



عنوان مقالات

- بررسی تاثیر زمان حلقه برداری تنه درخت بر شدت عارضه ترکیدگی و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه‌ی دو رقم انار ۷۳۷
سیده فاطمه متولیان- بهرام عابدی- جیحی سلاح ورزی- علی تهرانی فر
- تأثیر سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) روی ریشه‌زایی قلمه ساقه گلایی ۷۴۹
بهزاد کاویانی- مریم جمالی- محمدرضا صفری مطلق- علی‌رضا اسلامی
- ویژگی‌های مورفولوژیک و ترکیبات فیتوشیمیایی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در پاسخ به کاربرد کود ۷۶۵
پلت مرغی و سولفات روی
- رقیه راغی- وحید اکبرپور- محمدعلی پهنیار
حفظ کیفیت و کاهش قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شبه‌لای شیراز' با استفاده
- از سدیم‌نیتروپروساید ۷۷۹
معظمه شهبانی- سمیه رستگار
- اثر پایه و پیوندک بر جذب عناصر غذایی دو رقم انار 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' ۷۹۳
حمیدرضا کریمی- نغمه بی‌نیاز- علی اکبر محمدی میریک- مجید اسمعیلی زاده- زینب حاتمیان
- اثر طیف‌های مختلف نور بر کارایی فتوسنتز گیاه گل سنگ (*Hypoestes phyllostachya*) ۸۰۵
داوود کاظمی- مریم دهستانی اردکانی
- بررسی اثر اندازه مریستم و منشأ پیوندک در ریزپیوندی گیلاس در شرایط درون شیشه‌ای ۸۱۹
محمد اسماعیل نداف- ابراهیم گنجی مقدم- غلامرضا ربیعی- عبدالرحمن محمدخانی
- اثر ساکارز بر جنین‌زایی رویشی مستقیم مارچوبه اکتاپلوتید ۸۳۱
زینب طوسی- سید جواد موسوی زاده- کامبیز مشایخی- مهدی علیزاده
- اثر اسید استیک بر pH محلول کود آهن (سکوسترین و ناتو) و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و ۸۴۵
کیفی توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'
- معصومه جعفری- علی اکبر شکوهمان- اسماعیل چمنی- علی اکبر قویدل
مطالعه سینتوزنتیکی برخی از گونه‌های آویشن بومی ایران ۸۵۹
مهدی مرادی- حسین نستری نصرآبادی- کمال قاسمی بزدی
- تعیین کارایی کود سیلیسیم و تربیت بوته بر عملکرد بادمجان (*Solanum melongena*) گلخانه‌ای رقم 'دنيس'
و ماندگاری پس از برداشت میوه ۸۷۱
حسین ذاکری- زهرا رودباری
- بهبود خصوصیات پس‌از برداشت میوه کیوی رقم 'هایوارد' با کاربرد قبل‌از برداشت جلبک قهوه‌ای ۸۸۷
(*Ascophyllum nodosum*)
- مشتید غفوری- فرهنگ رضوی- مسعود ارغوانی- ابراهیم عابدی قشلاقی
کاربرد مقادیر مختلف نیترات آمونیوم به صورت کوددهی پایه بر برخی صفات مورف- فیزیولوژیکی گیاه سجافی ۹۰۵
(*Chlorophytum comosum*)
- مژه اسکو- عزیزاله خندان میرکوهی- روح انگیز نادری
تأثیر محلول‌پاشی برگ‌ی اسیدسالیسیلیک، اسپرمیدین و سدیم نیتروپروساید بر برخی ویژگی‌های رشدی، ۹۱۹
گل‌دهی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عمر گلجای لیزیان‌توس رقم 'ماریاچی بلو'
محدثه پیری- زهره جبارزاده
- ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف و روش کاربرد یونیکوتازول و سایکوسل بر رشد رویشی و خصوصیات
بیوشیمیایی دورگ لیلیوم (*Longiflorum* × *Asiatic* cv. *Eyeliner*) ۹۳۹
مهناز کریمی - فاطمه سلیمی- علی پاکدین پاریزی

Contents

- Investigation of the Effect of Tree Trunk Girdling Time on Severity of Splitting and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pomegranate Fruit Cultivars 735
S.F. Motevalian, B. Abedy, Y. Selahvarzi, A. Tehranifar
- The Effect of Different Levels of Indole--butyric Acid (IBA) and Naphthaleneacetic acid (NAA) on the Rooting of Pear Stem Cutting 747
B. Kaviani, M. Jamali, M.R. Safari Motlagh, A.R. Eslam
- Morphological Attributes and Phytochemical Compounds of *Satureja hortensis* L. in Response to Poultry Pellet and Zinc Sulphate Applications 763
R. Raee, V. Akbarpour, M.A. Bahmanyar
- Maintaining the Postharvest Quality and Reducing the Browning of Narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' Cut Flowers Using Sodium Nitroprusside 777
M. Shahabi, S. Rastegar
- Effect of Rootstock and Scion on Nutrient Uptake of Two Pomegranate Cultivars Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom 791
H.R. Karimi, N. Biniyaz, A.A. Mohammadi Mirik, M. Esmailizade, Z. Hatamean
- Effect of Different Light Spectra on Photosynthesis Yield of *Hypoestes phyllostachya* 803
D. Kazemi, M. Dehestani-Ardakani
- Effect of Meristem Size and Scion Origin on Micrografting of some Sweet Cherry Cultivars *in vitro* 817
M.E. Naddaf, E. Ganji Moghadam, Gh. Rabei, A. Mohammadkhani
- Effect of Sucrose on Direct Somatic Embryogenesis of Octoploid Asparagus 829
Z. Toosi, S.J. Mousavizadeh, K. Mashayekhi, M. Alizadeh
- Effect of Acetic Acid on the pH of Iron Fertilizer Solution (Sequestrin and Nano) and Its Effect on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Diamant 843
M. Jafari, A.A. Shokouhian, E. Chamani, A. Gavidel
- Cytogenetic Study of the Genus *Thymus* (Lamiaceae) in Iran 857
M. Moradi, H. Nastari-Nasrabadi, K. Ghasemi-Bezdi
- Determining the Efficiency of Silicon Fertilizer and Branch Pruning on Greenhouse Eggplant Yield and Post-harvest Shelf Life 869
H. Zakeri, Z. Roudbari
- Improvement of Postharvest Traits of Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa* L. cv. Hayward) by Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) Application 885
M. Ghafouri, F. Razavi, M. Arghavani, E. Abedi Gheshlaghi
- The Application of Different Levels of Ammonium Nitrate in the Form of Fertilization on some Morpho-Physiological Traits of Spider plant (*Chlorophytum comosum*) 903
M. Osku, A. Khandan-Mirkohi, R. Naderi
- The Effect of Foliar Application of Salicylic Acid, Spermidine and Sodium Nitroprusside on some Growth and Flowering Characteristics, Photosynthetic Pigments and Vase Life of *Lisianthus* 'Mariachi Blue' 917
M. Piri- Z. Jabbarzadeh
- The Effect of Different Concentrations of Uniconazole and Cycocel and their Application Method on Vegetative Growth and Biochemical Properties of *Lilium* Hybrids (*Longiflorum* × *Asiatic* cv. *Eyeliner*) 937
M. Karimi, F. Salimi, A. Pakdin-Parizi

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

جلد 36 شماره 4 زمستان 1401

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

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: رضا ولی زاده
سرمدیر: علی تهرانی فر
اعضای هیئت تحریریه:

استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
دانشیار - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - فیزیولوژی بذر (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
دانشیار - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
دانشیار - علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)
پژوهشگر - موسسه کشاورزی و غذا اوتاوا کانادا
استاد - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه شیراز)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
دانشیار - علوم باغبانی (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
استاد - گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
استاد - گروه علوم باغبانی دانشگاه آیداهو آمریکا
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - گلکاری و مهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
استاد - فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

آرویی، حسین
توکل افشاری، رضا
تهرانی فر، علی
شور، محمود
حقیقی، مریم
خانی زاده، شاهرخ
داوری نژاد، غلامحسین
راحمی، مجید
زمانی، ذبیح اله
شریفانی، محمد مهدی
عزیزی، مجید
عبادی، علی
فلاحی، اسماعیل
فارسی، محمد
کافی، محسن
لاهوئی، مهرداد

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

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

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 737 بررسی تاثیر زمان حلقه برداری تنه درخت بر شدت عارضه ترکیدگی و ویژگی های کمی و کیفی میوهی دو رقم انار
سیده فاطمه متولیان - بهرام عابدی - یحیی سلاح ورزی - علی تهرانی فر
- 749 تأثیر سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) روی ریشه زایی قلمه ساقه گلابی
بهزاد کاویانی - مریم جمالی - محمدرضا صفری مطلق - علی رضا اسلامی
- 765 ویژگی های مورفولوژیک و ترکیبات فیتوشیمیایی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در پاسخ به کاربرد کود پلت مرغی و سولفات روی
رقیه راعی - وحید اکبرپور - محمدعلی بهمنیار
- 779 حفظ کیفیت و کاهش قهوه ای شدن گلبرگ های گل شاخه بریده نرگس رقم 'شهلای شیراز' با استفاده از سدیم نیتروپروساید
معظمه شهابی - سمیه رستگار
- 79 اثر پایه و پیوندک بر جذب عناصر غذایی دو رقم انار 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم'
حمیدرضا کریمی - نعیمه بی نیاز - علی اکبر محمدی میریک - مجید اسمعیلی زاده - زینب حاتمیان
- 805 اثر طیف های مختلف نور بر کارایی فتوسنتز گیاه گل سنگ (*Hypoestes phyllostachya*)
داوود کاظمی - مریم دهستانی اردکانی
- 819 بررسی اثر اندازه مریستم و منشأ پیوندک در ریز پیوندی گیلان در شرایط درون شیشه ای
محمد اسماعیل نداف - ابراهیم گنجی مقدم - غلامرضا ربیعی - عبدالرحمن محمدخانی
- 831 اثر ساکارز بر جنین زایی رویشی مستقیم مارچوبه اکتاپلوئید
زینب طوسی - سید جواد موسوی زاده - کامبیز مشایخی - مهدی علیزاده
- 845 اثر اسید استیک بر pH محلول کود آهن (سکوسترین و نانو) و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و کیفی توت فرنگی رقم 'دیامنت'
معصومه جعفری - علی اکبر شکوهیان - اسماعیل چمنی - علی اکبر قویدل
- 859 مطالعه سیتوژنتیکی برخی از گونه های آویشن بومی ایران
مهدی مرادی - حسین نستری نصرآبادی - کمال قاسمی بزدی
- 871 تعیین کارایی کود سیلیسیم و تربیت بوته بر عملکرد بادمجان (*Solanum melongena*) گلخانه ای رقم 'دنیس' و ماندگاری پس از برداشت میوه
حسین ذاکری - زهرا رودباری
- 887 بهبود خصوصیات پس از برداشت میوه کیوی رقم 'هایوارد' با کاربرد قبل از برداشت جلبک قهوه ای (*Ascophyllum nodosum*)
مehشید غفوری - فرهنگ رضوی - مسعود ارغوانی - ابراهیم عابدی قشلاقی
- 905 کاربرد مقادیر مختلف نیترات آمونیوم به صورت کوددهی پایه بر برخی صفات مورفو- فیزیولوژیکی گیاه سجافی (*Chlorophytum comosum*)
مژده اسکو - عزیزاله خندان میرکوهی - روح انگیز نادری
- 919 تأثیر محلول پاشی برگ اسیدسالیسیک، اسپرمیدین و سدیم نیتروپروساید بر برخی ویژگی های رشدی، گل دهی، رنگیزه های فتوسنتزی و عمر گلجای لیزانتوس رقم 'ماریاچی بلو'
محدثه پیری - زهره جبارزاده
- 939 ارزیابی اثر غلظت های مختلف و روش کاربرد یونیکونازول و سایکوسل بر رشد رویشی و خصوصیات بیوشیمیایی دورگ لیلیوم
(*Longiflorum* × *Asiatic* cv. *Eyeliner*)
مهناز کریمی - فاطمه سلیمی - علی پاکدین پاریزی



Investigation of the Effect of Tree Trunk Girdling Time on Severity of Splitting and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pomegranate Fruit Cultivars

S.F. Motevalian¹, B. Abedy^{2*}, Y. Selahvarzi³, A. Tehranifar⁴

Received: 29-03-2020

Revised: 12-09-2020

Accepted: 15-06-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Motevalian, S.F., Abedy, B., Selahvarzi, Y., & Tehranifar, A. (2023). Investigation of the Effect of Tree Trunk Girdling Time on Severity of Splitting and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pomegranate Fruit Cultivars. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 735-745. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.61829.0](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.61829.0)

Introduction

Major problems of pomegranate production, which is common in almost all of the world's pomegranate growing areas, especially in warm and dry regions, is the splitting of fruit, which is the most damaging to gardeners after pomegranate fruit moth. On the other hand, different studies indicate that girdling affects the quantitative and qualitative characteristics of different fruit trees. In the gird, the trunk skin must be completely removed so that the upper to lower skin relationship is completely cut off. The raw material that is absorbed by the root and rising through the xylem is transformed into a sap in the leaf, and in the return path through the phloem, it hits the barrier and accumulated above the wound site. Due to this process, sugar and plant hormones and starch reach the upper part of the wound girdling in trees for various purposes, such as raising the percentage of fruition of the plant, increasing size and increasing the quality and accelerating the fruition is done.

Material and Methods

An experiment was conducted to investigate the effect of girdling time on quantitative and qualitative properties of two red peel sweet and tart varieties in the Mahdi Shahr city, Semnan province. The girdling was taken at three full bloom days, two months after full bloom and four months after full bloom. To do a girdling, a double-edged knife was plunged into the trunk, and the ring-like cutting was done around the trunk. So that the layer of bark was cut from the trunk with a diameter of less than 2 to 3 mm continuously and separated from the trunk completely, so that the relationship between the top and the bottom was cut off. To evaluate qualitative and quantitative traits, 3 fruits were selected from the northern, southern and middle parts of each tree and transferred to the laboratory for measuring morphological and physiological traits. Physiochemical traits including pH, titratable acidity content, total soluble solids and morphological traits including weight, volume, average weight of 100 aryls and percentage of fruit juice, Ariel seed weight percentage, and split percentage were investigated.

Results and Discussion

The results indicated that girdling at full bloom and two months after full bloom significantly reduced the percentage of fruit blooming in both cultivars compared to the control (non-girdling) treatment. Also, among the studied cultivars, percentage of splitting in red peel was higher than that of sour-sweet. In addition, girdling at full bloom and four months after bloom was able to increase weight, volume, and average weight of 100 aryls. Among two studied cultivars, sour-sweet showed higher soluble solids content and titratable acid percentage than red peel. It can be stated that photosynthetic materials in the crown of the tree are blocked by conducting a loop on the branch of the plant and prevent the transfer of these materials to the root. This allows the carbohydrates from photosynthesis to be transferred to fruits that are growing. As a result, the fruit grows more and subsequently increases its weight, volume, and number of aryls. In addition, the growth of root is reduced as

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Assistant Professors and Professor in Horticulture, Horticulture Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

a result of girdling and water, mineral salts, as well as growth regulators to the canopy and terminal meristem of the plant are slowed down, thereby significantly decreasing vegetative growth to be seen in the tree. Subsequently, with decreasing vegetative growth in the tree, the carbohydrate which is produced in the leaves is allocated to the growing fruits. This also increases the weight and volume of fruit in the tree. Since the girdling treatments are associated with meiosis (in full blooming stage) and in the stage of the growing of fruits cells (4 months after full bloom), it can be justified to enhancement of the weight and reduction of splitting percentage in the fruits of trees which is girdled. The main reason for this difference is the tension entered into the girdled trees at the interval between the application of the treatment and the wound healing.

