قسمت در میلیون در رقم برگ پهن آلمانی

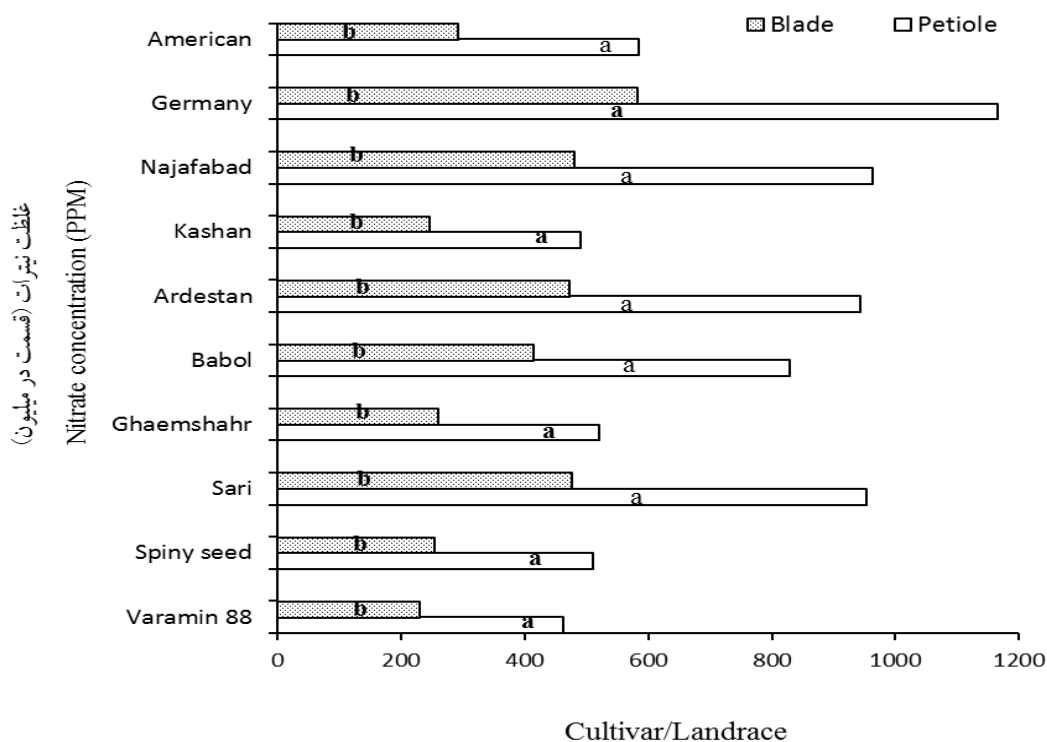
مشاهده شد. ارقام/توده‌های برگ پهن آمریکایی، کاشان، قائم شهر، بذر خاردار ورامین و ورامین 88 کمترین مقادیر غلظت نیترات را داشتند. اگرچه تمام توده‌های آزمایشی در این پژوهش مقدار نیتراتی کمتر از حد بحرانی 345 تا 3890 قسمت در میلیون داشتند (19) اما توان توده‌ها در جذب نیترات کاملاً متفاوت بود. به طور مشابه در مقایسه پنج توده اسفناج در اصفهان، توده کاشان به طور معنی دار غلظت نیترات کمتری داشت (6). به هر حال حد مجاز نیترات مصرفی بستگی تام به رژیم غذایی مصرفی فرد دارد و کمیسیون غذایی اتحادیه اروپا مقدار جذب قابل قبول نیترات برای هر فرد را بر اساس وزن هر فرد مشخص کرده و مقدار آن را 3/65 میلی گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن اعلام نموده است (14). یکی از دلایل دیگری که می‌تواند توجیه کننده غلظت‌های پایین نیترات مشاهده شده در ارقام/توده‌های آزمایشی باشد آن است که تمام این ارقام (بجز توده قائم شهر) از نوع برگ صاف هستند (جدول 1) و رابطه مستقیم بین میزان چروکیدگی برگ و تجمع نیترات گزارش شده است (6). به نظر می‌رسد لاقلا در زمینه ارقام/توده‌های مطالعه شده در این پژوهش در رابطه با تجمع نیترات مدیریت مصرف نهاده‌هایی مثل کود نیتروژن بیشتر از نوع رقم اهمیت داشته باشد.

اگرچه مقدار نیترات در تمام اندام‌های گیاهی دارای اهمیت است اما پهنک و دمبرگ به عنوان قسمت‌هایی که معمولاً مورد استفاده‌ی مصرف کنندگان قرار می‌گیرد از اهمیت ویژه برخوردار است. مقایسه نیترات موجود در پهنک و دمبرگ در ارقام/توده‌های اسفناج مورد مطالعه در شکل 2 نشان داده شده است. توده برگ پهن ورامین به ترتیب با مقادیر نیترات پهنک و دمبرگ معادل 231 و 462 قسمت در میلیون، کمترین و رقم آلمانی به ترتیب با نیترات پهنک و دمبرگ معادل 583 و 1182 قسمت در میلیون بیشترین مقادیر نیترات را به خود اختصاص دادند. با وجود تفاوت موجود بین ارقام/توده‌های اسفناج از نظر مقدار نیترات پهنک و دمبرگ، در تمام موارد مقادیر نیترات دمبرگ به مراتب بیشتر از پهنک برگ بوده است (حدود 1/6 برابر). غلظت زیادت‌ر نیترات دمبرگ نسبت به پهنک در بسیاری از پژوهش‌ها مورد توجه قرار گرفته و در شرایط مدیریت ضعیف کودهای نیتروژن این افزایش به 6 برابر می‌رسد (15). به هر صورت ارقام پر محصولی مثل برگ پهن آلمانی برای کشت‌های مکانیزه اصلاح شده و دارای دمبرگ‌های طولی و برافراشته هستند. دمبرگ ارقامی از این قبیل در صنایع تبدیلی جدا می‌شوند. در شرایط تازه خوری بهتر است دمبرگ‌ها جدا شده و یا به حد کافی جوشانده شوند تا مقادیر نیترات آن کاهش یابد (10).



شکل 1- مقایسه غلظت نیترات در ارقام/توده های مختلف اسفناج. بر مبنای آزمون دانکن، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

Figure1- Comparison of nitrate concentration in different spinach landraces /cultivars. Means Followed by the same letter are not significantly different at Duncan test ($P \leq 0.05$) of probability



شکل 2- مقایسه غلظت نیترات پهنک و دمپرگ در ارقام/توده های مختلف اسفناج. بر مبنای آزمون دانکن، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال 5 درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

Figure 2- Comparison of blade and petiole nitrate concentration in different spinach landraces /cultivars. Means Followed by the same letter are not significantly different at Duncan test ($P \leq 0.05$) of probability

نیز بهره برداری کرد. با توجه به نتایج این پژوهش توده‌های اسفناجی مثل بذر خاردار ورامین و برگ پهن ورامین نه تنها از نظر عملکردهای تولیدی با ارقام خارجی (مثل برگ پهن آمریکایی و آلمانی) قابلیت رقابت دارند بلکه از نظر صفات کیفی مثل تجمع نیترات نسبت به ارقام خارجی، تولیدات سالم‌تری را نیز برای مصرف کنندگان به ارمغان می‌آورند. در پژوهش حاضر مقادیر نیترات اندازه گیری شده در تمام ارقام/توده‌ها کمتر از مقادیر استاندارد بود و علیرغم تفاوت موجود بین ارقام، به نظر می‌رسد مدیریت شرایط زراعی به ویژه استفاده از کودهای نیتروژن در این رابطه اثر گذار باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان اصفهان به جهت تأمین اعتبار این پژوهش سپاسگزاری نمایند.

از دید فیزیولوژیک جذب و تجمع نیترات در گیاهان به شدت نور دریافتی و سرعت فتوسنتز بستگی دارد و با کاهش نور و متعاقب آن کاهش فتوسنتز، فعالیت آنزیم نیترات ریداکتاز که وظیفه احیاء نیترات به نیتريت را دارد نیز کاهش می‌یابد (7). اگرچه حد مجاز نیترات (NO_3^-) قابل جذب روزانه توسط سازمان بهداشت جهانی بر اساس وزن افراد تعریف شده است (3/6 میلی گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن) اما در برخی از کشورها بر اساس نوع سبزیجات مصرفی نیز حدود مجازی تعریف می‌شود. به عنوان مثال حد مجاز (NO_3^-) تعریف شده توسط اتحادیه اروپا برای دو گیاه کاهو و اسفناج به ترتیب (2-4) و (2-3) گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن تر عنوان شده است (17).

نتیجه‌گیری کلی

وجود توده های بومی ارقام زراعی-باغی در کشور پتانسیل‌های خدادادی محسوب می‌شوند که با شناسایی و توجه به آن‌ها می‌توان علاوه بر حفظ این ذخائر با ارزش، از جنبه های اقتصادی تولید آن‌ها

منابع

- 1- Amoli N. 2012. Preliminary comparison of land race selected and common variety spinach. International Journal of Agriculture and Crop Science. 4:1466-1471.
- 2- Asadi H., and Hasandokht M. 2007. Study of genetic diversity on Iranian spinach genotypes. Journal of Agricultural Sciences 38:257-265 (In Persian).
- 3- Boese S.R., and Huner N.P.A. 1990. Effect of growth temperature and temperature shifts on spinach leaf morphology and photosynthesis. Plant Physiology, 94:1830-1836.
- 4- Eftekhari A., Hasandokht M., Fatahimoghadam and M., Kashi A. 2010. Genetic diversity of Iran native spinach using morphological characters. Iranian journal of horticultural science 41:83-93 (in Persian).
- 5- FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO STAT data. <http://faostat.fao.org/>. (visited 5 September 2015).
- 6- Jafari P., and Jalali A.H. 2015. Yield and nitrate accumulation comparison in five Iranian spinach landraces in Isfahan province. Journal of Crop Production and Processing, 13:217-225 (in Persian).
- 7- He J., Cheok L., and Qin L. 2011. Nitrate accumulation, productivity and photosynthesis of temperate butter head lettuce under different nitrate availabilities and growth irradiances. The Open Horticulture Journal, 4: 17-24.
- 8- Koh E., Charoenprasert S. and Mitchell A.E. 2012. Effect of organic and conventional cropping systems on ascorbic acid, vitamin C, flavonoids, nitrate, and oxalate in 27 varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of agricultural and Food Chemistry, 60:3144-3150.
- 9- Maroufi K., Farahani H.A., and Moaveni P. 2011. Effects of hydropriming on seedling vigor in spinach. Advances in Environmental Biology 5:2224-2227.
- 10- Meah M.N., Harrison N. and Davies A. 1994. Nitrate and nitrite in foods and the diet. Food and Additives and Contaminants. 11:519-532.
- 11- Ors S. and Suarez D.L. 2016. Salt tolerance of spinach as related to seasonal climate. Hort. Sci. (Prague), 43: 33-41.
- 12- Sabaghnia N., Mohebodini M., Janmohammadi M., and Maragheb I. 2016. Bibelot Analysis of trait relations of Spinach landraces. Genetika, 48:675-690.
- 13- SAS Institute. 2010. SAS user's guide. SAS Inst., Cary, NC.
- 14- Scientific Committee on Food. 1995. Opinion on nitrate and nitrite, Annex 4 to Document III/5611/95, European Commission (ed.), Brussels, p. 20.
- 15- Shahid Umar A., Iqbal A. and Abrol Y.P. 2007. Are nitrate concentrations in leafy vegetables within safe limits? Current Science 92:355-360.
- 16- Sobhani Ardekani S., Shayesteh K., Afuni M., Mahbube Sufiani N. 2005. Concentration of nitrate in some plant

- products of Isfahan. Journal of Environmental Studies 37:69-76. (in Persian).
- 17- Sušin J., Kmecl V., and Gregorčič A. 2006. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetable grown in Slovenia during 1996-2002. Food Additives and Contaminants 23: 385-390.
- 18- Waseem K., and Nadeem M.A. 2001. Enhancement of spinach production by varying sowing dates, row spacing and frequency of cuttings. Journal of Biological Science 1: 902-904.
- 19- WHO. 1978. Nitrates, nitrites and N-Nitroso compounds. Geneva, Environmental Health Criteria 5.



Evaluation of Yield, Yield Components and Nitrate in Some Spinach Landraces in Isfahan Province

P. Jafari^{1*}-A. H. Jalali²

Received: 22-05-2017

Accepted: 28-01-2018

Introduction: Spinach (*Spinaciaoleracea* L.) is considered as a green leaf with fresh and canned consumption, a significant source for vitamin C, vitamin A, carotenoids, flavonoids, folic acid, calcium and magnesium. According to statistics, 4479 hectares of Iran agricultural land were devoted to spinach and the average yield per hectare is equal to 42.18 (FAO, 2014). Different regions of Iran have genetic diversity of the spinach landrace and cultivation of this plant relies on the use of the landraces. Among the different spinach landraces, a landrace called seed barbed (Spiny), has a significant importance because of some desirable characteristics. This study was conducted for comparison of five spinach landraces in Isfahan, showed that spiny seed Varamin with 47.8 tons per hectare fresh yield allocated the highest yield. The number and size of leaves and side branches are the most important components of plant yield. Due to the fact that about 70 percent of total dietary nitrate intake per person per day will be provided through the leafy vegetables, considering the amount of accumulated nitrate in spinach is very important. To evaluate the yield and yield components of eight Iranian spinach landrace, and two varieties of leafy American and German experiment was conducted for two years.

Materials and Methods: This research was performed for two years, in Kabootarabad Agricultural Research Station of Isfahan to evaluate the yield and yield components of eight Iranian spinach landraces (Varamin prickly seed, Sari, Ghaemshahr, Babul, Kashan, Najaf Abad, Varamin 88 and Ardestān), and two American and German leafy cultivars. Randomized complete block design with three replications was used for each year and the results were reported based on two-year combined data analysis. In full leaf development stage and before the harvest of each plot, 10 plants randomly were selected and measured attributes: number of leaves, leaf length, leaf width and length of the petiole. In order to assess yield, after removing two distance of half a meter from each side, two central rows of plants per plot (surface equivalent to two square meters) were analyzed. Nitrate content of samples was analyzed using ion analyzer. Data statistical analysis was performed using SAS software and means were compared by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Result and Discussions: Yield, leaf length, petiole length and height (at 1% statistical probability level) and number of leaves and nitrate content (at 5% statistical probability level) were statistically significant. Spiny seed Varamin with 53.49 t ha⁻¹ fresh yield, produced to the highest yield. In other research according to the environmental conditions and variety, spinach fresh yield have been reported from 18.6 to 44.8 t ha⁻¹. It looks different mass spinach; produce the highest yield in specific geographic environments. In a similar study that was conducted under Isfahan weather conditions, spiny seed Varamin landrace produced 47 830 kg ha⁻¹ fresh yield. Range in plant height was from 24 cm to 30.33 cm in Najaf Abad, and Sari landraces, respectively. When spinach was encountered with optimal climate conditions, achieved the maximum height that led to a positive impact on fresh yield. Ardestān landrace produced the lowest number of leaves (10.67) among the landraces/varieties had been studied. In a similar study of 29 spinach genotypes the leaf number were varied from 12 to 23. Petiole length range between varieties/landraces was from 9.84 to 18.33 cm. Although the petiole length, is a desired trait for mechanized harvesting, but in case of improper management of nitrogen fertilizer can be considered as an undesirable trait. Leafy Varamin landrace with 231 and 462 ppm nitrate in blade and petiole, respectively, had the lowest and German cultivar with 583 and 1182 ppm nitrate in blade and petiole, respectively, had the highest nitrate accumulation. Despite the differences between the varieties/landraces, the content of nitrate in petioles was greater than the leaf blade (about 1.6 times) in spinach. Higher concentrations of petiole nitrate compared to the blade considered in many research, and in case of poor management for nitrogen

1- Research trainer, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

(*-Corresponding Author Email: peimanjafari@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

fertilizers, it may increase up to 6 times. In any case, leafy cultivars such as German have been modified for mechanized cultivation and have long petiole with nitrate content. That's why their petioles are separated in the industrial processing. It is better fresh petioles of spinach isolated or sufficiently boiled to reduce nitrate levels. According to the results obtained in this study among the examined populations of spiny seed Varamin landraces, leafy Varamin, Najaf Abad, and Sari can produce yields similar to German variety and so are suitable for the production of spinach in Isfahan province.