Conclusion

According to the results of this study, it was found that the process of girdling results in weight and volume enhancement of the fruit. In addition, the quantitative and qualitative traits investigated in the experiment were different in the two cultivars of red peel sweet and sour-sweet. In addition, girdling was effective on the pomegranate splitting, which is one of the important issues in the plantation of this fruit. However, the timing of the girdling at the full bloom and the four months after full blooming had the greatest effect on reduction of the severity of this complication.

Keywords: Pomegranate, Splitting, Trunk girdling



مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۷۴۵-۷۳۵

بررسی تاثیر زمان حلقه برداری تنه درخت بر شدت عارضه ترکیدگی و ویژگی های کمی و کیفی میوهی دو رقم انار

سیده فاطمه متولیان^۱ - بهرام عابدی^{۲*} - یحیی سلاح ورزی^۳ - علی تهرانی فر^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵

چکیده

از مشکلات عمده تولید انار که تقریباً در تمام مناطق انارکاری دنیا بخصوص در مناطق گرم و خشک شایع است، عارضه ترکیدگی میوه آن می باشد که بعد از کرم گلوگاه انار بیشترین خسارت را به باغداران وارد می نماید. از سوی دیگر تحقیقات مختلف گویای این واقعیت می باشد که حلقه برداری بر ویژگی های کمی و کیفی میوه درختان مختلف تاثیر دارد؛ بنابراین آزمایشی به منظور بررسی تاثیر زمان حلقه برداری بر ویژگی های کمی، کیفی و همچنین شدت عارضه ترکیدگی دو رقم 'شیرین پوست قرمز' و 'ملس' در شهرستان مهدی شهر استان سمنان انجام پذیرفت. حلقه برداری در سه زمان تمام گل، دو ماه پس از تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل انجام گرفت. نتایج نشان داد حلقه برداری در زمان تمام گل و دو ماه پس از تمام گل توانست درصد ترکیدگی میوه را در هر دو رقم به طور چشمگیری نسبت به تیمار شاهد (عدم حلقه برداری) کاهش دهد. همچنین در بین دو رقم مورد مطالعه درصد ترکیدگی در رقم 'شیرین پوست قرمز' بیشتر از رقم 'ملس' بود. علاوه بر این، حلقه برداری در زمان تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل توانست میزان وزن، حجم میوه و میانگین وزن ۱۰۰ آریل را افزایش دهد. از بین دو رقم مورد مطالعه در پژوهش نیز رقم 'ملس' نسبت به رقم 'شیرین پوست قرمز' میزان مواد جامد محلول و درصد اسید قابل تیتراسیون بالاتری نشان داد.

واژه های کلیدی: رقم شیرین پوست قرمز، رقم ملس، مواد جامد محلول، وزن میوه

مقدمه

را به باغداران وارد می نماید (Shikhhbayat, 1994). هزاران سال است که کشاورزان برای افزایش تولید محصولات خود از حلقه برداری و روش های مشابه آن استفاده می کنند. در حلقه برداری، پوست تنه باید به طور کامل برداشته شود به طوری که رابطه پوست بالا با پایین به طور کامل قطع می شود. شیره خامی که توسط ریشه جذب می شود و از طریق آوند چوبی بالا می رود، در برگ به شیره پرورده تبدیل شده و در مسیر برگشت که از طریق آوند آبکش صورت می گیرد به مانع برخورد کرده و در بالای محل زخم انباشته می شود. در اثر این فرایند کربوهیدرات ها و هورمون های گیاهی و نشاسته بیشتری به بخش های بالایی زخم می رسد (Sheykhhbayat, 2006 و Varasteh et al., 2008). حلقه برداری در درختان به منظورهای مختلف از جمله بالا بردن درصد به میوه نشستن، بزرگ تر شدن اندازه و افزایش کیفیت و تسریع در رسیدن میوه انجام می شود. آزمایشات مختلفی گویای این واقعیتند که حلقه برداری بر ویژگی های کمی و کیفی میوه درختان

انار با نام علمی (*Punica granatum* L.) از خانواده انارسانان (Punicaceae) می باشد. این گیاه به صورت درخت و درختچه رشد می کند (Verreynne et al., 2001). به علت بومی بودن انار در منطقه خاورمیانه، بیشترین استقبال، مصرف و در نتیجه سطح زیر کشت آن مربوط به این نواحی می باشد (Patil and Karale, 1990). یکی از مشکلات عمده تولید انار که تقریباً در تمام مناطق انارکاری دنیا بخصوص در مناطق گرم و خشک شایع است، عارضه ترکیدگی میوه آن می باشد که بعد از کرم گلوگاه انار بیشترین خسارت

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران و استاد گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: Abedy@um.ac.ir)
(*)- نویسنده مسئول
DOI: 10.22067/jhs.2021.61829.0

مختلف تاثیر دارد (Bhujbal and Afshari et al., 2014), عواملی از جمله: نوع رقم، دور آبیاری نامنظم و همچنین عدم یکنواختی میزان رطوبت نسبی، بارندگی بی‌موقع، نوع رقم، بادهای شدید، گرم و سوزان و تغییر ناگهانی درجه حرارت عارضه ترکیدگی در میوه را تشدید می‌کند (Shakeri and Akhavi, 2003). شیوه‌های مدیریت برای کاهش ترکیدگی میوه را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد: ۱) کاهش رطوبت میوه در مراحل نهایی رسیدن، ۲) کاهش پتانسیل اسمزی میوه در هنگام بارش و ۳) حفاظت از میوه با پوشش‌های آبریز (Balbontin et al., 2013). عارضه ترکیدگی میوه حتی در سایر محصولات مانند گیلاس، آلو، سیب، گلابی، موز و خرما نیز دیده می‌شود (Formolo et al., 2010). آلان و همکاران (Allan et al., 1993) اثر حلقه‌برداری را روی کیفیت و کمیت میوه هلو بررسی کردند و دریافتند که حلقه‌برداری درختان هلو پیش از سخت شدن هسته میوه، باعث افزایش اندازه میوه و حلقه‌برداری بعد از سخت شدن هسته باعث زودرسی محصول می‌شود و در هر دو مورد میزان قند میوه افزایش می‌یابد. در گیاه انجیر حلقه‌برداری و تنک میوه علاوه بر افزایش کیفیت میوه، نسبت مواد جامد محلول به اسید را بهبود بخشید (Ferguson et al., 2003). علاوه بر این حلقه‌برداری تسریع در رسیدن میوه در گیاه انگور را سبب شد (Harvell and Williams, 2002). آراکاو و همکاران (Arakawa et al., 1997) با بررسی اثر حلقه‌برداری بر رشد درخت و کیفیت میوه سیب اعلام کردند که حلقه‌برداری باعث افزایش اندازه و کیفیت میوه سیب از طریق افزایش مواد جامد محلول در میوه گردیده و همچنین گل دهی در سال آینده را افزایش می‌دهد. فرگوسن و همکاران (Ferguson et al., 2003) نیز نشان دادند حلقه‌برداری درختان انجیر در اوایل خرداد ماه تا اواسط تیرماه باعث افزایش معنی‌دار در مقدار وزن خشک و زودرسی میوه انجیر می‌شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در باغ اناری به مساحت هشت هزار مترمربع در شهرستان مهدی‌شهر استان سمنان با درختان ۱۵ ساله و با فاصله ۲×۳ متر انجام گرفت. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات (زمان حلقه‌برداری به عنوان عامل اصلی و رقم به عنوان عامل فرعی) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از دو رقم انار 'شیرین پوست قرمز' و 'ملس' در سه تکرار انجام گرفت. تیمار اعمال شده مورد مطالعه در این آزمایش شامل حلقه‌برداری از تنه درخت انار و شاهد (عدم انجام آن) می‌باشد. حلقه‌برداری در سه زمان مختلف شامل: تمام گل، دو ماه پس از تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل صورت پذیرفت. برای انجام حلقه‌برداری چاقوی دولبه در پوست تنه فرو برده شد و برشی حلقه‌وار به دور تنه ایجاد گردید، به طوری که لایه پوست به قطر کمتر از ۳

میلی متر به طور کامل از تنه جدا شد و رابطه آوندی پوست بالا و پایین قطع گردید. برای ارزیابی صفات کمی و کیفی در تاریخ ۲۵ مهرماه از هر درخت یک میوه برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی، سه میوه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. همچنین درصد ترکیدگی میوه در زمان برداشت از شمارش میوه‌های دارای ترکیدگی و سالم و اندازه‌گیری نسبت میوه‌های دارای ترکیدگی به کل میوه‌های هر درخت محاسبه گردید. وزن میوه و وزن صددانه به وسیله ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری حجم میوه، استوانه مدرج را تا حجم معینی از آب پر کرده سپس میوه را در داخل آب موجود در استوانه قرار داده و با استفاده از میله نازک شیشه‌ای انار را به آرامی به صورت کامل در استوانه مدرج فرو برده و در این حالت سطح آب موجود در استوانه مدرج را در وضعیت جدید یادداشت کرده و آن را از عدد سطح آب در وضعیت قبلی کم کرده، عدد حاصله برابر حجم انار بر حسب سانتی‌متر مکعب محاسبه می‌شود.

صفات فیزیکوشیمیایی به شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از یک دستگاه رفرکتومتر استفاده شد. بدین صورت که پس از صفر کردن دستگاه، چند قطره آب انار صاف شده را در محل موردنظر دستگاه قرار داده و پس از تنظیم دستگاه، عدد موردنظر خوانده و یادداشت شد. pH: با قرار دادن سنسور pH متر در داخل آب انار رقیق شده (۱:۹) محاسبه گردید.

میزان اسید قابل تیتراسیون: به روش تیتراسیون آب انار رقیق شده (۱:۹) با سود سوزآور ۰.۱ نرمال و با استفاده از فرمول $N_1V_1=N_2V_2$ میزان اسیدیته برحسب گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ سی‌سی عصاره انار طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$T.A (\%) = [(V \cdot N \cdot \text{Meqwt}) / y] \cdot 100$$

T.A: اسیدیته قابل تیتراسیون، V: میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر، N: نرمالیه سود مصرفی (۰.۱ نرمال)، Meqwt: میلی‌اکی‌والان اسید غالب (در این آزمایش اسیدسیتریک برابر ۰.۰۶۴)، y: میلی‌لیتر حجم عصاره مصرفی. در پایان تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری JMP-8 انجام شد.

نتایج

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مورد مطالعه در آزمایش نشان داد که اثرات ساده زمان حلقه‌برداری بر وزن میوه، حجم میوه و درصد وزن آبمیوه در سطح ۵٪ و بر میانگین وزن ۱۰۰ آرل و درصد ترکیدگی میوه‌ها در سطح ۱٪، معنی‌دار بود. همچنین

صفات وزن میوه، حجم میوه، میانگین وزن ۱۰۰ آریل، مواد جامد محلول میوه و اسید قابل تیتراسیون در میوه در سطح احتمال ۱٪ و صفت درصد ترکیدگی میوه در سطح احتمال ۵٪ تحت تاثیر اثر ساده رقم، معنی‌دار شدند. علاوه بر این، برهم‌کنش زمان حلقه‌برداری و رقم تنها در صفت درصد ترکیدگی میوه‌ها در سطح ۵٪ معنادار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان حلقه‌برداری و رقم بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی میوه انار

Table 1- The ANOVA results for the effect of girdling time and cultivar on the morphological and physiological traits of pomegranate fruits

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن میوه Fruit weight	حجم میوه Fruit volume	وزن ۱۰۰ آریل 100 aril weight	درصد آبمیوه Fruit juice
زمان حلقه‌برداری Girdling time (GT)	3	9211.4*	10108.4*	95.97**	20.20*
خطای a Error a	8	1552.5	1384	13.08	6.74
رقم Cultivar ©	1	135901.5**	131424**	263.27**	8.89 ^{ns}
GT×C	3	1608 ^{ns}	2570.7 ^{ns}	5.77 ^{ns}	13.47 ^{ns}
خطای b Error b	8	1882.8	2570	9.180	4.18
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته میوه pH	اسید قابل تیتراسیون TA	درصد ترکیدگی Fruit cracking
زمان حلقه‌برداری Girdling time (GT)	3	0.902 ^{ns}	0.081 ^{ns}	0.09 ^{ns}	23.65**
خطای a Error a	8	0.37	0.02	0.09	5.37
رقم Cultivar (C)	1	16.66**	80.77**	10.06**	8.95*
GT×C	3	0.75 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.06 ^{ns}	9.16*
خطای b Error b	8	0.41	0.029	0.09	1.56

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

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

جدول ۲- اثر ساده رقم انار بر صفات کمی و کیفی مورد بررسی در آزمایش

Table 2- Simple effect of pomegranate cultivar on the quantitative and qualitative traits studied in the experiment

رقم Cultivar	وزن میوه Fruit weight (g)	حجم میوه Fruit volume (cm ³)	وزن ۱۰۰ آریل 100 aril weight (g)	اسیدیته میوه pH	اسید قابل تیتراسیون TA (%)	مواد جامد محلول TSS (°Brix)
'شیرین پوست قرمز'	323.58 a	314.00 a	45.25 a	4.08 a	0.53 b	16.37 b
'ملس'	173.08 b	166.00 b	38.62 b	3.46 b	1.82 a	18.04 a

در هر ستون حروف مشترک از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant different between the same latter in each column

وزن و حجم میوه

با توجه به تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با حجم میوه مشخص گردید که زمان‌های مختلف زمان حلقه‌برداری بر این صفت تاثیرگذار بود. بدین صورت که بیشترین حجم میوه در تیمار چهارماه پس از تمام گل و پس از آن و بدون اختلاف معنی‌دار در تیمار حلقه‌برداری در زمان تمام گل مشاهده و ثبت شد (جدول ۳). همچنین حجم میوه نیز در ارقام مختلف مورد بررسی در این پژوهش متفاوت بود. حجم میوه در رقم 'شیرین پوست قرمز' تقریباً دو برابر رقم 'ملس' بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر زمان حلقه‌برداری بر وزن میوه نشان داد که بیشترین وزن میوه در تیمارهای حلقه‌برداری در زمان تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل مشاهده شد. کمترین وزن میوه نیز در تیمارهای شاهد و حلقه‌برداری دو ماه پس از تمام گل حاصل شد (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین اثر رقم بر وزن میوه انار نیز نشان داد که میانگین وزن میوه رقم 'پوست قرمز' به مقدار ۳۲۳/۵۸ گرم نسبت به رقم 'ملس' با وزن ۱۷۳/۰۸ گرم بیشتر می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۳- اثر ساده زمان حلقه‌برداری بر صفات کمی و کیفی میوه ارقام انار مورد بررسی در آزمایش

Table 3- Simple effect of girdling time on fruit quantitative and qualitative traits of pomegranate cultivars investigated in the experiment

زمان حلقه برداری Girdling time	وزن میوه Fruit weight (g)	حجم میوه Fruite volume (cm ³)	وزن ۱۰۰ آریل 100 aril weight (g)	درصد آبمیوه Fruit juice (%)
شاهد Control	210.33 b	206.66 b	37.70 b	61.07 b
تمام گل Full bloom	279.50 a	268.00 ab	45.02 a	66.07 a
دو ماه پس از تمام گل 2 months after full bloom	218.83 b	204.00 b	39.36 b	59.93 b
چهار ماه پس از تمام گل 4 months after full bloom	284.66 a	281.33 a	45.66 a	62.43 ab

در هر ستون حروف مشترک از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

There is no significant different between the same letter in each column

میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) و درصد آبمیوه

میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) تحت تاثیر زمان‌های متفاوت حلقه‌برداری قرار گرفت. حلقه‌برداری در دو زمان تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل، میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) در میوه را نسبت به دو تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) و حلقه‌برداری در زمان دو ماه پس از تمام گل به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳). همچنین میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) در دو رقم 'ملس' و 'شیرین پوست‌قرمز' متفاوت بود و بیشترین میانگین وزن ۱۰۰ دانه (آریل) در رقم 'شیرین پوست‌قرمز' مشاهده و ثبت شد (جدول ۲). زمان‌های متفاوت حلقه‌برداری در آزمایش بر درصد آبمیوه موثر بود. با توجه به نتایج مشخص گردید که درصد آبمیوه در دو تیمار حلقه‌برداری در دو زمان تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل به ترتیب ۶۶/۰۷ و ۶۲/۴۳ درصد ثبت شد. این در حالی است که حلقه‌برداری در زمان دو ماه پس از تمام گل و در تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) منجر به کاهش درصد آبمیوه در میوه انار شد (جدول ۳).

مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و pH میوه

در این مطالعه رقم 'ملس' در مقایسه با رقم 'شیرین پوست‌قرمز' مواد جامد محلول بیشتری را به خود اختصاص داد (جدول ۲). این در حالی است که مقدار اسید قابل تیتراسیون در رقم 'شیرین پوست قرمز' نسبت به رقم 'ملس' کم‌تر اما pH میوه بیشتر بود (جدول ۲).

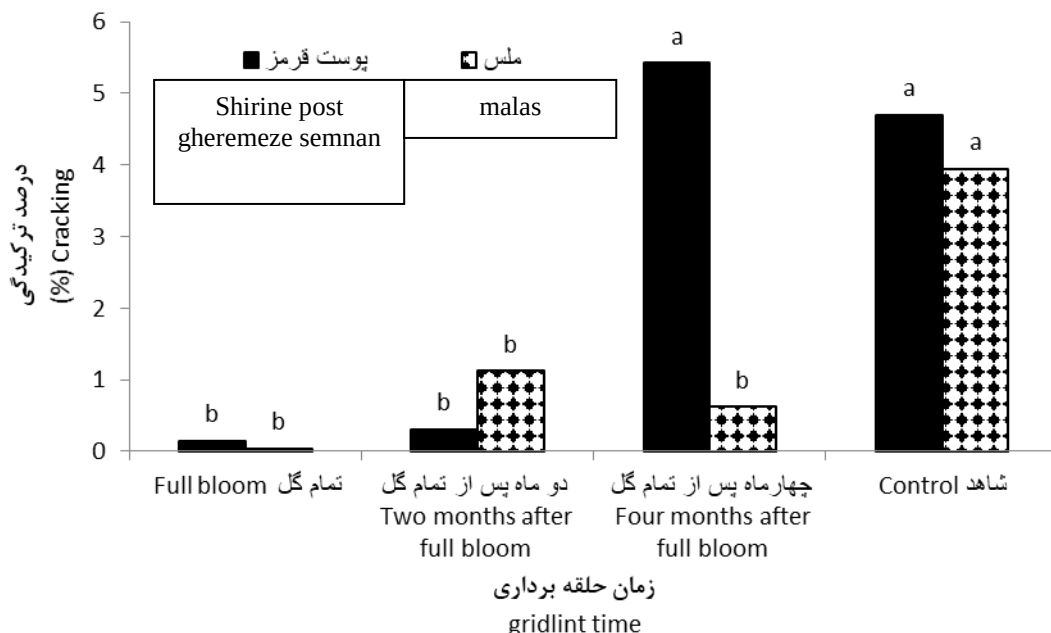
درصد ترکیب میوه انار

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص گردید که اثر متقابل زمان حلقه‌برداری و رقم بر درصد ترکیب میوه انار موثر بود. حلقه‌برداری در دو زمان تمام گل و دو ماه پس از تمام گل در هر دو رقم

مورد مطالعه به طور معنی‌داری ترکیب میوه را در زمان برداشت کاهش داد. در هر دو رقم 'ملس' و 'شیرین پوست‌قرمز' عدم حلقه‌برداری (تیمار شاهد) درصد ترکیب میوه به شدت افزایش یافت. این نکته نیز قابل ذکر است که درصد ترکیب میوه 'پوست‌قرمز' در تیمار حلقه‌برداری چهار ماه پس از تمام گل از لحاظ آماری با تیمار شاهد (عدم حلقه‌برداری) تفاوت معنی‌داری نداشت و درصد بالایی نشان داد. اما همانطور که قبلاً ذکر شد، حلقه‌برداری در دو زمان تمام گل و دو ماه پس از تمام گل در هر دو رقم مورد مطالعه به شدت ترکیب میوه را در زمان برداشت کاهش داد (شکل ۱).

بحث

در این پژوهش انجام حلقه‌برداری در دو مرحله تمام گل و چهار ماه پس از تمام گل منجر به افزایش وزن و حجم میوه انار گردید. می‌توان بیان کرد که، در اثر انجام حلقه‌برداری بر شاخه گیاه مواد فتوسنتزی موجود در تاج درخت بلوکه شده و از انتقال این مواد به ریشه گیاه ممانعت می‌شود؛ این امر موجب می‌شود که کربوهیدرات‌های حاصل از فتوسنتز به سمت میوه‌هایی که در حال رشد و نمو هستند، منتقل شوند (Zarei و 2000 Wright, Christodoulou et al., 1968 and Azizi, 2010)؛ در نتیجه رشد میوه بیشتر و متعاقباً وزن، حجم و تعداد آریل (دانه) در آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این، در اثر حلقه‌برداری رشد ریشه گیاه کاهش می‌یابد و انتقال آب، املاح معدنی و همچنین تنظیم‌کننده‌های رشد به سمت تاج درخت و مریستم انتهایی ساقه به کندی صورت می‌گیرد، بدین ترتیب کاهش محسوسی در رشد رویشی درخت دیده می‌شود.



شکل ۱- اثر متقابل زمان حلقه برداری در رقم بر درصد ترکیدگی میوه انار

Figure 1- Interaction effect of girdling time×cultivar on percentage of pomegranate fruit cracking

(*al., 1993*) در بررسی اثر حلقه برداری بر میوه هلو در استرالیا نشان دادند که حلقه برداری در زمان سخت شدن هسته میوه باعث افزایش اندازه میوه می شود. گزلکسی و همکاران (*Gozlekci and Kayank, 2000*) گزارش نمودند که بین وزن و حجم میوه انار ارتباط نزدیکی وجود دارد و با افزایش وزن، حجم میوه نیز افزایش می یابد. میرسلیمانی و حسینی (*Mirsoleymani and Hoseini, 2007*) در پژوهش خود مبنی بر تاثیر حلقه برداری درختان لیموترش بر ویژگی های کمی و کیفی میوه نشان دادند حلقه برداری بلافاصله بعد از اتمام ریزش فیزیولوژیک میوه به طور معنی داری باعث افزایش حجم و قطر میوه، وزن گوشت و وزن پوست میوه و درصد آب آن می شود. همتی (*Hemati, 2015*) بیان داشت که با افزایش وزن و قطر میوه مرکبات از درصد ماده خشک کاسته می شود. همچنین داویس و آلبریگو (*Davise and Albrigo, 1994*) اظهار کردند که با افزایش وزن و حجم میوه مرکبات بر میزان رطوبت آن افزوده می شود. در پژوهش صورت گرفته در عمان بر چهار رقم انار 'Helow'، 'Qusum'، 'Malasi' و 'Hamedh' مشخص گردید که حجم میوه در ارقام مختلف مورد مطالعه در طول دوره رشد با یکدیگر اختلاف معنی داری دارد (*Al-Yahyai et al., 2009*). زارعی و عزیزی (*Zarei and Azizi, 2010*) در ارزیابی خصوصیات ۶ رقم انار نشان دادند بین ارقام مختلف از نظر وزن ۱۰۰ دانه اختلاف معنادار

متعاقبا با کاهش رشد رویشی در درخت، کربوهیدرات تولیدی در برگ به میوه های در حال رشد اختصاص می یابد. این موضوع نیز افزایش وزن و حجم میوه در درخت را سبب می گردد (*Aguste و 2002, Wright 2000 et al., 1994 Amati et al., 2007*). نتایج سایر محققین نیز نتایج حاصل از این پژوهش را تایید می کند. میرسلیمانی و حسینی (*Mirsoleymani and Hoseini, 2007*) در بررسی اثر حلقه برداری درختان لیموترش در داراب نشان دادند که حلقه برداری بلافاصله بعد از اتمام ریزش فیزیولوژیک میوه به طور معنی داری باعث افزایش وزن میوه می گردد. شولمن و همکاران (*Simon, 2006*) تفاوت وزن میوه های مختلف انار در فلسطین اشغالی را به تفاوت آب و هوایی و رقم نسبت دادند. داویس و آلبریگو (*Davise and Albrigo, 1994*) بیان کردند که وزن زیاد برخی ارقام میوه گریپ فروت به دلیل پتانسیل ژنتیکی این ارقام در رشد سریع میوه و افزایش مواد تشکیل دهنده میوه می باشد. آلان و همکاران (*Allan et al., 1993*) در بررسی اثر حلقه برداری بر میوه هلو در استرالیا نشان دادند که حلقه برداری در زمان سخت شدن هسته میوه باعث افزایش اندازه میوه می شود. داویس و آلبریگو (*Davise and Albrigo, 1994*) بیان کردند که وزن زیاد برخی ارقام میوه گریپ فروت به دلیل پتانسیل ژنتیکی این ارقام در رشد سریع میوه و افزایش مواد تشکیل دهنده میوه می باشد. آلان و همکاران (*Allan et al., 1993*)

وجود دارد. افزایش وزن ۱۰۰ دانه همزمان با رشد و نمو میوه در طول فصل رشدی و افزایش اندازه دانه صورت می‌گیرد و در پایان فصل به مقدار ثابتی می‌رسد (Varasteh et al., 2008). تاثیر مثبت حلقه-برداری در مرحله تمام‌گل بر افزایش تشکیل میوه و بهبود کیفیت میوه درختان توسط سایر محققین نیز تایید شده است (Aguste, 2002; Goren et al., 2004 و Mata et al., 1998). ممانعت از انتقال شیره پرورده به دلیل انجام عمل حلقه‌برداری شیرین‌تر شدن میوه در گیاه را سبب می‌شود (Jindal et al., 1982). بهبود کیفیت میوه در اثر انجام عمل حلقه‌برداری در درخت در نتایج سایر محققین نیز دیده شده است (Roberto et al., 2004). درجه pH آب میوه نشان‌دهنده میزان غلظت یون H^+ در آب انار بوده و طعم اسیدی آب میوه را تعیین می‌کند. کام و همکاران (Cam et al., 2009) میزان درجه pH در ۱۰ رقم انار ترکیه را بین ۲/۸۲ و ۳/۸۱ گزارش نمودند. ال‌میمان و احمد (Al-Maiman and Ahmad, 2002) گزارش نمودند که میزان pH در ارقام مختلف با نزدیک شدن به دوره رسیدگی افزایش می‌یابد. زارعی و عزیزی (Zarei and Azizi, 2010) در ارزیابی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شش رقم میوه انار ایران در مرحله رسیدن دریافتند بین ارقام مختلف انار از نظر میزان اسید قابل تیتراسیون، تفاوت معنادار وجود دارد. ورین و همکاران (Varennes et al., 2001) در پژوهش روی حلقه‌برداری تابستانه نارنگی 'کلماتین' یافتند که حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کیفی میوه از جمله میزان اسید قابل تیتراسیون تاثیری ندارد. در سایر پژوهش‌های انجام شده نیز عدم تاثیر حلقه‌برداری بر ویژگی‌های کیفی میوه (Aguste, 2002 و Varennes et al., 2001) و از جمله میزان مواد جامد محلول (TSS) ثابت شده است (Mata et al., 1998 و Varennes et al., 2001). همچنین متا و همکاران (Mata et al., 1998) در پژوهش بر روی نارنگی 'پونکن' و ورین و همکاران (Varennes et al., 2001) در بررسی حلقه‌برداری تنه درخت نارنگی 'کلماتین' متوجه شدند که حلقه‌برداری هیچ تاثیری بر ویژگی‌های کیفی داخلی میوه از جمله مواد جامد محلول ندارد که همسو با نتایج بدست آمده از این آزمایش است. البته برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند که انجام حلقه‌برداری باعث افزایش غلظت TSS شده است (Chanana and Ber, 2004). بیشترین درصد ترکیدگی در زمان رشد سریع میوه اتفاق می‌افتد. در این مرحله، عدم رشد کافی پوست و انتقال آب و مواد غذایی به درون میوه باعث افزایش سریع حجم بافت‌های داخلی آن شده و بدین ترتیب ترکیدگی تشدید می‌گردد (Wright, 2000). عوامل متعددی مانند هوای گرم، وراثت، رقم، رشد میوه و شرایط کشت در افزایش عارضه ترکیدگی در انار موثر می‌باشند (Ahmed et

al., 2014). عارضه ترکیدگی در ارقام مختلف انار، عارضه فیزیولوژیکی مهمی است (Hepaksoy et al., 2000). در این پژوهش مشخص گردید که ارقام مورد مطالعه از نظر شدت عارضه ترکیدگی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (Hepaksoy et al., 2000). علاوه بر عوامل محیطی کمبود عناصر ریزمغذی نیز ترک‌خوردگی در میوه را سبب می‌شود (Abuakbar et al., 2013). در مسیر رشد میوه انار تا بلوغ، قطر و ضخامت پوست میوه کاهش می‌یابد. کاهش ضخامت پوست میوه در ابتدای رشد میوه سریعتر و پس از آن از سرعت کاهش ضخامت پوست کاسته می‌شود؛ اما همچنان کاهش ضخامت پوست اتفاق می‌افتد (Gozlekci and Kayank, 2000). در نتیجه با کاهش ضخامت پوست میوه کوچکترین تغییر در شرایط رشدی میوه می‌تواند عارضه ترکیدگی پوست میوه را افزایش دهد. احتمالاً انجام عمل حلقه‌برداری با قطع انتقال آب و سایر مواد به ریشه به دلیل قطع رابطه آوندی و افزایش مقدار ترکیبات حاصل از فتوسنتز توانست است عارضه ترکیدگی در میوه را کاهش دهد. بایرز و همکاران (Byers et al., 1990) بررسی ترکیدگی میوه سبب رقم 'استایمن' با تیمارهای مختلف از جمله حلقه‌برداری تنه درخت سیب در طی فصل تابستان و پاییز یافتند که این تیمار می‌تواند میزان ترکیدگی میوه را به طرز معناداری کاهش دهد. این درحالیست که کرزدورن و ویلتبنک (Krezdorn and Wiltbank, 1968) در حلقه‌برداری سالیانه نارنگی 'اورلاندوتانجلو' طی یک دوره ۸ ساله دریافتند که حلقه‌برداری سبب افزایش درصد ترکیدگی میوه می‌گردد. شاکری و همکاران (Shakeri and Sadat Akhavi, 2003) در پژوهش خود بر مقایسه ارقام انار صادراتی بیان کردند از نظر ترکیدگی میوه بین ارقام مختلف اختلاف معنادار وجود دارد. با توجه به اینکه نمودار رشد انار سیگموئیدی می‌باشد (Gozlekci and Kayank, 2000 و Varasteh et al., 2008) و همچنین از آنجایی که تیمارهای حلقه‌برداری همزمان با تقسیم سلولی (مرحله تمام‌گل) و مرحله بزرگ‌شدن سلول‌های میوه (۴ ماه پس از تمام‌گل) همراه است، می‌توان علت افزایش وزن و کاهش درصد ترکیدگی میوه‌های درختان حلقه‌برداری شده را توجیه نمود. احتمالاً دلیل اصلی این تفاوت، تنش واردشده به درختان حلقه‌برداری شده در فاصله زمانی بین اعمال تیمار حلقه‌برداری تا ترمیم زخم بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که عمل حلقه‌برداری در درخت انار، افزایش وزن و حجم میوه را در پی دارد.