Keywords: Leaf blade, Petiole, Plant height



تأثیر مواد ضد یخ در شرایط باغی بر مواد بیوشیمیایی موثر در مقاومت به سرمای انگور

شکراه حاجی‌وند^{۱*} - میترا رحمتی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

به منظور بررسی امکان افزایش مقاومت به سرمای بهار درخت انگور از طریق مواد ضد یخ در شرایط باغی، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در مرکز تحقیقات شهرستان تاکستان در استان قزوین در دو سال ۹۱ و ۹۲ اجرا شد. محلول پاشی با ۴ ماده ضد یخ شامل سالیسیلیک اسید، تیوفور، کراپ آید، بایوبلوم و آب مقطر به عنوان تیمار شاهد در ۴ مرحله فنولوژیکی از جمله پاییز پیش از به خواب رفتن گیاه، در زمان متورم شدن جوانه‌ها، مصادف با شروع خوشه‌دهی و در زمان خوشه‌دهی کامل روی سه درخت انگور بی دانه قرمز در هر کرت آزمایشی انجام شد. خصوصیات کمی و کیفی مانند وزن خوشه، عملکرد محصول و میزان مواد جامد محلول، خصوصیات بیوشیمیایی برگ انگور مانند میزان اسمولیت‌های پرولین و بتائین گلاسیین و وضعیت آنزیم‌های شاخص مقاومت به سرما از جمله گایاکول پراکسیداز (GPX)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و کاتالاز (CAT) اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که استفاده از مواد ضد یخ نامبرده به طور متوسط میزان مواد جامد محلول، وزن خوشه و عملکرد درخت انگور را بطور متوسط به ترتیب تا ۲۲، ۱۷ و ۲۶ درصد افزایش داد که از این نظر بایوبلوم تأثیر بیشتری داشت. کاهش به طور متوسط ۲ درجه دمای هوا طی مراحل ریزش برگ و رکود انگور (آبانماه تا دیماه) سال ۹۲ نسبت به سال قبل از آن منجر به افزایش معنی‌دار میزان اسمولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های شاخص مقاومت به سرما شد. همچنین مواد ضد یخ موجب افزایش معنی‌دار میزان اسمولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های شاخص مقاومت به سرما نسبت به تیمار شاهد شدند. به طوریکه بیشترین میزان این اسمولیت‌ها و میزان فعالیت این آنزیم‌ها به ترتیب مربوط به تیمارهای سالیسیلیک اسید، تیوفور، کراپ آید و بایوبلوم بوده و کمترین آن در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. این نتایج نشان می‌دهد که ضد یخ‌های تجاری مورد بررسی می‌توانند نه تنها برای افزایش مقاومت گیاه به سرما در تاکستان مورد استفاده قرار بگیرند، بلکه اندازه خوشه و کیفیت انگور را نیز بهبود می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: آسکوربات پراکسیداز، بتائین گلاسیین، پرولین، سرمزدگی، قرمز بیدانه

مقدمه

میلیارد تومان (حدود ۶۰ درصد) مربوط به سرمزدگی بوده است (۳۷). بر اساس گزارش صندوق بیمه کشاورزی (۳) بیشترین میزان غرامت پرداخت‌شده به بهره‌برداران بخش باغبانی کشور مربوط به محصولات سیب، گردو، انگور، بادام، انار، پرتقال، و پسته بوده است.

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* از تیره مو^۳ عمده‌ترین محصول باغی شهرستان تاکستان است. این شهرستان مقام اول تولید کشمش در ایران را دارد. اما هر ساله بروز یخبندان دیررس بهار منجر به کاهش شدید محصول و حتی از بین رفتن نهال در نهالستان‌ها می‌شود (۳۰). از اینرو هر ساله هزینه و نیروی انسانی زیادی برای انجام عملیات باغی در جهت کاهش شدت خسارت سرما صرف می‌شود. از جمله این عملیات باغی زیر خاک کردن بوته‌ها طی یخبندان‌های زمستانه، یخ آب زمستانه، آبیاری غرقابی و روشن کردن

امروزه تولیدات باغی بخصوص در کشور ایران تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم (افزایش دمای هوا، کمبود آب به‌همراه خشکسالی و نوسانات شدید دمایی) دچار خسارت می‌شوند. در این میان بیشترین خسارت اقتصادی به محصولات باغی ناشی از خسارت سرمزدگی پاییزه و/یا بهار بوده که طی ۱۰ سال اخیر ۷ برابر افزایش یافته است (۳۵). به‌طوری‌که صرفاً طی ۹ ماهه سال ۱۳۹۵، از کل ۹۶۱۰ میلیارد تومان خسارت انواع مخاطرات به بخش کشاورزی ۵۷۳۳

۱- استادیار پژوهشی و معاون پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین

(*- نویسنده مسئول: (Email: shokrollah2006@gmail.com)

۲- دکتری علوم باغبانی، کارمند وزارت جهاد کشاورزی

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.64047

بخاری‌های باغی می‌باشد.

امروزه استفاده از روشهای ارزان، سریع و جایگزین در کاهش خسارت یخ‌زدگی مانند اسپری مواد ضد یخ در باغبانی مورد توجه قرار گرفته است (۲۶ و ۳۲). این مواد یا بصورت سد مکانیکی جلوگیری از تشکیل کریستال یخ روی بافت‌های گیاهی حساس عمل می‌کنند یا مکانیزم‌های مقاومت به سرما در گیاه را فعال می‌کنند (۴۲). یکی از این مواد ضد یخ، ترکیب فنلی اسید سالیسیلیک، یکی از مهمترین متابولیت‌های ثانویه میوه انگور است. اسیدسالیسیلیک نه تنها نقش مهمی در تعیین کیفیت، رنگ و طعم میوه انگور دارد (۸)، بلکه در واکنش گیاه به تنش‌های محیطی از جمله خشکی (۲۶)، سرما (۲۰)، ۳۱ و ۴۲)، شوری (۲۸) و فلزات سنگین (۲۹) بسیار موثر است. تسکین و همکاران (۳۶) برای اولین نشان دادند که کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک با تاثیر بر پروتئین‌های آپوپلاستی منجر به افزایش مقاومت به سرما در برگ گندم زمستانه شد.

اسمولیت‌های طبیعی مانند قندهای محلول، سوربیتول، مانیتول، اسیدهای آمینه مانند گلوتامات و پرولین (۱۳ و ۴۲) و ترکیبات آمونومی مانند گلايسين بنائين در شرایط طبیعی در گیاهان آلی انباشته می‌شوند (۱۰). ترکیبات تجاری مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله جیبرلین، مواد ضد تعرق و ضد یخ بر پایه ترکیبات نامبرده نیز برای افزایش مقاومت به سرما یا تاخیر در شکستن رکود جوانه‌های محصولات باغی بکار می‌روند (۲۱). برای مثال، بایوبلوم دارای بیش از ۸۵ درصد ماده آلی، مقادیر بالای فسفر و پتاسیم می‌باشد. مواد آلی بایوبلوم علاوه بر تاثیر روی سرعت متابولیسم و ساختار غشاهای زنده، با ایجاد پایداری و تعادل انواع خاص اسیدهای چرب، سیالیت غشا را تنظیم می‌نماید تا پروتئین‌ها و نیز آنزیم‌های درون آن بتوانند به‌خوبی نقش خود را ایفا نمایند. پتاسیم در تنظیم-اسمزی و جلوگیری از سرمازدگی موثر است و فسفر در ساختار مولکولهای حامل انرژی نقش دارد.

مواد دیگری که به عنوان ضد یخ در باغات بادام (۲۲)، گیلاس (۱۵) و پسته (۱۶) و سیب (۲۴) ایران مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارتند از تیوفر^۱، کراپ‌آید^۲ و فوسنوترن^۳. تیوفر شامل سه نوع باکتری تیوباسیلوس^۴ و آمینواسیدها است (۵ و ۱۱). ضد یخ طبیعی کراپ آید ترکیبی تقریباً مشابه تیوفر است که شامل ۶۰ نوع ماده مختلف از جمله سه نوع باکتری تیوباسیلوس، ریز مغذی‌هایی همچون آهن، کلسیم، بر، مولیبدن و برخی از اسیدهای آمینه و پروتئین‌های ضد یخ می باشد که در کاهش خسارت سرمازدگی موثر گزارش شده

است (۱۱). عملکرد مواد ضد یخ در کاهش اثرات تنش‌ها به غلظت و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. به‌طوریکه غلظت بسیار کم و بسیار بالای آن منجر به افزایش حساسیت و کاهش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیر زیستی می‌شود (۲۶).

با وجود آسان و ارزان بودن استفاده از این روش برای تاکداران، اطلاعات اندکی در خصوص تاثیر این روش در کنترل سرمازدگی در تاکستان‌ها وجود دارد (۴۲). بنابراین پژوهش حاضر به منظور بررسی امکان افزایش مقاومت به سرمای بهاره درخت انگور از طریق مواد ضد یخ گیاهی در شرایط باغی شهرستان تاکستان انجام شد. بدین منظور واکنش فعالیتهای آنزیمی درخت انگور، میزان اسمولیت‌های مهم و تعیین‌کننده مقاومت به سرما و نیز برخی از خصوصیات کمی و کیفی درخت انگور به این مواد ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی و ماده گیاهی

به منظور بررسی تاثیر ترکیبات ضد یخ گیاهی بر میزان فعالیت آنزیم‌های درخت انگور بیدانه قرمز (از مهمترین ارقام تجاری انگور تاکستان) پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار شامل تیوفر، کراپ آید، سالیسیلیک اسید^۵، بایوبلوم^۶ و شاهد (آب مقطر) و ۳ تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات انگور تاکستان انجام شد. حداقل دمای هوای ثبت شده طی پاییز و زمستان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ برابر با ۱۲/۲- درجه سانتیگراد بود. متوسط دمای هوای ماهانه شهرستان تاکستان در این دو سال در شکل ۱ (الف) و کمینه دمای هوا در شکل ۱ (ب) نشان داده شده است. محلول پاشی بوته‌ها با غلظت ۵ در هزار در چهار مرحله صورت گرفت: در پاییز پیش از به خواب رفتن گیاه (جهت آماده سازی بوته‌ها برای مقابله با سرما)، در زمان متورم شدن جوانه‌ها، مصادف با شروع خوشه‌دهی و بالاخره در زمان خوشه دهی کامل.

اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی

وضعیت ظاهری برگ‌ها (رنگ و میزان ریزش) و جوانه‌ها در طول فصل رشد و خواص کمی و کیفی میوه انگور شامل عملکرد، میانگین وزن خوشه و میزان مواد جامد محلول در زمان برداشت طی دو سال بررسی شد.

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

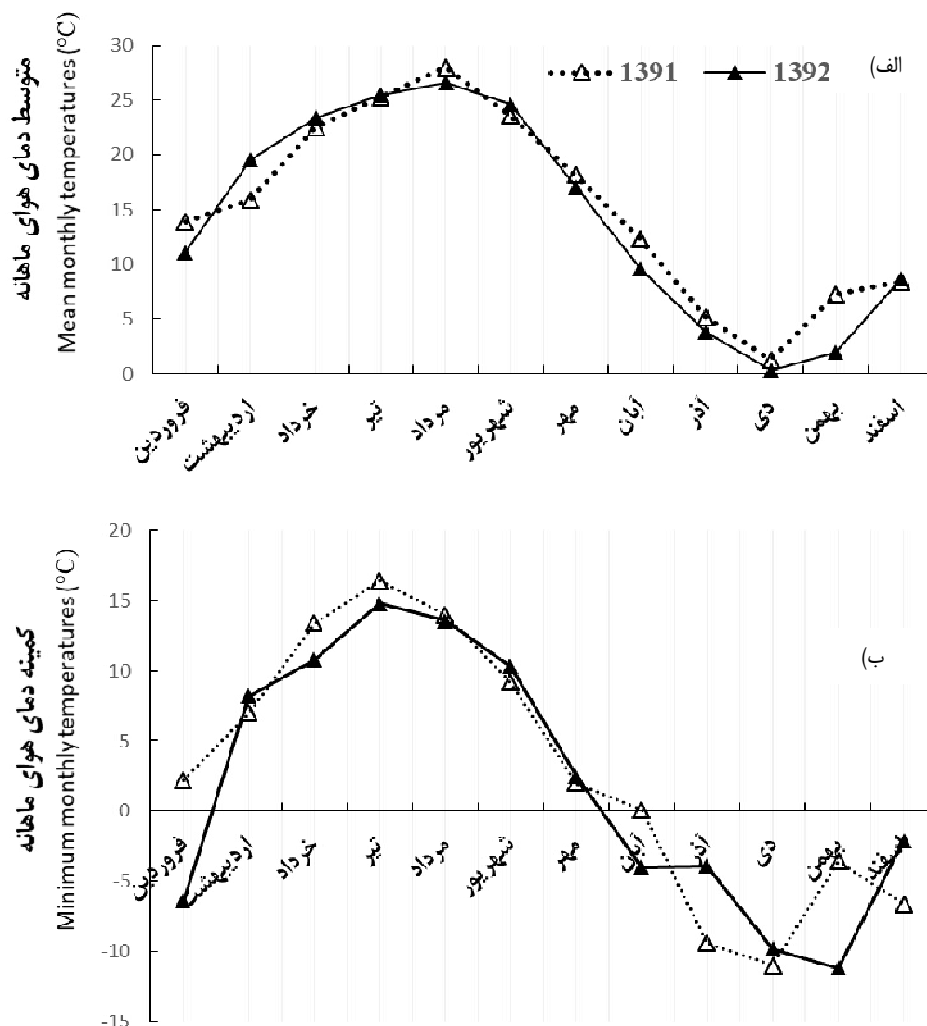
پرولین: ۷۲ ساعت پس از آخرین محلول پاشی میزان پرولین

- 1- Thiofer®
- 2- Cropaid®
- 3- Fosnutren®
- 4- Thiobacillus

- 5- Salicylic acid
- 6- Bio-Bloom®

مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد بدست آمد.

انگور به کمک روش بیتز و همکاران (۶) اندازه‌گیری شد. برای این کار، ۰/۵ گرم برگ تازه در ۱۰ میلی لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳ درصد ساییده و فیلتر شد. ۲ میلی لیتر از محلول فیلتر شده با ۲ میلی لیتر معرف اسید ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر استیک اسید مخلوط و به



شکل ۱- متوسط (الف) و کمینه (ب) دمای هوای ماهانه شهرستان تاکستان در سالهای ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Figure 1- Mean and minimum monthly temperature of Takestan during 2012-2013.

درجه و سرعت ۱۰۰۰۰ دور سانتیفریوژ شدند. فاز بالایی محلول با میکروپیت جدا شده و مقدار ۹ میلی لیتر ۱ و ۲- دی کلرواتان به آن اضافه گردید و به مدت یک دقیقه به شدت تکان داده شد و بعد از ۲ و نیم ساعت میزان جذب در طول موج ۳۶۵ نانومتر قرائت گردید. برای تهیه نمودار استاندارد از غلظت‌های ۷ تا ۱۰۰ میکرو گرم در میلی لیتر گلاسیسین بتائین استفاده شد.

تهیه عصاره آنزیمی: ۷۲ ساعت پس از آخرین محلول پاشی عصاره گیاهی از روش کانگ و سالتیویت (۱۷) با تغییر جزئی تهیه شد. برای این کار، ۰/۵ گرم برگ تازه درون هاون سرد با ۳

گلاسیسین بتائین: اندازه‌گیری میزان گلاسیسین بتائین به روش گریو و گراتان (۱۴) صورت گرفت. به ۰/۵ گرم برگ خشک ۲۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر اضافه و بعد از تکان دادن با شیکر به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شد. پس از عبور دادن نمونه‌ها از کاغذ صافی، یک میلی لیتر عصاره گیاهی با یک میلی لیتر اسید سولفوریک ۲ نرمال مخلوط و در حمام آب یخ قرار گرفت و نهایتاً ۰/۲ میلی لیتر محلول یدین- یدید پتاسیم به مخلوط واکنش اضافه شد. محلول به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۰-۴ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای صفر

مواد جامد محلول انگور را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش میزان مواد جامد محلول گوجه‌فرنگی (۱۹)، آلو قطره طلا (۳۴)، گیلان سیاه مشهد (۳۳)، و در انگور رقم فلیم (۹) و تامسون (۲۵) با استفاده از اسید سالیسیلیک گزارش شده است. اثر سایر مواد ضدیخ مورد بررسی قبلاً روی خصوصیات کیفی انگور بررسی نشده است.

تیمارهای اسید سالیسیلیک و بایوبلوم در هر دو سال منجر به افزایش معنی‌دار وزن خوشه انگور بیدانه قرمز نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل ۲-ب). اما تیمارهای تیوف و کراپ‌آید هیچگونه تاثیر معنی‌داری بر وزن خوشه انگور نداشتند. نتایج مشابهی در مورد اثر اسید سالیسیلیک بر افزایش وزن و طول خوشه انگور فلیم (۹) و تامسون (۲۵) نیز گزارش شده است. از نظر عملکرد بوته اختلاف معنی‌داری بین بوته‌های شاهد با بوته‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک، تیوف و کراپ‌آید وجود نداشت. اما تیمار بایوبلوم باعث افزایش معنی‌دار (۴۰ درصد) عملکرد درخت انگور نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۲-ج). همچنین اثر کاربرد اسید سالیسیلیک و پلی آمین‌ها بر توفیق مسیر بیوسنتز اتیلن نشان داده شده است که از نرم شدن انگور جلوگیری کرده و عمر نگهداری آن را افزایش می‌دهد (۳۹).

شکل ۳ (الف) نشان می‌دهد که میزان پرولین در بوته‌های انگور قرمز بی دانه با کاربرد مواد ضد یخ نسبت به تیمار شاهد به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) در هر دو سال ۹۱ و ۹۲ افزایش یافت. اما از نظر میزان پرولین در بوته‌ها بین تیمارهای مختلف بایوبلوم، اسید سالیسیلیک، تیوف و کراپ‌آید اختلاف معنی‌داری در سالهای ۹۱ و ۹۲ وجود نداشت (شکل ۳، الف). همچنین میزان پرولین بوته‌ها در سال ۱۳۹۲ بصورت معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود (حدود ۹۲ درصد). افزایش میزان پرولین در درختان زردآلو و گیلان با استفاده از مواد ضد یخ در شرایط آب و هوایی شاهرود و قزوین گزارش شده است (۲، ۱۵). پرولین یک اسید آمینه محلول در آب است که تحت تنش‌های محیطی در گیاهان عالی انباشته می‌شود. افزایش این اسمولیت در سلولها باعث تنظیم اسمزی و کاهش پتانسیل آب و کاهش نقطه انجماد آب در شیریه سلولی آنها شده و مقاومت آنها به تنش سرمازدگی را افزایش می‌دهد و بدین ترتیب میزان خسارت سرمازدگی به بافتهای گیاهی کاهش می‌یابد (۴۰).

با توجه به شکل ۳ (ب) تیمار مواد ضد یخ بر میزان بتائین گلایسین در هر دو سال اثر معنی‌داری داشت ($p < 0.01$). در سال ۱۳۹۱ بیشترین میزان بتائین گلایسین در بوته‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید و بایوبلوم بدست آمد. در سال ۱۳۹۲ بیشترین میزان (۱/۳۷ میکرومول بر گرم) و کمترین میزان (۰/۷۲ میکرومول بر گرم) آن به ترتیب، مربوط به تیمارهای سالیسیلیک اسید و شاهد بود.

میلی لیتر بافر استخراج تریس - اسیدکلریدریک ۵۰ میلی مولار (با اسیدیته ۷) محتوی $MgCl_2$ ۳ میلی مولار و EDTA ۱ میلی مولار ساییده شد. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، در بافر فوق ۰/۰۲ میلی مولار آسکوربات نیز اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. فاز بالایی محلول برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و کاتالاز استفاده شد.

فعالیت آنزیمی آسکوربات پراکسیداز (APX): به ۲/۵

میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار با اسیدیته ۷ شامل EDTA ۱ میلی مولار، آسکوربات ۰/۵ میلی مولار، ۰/۲ میلی لیتر پراکسید هیدروژن ۱ درصد و ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیم استخراجی اضافه شد. سپس فعالیت آنزیم بر اساس اکسید شدن آسکوربات و خواندن جذب محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شده که همراه با کاهش جذب طی دو دقیقه فعالیت آنزیم بوده است (۲۷).

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX): بر اساس روش

آبادایا و همکاران (۳۸)، به ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار، ۱ میلی لیتر پراکسید هیدروژن ۱ درصد، ۱ میلی لیتر گایاکول ۱ درصد و ۰/۳ میلی لیتر عصاره استخراجی اضافه شد و فعالیت آنزیم طی دو دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز: با استفاده از روش ایبی (۱) مخلوط

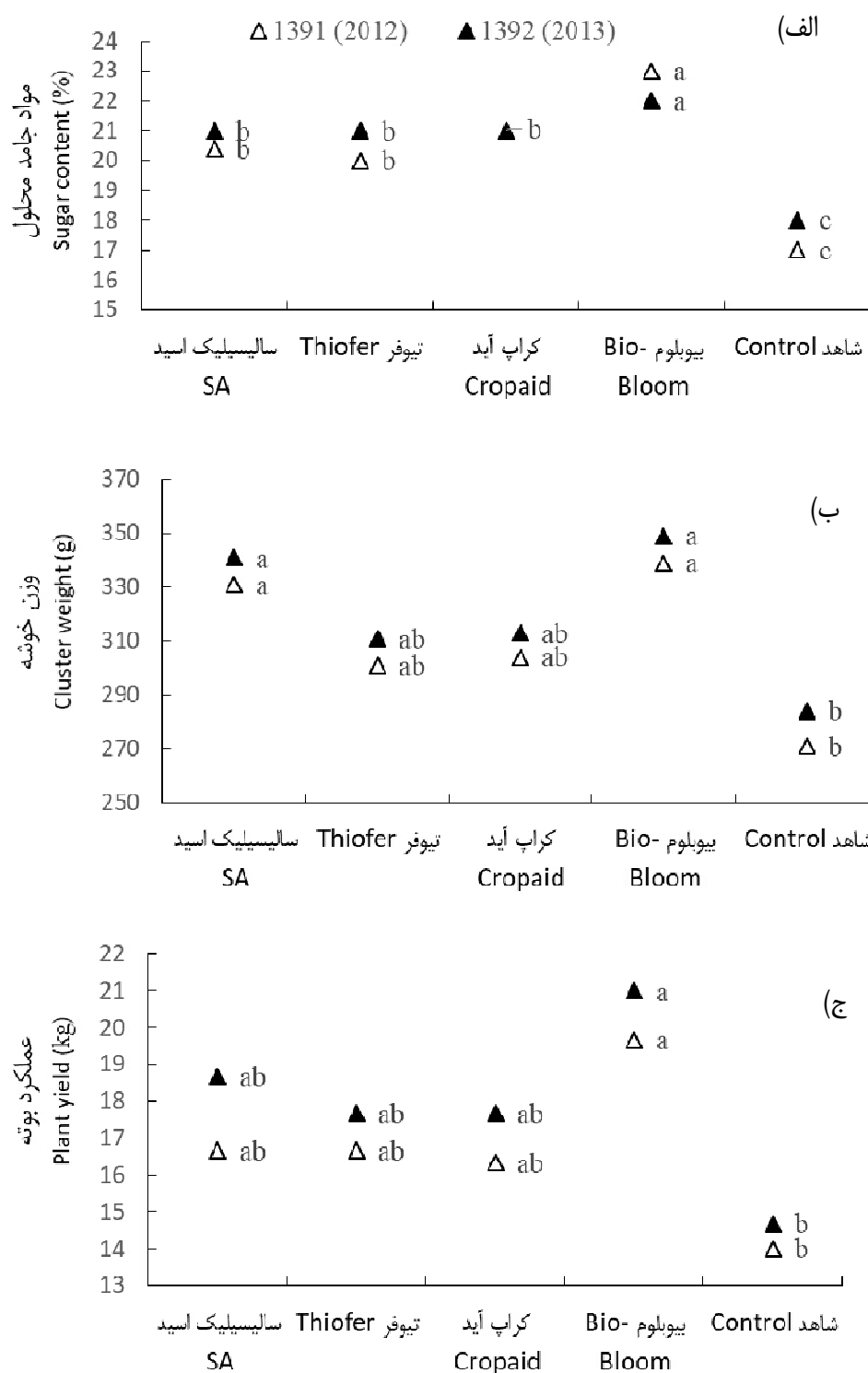
واکنش شامل ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار، ۰/۲ میلی لیتر پراکسید هیدروژن ۱ درصد و ۰/۳ میلی لیتر عصاره استخراجی بود. فعالیت آنزیم کاتالاز به صورت کاهشی در جذب طی ۱ دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SAS، آنالیز واریانس مرکب داده‌ها با متغیرهای اثر سال و اثر مواد ضد یخ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن ($p < 0.05$) انجام شد.

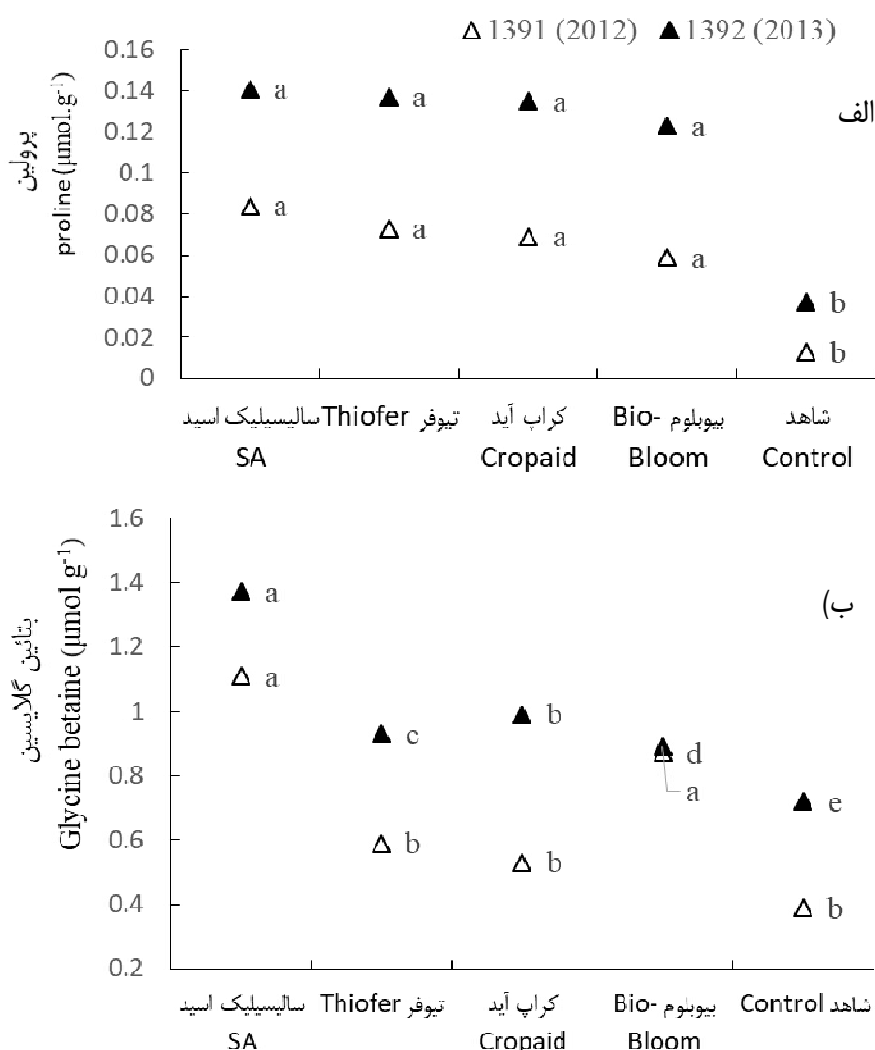
نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که خصوصیات کمی و کیفی عملکرد بوته، وزن خوشه و میزان مواد جامد محلول انگور در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۹۱ افزایش یافت، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌داری نبود (شکل ۲). بیشترین میزان مواد جامد محلول میوه انگور (۲۳ درصد) در بوته‌های محلول پاشی شده با ضد یخ بایوبلوم بدست آمد که بصورت معنی‌داری بیشتر از بوته‌های شاهد و حتی سایر تیمارها بود (شکل ۲-الف). سایر مواد ضد یخ نیز میزان



شکل ۲- اثر محلول پاشی مواد ضد یخ بر (الف) درصد مواد جامد محلول، (ب) وزن خوشه و (ج) عملکرد درخت انگور بی دانه قرمز در سال ۹۱ و ۹۲. حروف مشابه در هر سال نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است

Figure 2- The effect of anti-freeze spray on the red seedless grapes' TSS, cluster weight and yield during 2012-2013. The same letters in each year show no significant difference among the treatments at the level of 5% by Duncan's multiple range test



شکل ۳- اثر محلول پاشی با مواد ضد یخ بر میزان پرولین و بتائین گلیسین انگور بی دانه قرمز در سال های ۹۱ و ۹۲. حروف مشابه در هر سال نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه ای دانکن است

Figure 3- The effect of anti-freeze spray on the red seedless grapes' proline and glycine betaine content during 2012-2013. The same letters in each year show no significant difference among the treatments at the level of 5% by Duncan's multiple range test

همچنین اثر سال بر میزان بتائین گلیسین معنی دار بود ($p < 0.05$). بطوریکه میزان بتائین گلیسین در سال ۱۳۹۲ حدود ۴۰ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود. بررسی دمای متوسط ماهانه هوای تاکستان در این دو سال (شکل ۱) نشان داد که زمستان و نیمه اول فروردین ماه ۱۳۹۲ در غالب مناطق استان نسبت به سال گذشته بیشتر از ۲ درجه سانتیگراد سردتر بود. این کاهش دمای هوا ممکن است تاثیر مثبتی بر تجمع اسمولیت های پرولین و بتائین گلیسین داشته باشد تا با کاهش پتانسیل آب سلولی، نقطه انجماد بافت گیاهی را کاهش دهد (۱۰).

اثر اسید سالیسیلیک در تجمع قند و اسمولیت های آلی نظیر پرولین و بتائین گلیسین در بعضی گیاهان در شرایط تنش زا گزارش شده است (۴). محلول پاشی همزمان با ترکیب اسید سالیسیلیک و بتائین گلیسین در کاهش پتانسیل اسمزی و ایجاد مقاومت در گیاهان ذرت تاثیر بیشتری داشت (۴). رابطه مستقیم بین افزایش مقدار قند و مقاومت به سرما در گیاهان چوبی و علفی نیز مشاهده شده است (۱۲ و ۱۸). در این شرایط نشان داده شده که افزایش در میزان مواد جامد محلول سلولی، نقطه انجماد شیره سلولی را پایین آورده و با کاهش میزان آب سلولی منجر به سازگار شدن به سرما می شود.

داده شده است (۳۲). نتایج تحقیقات کانسو و همکاران (۷) در مورد آنزیمهای مقاومت به سرمای کاتالاز و APX در برگ و ساقه زیتون نشان داده است که آنها طی فصول پاییز و زمستان فعالیت بیشتری از فصل تابستان دارند. از طرف دیگر فعالیت این دو آنزیم در پاییز همزمان با کاهش میزان خسارت یخزدگی افزایش می‌یابد تا اینکه در زمستان زمانی که خسارت یخزدگی به کمترین خود برسد فعالیت آنها نیز کاهش می‌یابد. علاوه بر این درحالیکه فعالیت کاتالاز با کاهش دما کاهش می‌یابد، اما فعالیت APX با کاهش دما تا ۵- درجه بدون تغییر می‌ماند و افزایش فعالیت آن در دمای ۱۰- درجه شروع می‌شود. در تحقیق ما نیز حداقل دمای هوای تاکستان در پاییز و زمستان در سالهای مورد مطالعه ۶/۶- درجه سانتیگراد ثبت شده است. تحقیقات محمودزاده و همکاران (۲۱) روی اثر چهار ترکیب ضدیخ شامل تیوفر و کراپ اید، جیبرلین و فسفوترن با غلظت ۵ در هزار بر کاهش خسارت سرمای دیررس بهاره درختان زردآلو رقم عسکرآباد در شهرستان ارومیه نیز نشان داده که اگرچه تیوفر منجر به عقیمی درصد بیشتری از گله‌ها شد، اما میزان پرولین در این درختان افزایش یافت و میزان خسارت سرمازدگی بصورت معنی‌داری نسبت به درختان شاهد کاهش یافت.