حلقه‌برداری، مواد فتوستتزی از جمله کربوهیدرات‌ها و سایر مواد تولیدی در شاخه حلقه‌برداری شده باقی مانده و تجمع می‌یابد و در نتیجه آن، این مواد در رشد و نمو میوه استفاده می‌شود. این، می‌تواند تاثیر مثبت حلقه‌برداری را در بهبود صفات کمی و کیفی میوه توجیه نماید.

علاوه بر این، صفات کمی و کیفی میوه انار بررسی شده در آزمایش در دو رقم 'ملس' و 'شیرین پوست قرمز' سمنان با یکدیگر متفاوت بود. همچنین انجام حلقه‌برداری بر عارضه ترکیدگی میوه انار که یکی از چالش‌های قابل توجه در کشت این میوه است، موثر واقع شد. البته زمان حلقه‌برداری در مرحله تمام‌گل و چهار ماه پس از تمام‌گل بیشترین تاثیر را در کاهش شدت این عارضه داشت. با انجام عمل

منابع

1. Abubakar, A.R., Ashraf, N., & Ashraf, M. (2013). Effect of plant biostimulants on fruit cracking and quality attributes of pomegranate cv. Kandharikabuli. *Scientific Research and Essays* 8(44): 2171-2175. <https://doi.org/10.5897/SRE2013.5702>.
2. Afshari, H., Sajedi, S., & Hokmabadi, H. (2014). Effect of gibberllic acid and girdling on pomological characteristics of fruit in grape cv. Akgari. *Journal of Horticulture Science* 28(2): 269-276. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.22182>.
3. Agusti, M., Martinez-Fuentes, A., & Mesejo, C. (2002). Citrus fruit quality. Physiological basis and techniques of improvement. *Agrosienta* 2: 1-16.
4. Ahmed, F.F., Mohamed, M.M., Abou El-Khashab, A.M.A., & Aeed, S.H.A. (2014). Controlling fruit splitting and improving productivity of Manfalouty pomegranate trees by using salicylic acid and some nutrients. *World Rural Observations* 6(1): 87-93.
5. Akbarpour, V., Hemmati, K., & Sharifani, M. (2009). Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit in maturation stage. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science* 6: 411-416.
6. Allan, P., George, A.P., Nissen, R.J., & Rasmussen, T.S. (1993). Effects of girdling time on growth, yield and fruit maturity of the low chill peach cultivar Flordaprince. *Australian Journal of Experimental Agricultur* 33: 781-785. <http://doi.org/10.1071/EA9930781>.
7. Al-Maiman, S.A., & Ahmad, D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. *Food Chemistry* 76: 437-441.
8. Al-Yahyai, R., Al-Said, F., & Opara, L. (2009). Fruit growth characteristics of four pomegranate cultivars from northern Oman. *Agricultural and Biological Sciences* 64: 335-341. <http://doi.org/10.1051/fruits/2009029>.
9. Amati, A., Marangoni B., Zironi R., Castellari, M., & Arfelli, G. (1994). Differentiated grape harvesting. The effects of cluster thinning on vine physiology. (IIIrd) *Rivista. di Vitic. di Enolo* 47(3): 3-12.
10. Arakawa, O., Kanno, K., Kanetsuka, A., Shiozaki, Y., & Barritt, B.H. (1997). Effects of girdling and bark inversion on tree growth and fruit quality of apple. *Acta Horticulturae* 451: 579-585. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.67>.
11. Arnal, L., & Del Rio, M.A. (2004). Quality of persimmon fruit 'Rojo Brillante' during storage at different temperatures. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2: 243-247. <http://doi.org/10.5424/sjar/2004022-78>.
12. Balbontin, C., Ayala, H., Bastías, R.M., Tapia, G., Ellena, M., Torres, C., Yuri, J.A., J Quero-García, A., Rios, J.C., & Silva, H. (2013). Cracking in sweet cherries: A comprehensive review from a physiological, molecular, and genomic perspective. *Chilean Journal of Agriculture Research* 73(1): 66-72. <https://doi.org/10.4067/S0718%2D58392013000100010>.
13. Bhujbal, B.G., & Chaudhari, K.G. (1993). Yield and quality of 'Thompson Seedless' grape (*Vitis vinifera* L.) as influenced by girdling and gibberellins. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* 4(2): 108-112.
14. Byers, R.E., Carbaugh, D.H., & Presley, C.N. (1990). 'Stayman' fruit cracking as affected by surfactants, plant growth regulators, and other chemicals. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(3): 405-411.
15. Cam, M., Hisil, Y., & Durmaz, D. (2009). Characteristion of pomegranate juices from ten cultivars grown in Turkey. *International Journal of Food Properties* 12: 388-395. <https://doi.org/10.1080/10942910701813917>.

16. Chanana, Y.R., & Beri, S. (2004). Studies on the improvement of fruit quality of subtropical through girdling and thinning. *Acta Horticulturae* 662: 1150-1157. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.662.51>.
17. Christodouloum, A.J., Weaver, R.J., & Pool, R.M. (1968). Relation of girdling and gibberellin treatment to fruit set, berry development and cluster compactness in *Vitis vinifera* grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 92: 301-310. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(77\)90028-0](https://doi.org/10.1016/0304-4238(77)90028-0).
18. Davise, F.S., & Albrigo, L.G. (1994). *Citrus*. CAB. International, pp: 11-37.
19. Fageria, M.S., Dhaka, R.S., & Chaudhary, N.L. (1998). *Determination of maturity standards of dates*. Pp. 426-432. Proceeding of First International Conference on Date Palms, 8-10 March. Al-Ain, United Arab Emirates.
20. Ferguson, L., Mariscal, M., Reyes, H., Metheney, P., & Herman, K. (2003). Using trunk girdling to improve 'Black Mission' fig size. *Acta Horticulturae* 605: 167-169. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.25>.
21. Formolo, R., Rufato, L., Kretschmar, A.A., Schlemper, C., Mendes, M., Marcon Filho, J.L., & Lima, A.P. (2010). Gibberellic acid and cluster thinning on seedless grape 'BRS Clara' in Caxias do Sul, Rio Grandedo Sul state, Brazil. *Acta Horticulturae* 884: 467-471. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.884.59>.
22. Gharah Shikhhayat, R. (1994). *Investigation of several chemical material and irrigation period in prevention of pomegranate cracking in Malas-e-Torsh cultivar*. MSc Thesis. Tarbiat Modares University. Tehran, Iran.
23. Gharh Sheykhhayat, R. (2006). Anatomical study of fruit cracking in pomegranate cv. Malas-e- Torsh. *Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture* 69: 10-14.
24. Goren, R., Hubernam, M., & Goldschmidt, E.E. (2004). Girdling: Physiological and horticultural aspects. *Horticultural Reviews* 30: 1-35.
25. Gozlekci, S., & Kayank, L. (2000). Physical and chemical changes during fruit development and flowering in pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivar 'Hacaznar' grown in Antalya region. *Ciheam-Options Mediteraians* 42: 79-85.
26. Harvell, D.C., & Williams, L.E. (2002). Effect of trunk girdling and GA₃ application on leaf net CO₂ assimilation rate of two seedless grape. *Plant Physiology Supplement* 77: 4-61.
27. Hemati, Kh. (2015). *Effect of Climatic Conditions and Time of Fruit Harvesting on Quantity and Quality of Flavonoids in Different Citrus Cultivars*. PhD thesis. Faculty Agriculture. Tarbiat Modares University. 132pp.
28. Hepaksoy, S., Aksoy, U., Can, H.Z., & Ui, M.A. (2000). Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. *Série A. Séminaires Méditerranéens* 42: 81-86.
29. Jedlow, L.K., & Schrader, L.E. (2005). *Fruit cracking and splitting. Producing Premium Cherries*. Pacific Northwest Fruit School Cherry Shortcourse Proceedings, Chapter 10. pp: 65-66.
30. Jindal, P.C., Dhwan, S.S., & Chauhan, K.S. (1982). Effect of girdling alone and in combination with boric acid on berry set, berry drop, yield and quality of grapes. *Vitis* 72: 412-418.
31. Krezdorn, A.H., & Wiltbank, W.J. (1968). Annual girdling of 'Orlando Tangelo' over an eight year period. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 81: 29-35.
32. Mataa, M., Tominaga, S., & Kozaki, I. (1998). The effect of time of girdling on carbohydrate contents and fruiting in 'Ponkan' mandarin (*Citrus reticulate* Blanco). *Scientia Horticulturae* 73: 203-211.
33. Mirsoleymani, A., & Hoseini, A. (2007). Effect of girdling of lime trees [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] on fruit quality and quantity. *Pajouhesh & Sazandegi* 76: 11-15. (In Persian with English abstract)
34. Patil, A.V., & Karale, A.R. (1990). *Pomegranate*. In: *Fruits: Tropical and Subtropical*, T.K. Bose, and S.K. Mitra, eds. Calcutta, India: Naya Prakash p. 616-637.
35. Roberto, S.R., Yamashita, F., Kanai, H.T., Yano, M.Y., Macente, E.S., & Genta W. (2004). Cluster maturation of 'Ruby' table grape girdled at different periods. *Revista Brasileria de Fruticultura* 26(1): 180-182.
36. Rouhi, V., & Esmaeilzadeh, A. (2013). Effect of gibberellin concentrations and spraying time on cracking of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) cv. 'Malas Esfahan'. *Journal of Horticultural Science* 27(3): 310-317. (In Persian with English abstract)
37. Shakeri, M., & Sadat Akhavi, Y. (2003). *Pests and diseases of pomegranates*. Tasbih Publications of Yazd. 126 Pp.

38. Shakeri, M., Jahani, M., & Vazifeshenas, K.R. (2011). *Comparison of exported pomegranate cultivars for crown worm infection, fruit burst and sunburn*, Proceedings of National Pomegranate Conference. Ferdows. Ferdows Pomegranate Research Center.
39. Shulman, Y., Fainbertin, L., & Lavee S. (1984). Pomegranate fruit development and maturation. *Journal of Horticultural Science* 48: 293-296.
40. Simon, G. (2006). Review on rain induced fruit cracking of sweet cherries (*Prunus avium* L.), its causes and possibilities of prevention. *International Journal of Horticultural Science* 12: 27-35. <http://doi.org/10.31421/IJHS/12/3/654>.
41. Varasteh, F., Arzani, K., & Zamani, Z.A. (2009). An Investigation on the physicochemical seasonal changes of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit cv. Malas-e-Torsh-e-Saveh'. *Iranian Journal and Horticultural Science* 39(1): 29-37. (In Persian with English abstract). <https://dor.net/dor/20.1001.1.2008482.1387.39.1.4.4>.
42. Varasteh, F., Arzani, K., Tabatabaei, S.Z., & Zamani, Z. (2008). Physico-chemical seasonal changes of pomegranate (*Punica granatum* L.E) fruit 'Malas-e-Torsh-e-Saveh' in Iran. *Acta Horticulturae* 769: 255-258. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.769.36>.
43. Verreyne, J.S., Rabe, E., & Theron, K. I. (2001). The effect of combined deficit and summer trunk girdling on the internal fruit quality of 'Marisol' clementine. *Scientia Horticulture* 91: 25-37. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00233-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00233-3).
44. Williams, L.E., & Ayars, J.E. (2005). Water use of 'Thompson Seedless' grapevines as affected by the application of gibberellic acid (GA3) and trunk girdling –practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology* 129: 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.11.007>.
45. Wright, G.C. (2000). *Girdling 'Fairchild' mandarins and 'Lisbon' lemons to improve fruit size*. University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences, Publications, Tucson, Arizona.
46. Zarei, M., & Azizi, M. (2010). Evaluation of some physicochemical characteristics of six Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars fruit at ripening stage, *Journal of Horticultural Science* 24(2): 175-183. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1389i2.7995>.



The Effect of Different Levels of Indole-3-butyric Acid (IBA) and Naphthaleneacetic acid (NAA) on the Rooting of Pear Stem Cutting

B. Kaviani^{1*}, M. Jamali², M.R. Safari Motlagh³, A.R. Eslami⁴

Received: 20-07-2020

Revised: 05-05-2021

Accepted: 05-06-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Kaviani, B., Jamali, M., Safari Motlagh, M.R., & Eslami, A.R. (2023). The Effect of Different Levels of Indole-3-butyric Acid (IBA) and Naphthaleneacetic acid (NAA) on the Rooting of Pear Stem Cutting. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 747-761. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.61925.0](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.61925.0)

Introduction

Pears have a high nutritional and economic value worldwide. One of the major problem in growing pear cultivars is their late fertility on seed bases. To solve this problem, using asexual propagation methods can lead to the production of root trees. Cuttings are commonly used for proliferation either softwood, semi-hardwood or hardwood. Clonal propagation is considered proper in rapid propagation of shrubs and trees species. Adventitious root formation in stem cuttings is a crucial physiological process for vegetative propagation of many plant species. Rooting ability of tree species through stem cuttings is affected by several factors particularly plant growth regulators. Rooting of pear stem cuttings is time consuming. Auxin is effective in stimulating root formation on cuttings. The most widely used auxins in rooting of stem cuttings are indole-3-butyric acid (IBA) and naphthaleneacetic acid (NAA). Of these two auxins, IBA is the most widely used root promoting chemical, because it is nontoxic over a wide range of concentrations. Applied concentration is an important factor. Typically, a concentration of 2000 to 4000 ppm will result in good rooting for most shrubs and trees.

Materials and Methods

In this experiment, pear (*Pyrus communis*) was used as mother plants. Stem cuttings were used as plant materials in this experiment. The effect of different levels of indolebutyric acid (IBA) and naphthalene acetic acid (NAA) was studied on the rooting of pears in a factorial experiment based on a randomized complete block design with 16 treatments and 4 replications. The experimental treatments included IBA and NAA at the rates of 0, 1000, 2000 or 4000 mg L⁻¹. Rooting percentage, rooting time, root number, root length, root volume, plant height, leaf number and fresh and dry weights of cuttings were measured after about 130 days.

Results and Discussion

The results showed that the highest rooting (3.56 per seedling) was observed in cuttings treated with 4000 mg L⁻¹ IBA. Also, the highest root number was obtained from the treatment of 1000 mg L⁻¹ NAA and 2000 mg L⁻¹ IBA with an average number of 0.16 roots per plant. According to the means comparison for the simple effect of IBA on the rooting time, the highest rooting time was related to the application of 4000 mg L⁻¹ IBA. The results revealed that plants treated with 4000 mg L⁻¹ NAA and 2000 mg L⁻¹ IBA grew the longest roots. Also, ANOVA showed that among the applied factors, only the simple effect of IBA was significant on root volume. Means comparison for the simple effect of IBA on root volume showed that the highest was related to the application of 2000 mg L⁻¹ IBA. According to the means comparison for the interactive effect of IBA × NAA on cutting fresh weight, the highest fresh weight was, on average, 8.36 g in plants treated with 4000 mg L⁻¹ NAA and 2000 mg L⁻¹ IBA. As well, means comparison the effect of IBA × NAA on cutting dry weight showed that the highest dry weight was 15.9 g related to the application of 4000 mg L⁻¹ NAA × 2000 mg L⁻¹ IBA. It was also observed that 2000 mg L⁻¹ NAA × 1000 mg L⁻¹ IBA was related to the longest cutting with an average length of

1, 2 and 4- Associate Professor, M.Sc. and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2.82 cm. Finally, plants treated with 4000 mg L⁻¹ NAA and 2000 mg L⁻¹ IBA produced the highest number of leaves (15.9 g, on average). One of the effective factors in the success of vegetative propagation of plants with stem cuttings, especially woody plants with hard-rooting stems, is the production of more roots in a short time. Plant growth regulators, including auxins, play an important role in this regard. The effect of auxins on the percentage and number of roots produced on stem cuttings has been shown by many researchers on various plants, including plants with hard-rooting cuttings particularly in trees. The most widely used auxins in this regard are IBA and NAA, respectively. The individual or combined effect of auxins for successful rooting depends on a number of factors, including plant type, cuttings type, cuttings size, cuttings age, and the time of year the cuttings were removed. In the present study, the combined effect of IBA and NAA had the greatest effect on most of the measured traits.

Keywords: Auxin, Fruit plants, Hardwood cuttings, Plant growth regulators, Rosaceae family



مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۷۶۱-۷۴۷

تأثیر سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) روی ریشه‌زایی قلمه ساقه گل‌ابی

بهزاد کاویانی^{۱*} - مریم جمالی^۲ - محمدرضا صفری مطلق^۳ - علی‌رضا اسلامی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۵

چکیده

گل‌ابی یک درخت چوب سخت است که اغلب از بذر رشد می‌کند. تکثیر از طریق بذر زمان‌بر است و احتمال تغییرات ژنتیکی را افزایش می‌دهد. مناسب‌ترین روش تکثیر گل‌ابی، استفاده از قلمه ساقه می‌باشد که سخت ریشه‌زا است. در این پژوهش از غلظت‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) برای تسهیل ریشه‌زایی قلمه ساقه گل‌ابی رقم 'بارتل' استفاده شد. نتایج نشان داد که کمترین زمان (۵۹ روز) تا شروع ریشه‌زایی قلمه‌ها و بیشترین تعداد ریشه (۱۶) در قلمه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. این تیمار به عنوان بهترین تیمار برای ریشه‌زایی قلمه ساقه گل‌ابی پیشنهاد می‌شود. بالاترین درصد ریشه‌زایی (۵۷/۶۶ درصد) در قلمه‌های تیمار شده با ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. بیشترین تعداد برگ (۹/۹۳) در قلمه‌های تیمار شده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم NAA همراه با ۴۰۰۰ میلی‌گرم IBA مشاهده شد. در این پژوهش؛ حجم ریشه، طول ریشه، ارتفاع قلمه و وزن تر و وزن خشک قلمه‌ها نیز اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: اکسین، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، خانواده گل‌سرخیان، قلمه‌های خشبی، گیاهان میوه

مقدمه

در تولید این محصول در ایران ایجاد شده است. همچنین ناسازگاری‌هایی نیز در انواع نهال‌های پیوندی دیده شده است. لذا برای رفع این مشکلات به‌کارگیری روش‌های ازدیاد غیرجنسی می‌تواند منجر به تولید درختان خود ریشه گردد (Vatandoost, Jartoodeh et al., 2011). تکثیر گیاه به‌وسیله قلمه یکی از گسترده‌ترین و بهترین روش‌های تکثیر غیرجنسی می‌باشد. اکسین در تحریک تشکیل ریشه روی قلمه‌ها موثر است. به‌کارگیری اکسین به‌صورت طبیعی یا مصنوعی لازمی تشکیل ریشه‌ی نابجا روی ساقه است (Khoshkhoi, 1999). استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در ارتقای ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان از دیرباز رایج بوده است. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تمام مراحل رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. استفاده از هورمون‌های اکسینی در انواع و غلظت‌های مختلف دستیابی به حداکثر ریشه‌زایی را امکان‌پذیر می‌سازد. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند نفتالین استیک اسید (NAA) و ایندول بوتیریک اسید (IBA) از

گل‌ابی (*Pyrus communis*) از خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) یکی از مهم‌ترین میوه‌های مناطق با آب و هوای معتدله به حساب می‌آید که به‌سبب طعم مناسب و ارزش اقتصادی بالای آن، سال‌های زیادی است که در ایران پرورش می‌یابد. یکی از مشکلات عمده پرورش ارقام گل‌ابی، دیرباروری آنها روی پایه‌های بذری است. همچنین گل‌ابی به خاک‌های قلیایی حساسیت دارد و استقرار مناسبی ندارد. از آنجایی که بیشتر مناطق ایران که مستعد کاشت گل‌ابی می‌باشند دارای خاک‌های قلیایی هستند در نتیجه محدودیت بیشتری

۱، ۲ و ۴ - به‌ترتیب دانشیار، کارشناس ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

* - نویسنده مسئول (Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)

۳ - دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
DOI: 10.22067/jhs.2021.61925.0

موثرترین هورمون‌های اکسینی مورد استفاده برای ریشه‌زایی هستند (Singh et al., 2014; Davidović et Hartmann et al., 1997; al., 2015).

بلازیچ (Blazich, 1989)، IBA و NAA را معمول‌ترین اکسین‌هایی که به‌صورت تجارتي مورد استفاده قرار می‌گیرند، معرفی کرد. بیازی و همکاران (Biasi et al., 1990)، فری و همکاران (Ferri et al., 1996) و کنگی و همکاران (Cangi et al., 2001)، اثر سطوح مختلف هورمون IBA را بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی و چوب نرم کیوی بررسی کردند و بهترین نتیجه را در تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آوردند. اوکلر و همکاران (Ucler et al., 2004)، تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به مدت ۱۵ ثانیه و بدون زخم‌زنی را بهترین تیمار برای ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی کیوی فروت بیان نمودند. کروین (Kroin, 1992)، نشان داد که IBA با غلظت‌های مختلف دارای بیشترین تاثیر بر میانگین طول ریشه‌های قلمه‌های نوئل می‌باشد. بلایت و همکاران (Blythe et al., 2004)، غلظت‌های مختلف IBA و NAA روی ریشه‌زایی قلمه‌های کاملیا (*Camellia Japonica*) را بررسی نمودند و مشاهده کردند که تیمارهای ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۱۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA موجب افزایش ۷۷-۸۱ درصدی ریشه‌زایی قلمه‌ها شدند. حداد (Hadad, 2000)، اثر طول قلمه و غلظت‌های مختلف IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های درختچه‌ای کاملیای زینتی را مورد بررسی قرار داد و نشان داد که قلمه واجد یک برگ-جوانه تحت تیمار ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بیشترین ریشه‌زایی را به‌همراه داشت. هاشم‌آبادی و صداقت‌حور (Hashemabadi and Sedaghatthoor, 200) با بررسی چهار سطح از غلظت‌های IBA و NAA و تاثیر آنها روی صفاتی از قبیل درصد ریشه‌زایی، درصد ماده خشک ریشه، طول ریشه و تعداد ریشه کاملیای زینتی به این نتیجه رسیدند که از بین تیمارها، بهترین تیماری که منجر به تولید تعداد ریشه‌های مطلوب شد، تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و تیماری که بلندترین ریشه‌ها را تولید کرد، تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بود. از مقادیر IBA، تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین درصد ریشه‌زایی را به‌همراه داشت، حال آن‌که اثر دوجانبه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA موثرترین تیمار بود. رمضانی و همکاران (Ramezani et al., 2005)، تاثیر برخی عوامل موثر در ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی ارقام سخت ریشه‌زای زیتون را بررسی کردند که بیشترین درصد ریشه‌زایی را تحت تیمار هورمون IBA با غلظت ۴۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آوردند. معلمی و چهارازی (Moallemi and Chehrizi, 2004)، تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشدی NAA و IBA و ترکیبی از آنها را بر ریشه‌زایی قلمه‌های برگ‌دار و بدون برگ گل کاغذی در فصل بهار

مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که قلمه‌های برگ‌دار که با IBA در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شدند با ۹۰ درصد بیشترین ریشه‌زایی را داشتند. زرین‌بال و همکاران (Zarinbal et al., 2005)، قلمه‌های نیمه‌خشبی و برگ‌دار دارایی را در غلظت‌های مختلف IBA و NAA مورد تیمار قرار دادند. در این بررسی مشخص شد که قلمه‌های تیمار شده توسط NAA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری از درصد ریشه‌زایی بیشتری برخوردار بودند. تیمار ۲۰۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تیمار مناسبی برای افزایش ریشه‌زایی قلمه لیمو شیرین بود (Aboutalebi and Tafazoli, 2006). بیشترین درصد ریشه‌زایی (۲۴/۴) سه گونه نوئل زینتی در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به دست آمد (Rizi et al., 2006). حداکثر طول ریشه مربوط به تیمار ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بود. وطن‌دوست جرتوده و همکاران (Vatandoost Jartoodeh et al., 2011) با بررسی اثر هورمون‌های IBA و NAA روی ریشه‌زایی سه رقم گلابی نطنز، سبزی و شکری به این نتیجه رسیدند که IBA با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در رقم نطنز به‌طور معنی‌داری موجب افزایش ریشه‌زایی، طول و تعداد ریشه در قلمه‌های سرشاخه و درصد ریشه‌زایی و طول ریشه در قلمه‌های بن شاخه نطنز گردید. بررسی اثر غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی گیاه آزالیا نشان داد که بیشترین طول ریشه در قلمه‌هایی که با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تیمار شدند حاصل شد (Rahdari et al., 2010). مطالعه روی قلمه‌های کیوی فروت نشان داد که تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بهترین تیمار برای ریشه‌زایی بود (Razaghi et al., 2010). بیشترین درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های نیمه‌خشبی گیاه رزماری مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بود. نتایج حاصل از ارزیابی صفات کیفی در قلمه‌ها نشان داد که بهترین کیفیت قلمه‌های تولیدی مربوط به تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بود (Shahhosseini and Shahsavar, 2017).

از آنجایی که ریشه‌زایی در قلمه ساقه گلابی سخت و زمان‌بر است، بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، بهبود شرایط ریشه‌زایی قلمه‌های گلابی با استفاده از غلظت‌های مختلف NAA و IBA و دستیابی به بهترین غلظت این هورمون‌ها جهت انجام این کار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط طبیعی و درون خاک انجام شد. نمونه‌های گیاهی گلابی (*Pyrus communis*) رقم 'بارتلت' ('Bartlett') با نام معادل 'ویلیامز' ('Williams') از باغی در روستای شهریبجار از روستاهای شهرستان رودبار تهیه شد. برای تهیه قلمه از درختان

NAA نگهداری شدند (جدول ۱) و سپس در بسترهای حاوی ماسه، پرلیت، کوکوپیت و پیت (به نسبت مساوی) کشت گردیدند. در ابتدا بستر کاشت به مدت ۶۰ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی-گراد ضدعفونی گردید. برای هر تیمار چهار تکرار در نظر گرفته شد و هر تکرار شامل یک مشاهده بود. نمونه‌ها در فضای باز نگهداری شدند.

گلایی پیوندشده روی پایه بذری به‌عنوان گیاه مادری استفاده شد. انتهای ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متری شاخه دوساله آنها به‌عنوان قلمه‌ی سرشاخه به کار رفت. برای ضدعفونی، قلمه‌ها به مدت ۲۰ ثانیه در محلول هیپوکلریت سدیم ۱۵ درصد قرار داده شدند. بعد از ضدعفونی، انتهای تحتانی قلمه‌های سرشاخه به مدت ۱۰ ثانیه در غلظت‌های صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هورمون‌های IBA و

جدول ۱- تیمارهای تنظیم کننده رشد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش برای ریشه زایی قلمه های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 1- Plant growth regulator treatments used in this research for rooting of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

شماره تیمار Treatment No.	IBA (mg.l ⁻¹)	NAA (mg.l ⁻¹)
1	0	0
2	0	1000
3	0	2000
4	0	4000
5	1000	0
6	1000	1000
7	1000	2000
8	1000	4000
9	2000	0
10	2000	1000
11	2000	2000
12	2000	4000
13	4000	0
14	4000	1000
15	4000	2000
16	4000	4000

ریشه‌زایی افزایش یافت هر چند به لحاظ آماری بین کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر NAA نیز نشان داد که فقط غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA نسبت به سطح عدم کاربرد آن (N₀) برتری معنی‌داری داشت و سایر سطوح به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سطح عدم کاربرد NAA نشان ندادند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل IBA و NAA بر درصد ریشه‌زایی نیز نشان داد که بیشترین درصد ریشه‌زایی با میانگین ۵۶/۳ درصد از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بدون NAA به‌دست آمد (جدول ۵).