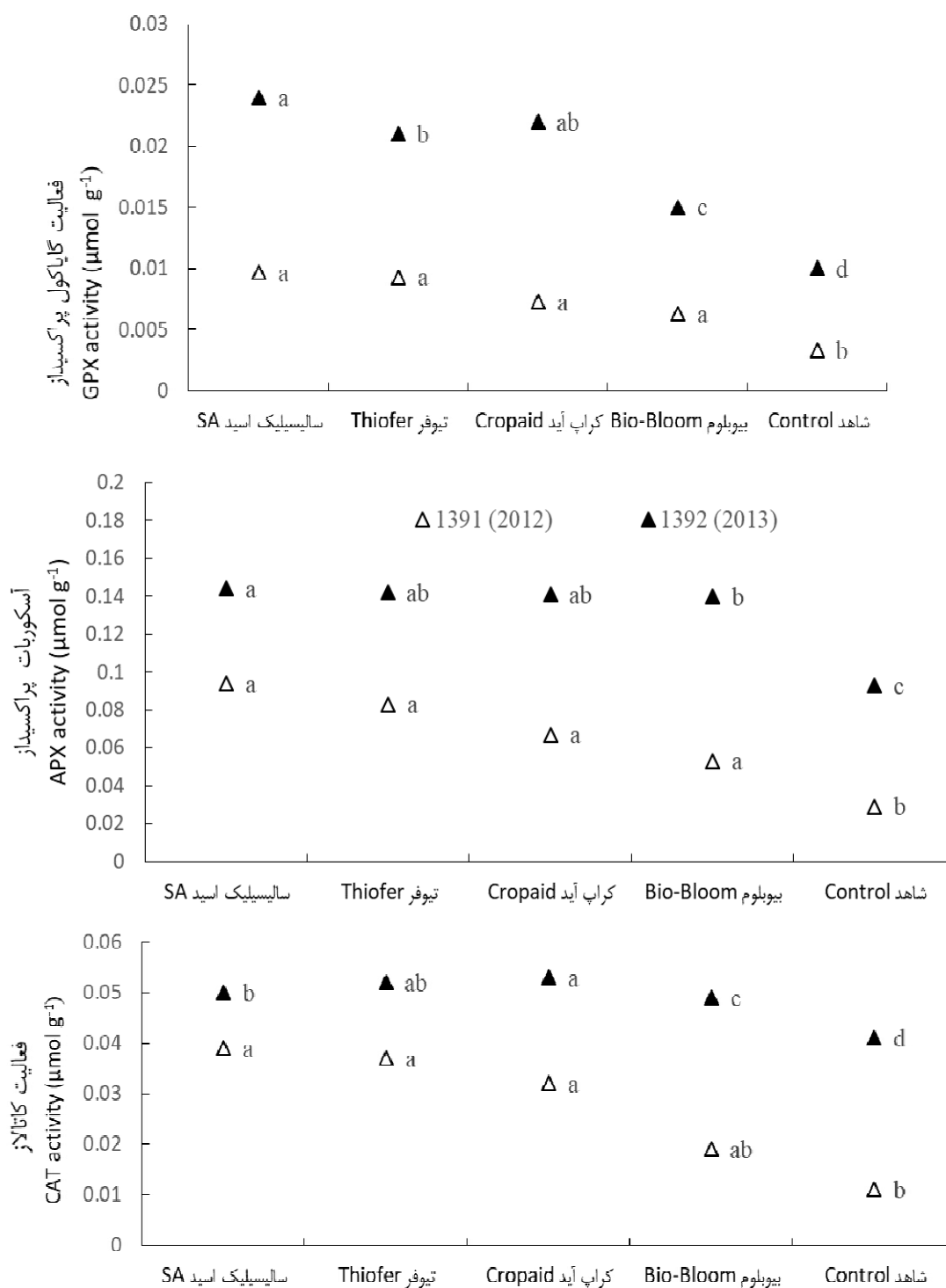
نتیجه‌گیری کلی

بوته‌های انگور رقم قرمز بیدانه تیمار شده با مواد ضد یخ نه تنها از نظر میزان مواد جامد محلول، وزن خوشه و عملکرد بلکه از نظر اسمولیت‌های تنظیم‌کننده اسمزی مانند پرولین و بتائین گلايسین و فعالیت آنزیمهای APX، GPX، CAT نسبت به بوته‌های شاهد بصورت معنی‌داری برتر بودند. از آنجا که افزایش میزان مواد جامد محلول، اسمولیت‌های تنظیم‌کننده اسمزی و آنزیمهای نامبرده منجر به افزایش مقاومت به سرما می‌شوند، لذا استفاده از مواد ضد یخ بعنوان یک روش آسان و ارزان در افزایش مقاومت به سرما در انگور توصیه می‌شود. نتایج بدست آمده با این مواد ضد یخ در غلظت ۵ در هزار بدست آمده است، لذا پیشنهاد می‌شود که تاثیر غلظتهای مختلف مواد ضد یخ روی ارقام دیگر انگور مورد بررسی قرار بگیرد. همچنین قراردادن شاخه‌های انگور در معرض تیمار سرما در شرایط آزمایشگاهی برای تعیین مقاومت به سرمای آنها توصیه می‌شود.

شکل ۴ (الف) نشان می‌دهد که میزان فعالیت APX در بوته‌های انگور قرمز بی دانه با کاربرد مواد ضد یخ نسبت به تیمار شاهد به صورت معنی‌داری ($p < 0.01$) در هر دو سال مورد بررسی افزایش یافت. اما از نظر میزان فعالیت APX در بوته‌ها بین مواد مختلف ضد یخ اختلاف معنی‌داری در سال ۱۳۹۱ وجود نداشت. همچنین، با توجه به این شکل، میزان فعالیت APX بوته‌ها در سال ۱۳۹۲ بصورت معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود (حدود ۱۰۰ درصد) که همانطور که گفته شد به کاهش دمای هوا در سال ۱۳۹۲ مربوط می‌شود.

با توجه به شکل ۴ (ب)، میزان فعالیت GPX در بوته‌های انگور قرمز بی دانه با کاربرد مواد ضد یخ نسبت به تیمار شاهد به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) در هر دو سال مورد بررسی افزایش یافت. اما از نظر میزان فعالیت GPX در بوته‌ها بین مواد مختلف ضد یخ اختلاف معنی‌داری در سال ۱۳۹۱ وجود نداشت. بهر حال در سال ۱۳۹۲ بیشترین میزان GPX (0.024 میکرومول بر گرم) در تیمار اسید سالیسیلیک بدست آمد. همچنین، با توجه به شکل ۴ (ب)، میزان فعالیت GPX بوته‌ها در سال ۱۳۹۲ بصورت معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود (حدود ۱/۵ برابر بیشتر).

با توجه به شکل ۴ (ج)، میزان فعالیت کاتالاز در بوته‌های انگور قرمز بی دانه با کاربرد ضد یخ اسید سالیسیلیک، تیوفر و کراپ اید نسبت به تیمار شاهد و بایوبلوم به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) در سال ۱۳۹۱ افزایش یافت. اما از این نظر بین شاهد و تیمار بایوبلوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در سال ۱۳۹۲ از نظر میزان فعالیت کاتالاز در بوته‌ها بین مواد مختلف ضد یخ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بطوریکه بیشترین میزان آن مربوط به تیمارهای کراپ اید و تیوفر بود. همچنین با توجه به شکل ۴ (ج)، میزان فعالیت کاتالاز بوته‌ها در سال ۱۳۹۲ بصورت معنی‌داری ($p < 0.01$) بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود (حدود ۷۷ درصد). مشابه میزان اسمولیت‌ها، افزایش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیداتیو شاخص مقاومت به سرما در انگور در سال ۱۳۹۲ نیز ممکن است به کاهش دمای هوای زمستان و اوایل فصل بهار (شکل ۱) مربوط شود. بدین وسیله گیاه به شرایط آب و هوایی سردتر سازگار شده و میزان فعالیت آنزیمهای مقاومت به سرما افزایش می‌یابد (۴۱). نقش استیل سالیسیلیک اسید و سالیسیلیک اسید در ایجاد تحمل به تنش‌های گرما، سرما و خشکی در گیاهان قبلا نشان



شکل ۴- اثر محلول پاشی با مواد ضد یخ بر فعالیت آنزیم‌های APX، GPX و کاتالاز انگور بی‌دانه قرمز در سال ۹۱ و ۹۲. حروف مشابه در هر سال نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن است

Figure 4- The effect of anti-freeze spray on the red seedless grapes' APX, GPX and CAT activity during 2012-2013. The same letters in each year show no significant difference among the treatments at the level of 5% by Duncan's multiple range test

- 1- Aeby H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.
- 2- Afshari H., Zahedi R., Parvaneh T., and Bagheri M. 2014. The effect of SA on the proline content, soluble solids and EC of two cultivar of apricot under frost stress. Agricultural Crop Management (16) 1: 127-138.
- 3- Agricultural Insurance Fund (2014). (In Persian with English abstract)
- 4- Aldesuquy H.S., Abbas M.A., Abo-Hamed S.A., and Elhakem A.H. 2013. Does glycine betaine and salicylic acid ameliorate the negative effect of drought on wheat by regulating osmotic adjustment through solutes accumulation? Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 9 (3): 5-22.
- 5- Bamdadian A. and Kosari S. 2012. The importance of prevention the plants from frost during the winter months. Monthly cultivation and livestock industry, 154. (In Persian with English abstract)
- 6- Bates I.S., Waldern R.P., and Tear I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
- 7- Cansev A., Gulen H., and Eris A. 2011. The Activities of Catalase and Ascorbate Peroxidase in Olive (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) under Low Temperature Stress. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 52 (2): 113-120.
- 8- Chamkha M., Cathala B., Cheynier V., and Douillard R. 2003. Phenolic composition of champagnes from Chardonnay and Pinot Noir vintages Journal of Agriculture and Food Chemistry. 51, 3179-3184.
- 9- Champa W.A., Gill M.I., Mahajan B.V.C., and Arora N.K. 2014. Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. Journal of Food and Science Technology. 52(6):3607-16.
- 10- Coughlan S., and Heber U. 1982. The role of glycine betaine in the protection of spinach thylakoids against freezing stress. Planta 156, 62-69.
- 11- Ecevit F.M. 2004. Bimas Team. Isparta / Türkiye, <http://www.bimastarim.com/dogal-bitki-antifrizi.html>.
- 12- Eris A., Gulen E., Barut E., and Cansev A. 2007. Annual patterns of total soluble sugars and proteins related to cold hardiness in olive (*Olea europaea* L. cv. Gemlik). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 82:597-604.
- 13- Fischer C., and Holl W. 1991. Food reserves of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) I. Seasonal changes in the carbohydrate and fat reserves of pine needles. Trees, 5: 187-195.
- 14- Grieve C.M., and Grattan R. 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary-amino compounds. Plant and Soil 70: 303-307.
- 15- Haji vand S., Mohebi S. and Bakhshi Khanki Gh. 2015. The effects of amino acid and other anti-freeze compounds on the induction of resistance to cold in cherry. Proceedings of the second symposium on new issues in agriculture. Tehran. (in Persian with English abstract)
- 16- Haji vand S., Yazdipour F., and Bakhshi Khanki Gh. 2015. The effects of anti-freeze compounds on the induction of resistance to cold in pistachio var. ghazvin. Proceedings of the second symposium on new issues in agriculture. Tehran. (In Persian with English abstract)
- 17- Kang, H. M. and Saltveit, M. E. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling (leaves and roots) and differentially affected by salicylic acid. Physiologia Plantarum, 115: 577-576.
- 18- Karami F., Siosemardeh A., Javadi T., and Vafaei Y. 2009. Evaluation of some physiological indices of cold resistance and fruiting characteristics in apricot cultivars. 6th Congress on Horticultural Sciences. Rasht, Gilan, Iran. (in Persian with English abstract)
- 19- Kazemi M. 2014. Effect of foliar application with salicylic acid and methyl jasmonate on growth, flowering, yield and fruit quality of tomato. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 3 (2): 154-158.
- 20- Kosova K., Prasil I.T., Vitamvas P., Dobrev P., Motyka, V., and Flokova K. 2012. Complex phytohormone responses during the cold acclimation of two wheat cultivars differing in cold tolerance, winter Samanta and spring Sandra. Journal of Plant Physiology, 169, 567-576.
- 21- Mahmoudzade H., Faroughi D., and Imani A. 2012. The effect of some chemical compounds on the frost injury of apricot under West Azerbaijan conditions. Second National Conference on climate change and its impact on agriculture and the environment, Urmia, agricultural research center, West Azerbaijan. (in Persian with English abstract)
- 22- Mahmoudzadeh A. and Imani A. 2011. Effect of some of anti frost on morphology, anatomy and proline of selective almond cultivars flower buds. International Journal of Nuts and Related Sciences 2(3):35-40.
- 23- Mahmoudzadeh A., Imani A., and Masoumi H. 2011. Preliminary study of the reaction of some almond cultivars treated with anti-frost materials. Proceeding of 1th International Congress Applied Biology, Mashhad, Iran, 321-326. (in Persian with English abstract)
- 24- Mahmoudzadeh A., Imani A., and Piri H. 2013. Effects of some of nutritional materials on fruit set and its characteristics in apple. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3 (1): 281-285.
- 25- Marzouk H.A. and Kassem H.A. 2011. Improving yield, quality, and shelf life of Thompson seedless grapevine by

- preharvest foliar applications. *Scientia Horticulturae*, 130: 425–430.
- 26- Miura K. and Tad K. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 5 (4) 1-12.
 - 27- Nakano Y and Asada K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant, Cell and Physiology*, 22: 867-880.
 - 28- Noreen S., and Ashraf M. 2010. Modulation of salt (NaCl)-induced effects on oil composition and fatty acid profile of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 90, 2608:2616.
 - 29- Popova L.P., Maslenkova L.T., Ivanova A. and Stoinova Z. 2012. Role of salicylic acid in alleviating heavy metal stress. *Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change*, 447:466.
 - 30- Safarpour Taher MH. 2007. Half of the exploiters are covered by insurance. *News Journal of Public Relations of Ministry of Jihad-e-Agriculture* 87: 6-8. (in Persian with English abstract)
 - 31- Scott I.M., Clarke S.M., Wood J.E., and Mur L.A. 2004. Salicylate accumulation inhibits growth at chilling temperature in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 135, 1040:1049.
 - 32- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30, 157–161.
 - 33- Sedighi A., Gholami M., Sarikhani H., and Ershadi A. 2011. The effect of GA and SA on the ripening time, anthocyanin and ethylene content of Sweet sherry var. Siah-e-Mashhad. *Journal of Horticultural Sciences, FUM, Iran*. 26 (2): 141-146. (In Persian with English abstract)
 - 34- Shokrollah Fam S., Hajiloo J, Zare F. Taabatabaie J, and Naghshibandi Hasani R. 2011. The effect of cacl2 and SA on the quantitative characters and shelf life of plum var Ghatre Tala. *Journal of Food Research* 22 (1): 76-85. (In Persian with English abstract)
 - 35- Statistics of chilling and hailstone injuries to horticulture products 2017. Executive committee on management of environmental stresses for horticultural products, Ministry of Jihad-e-Agriculture.
 - 36- Taşgın E., Atıcı O., and Nalbantoğlu B. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. *Plant Growth Regulation* 41(3): 231–236.
 - 37- Task force for water scarcity, chilling and agriculture risks 2017. Office of risk and crisis management in agriculture. Ministry of Jihad-e-Agriculture. (In Persian with English abstract)
 - 38- Updhyaya A., Sankhla D., Davis T.D., Sankhla N. and Smidth B.N. 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. *Plant Physiology* 121: 453-461.
 - 39- Valero D. 2010. The role of polyamines on fruit ripening and quality during storage: what is new. *Acta Horticulture*. 884, 199–205.
 - 40- Verbruggen N., and Hermans C. 2008. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids*, 35(4):753-9.
 - 41- Wilson S 2001. Frost Management in Cool Climate Vineyards. Final report to grape and wine research and Development Corporation. University of Tasmania.
 - 42- Wilson J.M. 1996. The Mechanism of chill and drought hardiness. *New Physiologist*, 97, 257-270.
 - 43- Wan S.B., Tian L., Tian R., Pan Q.H., Zhan J.C., Wen P.F. 2009. Involvement of phospholipase D in the low temperature acclimation induced thermo tolerance in grape berry. *Plant Physiology and Biochemistry*. 47, 504–510.



The Effects of Anti-freeze Compounds on the Effective Biological Materials in Freezing Tolerance of Grape under the Orchard Conditions

Sh. Hajivand^{1*} - M. Rahmati²

Received: 22-05-2017

Accepted: 03-02-2018

Introduction: Nowadays, horticultural products especially in our country are damaged by the climate change events (rising temperatures, water shortage associated by drought and extreme temperature fluctuations). The greatest economic damage to horticultural crops are caused by winter chilling and / or spring frosts, in which has been increased by seventimes during the last 10 years. Indeed, just during 9 months of 2016-2017 year, the chilling/frost damages were reached to 140 million euro of the total damage value of 240 million euro to agriculture (about 60%). According to the Agricultural Insurance Fund, maximum amount of compensation to farmers of the country was paid to apples, walnuts, grapes, almonds, pomegranates, oranges and pistachios orchardists, respectively. Grape (*Vitisvinifera*), a member of the Vitaceae family, is the most important horticultural crop in Takestan region, ranking top in producing raisins in Iran. Yearly, horticultural practices in order to reduce the severity of chilling damages to crops cost a lot under orchard conditions. Some of these practices are included burying vines under soil, winter ice-watering, flood irrigation, and turning the heaters on. Nowadays, cheap and fast alternative methods such as anti-freezes spraying havebeen considered to reduce the freeze injuries under orchards. These compounds as mechanical barriers either prevent the ice crystals formation on the sensitive plant tissues or activate the freezing tolerance mechanisms in the plants. Salicylic acid (SA), a type of phenolic acid, is one of the most secondary metabolites in the grape. SA not only plays an important role on the determination of the quality, color and taste of fruit, but also influences on the plant responses into environmental stresses such as drought, chilling, salinity and heavy metals. Natural osmolites such as soluble sugars, amino-acids and ammonium compounds are accumulated inside the plants under natural conditions. Commercial anti-freeze/anti-transpiration compounds on the basis of the mentioned natural osmolites are used to increase the freezing tolerance or postponing the bud break of horticultural crops. For example, Bio-bloom, Tiofer®, Cropaid® and Fosnutren® were used as anti-freeze compounds under almond, cherry, pistachio and apple orchards in Iran. The efficiency of this method to reduce the chilling injuries in vineyards is not well known. Therefore, to consider the effects of plant basis anti-freeze compounds on the freezing tolerance of red seedless grape under Takestan climate conditions, the current experimentation was conducted. In this regard, the important freezing tolerance determining osmolites as well as some of the qualitative and quantitative characters of vines in response to these compounds were evaluated.