مطالعه روی اثر غلظت‌های مختلف IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه اوکالیپتوس (*Eucalyptus benthamii*) نشان داد که سریع‌ترین و بالاترین درصد ریشه‌زایی در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون به‌دست آمد (Brondani et al., 2012) که مطابق با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق بود. در این تحقیق همچنین از غلظت‌های ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌عنوان غلظت‌های مناسب برای ریشه‌زایی نام برده شد که با پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. دلیل این امر می‌تواند اختلاف در نوع گیاه مورد آزمایش باشد. مشخص شده است که IBA القای ریشه‌های نابجا در طی تکثیر رویشی بسیاری از گیاهان را افزایش داد، اما بسته به سبک مدیریت و

بعد از حدود ۱۳۰ روز؛ درصد ریشه‌زایی، مدت زمان تا شروع ریشه‌زایی، تعداد ریشه، طول ریشه، حجم ریشه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ و وزن تر و وزن خشک قلمه‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. صفات طولی با خط‌کش اندازه‌گیری شدند و تعداد اندام‌ها با چشم غیرمسلح شمارش شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر، قلمه‌ها بعد از برداشت روی ترازوی دیجیتال وزن شدند. سپس در آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۶ ساعت خشک شدند و مجدداً وزن شدند و این وزن به‌عنوان وزن خشک ثبت گردید.

این تحقیق به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد ریشه‌زایی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA و NAA و اثر متقابل آنها بر درصد ریشه‌زایی معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر IBA نشان داد که با افزایش غلظت IBA درصد

مواد ژنتیکی، غلظت‌های مناسب برای به‌دست‌آمدن مقادیر ریشه‌زایی بهتر باید تنظیم شوند (Corrêa and Fett-Neto, 2004). تعادل هورمونی در گیاه نقش بسیار مهمی در تنظیم بسیاری از فعالیت‌های گیاهی از جمله ریشه‌زایی در قلمه‌ها ایفا می‌کند. بسیاری از قلمه‌ها حاوی مقادیری اکسین هستند، بنابراین کاربرد غلظت‌های بالای اکسین به‌منظور تحریک تقسیم سلولی و ریشه‌زایی، تعادل هورمونی را به‌هم زده و از ریشه‌زایی مناسب، ممانعت می‌کند (Jull et al., 1994). ترکیب و شکل کاربرد اکسین‌ها نیز نقش مهمی در درصد موفقیت ریشه‌زایی دارند (Wendling and Xavier, 2005; Almeida et al., 2007). اختلاف ژنوتیپی در این ارتباط حائز اهمیت فراوان است (Stape et al., 2001; Corrêa and Fett-Neto, 2004). عوامل دیگری از جمله هیدرات‌های کرین، انتقال آنها از برگ‌ها به ریشه‌ها، ترکیبات فنی، ترکیبات نیتروژنی و کوفاکتورها علاوه بر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، در ریشه‌زایی نقش دارند (Shahhoseini et Hartmann et al., 1997; al., 2015).

در مجموع فقط در سطح عدم کاربرد NAA با افزایش کاربرد IBA درصد ریشه‌زایی به طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که در بین همه تیمارها بیشترین درصد ریشه‌زایی در سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم IBA در لیتر به‌دست آمد و در سطوح کاربردی NAA چنین روندی با کاربرد IBA مشاهده نشد. همچنین در سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA نیز با افزایش IBA تا سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر درصد ریشه‌زایی افزایش یافت اما با افزایش کاربرد IBA از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد ریشه‌زایی کاهش یافت. برتا و همکاران (Beretta et al., 2004) تیمارهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام از هورمون IBA را مورد استفاده قرار داده و مشاهده کردند که به ازای افزایش غلظت IBA، درصد ریشه‌زایی قلمه‌های *Camellia japonica* به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. یوسفی (Yousefi, 2010) طی مطالعه خود روی ریشه‌زایی قلمه‌های زیتون در قلمه واجد یک برگ-جوانه تحت تیمار ۵۰۰ پی‌پی‌ام IBA با ۱۰۰ پی‌پی‌ام NAA، بیشترین درصد ریشه‌زایی را مشاهده نمود. رزاقی و همکاران (Razaghi et al., 2010) با ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی کیوی فروت کشت شده و تحت شرایط مه‌افشانی به این نتیجه رسیدند که اثر اکسین‌ها بر تعداد ریشه، وزن تر و خشک، درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده و سرعت ریشه‌زایی معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تیمار قلمه‌ها نشان داد که ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بهترین تیمار برای ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی کیوی فروت بود. جعفری و بوزری (Jafari and Bouzari, 2010) به‌منظور تکثیر رویشی پایه گزیلا ۶ (Gisela 6) از قلمه چوب‌سخت در دو زمان

مختلف دی و بهمن با استفاده از هورمون‌های IBA و NAA در غلظت‌های صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش کردند که اثر زمان، نوع قلمه و غلظت‌های مختلف هورمون بر درصد ریشه‌زایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین درصد ریشه‌زایی (۷۰ درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در قسمت انتهایی قلمه‌های چوبی نیمه‌سخت در تیرماه بود. در قلمه‌های چوب‌سخت بیشترین درصد ریشه‌زایی (۴۶/۶ درصد) مربوط به تیمار ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در قسمت ابتدایی قلمه‌های دی ماه بود. افزایش غلظت هورمون، باعث افزایش تعداد ریشه اصلی و فرعی و طول قسمت ریشه‌دار گردید و از طرفی منجر به کاهش میانگین طول ریشه اصلی و فرعی شد. نتایج بررسی شیرزاد (Shirzad, 2007) نشان داد که بهترین میزان ریشه‌زایی در انار رقم محلی جهرم از قلمه‌های سرشاخه به‌دست آمد.

زمان ریشه‌زایی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل IBA و NAA بر زمان ریشه‌زایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر IBA بر زمان ریشه‌زایی نشان داد که بیشترین زمان ریشه‌زایی مربوط به سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر NAA بر زمان ریشه‌زایی نشان داد که بیشترین زمان ریشه‌زایی مربوط به سطح صفر میلی‌گرم در لیتر این هورمون بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل IBA و NAA بر زمان ریشه‌زایی نیز نشان داد که کوتاه‌ترین زمان ریشه‌زایی در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد و طولانی‌ترین زمان نیز در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد (جدول ۵). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تمام مراحل رشد و نمو گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. استفاده مناسب از هورمون‌های اکسینی در انواع و غلظت‌های مختلف دستیابی به حداکثر ریشه‌زایی در کوتاه‌ترین زمان ممکن را مقدور می‌سازد. تنظیم‌کننده‌های رشد NAA و IBA بیشترین هورمون‌های اکسینی مورد استفاده برای کوتاه‌کردن مدت زمان لازم برای ریشه‌زایی هستند (Hartmann et al., 1997; Singh et al., 2014; Davidović et al., 2015). در بیشتر مطالعات انجام شده روی ریشه‌زایی و کیفیت ریشه تولیدی در قلمه‌ی گیاهان مختلف، تنظیم‌کننده رشدی IBA نسبت به NAA مؤثرتر بود (Biabani and Shekafandeh, Habibi Kootenae, 2010). که با نتایج تحقیق حاضر سازگاری داشت.

تعداد ریشه

مقایسه میانگین اثر IBA بر تعداد ریشه نشان داد که گیاهان تیمارشده با این هورمون نسبت به گیاهان شاهد (I_0) برتری معنی‌داری داشتند و بیشترین تعداد ریشه مربوط به سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بود و سطوح ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر NAA بر تعداد ریشه نشان داد که گیاهان تیمار شده با NAA نسبت به گیاهان شاهد (I_0) برتری معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل IBA و NAA بر تعداد ریشه نیز نشان داد که بیشترین تعداد ریشه مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین ۱۶ ریشه در گیاه، به‌دست آمد و تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ۵). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA و اثر متقابل IBA و NAA بر تعداد ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج برخی تحقیقات نشان داد که در مورد انواع گیاهان سخت‌ریشه‌زا بایستی از سطوح بالاتر IBA نسبت به NAA استفاده کرد (Denaxa et al., 2012). IBA هورمونی است که در غلظت‌های بالا غیرسمی بوده و اثر آن ثابت شده است (Ozelbaykal and Gezerel, 2005). همچنین، آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز نمی‌تواند IBA را تجزیه کند و در اینجا نیز اثر مثبت آن نسبت به NAA مشخص می‌شود. ابوطالبی و تفضلی (Aboutalebi and Tafazoli, 2006) ضمن به‌دست‌آوردن نتایج مشابه، گزارش کردند که استفاده از هورمون‌های اکسینی مانند IBA و ایندول استیک اسید (IAA) در زمان ریشه‌زایی مانع اکسیده‌شدن ترکیبات فنولی و نیز شکسته‌شدن اکسین‌ها شد و این امر باعث بهبود ریشه‌زایی در قلمه‌های لیمو شیرین گردید و تعداد ریشه‌های نابجا را افزایش داد. یکی از مهم‌ترین نقش‌های اکسین‌ها در گیاهان، تحریک تشکیل ریشه‌های نابجا است که اکسین‌ها این نقش را با تحریک تقسیم سلولی ایفا می‌نمایند. بنابراین یکی از مزایای استفاده از اکسین‌ها، افزایش تعداد ریشه در قلمه‌ها به‌ویژه قلمه‌های سخت‌ریشه‌زا است (Hashemabadi and Sedaghatthoor, 2006).

طول ریشه

جدول ۲ نشان داد که اثر IBA و اثر متقابل IBA و NAA بر طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر IBA بر طول ریشه نشان داد که اگرچه سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بلندترین ریشه را تولید کرد اما به لحاظ آماری با سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت، ضمن آن که سطح

۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با سطح عدم کاربرد این هورمون (I_0) نیز به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر NAA بر طول ریشه نشان داد اگرچه سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بلندترین ریشه را تولید کرد اما به لحاظ آماری با سایر سطوح کاربردی آن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل این دو هورمون بر طول ریشه نشان داد که بلندترین ریشه در تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد. نکته مورد توجه این است که تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA یعنی زمانی که بالاترین سطح کاربرد IBA با عدم کاربرد NAA همراه شد از نظر طول ریشه در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ۵).

نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر با نتایج راهداری و همکاران (Rahdari et al., 2010) هم‌سو بود. این محققان نیز بهترین طول ریشه گیاه آزالیا را در هنگام به‌کارگیری غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده کردند. این در حالی است که شاه‌حسینی و شهسوار (Shahhosseini and Shahsavar, 2017) در بررسی تأثیر IBA بر ریشه‌زایی گیاه خرما، بیشترین طول ریشه را در سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمودند. به‌طور کلی علت اثر مثبت این دو تنظیم‌کننده رشد بر ریشه‌زایی را می‌توان به تأثیر اکسین‌ها در تحریک تقسیم سلولی دانست (Copes and Mandel, 2000). کاربرد غلظت‌های بالای NAA و IBA موجب ظهور ریشه‌های قطور و کوتاه بدون انشعاب در آگاو می‌گردد (Hedayat and Abdi, 2007).

حجم ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در میان فاکتورهای به‌کار برده شده در این آزمایش فقط اثر IBA بر حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر IBA بر حجم ریشه نشان داد که اگرچه سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین حجم ریشه را تولید کرد اما به لحاظ آماری با سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون اختلاف معنی‌داری نشان نداد، ضمن آن که سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با سطح عدم کاربرد آن (I_0) به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر NAA بر حجم ریشه نشان داد که اگرچه سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بیشترین حجم ریشه را تولید کرد اما به لحاظ آماری با سایر سطوح هورمون ذکرشده اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر متقابل IBA و NAA بر طول ریشه نشان داد که بیشترین حجم ریشه در تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA مشاهده شد و پس از آن تیمار ۴۰۰۰

میلی گرم IBA و ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر NAA قرار داشت که با تیمار قبلی اختلاف معنی داری نداشت. کمترین حجم ریشه در تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر NAA بدون حضور IBA مشاهده گردید (جدول ۹).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف IBA و NAA بر درصد ریشه زایی، زمان ریشه زایی، تعداد ریشه و طول ریشه قلمه های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 2- The ANOVA results for the effect of different levels of IBA and NAA on rooting percentage, rooting time, root number and root length of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	طول ریشه Root length	تعداد ریشه Root number	زمان ریشه زایی Rooting time	درصد ریشه زایی Rooting percentage
تکرار Replication	1	33.50 ^{ns}	0.645 ^{ns}	198.00 ^{ns}	3.14 ^{ns}
ایندول بوتیریک اسید IBA (I)	3	170.00 ^{**}	5.85 ^{**}	1180.00 ^{**}	785.00 ^{**}
نفتالین استیک اسید NAA (N)	3	2.38 ^{ns}	0.687 ^{ns}	20.52 ^{ns}	74.02 ^{**}
I × N	9	131.00 ^{**}	1.89 ^{**}	258.00 [*]	111.20 ^{**}
خطا Error	30	26.70	0.268	94.30	11.90
ضریب تغییرات C.V (%)	-	13.04	3.56	12.80	9.11

^{**} و ^{*} به ترتیب وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی دار.

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

جدول ۳- اثر سطوح مختلف IBA بر درصد ریشه زایی، زمان ریشه زایی، تعداد ریشه و طول ریشه قلمه های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 3- The effect of different levels of IBA on rooting percentage, rooting time, root number and root length of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

ایندول بوتیریک اسید IBA (mg.l ⁻¹)	طول ریشه Root length (cm)	تعداد ریشه Root number	زمان ریشه زایی Rooting time (day)	درصد ریشه زایی Rooting percentage
0	36.25b	13.58c	68.25c	30.75c
1000	36.83b	14.75b	76.50b	32.66c
2000	44.08a	15.25a	79.75b	39.33b
4000	41.50a	14.50b	87.75a	48.66a

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD را نشان می دهد.

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

جدول ۴- اثر سطوح مختلف NAA بر درصد ریشه زایی، زمان ریشه زایی، تعداد ریشه و طول ریشه قلمه های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 4- The effect of different levels of NAA on rooting percentage, rooting time, root number and root length of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

نفتالین استیک اسید NAA (mg.l ⁻¹)	طول ریشه Root length (cm)	تعداد ریشه Root number	زمان ریشه زایی Rooting time (day)	درصد ریشه زایی Rooting percentage
0	39.08a	14.25a	77.91a	37.00b
1000	39.66a	14.50a	74.66a	35.91b
2000	40.16a	14.83a	74.50a	37.00b
4000	39.75a	14.50a	75.16a	41.50a

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD را نشان می دهد.

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

جدول ۵- اثر متقابل سطوح مختلف IBA × NAA بر درصد ریشه‌زایی، زمان ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول ریشه قلمه‌های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 5- The interaction effect of the different levels of NAA × IBA on measured traits of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

نفتالین استیک اسید × ایندول بوتیریک اسید NAA × IBA (mg.l ⁻¹)	طول ریشه Root length (cm)	تعداد ریشه Root number	زمان ریشه‌زایی Rooting time (day)	درصد ریشه‌زایی Rooting percentage
I ₀ N ₀	35.60cdef	13.33g	91.00ab	20.33g
I ₀ N ₁₀₀₀	39.00cde	13.33g	63.00ef	33.33ef
I ₀ N ₂₀₀₀	41.00bcd	14.00efg	71.00def	33.00ef
I ₀ N ₄₀₀₀	29.30f	13.66fg	74.66bcde	36.33de
I ₁₀₀₀ N ₀	39.00cde	14.33def	79.33bcd	30.33f
I ₁₀₀₀ N ₁₀₀	31.30ef	15.33abc	96.66a	29.00f
I ₁₀₀₀ N ₂₀₀₀	37.30cdef	15.66ab	76.33bcde	33.33ef
I ₁₀₀₀ N ₄₀₀₀	39.60cde	13.66fg	65.66def	38.00de
I ₂₀₀₀ N ₀	32.60def	14.33def	64.66def	39.66cd
I ₂₀₀₀ N ₁₀₀₀	48.60ab	16.00a	59.00f	36.66de
I ₂₀₀₀ N ₂₀₀₀	44.00abc	15.00bcd	74.00bcde	34.00def
I ₂₀₀₀ N ₄₀₀₀	51.00a	15.66ab	69.33def	47.00b
I ₄₀₀₀ N ₀	49.00ab	15.00bcd	91.33ab	57.66a
I ₄₀₀₀ N ₁₀₀₀	39.60cde	13.33g	80.00bcd	44.66bc
I ₄₀₀₀ N ₂₀₀₀	38.30cde	14.66cde	88.66abc	47.66b
I ₄₀₀₀ N ₄₀₀₀	39.00cde	15.00bcd	64.33def	44.66bc

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

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

بود (جدول ۶).

هم‌زمان با تحریک ریشه‌زایی توسط اکسین‌ها، انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ به سوی ریشه‌ها باعث افزایش درصد ماده خشک در ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود. آنچه مسلم است اثر بازدارندگی غلظت‌های بالای اکسین‌ها در ایجاد و همچنین طول و قطر ریشه‌های جدید موجب کاهش وزن تر و خشک در قلمه‌ها می‌شود، به‌طوری که به‌کارگیری غلظت بالای اکسین‌ها روی قلمه‌های نیمه‌خشبی که خود توانایی تولید اکسین و جذب بالای آن را به علت وجود سلول‌هایی که از نظر متابولیسمی فعال‌تر هستند و دیواره سلولی آنها به میزان کمتری چوبی شده است، دارند می‌تواند از نمو جوانه‌ها و حتی نمو بافت‌های بالغ شاخساره‌ها جلوگیری کند (Shoanef *et al.*, 2014). در صورتی که مصرف هورمون در هنگام ریشه‌زایی بیش از حد نیاز باشد، علاوه بر افزایش هزینه، سبب برهم زدن تعادل هورمونی در گیاه می‌شود. بنابراین اهمیت تعیین بهترین غلظت هورمون برای تکثیر گونه‌های مختلف گیاهی کاملاً مشخص است.

وزن خشک قلمه

مقایسه میانگین اثر IBA نشان داد که با افزایش سطوح کاربرد این هورمون، وزن خشک قلمه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و حداکثر وزن خشک در سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر NAA نشان داد که اگرچه سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون بیشترین وزن خشک قلمه را تولید کرد اما به لحاظ آماری با سایر سطوح کاربردی اختلاف

رضانی و همکاران (Ramezani *et al.*, 2005)، تأثیر برخی عوامل موثر در ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی ارقام سخت ریشه‌زای زیتون را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین درصد ریشه‌زایی در تیمار IBA با غلظت ۴۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. بیازی و همکاران (Biasi *et al.*, 1990)، فری و همکاران (Ferri *et al.*, 1996) و کنگی و همکاران (Cangi *et al.*, 2001)، اثر سطوح مختلف هورمون IBA را بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی و چوب نرم کیوی بررسی کردند و بهترین نتیجه را در تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آوردند که در همه موارد ذکرشده هورمون IBA روی حجم و تعداد ریشه موثر بود که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت داشتند.

وزن تر قلمه

با نگاهی به جدول ۷ آشکار می‌شود که بیشترین وزن تر قلمه در سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. گیاهان تیمار شده با سطوح مختلف NAA نسبت به گیاهان شاهد برتری معنی‌داری داشتند اما بیشترین وزن تر قلمه از کمترین سطح کاربرد این هورمون یعنی ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌دست آمد (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر متقابل IBA و NAA بر وزن تر قلمه نیز نشان داد که بیشترین وزن تر گیاهچه با میانگین ۳۶/۸ گرم از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۹). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA و NAA و اثر متقابل این دو هورمون بر وزن تر قلمه معنی‌دار

اعلام کردند که با سطوح مختلف هورمون اکسین، صفاتی نظیر درصد ریشه‌زایی، تعداد و وزن ریشه و طول ساقه‌های جدید نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

تعداد برگ

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA و اثر متقابل سطوح IBA و NAA بر تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر IBA نشان داد که سطوح کاربردی IBA نسبت به سطح عدم کاربرد آن (I_0) به طور معنی‌داری منجر به افزایش تعداد برگ شد اما بین سطوح کاربرد IBA به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر NAA نشان داد که اگرچه سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بیشترین تعداد برگ را تولید کرد اما به لحاظ آماری با سایر سطوح کاربردی اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر متقابل این دو هورمون نیز نشان داد که بیشترین تعداد برگ با میانگین ۹/۹۳ از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۹).

بلایت و همکاران (Blythe et al., 2004) بیان کردند که به‌کارگیری اکسین‌های سنتز شده با غلظت بالا روی قلمه‌های ساقه می‌تواند از نمو جوانه‌ها و حتی نمو شاخساره جلوگیری کند. در اغلب صفات بیشترین میانگین صفات در حضور غلظت بالای IBA و غلظت پایین NAA به‌دست آمد. در ارتباط با تولید برگ، بیشترین تعداد برگ از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد که می‌توان نتیجه گرفت که برای صفت تعداد برگ یا افزایش تولید برگ، سطوح بالاتر دو هورمون تأثیر بیشتری دارد. در مطالعه بیابانی و شکافنده (Biabani and Shekafandeh, 2011) تیمار NAA با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین درصد ریشه‌زایی و تعداد برگ را در قلمه‌های ساقه چوب نیمه‌خشبی و خشبی گیاه انار شیطان باعث شد. علی‌زاده و گریگوریان (Alizadeh and Grygoorian, 2001) گزارش کردند که تیمار با مواد تنظیم‌کننده رشد باعث افزایش تعداد برگ و ریشه و کاهش طول ریشه می‌شود در حالی که شاه‌حسینی و همکاران (Shahhoseini et al., 2015) بالاترین طول ریشه و تعداد برگ گیاه رزماری را در غلظت‌های پایین هر دو تنظیم‌کننده رشد به‌دست آورد. خوشخوی و پناهی (Khoshkhoui and Panahi, 1997) علت اثر مثبت این مواد تنظیم‌کننده در ریشه‌زایی را با تأثیر اکسین‌ها در تحریک تقسیم اولین یاخته‌های آغازگر ریشه مرتبط دانستند.

معنی‌داری نشان نداد (جدول ۸)، میانگین اثر متقابل IBA و NAA بر وزن خشک قلمه نیز نشان داد که بیشترین وزن خشک قلمه (۹/۱۵ گرم) از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۹). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA و اثر متقابل سطوح IBA و NAA بر وزن خشک قلمه معنی‌دار بود (جدول ۶).

رشد در گیاه تابع تقسیم سلول و طول‌شدن سلول است و عوامل متعددی رشد را تحریک می‌کنند. هورمون‌های محرک رشد با رفع موانع رشد و فعال‌سازی برخی از مسیرهای بیوشیمیایی و آنزیم‌ها، رشد را تحریک می‌کنند. داوری‌نژاد و همکاران (Davarynejad et al., 2015) در مطالعه اثر IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های هیبریدی هلو و بادام به این نتیجه رسیدند که افزایش غلظت هورمون تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش وزن تر و خشک قلمه‌ها گردید که با نتایج مطالعه حاضر سازگار است.

ارتفاع قلمه

ارتفاع قلمه گلایی تحت تأثیر IBA و NAA قرار گرفت. در مجموع تیمارها، بلندترین ارتفاع قلمه (۸۲/۲ سانتی‌متر) در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تولید شد. کوتاه‌ترین ارتفاع قلمه نیز از تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۹). مقایسه میانگین اثر IBA روی ارتفاع قلمه نشان داد که بلندترین ارتفاع در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن در سطح ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این ماده مشاهده شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر NAA نیز نشان داد که کوتاه‌ترین ارتفاع قلمه از سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بلندترین آن از غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۸). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر IBA و NAA و اثر متقابل این دو هورمون بر ارتفاع قلمه معنی‌دار بود (جدول ۶).

یکی از آثار مهم اکسین‌ها تأثیر بر طول ساقه‌چه می‌باشد (Mirsoleimani and Rahemi, 2007). بنابراین، کاربرد هورمون‌های محرک رشد در چند مرحله می‌تواند در استقرار و افزایش طول گیاهچه مفید باشد (Bragt et al., 2001). در این زمینه زرین‌بال و همکاران (Zarinbal et al., 2006) گزارش کردند که درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها، تعداد برگ و طول ساقه در قلمه‌های شیشه‌شور که با اکسین تیمار شده بودند، به طور معنی‌داری بیشتر از قلمه‌های شاهد بود. معلمی و چهارازی (Moallemi and Chehrizi, 2004) در آزمایشی با استفاده از هورمون‌های اکسین روی قلمه‌های برگ‌دار و بدون برگ گل کاغذی ضمن به‌دست آوردن نتایج مشابه

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف IBA و NAA بر حجم ریشه، وزن تر و خشک قلمه، ارتفاع گیاهچه و تعداد برگ قلمه‌های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 6- The ANOVA results for the effect of different levels of IBA and NAA on root volume, fresh and dry weights, plantlet height and leaf number of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاهچه Plantlet height	وزن خشک قلمه Cutting dry weight	وزن تر قلمه Cutting fresh weight	حجم ریشه Root volume
تکرار Replication	1	0.522 ^{ns}	31.02 ^{ns}	2.41 ^{ns}	31.90 ^{ns}	1.695 ^{ns}
ایندول بوتیریک اسید IBA (I)	3	5.82 ^{**}	315.00 ^{**}	30.02 ^{**}	472.00 ^{**}	5.065 ^{**}
نفتالین استیک اسید NAA (N)	3	0.972 ^{ns}	189.00 [*]	5.54 ^{ns}	39.70 [*]	1.524 ^{ns}
I × N	9	4.156 ^{**}	480.00 ^{**}	6.841 [*]	76.50 ^{**}	0.292 ^{ns}
خطا Error	30	0.885	54.20	2.87	12.06	0.629
ضریب تغییرات C.V (%)	-	13.03	17.59	36.90	16.60	26.50

^{**} و ^{*} به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

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

جدول ۷- اثر سطوح مختلف IBA بر حجم ریشه، وزن تر و خشک قلمه، ارتفاع گیاهچه و تعداد برگ قلمه‌های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 7- The effect of different levels of IBA on root volume, fresh and dry weights, plantlet height and leaf number of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

ایندول بوتیریک اسید IBA (mg.l ⁻¹)	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاهچه Plantlet height (cm)	وزن خشک قلمه Cutting dry weight (g)	وزن تر قلمه Cutting fresh weight (g)	حجم ریشه Root volume (cm ³)
0	6.23b	40.75bc	2.73c	11.86c	2.24c
1000	7.45a	47.58a	4.06bc	21.73b	2.69bc
2000	7.33a	43.66ab	5.10ab	26.11a	3.30ab
4000	7.86a	35.41c	6.46a	23.57ab	3.70a

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

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

جدول ۸- اثر سطوح مختلف NAA بر حجم ریشه، وزن تر و خشک قلمه، ارتفاع گیاهچه و تعداد برگ قلمه‌های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 8- The effect of different levels of NAA on root volume, fresh and dry weights, plantlet height and leaf number of *Pyrus communis* cv. 'Bartlett' cuttings

نفتالین استیک اسید NAA (mg.l ⁻¹)	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاهچه Plantlet height (cm)	وزن خشک قلمه Cutting dry weight (g)	وزن تر قلمه Cutting fresh weight (g)	حجم ریشه Root volume (cm ³)
0	6.85a	43.41a	4.12a	18.60b	2.56a
1000	7.50a	35.91b	4.25a	23.00a	3.05a
2000	7.15a	44.08a	5.60a	20.40ab	3.42a
4000	7.37a	44.00a	4.38a	21.30ab	2.90a

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

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

رابطه‌ی دیگر صفات و صفات تأثیرگذار بر این صفت ارزیابی شد.

همبستگی بین صفات

از آنجا که مهم‌ترین صفت در آزمایش‌های مربوط به ازدیاد گیاهان، ریشه‌زایی می‌باشد، از این رو در بررسی همبستگی صفات

جدول ۹- اثر سطوح مختلف IBA × NAA بر حجم ریشه، وزن تر و خشک قلمه، ارتفاع گیاهچه و تعداد برگ قلمه‌های گلایی رقم 'بارتلت'

Table 9- The effect of different levels of IBA × NAA on root volume, fresh and dry weight, plantlet height and leaf number of *Pyrus communis* cv. 'Bartlet' cuttings

این‌دول بوتیریک اسید × نفتالین استیک اسید IBA × NAA (mg.l ⁻¹)	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع گیاهچه Plantlet height (cm)	وزن خشک قلمه Cutting dry weight (g)	وزن تر Cutting fresh weight (g)	حجم Root volume (cm ³)
I ₀ N ₀	4.46d	55.33efgh	1.53d	11.18f	1.83d
I ₀ N ₁₀₀₀	6.40c	68.66bcd	2.65cd	18.45e	2.50cd
I ₀ N ₂₀₀₀	7.63bc	64.33cdef	4.10bcd	11.01f	2.46cd
I ₀ N ₄₀₀₀	6.43c	54.66efgh	2.65cd	6.73f	2.16cd
I ₁₀₀₀ N ₀	7.33bc	56.00efg	1.56d	19.66cde	2.50cd
I ₁₀₀₀ N ₁₀₀	7.66bc	56.66defg	4.30bcd	23.98bcde	2.86bcd
I ₁₀₀₀ N ₂₀₀₀	7.53bc	82.33a	5.93b	24.33bcd	2.83bcd
I ₁₀₀₀ N ₄₀₀₀	7.26bc	75.33abc	4.46bc	18.95de	2.56cd
I ₂₀₀₀ N ₀	7.76bc	66.33bcde	4.76bc	20.28cde	2.76bcd
I ₂₀₀₀ N ₁₀₀₀	7.63bc	54.66efgh	4.43bc	26.40b	3.03bcd
I ₂₀₀₀ N ₂₀₀₀	6.80bc	56.00efg	6.56ab	21.36bcde	3.96ab
I ₂₀₀₀ N ₄₀₀₀	9.93a	77.66b	9.15a	36.83a	3.46abc
I ₄₀₀₀ N ₀	7.13bc	76.00abc	4.65bc	23.36bcde	3.16abc
I ₄₀₀₀ N ₁₀₀₀	8.30b	43.66h	5.13bc	23.16bcde	3.20abc
I ₄₀₀₀ N ₂₀₀₀	6.66c	53.66fgh	5.80b	25.00bc	4.43a
I ₄₀₀₀ N ₄₀₀₀	6.56c	48.33gh	5.78b	22.71bcde	4.03ab

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

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

جدول ۱۰- همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده در قلمه‌های ریشه‌دار شده گلایی رقم 'بارتلت'

Table 10- The simple correlation between measured traits of rooted cuttings of *Pyrus communis* cv. 'Bartlet'

درصد ریشه‌زایی Rooting percentage	زمان ریشه‌زایی Rooting time (day)	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length (cm)	حجم ریشه Root volume (cm ³)	وزن تر قلمه Cutting fresh weight (g)	وزن خشک قلمه Cutting dry weight (g)	ارتفاع گیاهچه Plantlet height (cm)	تعداد برگ Leaf number
درصد ریشه‌زایی Rooting percentage	1							
زمان ریشه‌زایی Rooting time (day)	0.291*	1						
تعداد ریشه Root number	0.215	0.06	1					
طول ریشه Root length (cm)	0.334*	-0.009	0.286*	1				
حجم ریشه Root volume (cm ³)	0.393**	0.071	0.424*	0.174	1			
وزن تر قلمه Cutting fresh weight (g)	0.471**	0.18	0.600**	0.387**	0.300*	1		
وزن خشک قلمه Cutting dry weight (g)	0.590**	0.346*	0.293*	0.304*	0.265	0.761**	1	
ارتفاع گیاهچه Plantlet height (cm)	0.113	-0.215	0.219	0.279	-0.044	0.156	0.206	1
تعداد برگ Leaf number	0.519**	0.056	0.273	0.251	0.167	0.237	0.520**	0.266

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

** and * Significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که برهمکنش سطوح مختلف IBA و NAA بر همه صفات اندازه‌گیری‌شده به جز حجم ریشه معنی‌دار بود. بیشترین درصد ریشه‌زایی از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، کوتاه‌ترین زمان ریشه‌زایی از تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، بیشترین تعداد ریشه از تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، بلندترین ریشه در تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌همراه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، بیشترین وزن تر و خشک قلمه از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، بلندترین قلمه از تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و بیشترین تعداد برگ از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، به‌دست آمد. بنابراین، زمانی حداکثر ریشه‌زایی حاصل می‌گردد که گیاهان فقط با ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تیمار شدند، اما بیشترین تعداد ریشه از گیاهان تیمار شده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌همراه ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌دست آمد که بسته به هدف آزمایش می‌توان بهترین تیمار مورد نظر را توصیه نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت برای حمایت‌های لازم از این پژوهش قدردانی می‌گردد.