Materials and Methods: In order to study the likely increase in grape spring freezing tolerance using the anti-freeze compounds under the orchard, an experiment was conducted as randomized completeblock design (RCBD) with anti-freeze compounds in Agriculture and Natural Resources Research Center of Qazvin during 2012-2013. Minimum monthly temperature during the autumn and winter months was -12.2 °C. The treatments including the spray of SA, Tiofer®, Cropaid®, Bio-Bloom® and water (control) were used on vines during fourphonological stages: before plant dormancy, during bud swelling, start of clustering and during the final clustering on the three red seedless vines per plot. Quantitative and qualitative characters such as cluster weight, yield and total soluble solids (TSS) were measured. Leaves osmolites contents such as proline (Bates et al.,1973) and glycin-betain (Grieve and Grattan.,1983) as well as the status of the freezing resistance index enzymes activities such as Glutathione peroxidase (GPX) (Updhyaya et al.), Ascorbateperoxidase (APX) (Nakano and Asada,1981) and Catalase (CAT) (Aebi, 1984) were evaluated. All statistical analyses were made using SAS software. The comparison of mean values for the different treatments was made by ANOVA, followed by the Duncan's test at the significant level of 0.05.

Results and Discussion: The results showed that the anti-freeze compounds resulted in a significant increase in the TSS, cluster weight and yield by 22%, 17% and 26%, respectively and the most effectswas observed in Bio-bloom. Our results regarding the effect of SA on the TSS was in accordance with other researchers (ShokrollahFaam, 2011; Sedighi et al., 2011; Champa et al., 2014; Marzouk and Kasm, 2011). However the

1- Assistant Professor and Deputy Director of Agricultural and Natural Resources Research Center of Qazvin

(*- Corresponding Author Email: shokrollah2006@gmail.com)

2 - PhD in Horticultural Sciences, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran

effect of other anti-freeze compounds on the quantitative characteristics has not studied yet. Tiofer and Cropaid had no significant effect on the grape cluster weight. Proline content increased significantly using anti-freeze compounds compared to control during 2012-2013. But there was no significant difference between the different anti-freeze compounds for proline content. The most important content of betaine-glycine was observed in SA and Bio-bloom treatments. A decrease in air temperature during 2013 dormancy period resulted in higher amount of osmolytes contents (betaine glycine) and freezing resistance index enzymes activities compared to those of 2012. The most important contents of these enzymes activities were obtained in SA, Tiofer, Cropaid and Bio-Bloom treatments, respectively and the less important content was observed in control.

Conclusions: According to these results the commercial anti-freeze compounds could be useful not only for an increase in the grape spring freeze resistance but also for an improvement in the grape cluster weight, total soluble solids and yield. Osmolytes contents such as such as proline and betaine glycine and enzymes GPX, APX, CAT are significantly higher in anti-freeze treated plants compared to control. Since high levels of soluble solids, mentioned osmolytes and enzymes resulted in an increase in cold resistance in plant, the use of antifreeze as an easy and inexpensive way to increase the cold hardiness of grapes is recommended. These results were obtained with this antifreeze in 5 ppm concentration. Therefore more researches on the other varieties using different concentrations of anti-freeze compounds are recommended.

Keywords: Ascorbate peroxidase, Frost, Glycine-betaine, Proline, Red seedless



بهینه‌سازی استخراج اسانس کرفس و فعالیت آنتی اکسیدانی آن با استفاده از روش سطح پاسخ و امواج التراسونیک

فاطمه سلیمی^{۱*} - محمد فتاحی^۲ - جواد حمزه ئی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

چکیده

گیاهان دارویی به موجب داشتن ترکیبات آنتی اکسیدان در حفظ سلامت بشر بسیار مفید بوده و کرفس به عنوان یک گیاه دارویی، غنی از این ترکیبات است. بذر کرفس دارای اسانس قابل توجهی است و در تهیه عطر، ادویه و درمان بیماری‌ها کاربرد دارد. در این تحقیق، اثر نسبت آب به بذر (۳۷۵، ۵۰۰ و ۶۲۵ میلی‌لیتر به ۳۵ گرم بذر)، زمان التراسونیک (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) و زمان استخراج با کلونجر (۱، ۲ و ۳ ساعت) بر استخراج اسانس (درصد حجمی/وزنی) از بذر کرفس و فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس به دو روش فرپ (FRAP) و درصد DPPH_{30min} بررسی و برای بهینه‌سازی از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. براساس نتایج، بهترین نسبت تیمارها مربوط به نسبت ۶۲۵ میلی‌لیتر آب به ۳۵ گرم بذر، اعمال امواج التراسونیک ۲۰ دقیقه و اسانس‌گیری با کلونجر در مدت زمان ۳ ساعت بود. در همین شرایط بهینه، نسبت ۶۲۵ میلی‌لیتر آب به ۳۵ گرم بذر، عدم اعمال امواج التراسونیک و اسانس‌گیری در مدت زمان ۳ ساعت به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. در شرایط بهینه، میزان اسانس، فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس در روش فرپ و روش درصد DPPH_{30min} به ترتیب ۲/۳۳ درصد حجمی/وزنی، ۱۵۱۳/۶ میکرومولار Fe²⁺ در ۵۰ میکرولیتر اسانس و ۴۸/۵۲ درصد بدست آمد. در تیمار شاهد نیز میزان اسانس، فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس در روش فرپ و روش درصد DPPH_{30min} به ترتیب ۱/۴۵ درصد حجمی/وزنی، ۱۰۶۴ میکرومولار Fe²⁺ در ۵۰ میکرولیتر اسانس و ۲۹/۳۰ درصد حاصل شد. مقادیر داده‌های حاصل از آزمایش با مدل پیش بینی شده توسط RSM تطابق داشت و این نشان می‌دهد که استفاده از این روش در بهینه‌سازی شرایط اسانس‌گیری، مناسب است. علاوه بر این، کاربرد التراسونیک میزان استخراج اسانس و ظرفیت آنتی اکسیدانی آن را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: امواج فراصوت، دی پی پی اچ، روغن فرار، فرپ، گیاه دارویی

مقدمه

اسانس‌ها بطور نامنظم در اندام‌های گیاهان سنتز می‌شوند. برخی گیاهان هیچ اسانسی ندارند، در حالیکه برخی دیگر (مانند خانواده چتریان، نعنائیان، تیره کاسنی و غیره) در بسیاری از گونه‌هایشان کم و بیش مقادیر زیادی اسانس دارند. روغن‌های فرار غالباً در برخی از غده‌های مخصوص یا در داخل بافت یا در سطح روپوست (اپیدرم) گیاه یافت می‌شوند. خاصیت دارویی اسانس‌ها بسیار متفاوت است. برخی روی دستگاه عصبی اثر می‌گذارند مانند روغن رازیانه (بادشکن) یا روغن افسنتین (محرک)، بسیاری از آن‌ها ترشح شیره معده را افزایش می‌دهند (غدد بزاقی، شیره روده و معده، صفرا) و بنابراین اشتها را زیاد می‌کنند مانند افسنتین، جنتیانا، علف چای و زیره و بسیاری اثرات درمانی دیگر که اسانس‌ها می‌توانند انجام دهند (۸).

معمولترین روش در بدست آوردن اسانس از مواد گیاهی تقطیر با آب، تقطیر با بخار و تقطیر با آب و بخار است (۲۲). استخراج ترکیبات، مرحله مهمی برای جداسازی و شناسایی این ترکیبات در گیاهان دارویی است. به منظور دستیابی به روش‌های کارآمدتر،

طی سالیان متمادی داروهای طبیعی خصوصاً گیاهان دارویی اساس و حتی در برخی موارد تنها طریق درمان محسوب می‌شدند و مواد موثره موجود در آن‌ها در صنعت داروسازی مورد استفاده قرار می‌گرفت (۱۹ و ۲۰). از مواد موثره موجود در گیاهان دارویی، روغن‌های فرار یا اسانس‌ها هستند که از پر مصرف‌ترین فرآورده‌های گیاهی در طب خانگی به شمار می‌روند. اسانس‌ها عامل اصلی بوی خوش برخی گیاهان نظیر گشنیز، رازیانه، زیره و آویشن هستند.

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته دکتری گیاهان دارویی و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(*)- نویسنده مسئول: Email: fatemesalimi18@yahoo.com
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.65721

موفقیت آمیزی برای توسعه، پیشرفت و بهینه سازی فرآیندها استفاده می شود (۳، ۱۷ و ۲۸).

کرفس از قدیم مورد توجه بشر بوده است. مصریان، یونانیان، رومی ها و چینی ها از این گیاه به عنوان دارو استفاده می کردند. کرفس دمبرگی با نام علمی *Apium graveolens. var. dulce* متعلق به تیره چتریان است. بخش سبزی و میوه های کرفس منبع ترکیبات اصلی می باشند. گل های کرفس کوچک و سفید رنگ هستند که به صورت چتر مرکب ظاهر می شود و در انتهای ساقه گل دهنده به ارتفاع ۶۰-۹۰ سانتی متر قرار می گیرد. مقدار اسانس بذر کرفس حدود ۱/۵ الی ۳ درصد گزارش شده است. میوه کرفس (تخم کرفس) مدر بوده و رفع کننده نفخ شکم و دردهای آنفلونزا است (۷). سبزیجات برگی علاوه بر مواد معدنی، دارای ارزش درمانی و ویتامین های آنتی اکسیدانی و رنگدانه ها هستند (۲۵). بنابراین، هدف این پژوهش بکارگیری روش سطح پاسخ به منظور دستیابی به حداکثر بازده، به کمک امواج التراسونیک در گیاه کرفس بود. همچنین، شرایط بهینه استخراج اسانس تعیین و فعالیت آنتی اکسیدانی آن با اعمال امواج التراسونیک مطالعه شد.

مواد و روش ها

در این آزمایش از طرح Box-Behnken به منظور بررسی تأثیر تیمارهای نسبت آب به بذر در سه سطح (۳۷۵، ۵۰۰ و ۶۲۵ میلی لیتر آب به ۳۵ گرم بذر)، زمان اعمال التراسونیک در سه سطح (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) و مدت زمان استخراج اسانس با کلونجر در سه سطح (۱، ۲ و ۳ ساعت) بر میزان استخراج اسانس از بذر کرفس استفاده شد. روش سطح پاسخ (RSM) نیز به منظور تعیین نقاط بهینه فرایند استخراج اسانس به کمک امواج التراسونیک جهت دستیابی به حداکثر راندمان استخراج اسانس از بذر کرفس مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس کرفس به روش FRAP و DPPH نیز معرف DPPH و TPTZ از شرکت سیگما الدریج خریداری شد. در این تحقیق از بذر کرفس جمع آوری شده از اهواز استفاده شد. بذر کرفس مورد استفاده از بذور توده محلی اهواز بوده و از کشاورزان منطقه تهیه گردید. بذر مورد نظر در سال زراعی ۱۳۹۴ تولید شده بود. در تمام آزمایش ها (۱۵ واحد آزمایشی) از ۳۵ گرم بذر رسیده و خشک کرفس استفاده شد. جهت اعمال سطوح التراسونیک ابتدا مقدار ۳۵ گرم بذر کرفس به وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد و بسته به تیمار هر ۳۵ گرم بذر کرفس با مقادیر ۳۷۵، ۵۰۰ و ۶۲۵ میلی لیتر آب مخلوط گردید. به منظور ایجاد امواج فراصوت در این پژوهش از دستگاه مولد فراصوت Elma مدل E120H با توان دمایی ۶۰۰ وات و فرکانس ۳۷ کیلو هرتز، استفاده گردید. زمان های التراسونیک برای واحدهای آزمایشی تنظیم شد و

بایستی مصرف حلال و زمان استخراج، کاهش و عملکرد بالا رود. روش های متنوع و جدید برای استخراج برخی ترکیبات فعال از گیاهان نظیر استخراج به کمک التراسونیک (UAE)، استخراج با حلال فوق بحرانی، استخراج آنزیمی و استخراج با دستگاه سوکسله توسعه پیدا کردند (۱۱ و ۲۹). از بین روش ها، استخراج به کمک التراسونیک ساده و بسیار سودمند است. افزایش در استخراج به کمک امواج التراسونیک عمدتاً به حفره سازی در مولکول بر اثر ارتعاش صوتی ایجاد شده از طریق عبور امواج التراسوند، نسبت داده می شود. مراحل فرآیند استخراج ترکیبات گیاهی، از طریق امواج فراصوت، شامل تورم بافت برای جذب حلال و خروج ترکیبات از بافت به حلال با ایجاد تخلخل و منافذ در دیواره سلولی است که این عمل انتقال جرم را ساده و سریع می نماید (۱۰). اخیراً از روش التراسوند برای بهبود استخراج پلی ساکاریدها و اسانس ها از مواد گیاهی، استفاده بیشتری می شود. اعتقاد بر این است که اثر مکانیکی اولتراسوند در آزاد شدن ترکیبات آلی موجود در مواد گیاهی به علت ایجاد اختلال در دیواره سلولی، تشدید انتقال جرم و دسترسی آسان تر حلال به محتوای سلول است. استفاده از این روش موجب صرفه جویی در وقت و انرژی می شود. در محیط مایع امواج صوتی باعث ایجاد کاویتاسیون می شود. کاویتاسیون عبارت از تشکیل و فروپاشی حباب در محیط مایع می باشد. سرعت کاویتاسیون، انقباض و انبساط های متوالی بستگی به فرکانس التراسوند دارد و سبب دفرمه شدن مواد جامد متخلخل و افزایش انتقال جرم در میوه ها و دانه ها می شود. تحقیقات صورت گرفته در مورد استفاده از التراسونیک در استخراج اسانس و ترکیبات آن از گیاهان دارویی نظیر مریم گلی (۲۸) و زیره سیاه (۱) حاکی از افزایش راندمان و کیفیت بهتر آن نسبت به روش های معمولی است. بر خلاف شیوه های مرسوم، امواج التراسوند با تخریب در دیواره سلولی در زمان کم، عصاره گیاهی را در طول دیواره سلولی انتشار می دهد. عواملی نظیر میزان رطوبت، اندازه ذرات در گیاه مورد نظر و نوع حلال مورد استفاده در استخراج کارآمد، مهم هستند. علاوه بر این، فاکتورهای مربوط به ویژگی های دستگاه تولید کننده امواج مانند فرکانس، فشار، دما و زمان، در کارکرد امواج صوتی موثر می باشند (۲۷). بنابراین، از روش سطح پاسخ برای تعیین مقادیر بهینه فاکتورهای مورد بررسی استفاده می شود. زیرا در این روش جهت حصول حداکثر بازده و حداکثر ضریب اطمینان صحت آزمایش، تیمارهای کمتر و همچنین زمان کمتری مورد نیاز است (۲۱). در واقع، هدف در طرح های رویه پاسخ، بهینه سازی پاسخ (متغیر خروجی) است که متأثر از چندین متغیر مستقل (متغیرهای ورودی) می باشد (۱۴). از روش سطح پاسخ به عنوان یک نرم افزار کارآمد نام برده اند. به این علت که برای بهینه سازی یک فرآیند، متغیرهای مستقل، اثر ترکیبی روی پاسخ مطلوب دارند. در واقع، روش سطح پاسخ مجموعه ای از سیستم های ریاضی و آماری است که به طور

اسانس به صورت درصد حجمی/وزنی با نرم افزار اکسل تعیین شد. قابل ذکر است که تیمار شاهد یعنی استفاده از شرایط بهینه تعیین شده از طریق روش سطح پاسخ (کاربرد فاکتورهای اول و سوم (X_1 , X_3) و بدون اعمال فاکتور دوم (X_2))، برای مقایسه نتایج در نظر گرفته شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی DPPH بر اساس یوریتز و بوکار (۴) اندازه گیری شد. ابتدا به ۵۰ میکرولیتر اسانس، ۵ میلی لیتر محلول ۰/۰۰۴ درصد DPPH در متانول اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقه، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت و با استفاده از رابطه $I\% = (A_{blank} - A_{sample}) / A_{blank} \times 100$ مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی محاسبه گردید که در این فرمول: A_{blank} : جذب نوری کنترل منفی، فاقد اسانس و A_{sample} : جذب نوری غلظت‌های مختلف اسانس است. فعالیت آنتی اکسیدانی FRAP نیز بر اساس بنزی و استرین (۲) با اندکی تغییر و با استفاده از نمودار استاندارد محاسبه شد. برای این کار ۲/۸۵ میلی لیتر محلول فرپ بعلاوه ۵۰ میکرولیتر اسانس برای هر نمونه استفاده شد و پس از ۱۰ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۳ نانومتر قرائت گردید.

دما یکسان بود. پس از اعمال دو تیمار اول (نسبت آب به بذر و امواج التراسونیک)، استخراج اسانس از بذر برای هر واحد آزمایشی با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری: اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای آزمایشی بر مقدار اسانس (درصد حجمی/وزنی) و فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس با استفاده از طرح آماری RSM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در روش RSM برای هر متغیر وابسته، مدلی تعریف شده که اثرات اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می‌کند. مدل چند متغیره به صورت معادله شماره ۱ می‌باشد. در مدل مذکور، Y پاسخ پیش‌بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات و b_{ij} اثر متقابل است.

$$Y_n = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i X_i + \sum_{i=1}^3 b_{ii} X_{ii} + \sum_{i \neq j=1}^3 b_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

در روش RSM از طرح باکس بنکن (BBD) برای تعیین کد استفاده شد. بر اساس طرح باکس بنکن کدهای اختصاص یافته برای متغیرهای مستقل در آزمایش حاضر به شرح جدول ۱ می‌باشد. پس از اجرای روش RSM و استخراج اسانس از تیمارهای آزمایشی، مقدار

جدول ۱- متغیرهای مستقل و مقادیر آنها
Table 1- Independent variables and their values

متغیر مستقل Independent variables	نماد ریاضی Symbols	سطوح متغیر Coded levels		
		+1	0	-1
نسبت آب به بذر Water to seed ratio	X_1	625	500	375
زمان التراسونیک Ultrasonic time	X_2	30	20	10
زمان کلونجر Extraction time	X_3	3	2	1

(درصد $DPPH_{30min}$) (معادله ۳) و فرپ (معادله ۴)) به شرح ذیل است:

$$EO (\%v/w) = 1.200000 + 0.075000 X_1 - 0.300000 X_2 + 0.875000 X_3 + 0.725000 X_{12} - 0.825000 X_{22} + 0.725000 X_{32} + 0.300000 X_{1X2} - 0.150000 X_{1X3} + 0.300000 X_{2X3} \quad (2)$$

$$DPPH \% (30min) = 60.4136 + 6.3782 X_1 - 22.7935 X_2 + 3.7569 X_3 - 8.0662 X_1^2 - 45.5443 X_2^2 - 13.5193 X_3^2 - 6.6459 X_1 X_2 - 5.8430 X_1 X_3 + 21.7333 X_2 X_3 \quad (3)$$

$$FRAP (\mu MFe^{+2}/100\mu l EO) = 1432.94 + 166.65 X_1 + 166.22 X_2 + 126.29 X_3 - 384.48 X_{12} - 1215.25 X_{22} - 322.43 X_{32} - 87.85 X_{1X2} + 575.35 X_{1X3} - 219.80 X_{2X3} \quad (4)$$

نتایج و بحث

دستیابی به R^2 -Adjusted R^2 و P -value بالا در برازش مدل‌ها، بیانگر ایده‌آل بودن مدل‌های RSM ترسیم شده می‌باشد. به عبارت دیگر، بالا بودن این پارامترها نشانگر وجود همبستگی بالای بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده است (۳۰). F -value حاصل از ضرایب پاسخ‌ها (متغیرهای وابسته) نشان داد که بیشتر ضرایب خطی، درجه دوم و اثرات متقابل در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بودند. در واقع، نتایج تجزیه واریانس با مدل‌های پیش‌بینی شده از طریق روش سطح پاسخ نشان داد که این مدل‌ها، برای هر چهار پاسخ معنی‌دار بودند (جدول ۲-۵). بر این اساس، مدل‌های برازش شده برای هر یک از پاسخ‌ها (مقدار اسانس به صورت درصد حجمی/وزنی (معادله ۲)، درصد DPPH در ۳۰ دقیقه

اثرات متقابل متغیرهای مستقل نسبت آب به بذر، زمان التراسونیک و زمان کلونجر بر مقدار اسانس، درصد DPPH و فعالیت آنتی اکسیدانی فرپ

زمان کلونجر (X_3) در سطح احتمال یک درصد بر درصد اسانس معنی دار شد. همچنین، اثرات درجه دوم فاکتورهای نسبت آب به بذر (X_1^2)، زمان التراسونیک (X_2) و زمان کلونجر (X_3^2) بر درصد اسانس در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). این نتایج بیانگر وجود رابطه خطی بین فاکتور زمان استخراج و افزایش درصد اسانس است. با وجود اینکه رابطه درجه دوم هر سه فاکتور X_1 ، X_2 و X_3 روی درصد اسانس موثر بودند ولی اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی از نظر آماری بر درصد اسانس معنی دار نشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی دار زمان التراسونیک (X_2) در سطح احتمال یک درصد بر درصد DPPH_{30min}

بود. در مورد درصد DPPH_{30min} تنها فاکتور زمان التراسونیک (X_2) در حالت خطی و درجه دوم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. از میان اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی نیز فقط اثر متقابل X_2X_3 از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد بر درصد DPPH_{30min} معنی دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی دار هر سه فاکتور X_1 ، X_2 ، X_3 و اثرات درجه دوم برای سه فاکتور X_1^2 ، X_2^2 ، X_3^2 در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنتی اکسیدانی اندازه گیری شده به روش فرپ بود. همچنین، برهمکنش فاکتور X_1X_2 در سطح احتمال پنج درصد و برهمکنش فاکتورهای X_2X_3 و X_1X_3 در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنتی اکسیدانی اندازه گیری شده به روش فرپ معنی دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر متغیرهای مستقل بر درصد اسانس، ظرفیت آنتی اکسیدانی دی پی پی اچ و فرپ بذر کرفس
Table 2-Analysis of variance (ANOVA) for the effect of independent variables on %EO, %DPPH_{30min}, and FRAP of Celery seed

مدل Model	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares	درصد اسانس Essential oil percentage (v/w)	%DPPH _{30min}	FRAP
خطی	4	-	-	-	-
X_1	1	0.011250 ^{ns}	81.364 ^{ns}	55544 ^{**}	
X_2	1	0.180000 ^{ns}	1039.086 ^{**}	55258 ^{**}	
X_3	1	1.531250 ^{**}	28.229 ^{ns}	31898 ^{**}	
نمای دوم	4	-	-	-	-
X_1^2	1	0.485192 [*]	60.058 ^{ns}	136451 ^{**}	
X_2^2	1	0.628269 [*]	1914.724 ^{**}	136322 ^{**}	
X_3^2	1	0.485192 [*]	168.713 ^{ns}	95967 ^{**}	
برهمکنش	6	-	-	-	-
X_1X_2	1	0.090000 ^{ns}	44.167 ^{ns}	7717 [*]	
X_1X_3	1	0.022500 ^{ns}	34.141 ^{ns}	331022 ^{**}	
X_2X_3	1	0.090000 ^{ns}	472.335 [*]	48314 ^{**}	
خطا	5	0.040500	31.176	5635	
R^2 -Adjusted R^2		0.9472-0.8521	0.9598-0.8874	0.9972-0.9922	

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

بوده است (شکل ۱-۱). بررسی اثر دو عامل مستقل اول (X_1) و سوم (X_3) بر درصد اسانس نشان داد که با افزایش زمان استخراج اسانس با کلونجر، درصد اسانس افزایش یافت و میزان بهینه مقدار آب در بیشترین مقدار اسانس ۶۲۵ میلی لیتر بود (شکل ۱-۱). بررسی همزمان دو عامل زمان التراسونیک و زمان کلونجر بر مقدار اسانس نیز نشان داد که بیشترین مقدار اسانس با ۳ ساعت زمان کلونجر در

نمودار سه بعدی مقدار اسانس براساس متغیرهای X_1 - X_3 در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر نمودار، اثر متقابل دو فاکتور مستقل بر روی صفت اندازه گیری شده، مشخص است. بنابراین، بیشترین مقدار هر نمودار در ارتباط با بهینه اثرات متقابل دو فاکتور مستقل بر پارامتر مربوطه می باشد. مقدار اسانس در مقدار آب ۶۲۵ میلی لیتر و ۱۸ تا ۲۰ دقیقه مدت زمان اعمال التراسونیک، بیشترین

مقادیر بالای R^2 (۰/۹۴۷، ۰/۹۶ و ۰/۹۹۷ برای مدل‌های سطح پاسخ (جدل ۲) نشان داد که مدل‌ها، قادر به پیش‌بینی مناسب پاسخ متغیرها هستند.

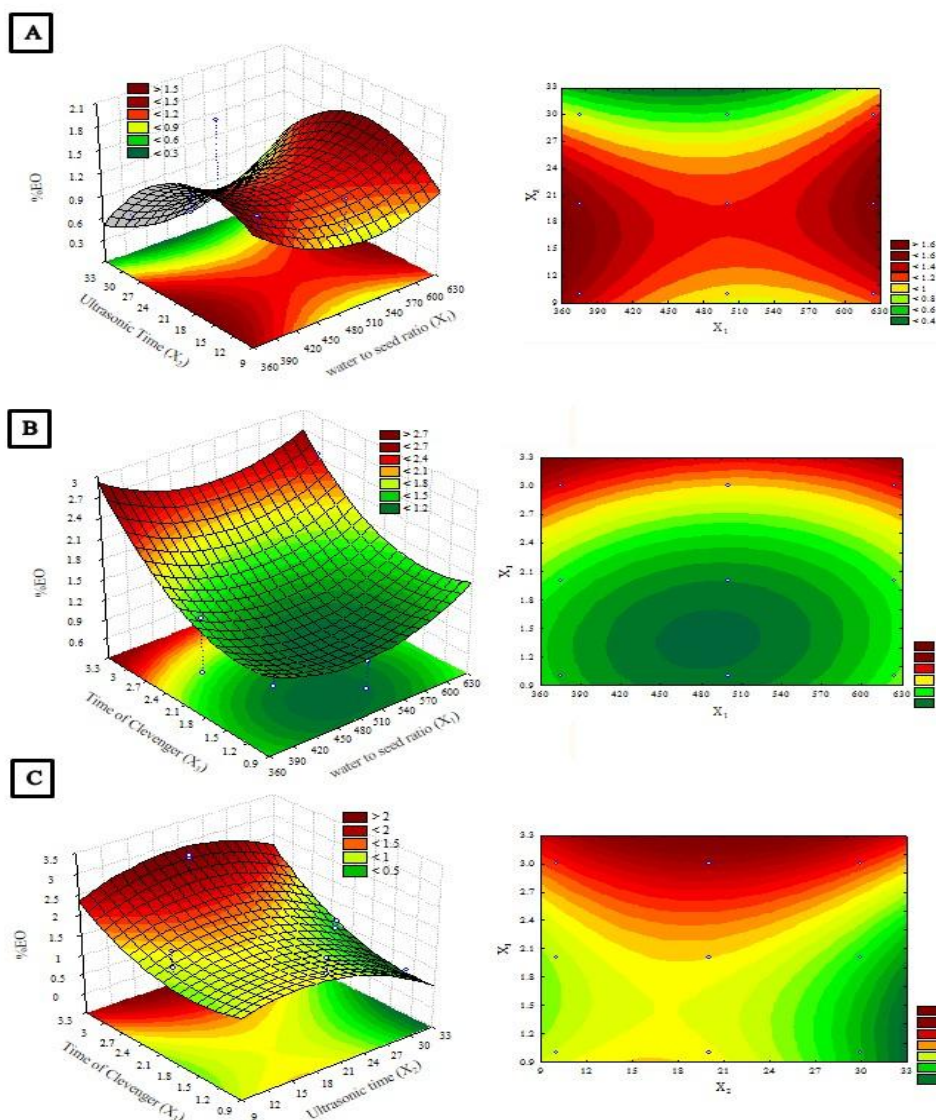
در بهینه‌سازی همزمان با ارزش مطلوبیت در اسانس کرفس، بهترین نسبت تیمارها، مربوط به نسبت ۶۲۵ میلی‌لیتر آب به ۳۵ گرم بذرها، اعمال امواج التراسونیک ۲۰ دقیقه و اسانس‌گیری با کلونجر در مدت زمان ۳ ساعت بود. در توجیه افزایش نسبت آب به بذرها تا یک بازه مشخص در بروز بالاترین بازده، می‌توان گفت این نتیجه ممکن است به علت ایجاد کاویتاسیون، دفرمه شدن و در نتیجه افزایش پدیده انتشار اسانس از بذرها به کمک امواج فراصوت بوده باشد. شایان ذکر است که افزایش مقدار آب از بازه بهینه به جز مقدار اسانس در افزایش دیگر صفات اندازه‌گیری شده، موثر نبود. در آزمایشی که بر روی باب‌آدم (*Arctium lapa* L.) انجام گرفت، استخراج اینولین با افزایش میزان حلال، افزایش یافت (۱۸). شرایط بهینه استخراج اسانس اکالیپتوس با روش تقطیر با بخار و متدولوژی سطح پاسخ، ۱۰۵ دقیقه زمان استخراج و سرعت بخار ۰/۰۳۲ کیلوگرم بر هکتار بود و بر اساس R^2 بالا (۰/۹۸۴۴)، مدل‌های پیش‌بینی شده توسط روش سطح پاسخ مناسب تشخیص داده شدند. در شرایط مذکور میزان اسانس پیش‌بینی شده (۱/۸۷ درصد) توسط روش سطح پاسخ به مقدار بدست آمده (۲/۰۵ درصد) نزدیک بود (۹). اثر زمان تقطیر، دما و نسبت آب به پوست بر مقدار اسانس استخراج شده از پوست لیمو (*Citrus latifolia*) با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج، شرایط بهینه را نسبت آب به پوست ۱:۶، زمان تقطیر ۲۰ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد و در این شرایط یک میلی‌لیتر اسانس از ۵۰ گرم پوست لیمو بدست آمد (۲۴). در بهینه‌سازی آنتی‌اکسیدان‌های فنولیک عصاره برگ کبر (*Capparis spinosa*)، روش سطح پاسخ بهترین ترکیب تیماری را اتانول ۴۹ درصد، دمای ۵۱/۸ درجه سانتی‌گراد و نسبت حجمی/وزنی ۵۰ حلال به ماده نشان داد (۶). ارزیابی بهینه‌سازی عصاره‌گیری با حلال تسریع‌کننده (accelerated solvent extraction) ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) و مرزنگوش بستانی (*Origanum majorana* L.) با استفاده از روش سطح پاسخ نشان داد که غلظت‌های بهینه متانول برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رزماری و مرزنگوش بستانی به ترتیب ۵۶ و ۵۷ درصد بود. عملکرد فعالیت آنتی‌اکسیدانی مناسب عصاره‌های ASE بطور قابل توجه بالاتر از عصاره‌های مایع/جامد بود و مدل‌های پیش‌بینی شده برای فنول کل و مقادیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش فرپ، با ضرایب رگرسیونی بالا در دامنه ۰/۹۵۲-۰/۹۹۹، بسیار قابل توجه بود (۱۳).

۲۰ دقیقه اعمال امواج فراصوت حاصل شد (شکل ۱-۱). استفاده از امواج التراسونیک ابتدا اثر محسوس ظاهر نکرد و در محدوده ۲۱-۱۸ دقیقه میزان اسانس افزایش و در بالاتر از ۲۱ دقیقه کاهش یافت. ولی، با افزایش مقدار آب و زمان استخراج با کلونجر، میزان اسانس افزایش یافت.

نمودار سه بعدی درصد DPPH_{30min} براساس متغیرهای X1-X3 در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین درصد DPPH_{30min} تقریباً در مقدار آب بیشتر از ۵۰۰ میلی‌لیتر و ۱۵ تا ۱۸ دقیقه مدت زمان اعمال التراسونیک حاصل شد (شکل ۲-۱). بررسی اثر دو عامل مستقل اول و سوم بر درصد DPPH_{30min} نشان داد که استخراج اسانس با کلونجر در مدت زمان حدود ۲ ساعت و استفاده از میزان آب ۵۱۰ الی ۶۰۰ میلی‌لیتر، بیشترین درصد DPPH_{30min} را داشت (شکل ۲-۲). همچنین، ارزیابی اثر توأم دو عامل زمان التراسونیک و زمان کلونجر بر درصد DPPH_{30min} نشان داد که بیشترین مقدار این صفات با اسانس‌گیری (۲ ساعت) در ۱۵ دقیقه اعمال امواج فراصوت حاصل شد (شکل ۲-۳). با توجه به شکل ۲ می‌توان اظهار داشت که با افزایش مقدار آب، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده با روش درصد DPPH_{30min} افزایش یافت. ولی، زمان التراسونیک و زمان استخراج با کلونجر در شروع، روند افزایشی تا سطوح میانی تعریف شده برای هر یک از فاکتورها (X_1 ، X_2 ، X_3) از خود نشان دادند و پس از آن با کاهش روبرو بودند. در مورد فعالیت آنتی‌اکسیدانی فرپ (شکل ۳) نیز نتایج حاکی از این بود که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مقدار آب ۵۰۰ الی ۵۷۰ میلی‌لیتر و ۲۰ دقیقه مدت زمان اعمال التراسونیک، بیشترین مقدار بود (شکل ۳-۱). بررسی اثر دو عامل مستقل اول و سوم بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی فرپ نشان داد که جهت دستیابی به بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، به اسانس‌گیری در مدت زمان ۲/۷ ساعت و مقدار آب ۵۷۰ میلی‌لیتر نیاز است (شکل ۳-۲). افزون بر این، مطالعه اثر توأم دو عامل زمان التراسونیک و زمان کلونجر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی فرپ نشان داد که بیشترین میزان این صفت با ۲/۴ ساعت اسانس‌گیری و با اعمال ۲۱ دقیقه امواج فراصوت بدست آمد (شکل ۳-۳). در مورد این صفت، بیشترین مقادیر در بالاتر از سطح میانه هر فاکتور (X_1 ، X_2 ، X_3) و کمتر از بیشترین سطح تعریف شده در این فاکتورها مشاهده گردید.

بهینه‌سازی همزمان با ارزش مطلوبیت در اسانس کرفس

بر اساس روش RSM نسبت ۶۲۵ میلی‌لیتر آب به ۳۵ گرم بذرها، اعمال امواج التراسونیک ۲۰ دقیقه و اسانس‌گیری با کلونجر در مدت زمان ۳ ساعت بهترین نسبت تیمارها بود. همچنین، تحت شرایط بهینه، میزان اسانس ۲/۳۳ درصد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس در روش درصد DPPH_{30min} ۴۸/۵۲ درصد و در روش فرپ ۱۵۱۳/۶ میکرومولار Fe^{+2} در ۵۰ میکرولیتر اسانس، بدست آمد (شکل ۴).



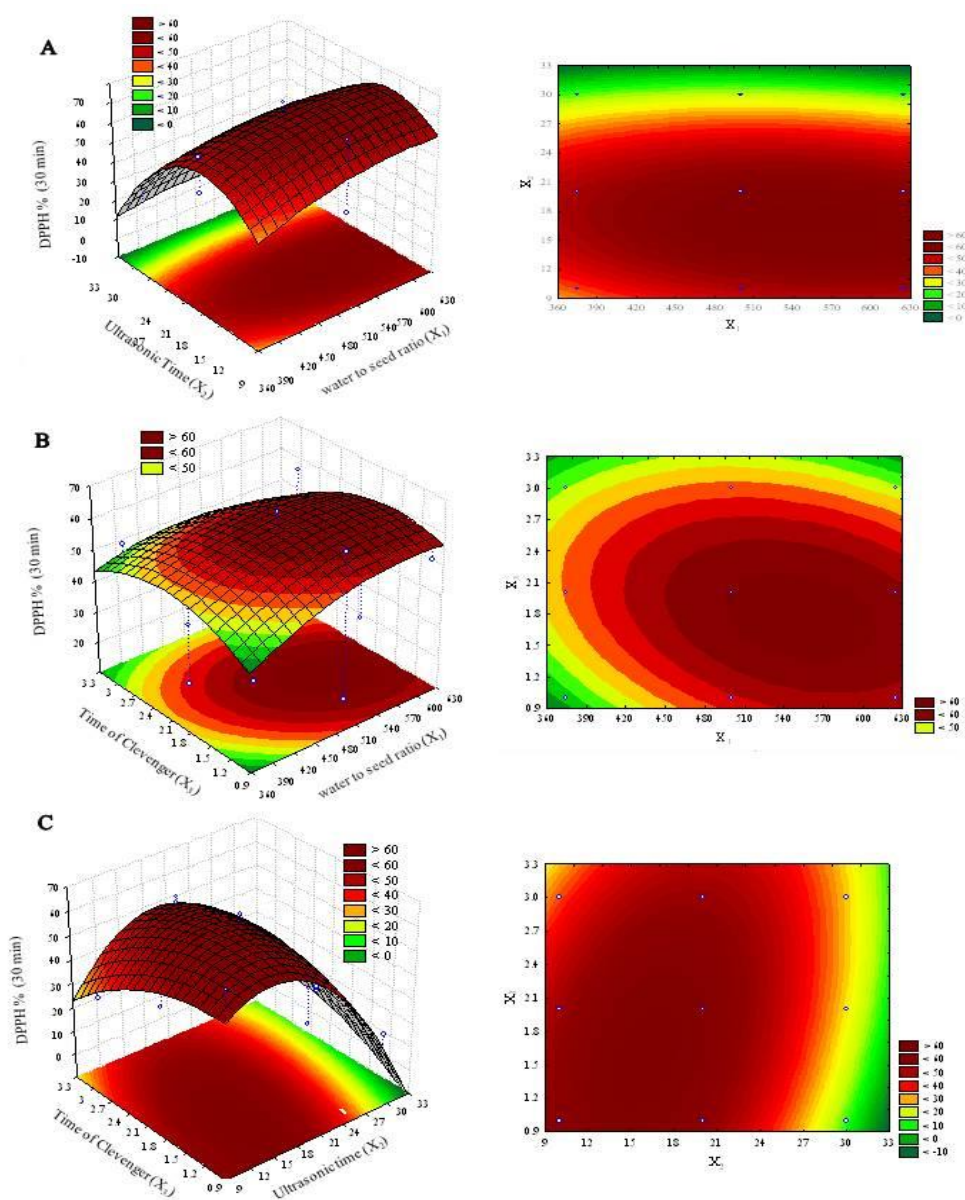
شکل ۱- اثر متقابل متغیرهای مستقل (نسبت آب به بذر (X_1)، زمان التراسونیک (X_2)، زمان کلونجر (X_3) بر مقدار اسانس بذر کرفس
Figure 1- The interaction effect of independent variables (Water to seed ratio (X_1), Ultrasonic time (X_2), Extraction time (X_3)) on essential oil (EO) value of Celery seed

طولانی نیاز دارد، از مزایای کاربرد التراسوند این است که در دمای اتاق قابل انجام بوده و زمان استخراج اسانس را نیز کوتاه می‌کند (۲۶). در مقایسه دو روش تقطیر و امواج التراسونیک روی جداسازی ترکیبات آروماتیک سیر (*Allium sativum*) مشخص شد که بکارگیری امواج التراسونیک برای استخراج اسانس بهتر است زیرا آسیب کمتری در مولکول‌های حساس به حرارت ایجاد کرده و مواد معطر بهتر استخراج می‌شوند (۱۶). در آزمایشی، بیشترین استخراج اسانس از گیاه مریم‌گلی (*Salvia* sp.) پس از ۳۰-۲۰ دقیقه اعمال

التراسونیک به عنوان روشی جدید در استخراج اسانس به شمار می‌رود (۵). امواج التراسوند با یکسری اثرات مکانیکی، منافذ بزرگتری در بافت ایجاد کرده و باعث بهبود نفوذ حلال به آن می‌شود و در نتیجه افزایش سطح تماس فاز جامد با مایع، میزان استخراج اسانس افزایش می‌یابد. همچنین، امواج التراسوند از طریق گسستگی سلولی و شکستن بیولوژیکی دیواره سلول‌ها به آزادسازی بهتر و استخراج ترکیبات موثر در آن، منجر می‌شود. برخلاف روش تقطیر که برای اسانس‌گیری دمای نزدیک به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان

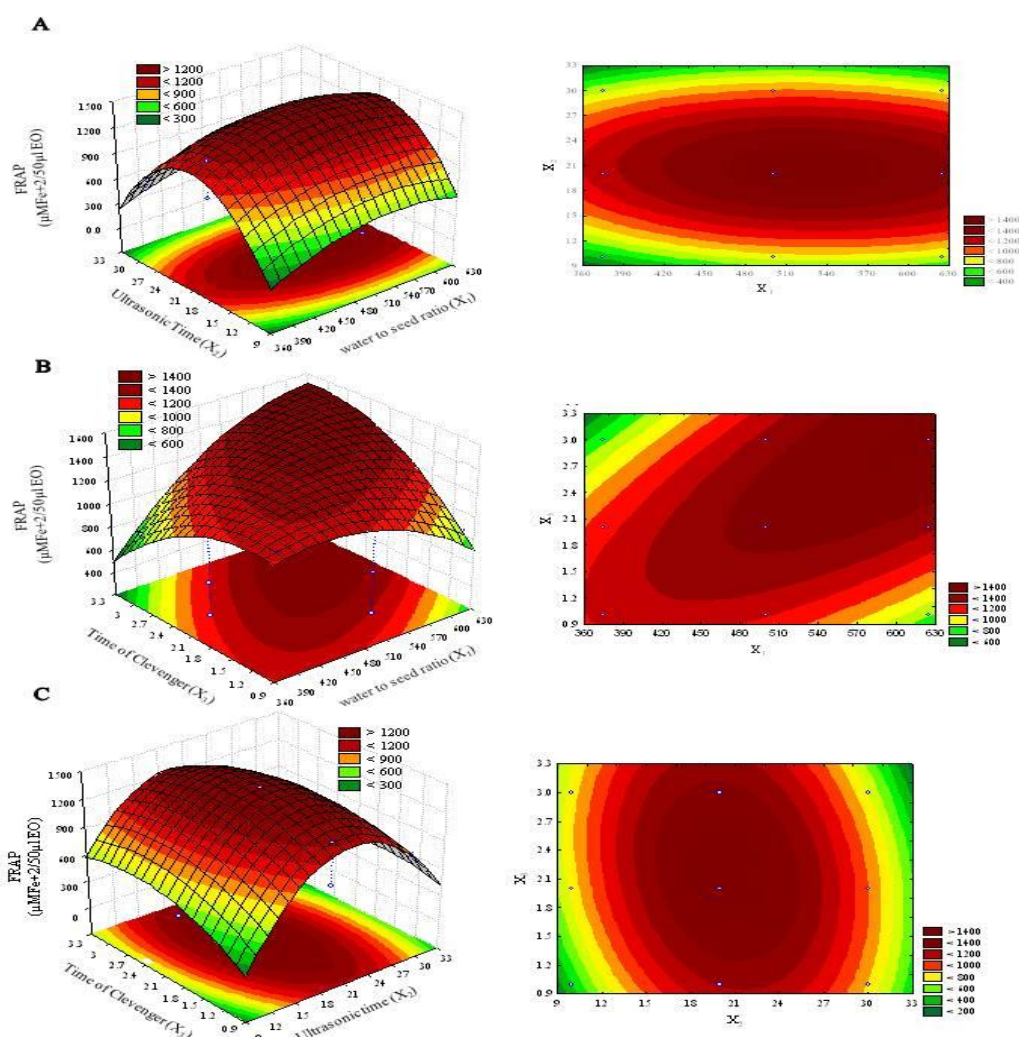
بهترین ترکیب تیماری برای دستیابی به حداکثر فعالیت آنتی اکسیدانی با روش TP و Frap و بالاترین مقادیر رزمارینیک اسید، لوتئولین-۷-۰-گلوکزید، آپیجنین-۷-۰-گلوکزید، کافئیک اسید و کارنوسول، میدان نوسان سونیکیشن در $6\mu\text{m}$ دمای 35°C درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ دقیقه بود.

امواج سونیکیشن، حاصل شد. در مطالعه‌ای، امواج التراسوند باعث افزایش استخراج اسانس زیره سیاه (*Carum carvi* L.) گردید. به طوریکه، بذور تیمار شده با امواج التراسوند به مدت ۹۰ دقیقه، به سرعت (در طی ۳۰ دقیقه) ۸۰ درصد اسانس خود آزاد کردند (۱). همچنین، بهینه‌سازی استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی عصاره از گیاه مرزنجوش بستانی (*Origanum majorana* L.) به کمک امواج التراسونیک با بکارگیری روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت و



شکل ۲- اثر متقابل متغیرهای مستقل (نسبت آب به بذر (X_1)، زمان التراسونیک (X_2)، زمان کلونجر (X_3)) بر $\text{DPPH}_{30\text{min}}$ بذر کرفس

Figure 2- The interaction effect of independent variables (Water to seed ratio (X_1), Ultrasonic time (X_2), Extraction time (X_3)) on $\text{DPPH}_{30\text{min}}$ of Celery seed (DPPH; 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

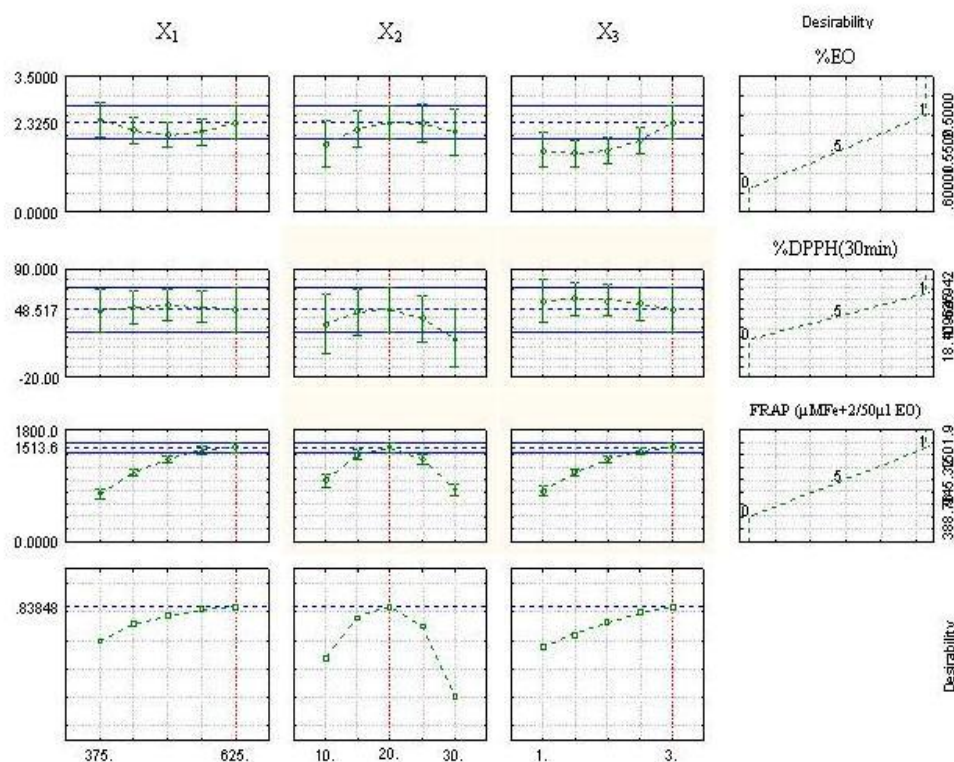


شکل ۳- اثر متقابل متغیرهای مستقل (نسبت آب به بذر (X_1)، زمان التراسونیک (X_2 ، زمان کلونجر (X_3)) بر فعالیت آنتی اکسیدانی فرپ بذر کرفس

Figure 3- The interaction effect of independent variables (Water to seed ratio (X_1), Ultrasonic time (X_2), Extraction time (X_3)) on FRAP of Celery seed (FRAP; ferric reducing ability of plasma)

دستیابی به حداکثر عملکرد ($64/7 \pm 0/45$ میلی گرم/گرم) و برخی ترکیبات فعال، $63/8$ درصد متانول همراه 1 درصد تری فلوئورو استیک اسید (حجمی /وزنی)، دمای $43/2$ درجه سانتی گراد، نسبت ماده خشک به حلال $23/8$ (وزنی /حجمی) و زمان 40 دقیقه بود (30).

مقادیر پیش بینی شده از معادله چند جمله ای با مقادیر بدست آمده از این آزمایش، همخوانی داشت. عملکرد عصاره های بهینه حاصل از بکارگیری امواج التراسونیک به طور قابل توجه بیشتر از روش عصاره های مایع/جامد (solid/liquid extracts) بود. مدل های پیش بینی شده برای تمام صفات مناسب و دارای ضرایب رگرسیونی بالا بودند (12). بهینه سازی استخراج آنتوسیانین های توت به کمک التراسونیک و روش سطح پاسخ بررسی و بهترین ترکیب تیماری برای



شکل ۴- بهینه‌سازی همزمان با ارزش مطلوبیت در اسانس بذر کرفس

Figure 4- Profiles for predicted values and desirability of process parameters in celery seed essential oil (EO)

نتیجه‌گیری کلی

با استناد به تحقیقات صورت گرفته، استفاده از روش‌های نوین استخراج مواد موثره (اعمال امواج التراسونیک، مایکروویو و ...) توام با روش‌های معمول (خیساندن، کلونجر و ...) میزان استخراج عصاره و اسانس از گیاه را افزایش داده و روی خواص ترکیبات استخراجی اثر متفاوتی داشته‌اند. ضمن اینکه تجزیه با روش سطح پاسخ، بهترین شرایط بررسی فاکتورهای مورد نظر با کمترین تکرار در دستیابی به ایده‌آل‌ترین بازده را فراهم می‌کند. کاربرد همزمان یکی از روش‌های کمکی (منظور استفاده از امواج فراصوت) اسانس‌گیری و اپتیمایز کردن با استفاده از روش سطح پاسخ در نتایج تحقیق حاضر، موید این مطالب است که با اکثریت نتایج دیگر تحقیقات هماهنگی دارد. در کل، شرایط متفاوت از جمله نسبت آب به بذر، زمان التراسونیک و

منابع

زمان کلونجر در کرفس نشان داد که این تیمارها راندمان استخراج اسانس را تحت تأثیر قرار دادند. تیمار نسبت ۶۲۵ میلی‌لیتر آب به ۳۵ گرم بذر، اعمال امواج التراسونیک ۲۰ دقیقه و اسانس‌گیری با کلونجر در ۳ ساعت، بهترین تیمار (شرایط بهینه) بود. در شرایط بهینه، میزان اسانس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس در روش فرپ و روش درصد DPPH_{30min} در مقایسه با تیمار شاهد (نسبت ۶۲۵ میلی‌لیتر آب به ۳۵ گرم بذر، عدم اعمال امواج التراسونیک و اسانس‌گیری در مدت زمان ۳ ساعت) به ترتیب ۳۷/۷۶، ۲۹/۷۰ و ۳۹/۶۱ درصد افزایش داشتند. مقادیر بالای R^2 برای مدل‌های سطح پاسخ نشان داد که مدل‌ها، قادر به پیش‌بینی مناسب پاسخ متغیرها هستند و این امر بیانگر این است که استفاده از روش RSM به همراه التراسونیک در بهینه‌سازی شرایط اسانس‌گیری، مناسب است.

- 1- Assami K., Pingret D., Chemat S., Meklatia B.Y., and Chemat F. 2012. Ultrasound induced intensification and selective extraction of essential oil from *Carum carvi* L. seeds. Chemical Engineering and Processing, 62: 99–105.
- 2- Benzie I. F., and Strain J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239: 70–76.
- 3- Bostan A., Razavi S. M. A., and Farhoosh R. 2008. Optimization of extraction process of crude hydrocolloid from wild sage seed (*Salvia macrosiphon*) and evaluation of its time-independent rheological properties. MSc thesis,

- Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
- 4- Burits M., and Bucar F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, 14:323–328.
- 5- Cravotto G., Boffa L., Mantegna S., Perego P., Avogadro M., and Cintas P. 2008. Improved extraction of vegetable oils under high intensity ultrasound and/or microwaves. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15: 202–898.
- 6- Fattahi M., and Rahimi R. 2016. Optimization of extraction parameters of phenolic antioxidants from leaves of *Capparis spinosa* using response surface methodology. *Food Analytical Methods*, 9 (8): 2321–2334.
- 7- Fazal S. S., and Singla R. K. 2012. Review on the Pharmacognostical and pharmacological characterization of *Apium graveolens* L. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2 (1): 36–42.
- 8- Flock H. 2005. *Medicinal Plants*. PP: 264.
- 9- Galadima M. S., Ahmed A. S., Olawale A. S., and Bugaje I. M. 2012. Optimization of steam distillation of essential oil of *Eucalyptus tereticornis* by response surface methodology. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 20 (4): 368–372.
- 10- Ghafoor K., Choi Y. H., Jeon J. Y., and Jo I. H. 2009. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 57: 4988–4994.
- 11- Hardlei T. F., Morkbak A. L., and Nexø E. 2007. Enzymatic extraction of cobalamin from monoclonal antibody captured haptocorrin and transcobalamin. *Clinical Biochemistry*, 40: 1392–1397.
- 12- Hossain M. B., Brunton N. P., Patras A., Tiwari B., O'Donnell C. P., Martin-Diana A. B., and Barry-Ryan C. 2012. Optimization of ultrasound assisted extraction of antioxidant compounds from marjoram (*Origanum majorana* L.) using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19: 582–590.
- 13- Hossain M. B., Barry-Ryan C., Martin-Diana A. B., and Brunton N. P. 2011. Optimisation of accelerated solvent extraction of antioxidant compounds from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), marjoram (*Origanum majorana* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) using response surface methodology. *Food Chemistry*, 126: 339–346.
- 14- Jabarouty A., and Ghofrani A. 2015. Introduction to response surface methodology. Fourth National Conference on Innovative Technologies Chemistry and Chemical Engineering, December 15, Iran, Tehran.
- 15- Kaneko T., Tahara S., and Takayabashi F. 2007. Inhibitory effect of natural coumarin compounds, esculetin and esculin, on oxidative DNA damage and formation of aberrant crypt foci and tumors induced by 1, 2-dimethylhydrazine in rat colons. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 30: 2052–2057.
- 16- Kimbaris A. C., Siatis N. G., Daferera D. J., Tarantilis P. A., Pappas C. S., and Polissiou M. G. 2006. Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 13: 54–60.
- 17- Koochehi A., Mortazavi S. A., Shahidi F., Razavi S. M. A., Kadkhodae R., and Mohamadzadeh Milani J. 2010. Optimization of mucilage extraction from Qodume Shirazi seed (*Alyssum homolocarpum*) using response surface methodology. *Journal of Food Process Engineering*, 33: 861–882.
- 18- Milani E., Hosseini F., Zaerzadeh E., Golimovahhed Q. A., and Tavakkoli A. 2012. Optimization of inulin extraction from burdock tuber by using response surface methodology (RSM). *Journal of Medicinal Plants*, 1 (41): 149–158.
- 19- Modaresi M. 2012. A comparative analysis of the effects of garlic, elderberry, and black seed extract on the immune system in mice. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11 (4): 458–461.
- 20- Premkumar G., Sankaranarayanan R., Jeeva S., and Rajarathinam K. 2011. Cytokinin induced shoot regeneration and flowering of *Scoparia dulcis* L. (Scrophulariaceae)—an ethnomedicinal herb. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1 (3): 169–172.
- 21- Salar Bashi D., Mortazavi S. A., Rezaei K., Rajaei A., and Karimkhani M. M. 2012. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Yarrow (*Achillea beibrestinii*) by response surface methodology, *Food Science Biotechnology*, 21 (4): 1005–1011.
- 22- Stahl-Biskup E., and Saez, F. 2002. *Thyme the genus thymus*. NY, NJ: Taylor & Francis.
- 23- Subhashini N., Thangathirupathi A., and Lavanya N. 2011. Antioxidant activity of *Trigonella foenum- graecum* using various *in vitro* and *ex vitro* models. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3 (2): 96–102.
- 24- Tan Q. L. P., Kieu X.N.T., Kim N. H. T., and Hong X. N. T. 2012. Application of response surface methodology (RSM) in condition optimization for essential oil production from *Citrus latifolia*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24 (1): 25–30
- 25- Tyagi S., Dhruv M., Ishita M., Gupta A.K., Usman M.R.M., Nimbiwal B., and Maheshwar R.K. 2013. Medical benefits of *Apium graveolens* (celery herb). *Journal of Drug Discovery and Therapeutics*, 1 (5): 36-38.
- 26- Velickovic D. T., Milenovic D. M., Ristic M. S., and Veljkovic V. B. 2008. Ultrasonic extraction of waste solid residues from the *Salvia* sp. essential oil hydrodistillation. *Biochemical Engineering Journal*, 42: 97–104.
- 27- Wang L., and Weller C. L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food*

- Science and Technology, 17: 300–312.
- 28- Wu Y., Cui S.W., Tang J., and Gu X. 2007. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds by response surface methodology. Food Chemistry, 105: 1599–1605.
- 29- Yang H., Li X., Tang Y., Zhang N., Chen J., and Cai B. 2009. Supercritical fluid CO₂ extraction and simultaneous determination of eight annonaceous acetogenins in Annona genus plant seeds by HPLC-DAD method. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 49: 140–144.
- 30- Zou T. B., Wang M., Gan R. Y., and Ling W. H. 2011. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from mulberry, using response surface methodology. International Journal of Molecular Sciences, 12: 3006–3017.



Optimization of Celery Seed Essential Oil Extraction and its Antioxidant Activity Using Response Surface Methodology and Ultrasound-Assisted

F. Salimi^{1*} - M. Fattahi² - J. Hamzei³

Received: 12-08-2017

Accepted: 26-02-2018

Introduction: Medicinal plants contain antioxidant compounds are benefits to human health and celery as a medicinal plant, is rich in antioxidant. Celery (*Apiumgraveolens* L.) seed has a lot of essential oil (EO) and this EOs has long been used for fragrance industries, spice, pharmacological and cure diseases. EO for celery seeds is 1.5-3% (v/w). Although a number of methods are applied for the acquisition of essential oils, the most frequently used method is steam distillation. Among EO extraction methods, ultrasound-assisted extraction (UAE) is an inexpensive, simple, and efficient extraction technique. This is most likely due to the intensification of mass transport and to the facilitation of solvent penetration into plant tissues which are damaged by the ultrasounds. Response surface methodology (RSM) is a powerful mathematical model with a collection of statistical techniques where in, interactions between multiple process variables can be identified with fewer experimental trials. It is widely used to examine and optimize the operational variables for experiment designing, model developing and factors and condition optimization. Antioxidants deactivate free radicals before they can damage to the bimolecular cells structure. In the present study, to find effective antioxidant constituents of EO, antioxidant activity were determined using DPPH scavenging assay and FRAP methods.

Materials and Methods: In this research, the effect of seed to water ratio (X_1), ultrasonic time (X_2), and extraction time (X_3) on essential oil extraction (v/w) from wild celery seeds were evaluated by the following equations. Antioxidant activity of EO was measured via two methods of FRAP, and %DPPH_{30min}.

$$\%EO \text{ (v/w)} = 1.200000 + 0.075000 X_1 - 0.300000 X_2 + 0.875000 X_3 + 0.725000 X_1^2 - 0.825000 X_2^2 + 0.725000 X_3^2 + 0.300000 X_1 X_2 - 0.150000 X_1 X_3 + 0.300000 X_2 X_3$$

$$\%DPPH_{30min} = 60.4136 + 6.3782 X_1 - 22.7935 X_2 + 3.7569 X_3 - 8.0662 X_1^2 - 45.5443 X_2^2 - 13.5193 X_3^2 - 6.6459 X_1 X_2 - 5.8430 X_1 X_3 + 21.7333 X_2 X_3$$

$$FRAP (\mu MFe^{+2}/50\mu l \text{ EO}) = 1432.94 + 166.65 X_1 + 166.22 X_2 + 126.29 X_3 - 384.48 X_1^2 - 1215.25 X_2^2 - 322.43 X_3^2 - 87.85 X_1 X_2 + 575.35 X_1 X_3 - 219.80 X_2 X_3$$

For optimization of EO extraction conditions, the RSM method was used. A Box-Behnken design (BBD) with three center points was used to study the effects of three independent variables, water to seed ratio (X_1), ultrasonic time (X_2), and extraction time (X_3) on three dependent responses (EO, %DPPH_{30min}, and FRAP). The independent variables were transformed to three levels (-1, 0, 1), and the complete design consisted of 15 experimental runs with three replications of the center points. The following quadratic polynomial model was fitted to the predicted responses of EO, %DPPH_{30min}, and FRAP with changing water to seed ratio ($X_1 = 375, 500, \text{ and } 625 \text{ ml water to } 35\text{g seed}$); ultrasonic time ($X_2 = 10, 20, \text{ and } 30 \text{ min}$); and extraction time ($X_3 = 1, 2, \text{ and } 3 \text{ h}$) in extraction samples; Where EO, %DPPH_{30min}, and FRAP stands (Y_n) for the predicted responses for $X_1 - X_3$; b_0 is the constant coefficient; $b_1, b_2, \text{ and } b_3$ are the linear coefficients; $b_{11}, b_{22}, \text{ and } b_{33}$ are the quadratic coefficients; and $b_{12}, b_{13}, \text{ and } b_{23}$ are the cross-coefficients. The accuracy of the estimated coefficient was analyzed by ANOVA method and the model accuracy was obtained using the F test at 1 and 5 % by indicating coefficient R^2 .

$$Y_n = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i X_i + \sum_{i=1}^3 b_{ii} X_i^2 + \sum_{i \neq j=1}^3 b_{ij} X_i X_j$$

Results and Discussion: According to the results, the best ratio of treatments (optimized condition) was 35g seed to 625 ml water ratio, ultrasonic time of 20 min, and extraction time of 3h. At this optimization conditions, the ratio of 35g seed/625 ml water, non-using ultrasonic, and extraction time of 3h was used as a control

1, 2- Former Ph.D. Student of Medicinal Plants, and Assistant Professor of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran

(*- Corresponding Author Email: fatemesalimi18@yahoo.com)

3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

treatment. Under optimized condition, the highest essential oil percentage (v/w) and antioxidant activity with styles of FRAP, and %DPPH_{30min} was obtained 2.33% (v/w), 1513.6 μ MFe⁺²/50 μ l EO and 48.52%, respectively. However, at the control treatment, the highest essential oil percentage (v/w) and antioxidant activity with styles of FRAP, and %DPPH_{30min} was revealed at 1.45 % (v/w), 1064 μ MFe⁺²/50 μ l EO and 29.30%, respectively. In the study of optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from mulberry, using response surface methodology and also, optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate seed oil were shown similarity results.

Conclusions: The values of adjusted R-squared (0.9972, 0.9598, 0.9472) for the equation are reasonably close to 1, indicated a high degree of correlation between the observed and predicted values. Therefore, the experimental values were agreed with those predicted by RSM models, and it suggested that using RSM method for optimization of extraction condition is suitable. Furthermore, application of ultrasonic technology increased essential oil extraction and its antioxidant activity. In addition, results indicated that the UAE method is a powerful tool for the extraction essential oil from seeds.

Keywords: DPPH, FRAP, Medicinal plant, Ultrasonic frequency, Volatile oil

Contents

Evaluation of Cardinal Temperatures for Seed Germination of <i>Nepeta glomerulosa</i> Boiss., a Native Medicinal Plant of Iran	11
H. Moradi -M. Azizi- V. Rowshan- H. Aroiee	
Study the Effects of Explants and Hormonal Levels on Direct Regeneration in Melon (<i>Cucumis melo</i> L., cv. <i>Khatooni</i>)	22
Z. Chenarani - F. Shokouhifar - M. Mamarabadi	
Effect of Plant Growth Regulators and Ultrasound on the Bulblet Production and Root Induction in <i>Lilium ledebourii</i>	33
M. Mohebodini - A. Azimzadeh - E. Chamani - M. Erfani	
Effects of Humic Acid and Fulvic Acid on some Morphological Characteristics of Geranium	50
R. Abaszadeh Faruji - M. Shoor- A. Tehrani Far- B. Abedi- N. Safari	
Impact of Effective Microorganisms and Nitrogen Levels on Morphological Characteristics and Yield of Strawberry cv. Paros	60
A. A. Shokouhian - S. H. Einizadeh	
Influence of Preharvest Spray of Calcium Chloride and Salicylic Acid on Physicochemical and Quality Properties of Fresh Seedless Barberry Fruit	74
F. Moradinezhad - S. Hassanpour - M. H. Sayyari	
Effect of Organic and Inorganic Mulches on Soil Moisture, Soil Temperature, Stomatal Conductance and Leaf Temperature Changes of Pistachio (<i>Pistacia vera</i> L.) Trees in Arid and Semi-arid Climate	91
M. Nurzadeh Namaghi - G. H. Davarynejad- H. Ansari- S. H. Nemati- A. Zarea Feyzabady	
The Study of Organic, Chemical and Biological Fertilizers on Thermal Requirements, Developmental Stages and some of Physiological Indices of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) by Irrigation Levels	108
B. Parsa Motlagh - P. Rezvani Moghaddam - R. Ghorbani- Z. A. Azami Sardooei	
Effects of Ca, Mg and GA Spray on Bunch Stem Necrosis Disorder in Grape (<i>Vitis vinifera</i> cv. Bidaneh Sefid)	122
H. Doulati Baneh - M. Mohammadzadeh- F. Ghani Shayesteh	
Investigation of Mitigated Effects of KCl on Growth and Physiological Index in Mustard Plant (Parkland and Goldrush) Under Salinity Stress	136
M. Goldani - M. Kamali- M. Ghiasabadi	
Evaluation of the Effect of Different Composition of Casing Soil on the White Button Mushroom (<i>Agaricus bisporus</i> Lange) Yield and Quality Traits	148
R. Rahmanipour - R. Sadrabadi Haghighi - J. Janpoor	
Evaluation of Yield, Yield Components and Nitrate in Some Spinach Landraces in Isfahan Province	158
P. Jafari - A. H. Jalali	
The Effects of Anti-freeze Compounds on the Effective Biological Materials in Freezing Tolerance of Grape under the Orchard Conditions	170
Sh. Hajivand - M. Rahmati	
Optimization of Celery Seed Essential Oil Extraction and its Antioxidant Activity Using Response Surface Methodology and Ultrasound-Assisted	183
F. Salimi - M. Fattahi- J. Hamzei	

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 32 No. 1 2018

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:

TehraniFar,A.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Davarynejad, GH.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Talaie, A.	Pomologist	Prof. Tehran University.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Ebadi,A.	Horticultural Sciences	Prof .Tehran University.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Biology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mobli,M.	Horticultural Sciences	Prof. Isfahan University of Technology.

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad, press.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 8795620

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: <http://jm.um.ac.ir>