نتایج حاصل از همبستگی ساده بین صفات نشان داد که درصد ریشه‌زایی با زمان ریشه‌زایی ($r = 0.291^*$)، طول ریشه ($r = 0.334^*$)، حجم ریشه ($r = 0.393^{**}$)، وزن تر قلمه ($r = 0.472^{**}$)، وزن خشک قلمه ($r = 0.590^{**}$) و تعداد برگ ($r = 0.510^{**}$) همبستگی مثبت معنی‌داری داشت و بیشترین همبستگی را با صفت وزن خشک قلمه ($r = 0.590^{**}$) نشان داد. وزن خشک قلمه نیز با صفات زمان ریشه‌زایی، تعداد ریشه، طول ریشه و وزن تر قلمه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۱۰).

بنابراین، هر عاملی که بتواند طول دوره‌ی ریشه‌زایی را بهبود بخشد منجر به افزایش ریشه‌زایی نیز خواهد شد. ریشه‌زایی قلمه‌ها توسط تعداد زیادی از فاکتورها کنترل می‌شود که فقدان آنها می‌تواند ریشه‌زایی را محدود کند (Polat and Caliskan, 2009). اگرچه در فرآیند ریشه‌زایی عوامل محیطی و بیوشیمیایی زیادی دخیل هستند اما تغذیه پایه مادری که قلمه از آن تهیه شده، نوع رقم، زمان برداشت قلمه و طول و قطر قلمه نیز اهمیت زیادی در ریشه‌زایی قلمه دارند که می‌توانند بر اثربخشی هورمون‌های به کاربرده شده تأثیرگذار باشند (Melgarejo et al., 2000). همبریک و همکاران (Hambrick et al., 1991) بیان کردند که زمان گرفتن قلمه‌ها بر ریشه‌زایی آنها اثر می‌گذارد و نشان دادند که قلمه‌های جمع‌آوری‌شده در پایان فوریه (زمستان) ریشه‌زایی بیشتری نسبت به آنهایی که در اوایل اکتبر (پاییز) جمع‌آوری شدند، داشتند.

منابع

- Aboutalebi, A., & Tafazoli, E. (2006). Effect of cutting time and auxin on rooting of sweet lime (*Citrus limetta*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 13(5): 29-34. (In Persian)
- Alizadeh, A., & Grygoorian, V. (2001). Investigating the effect of rooting of semi-wooden peach and almond hybrid cuttings in foggy conditions. *Journal of Horticultural Science and Technology* 2(3-4): 143-154. (In Persian)
- Almeida, F.D., Xavier, A., Dias, G.M.M., & Paiva, H.N. (2007). Auxin (IBA and NAA) effects on minicuttings rooting of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Clones. *Revista Árvore* 31(3): 455-463. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622007000300011>.
- Beretta, D., Vanoli, M., & Eccher, T. (2004). The influence of glucose, vitamins and IBA on rooting of Camellia shoots in vitro. *Acta Horticulturae* 227: 473-475. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1988.227.97>.
- Biabani, A., & Shekafandeh, A. (2011). Rooting of pomegranate branches of Rabab cultivar using indole butyric acid and naphthalene acetic acid under controlled conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 12(3): 293-306. (In Persian with English abstract)
- Biasi, R., Marino, G., & Costa, G. (1990). Propagation of Hayward (*Actinidia deliciosa*) from soft and semi-hardwood cuttings. *Acta Horticulturae* 282: 243-250. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.282.31>.
- Blazich, F.A. (1989). *Mineral nutrition and adventitious rooting*. In: *Adventitious Root Formation in Cuttings* (Eds. Davis T.D., Haissig B.E., and Sankhla S.) 61-69. Dioscorides Press, Portland, OR.

8. Blythe, E.K., Sibley, J.L., Ruter, J.M., & Tilt, K.M. (2004). Cutting propagation of foliage crops using a foliar application of auxin. *Scientia Horticulturae* 103: 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.04.011>.
9. Bragt, J., VanGelder, H., & Pierhk R.L.M. (2001). Rooting of shoot cuttings of ornamental shrubs after immersion in auxin-containing solutions. *Scientia Horticulturae* 4: 91-94. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(76\)90070-4](https://doi.org/10.1016/0304-4238(76)90070-4).
10. Brondani, G.E., Baccarin, F.J.B., Ondas, H.W.W., Stape, J.L., Gonçalves, A.N., & Almeida M.D. (2012). Low temperature, IBA concentrations and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini-cuttings. *Journal of Forestry Research* 23(4): 583-592. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0298-5>.
11. Cangi, R., Bostan, S.Z., & Yılmaz, M. (2001). The effects of different treatments on the rooting of hardwood cuttings of Hayward kiwi cultivar. *OMUZF Dergisi* 16: 35-37.
12. Copes, D.L., & Mandel, N.L. (2000). Effects of IBA and NAA treatments on rooting douglas-fir stem cuttings. *New Forests* 20: 249-257.
13. Corrêa, L.R., & Fett-Neto, A.G. (2004). Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. *Journal of Thermal Biology* 29(6): 315-324. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.05.006>.
14. Davarynejad, Gh., Shokouhian, A.A., & Tehranifar A. (2015). Effect of IBA and medium on rooting of two new selected peach × almond hybrids cuttings. *Journal of Horticulture Science* 29(2): 176-184. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.27561>.
15. Davidović, V., Popović, R., & Radulović M. (2015). Influence of IBA and NAA (0.8%) + (IBA 0.5%) phytohormones to the risogenesis of the mature lemon tree-shoots (*Citrus limon* (L.) Burm. and *Citrus meyerii* Y. Tan.). *Agriculture & Forestry* 61(2): 243-250.
16. Denaxa, N.K., Vemmos, S.N., & Roussos, P.A. (2012). The role of endogenous carbohydrates and seasonal variation in rooting ability of cuttings of an easy and a hard to root olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 143: 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.026>.
17. Ferri, V.C., Kersten, E., & Machado, A.A. (1996). Effect of indole-3-butyric acid on the rooting of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) Hayward cultivar. *Revista Brasileira de Agrociência* 2: 63-66.
18. Habibi Kootenae, Sh. (2010). Effect of different concentrations of auxin on rooting of semi-dry cuttings of *Nerium oleander*. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research* 5(2): 36-46. (In Persian)
19. Hadad, E. (2000). *The effect of auxin (IBA) and the length of cuttings in Camellia rooting*. Proceedings of the 2th Iranian Horticultural Sciences Congress. Agricultural Education Publishing. (In Persian)
20. Hambrick, C.E., Davies, F.T., & Pemberton, H.B. (1991). Seasonal changes in carbohydrate nitrogen levels during field rooting of *Rosa multiflora* 'Brooks 56' hardwood cuttings. *Scientia Horticulturae* 46: 137-146. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(91\)90099-K](https://doi.org/10.1016/0304-4238(91)90099-K).
21. Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davis, F.T., & Genere R.L. (1997). *Plant Propagation: Principles and Practices* (6th ed.). Prentice Hall Intl. INC, USA.
22. Hashemabadi, D., & Sedaghatshoor Sh. (2006). The effect of artificial auxin IBA and NAA on rooting cuttings of *Camellia japonica*. *Journal of Modern Agricultural Knowledge, Islamic Azad University, Mianeh Branch* 2(5): 75-82. (In Persian)
23. Hedayat, M., & Abdi Gh. (2007). *Effect of culture media and different growth regulators on rooting of Agave attunatha*. Proceedings of the 6th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Rasht, Guilan University. (In Persian)
24. Jafari, M., & Bouzari, N. (2010). Effect of different times of collection and hormone concentrations on rooting of hard and semi-hard wood cuttings in Gisela 6 cherry rootstock. *Seed and Plant Production Journal* 26(3): 343-357. (In Persian)
25. Jull, L.G., Warren, S.L., & Blazich F.A. (1994). Rooting yoshino cryptomeria stem cutting as influenced by growth stage, branch order IBA treatment. *Scientia Horticulturae* 29(12): 1532-1535. <https://doi.org/10.21273/hortsci.29.12.1532>.
26. Khoshkhai, M. (1999). *Plant propagation*. Shiraz University Press. (In Persian)
27. Khoshkhai, M., & Panahi R. (1997). The effect of auxins on rooting and flowering of two cultivars of clove. *Journal of Horticultural Science and Technology* 1(3-4): 91-108. (In Persian)
28. Kroin, J. (1992). Advances using indole-3-butyric acid (IBA) dissolved in water for rooting cuttings, transplanting, and grafting. *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society* 42: 488-492.
29. Melgarejo, P., Martinez, J., Amoros, A., & Martinez, R. (2000). Study of the rooting capacity of ten pomegranate

- clones (*Punica granatum* L.). *Advances in Science and Technology* 42(1): 253-259.
30. Mirsoleimani, A., & Rahemi, M. (2007). The effect of two synthetic auxins on rooting of peach and almond hardwood hybrid cuttings in open space. *Pajouhesh & Sazandegi* 76: 89-96. (In Persian)
31. Moallemi, N., & Chehrazhi, M. (2004). The effect of the hormone auxin on the rooting of leafy, leafless cuttings of *Bougainvillea spectabilis* L. in a plastic tunnel. *The Scientific Journal of Agriculture* 27(2): 127-138. (In Persian)
32. Ozelbaykal, S., & Gezerel, O. (2005). The effects of the different doses of IBA (indol butyric acid) on the rooting performances in the reproduction of Gemlik and Domat olive trees by using the green twig procedure in the ecology of Cukurova region. *Journal of Central European Agriculture* 6(4): 481-484.
33. Polat A.A., & Caliskan, O. (2009). Effect of indolebutyric acid (IBA) on the rooting cutting in various pomegranate genotypes. *Acta Horticulturae* 818(27): 187-192. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.818.27>.
34. Rahdari, P., Mahna, M., & Asadi M. (2010). Effect of zinc sulfate and NAA and IBA hormones on rooting of semi-partial cuttings of *Azalea* plant and its environmental effects. *Journal of Science and Technology of Natural Resources, Islamic Azad University, Chalous Branch* 5(1): 95-103. (In Persian)
35. Ramezani, M., Talaei, A., Eghdami, M.T., & Bonyadi I. (2005). Investigation of some factors influencing the rooting of semi-irrigated cuttings of hard-rooted olive cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi Journal* 18(1): 74-88. (In Persian)
36. Razaghi, M., Rabiee, V., & Sedaghatthoor, Sh. (2010). The effect of different concentrations of IBA, NAA and their interactions on the rooting of semi-hardwood cuttings of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Journal of Plant Productions* 33(1): 87-96. (In Persian)
37. Rizi, S., Naderi, R., Khalighi, A., Zamani, Z., & Saei A. (2006). The effect of different treatment regulators on growth and timing of cuttings in the vegetative increase of cuttings of three species of ornamental noel. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 7(4): 719-725. (In Persian)
38. Shahhosseini, A., & Shahsavar, A.R. (2017). Effect of indole-3-butyric acid (IBA) on rooting of date palm (*Phoenix dactylifera* L. 'Kabkab') off-shoots. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 18(3): 251-258. (In Persian)
39. Shahhoseini, R., Moghaddam, M., Kiani, D., & Mansori, R. (2015). Effect of different concentrations of IBA and NAA on rooting of semi-hardwood cuttings of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 31(4): 574-586. (In Persian)
40. Shirzadi, M.H. (2007). *Investigating the effects of cuttings type and how to plant and different concentrations of indole butyric acid in rooting of pomegranate cuttings of Jahrom local cultivar*. Proceedings of the 5th Congress of Horticultural Sciences, Shiraz University.
41. Shoanef, K.W., Sakinoa, V.N., Bheta, F.M., & Affalais, J. (2014). Comparison of four moisture management systems for cutting propagation of *Bougainvillea*, *Hibiscus* and Kei apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120(3): 366-373. <https://doi.org/10.21273/JASHS.120.3.366>.
42. Singh, K.K., Choudhary, T., & Kumar, A. (2014). Effect of various concentrations of IBA and NAA on the rooting of stem cuttings of mulberry (*Morus alba* L.) under mist house condition in Garhwal hill region. *Indian Journal of Hill Farming* 27(1): 74-77.
43. Stape, J.L., Gonçalves, J.L.M., & Gonçalves, A.N. (2001). Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. *New Forests* 22(1-2): 19-41. <https://doi.org/10.1023/A:1012271616115>.
44. Ucler, A., Parlak, S., & Yucesan, Z. (2004). Effects of IBA and cutting dates on the rooting ability of semi-hardwood kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cuttings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 28: 195-201.
45. Vatandoost Jartooddeh, S., Davarinejad, Gh., Tehranifar, A., & Kaveh, H. (2011). The effect of auxin treatments and type of cuttings on rooting cuttings of Natanz, Sabri and Shokri pear cultivars. *Journal of Horticultural Science* 25(1): 38-44. (In Persian)
46. Wendling, I., & Xavier, A. (2005). Indolbutyric acid and serial minicutting technique on rooting and vigor of *Eucalyptus grandis* clone minicuttings. *Revista Árvore* 29(6): 921-930. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600011>.
47. Yousefi, F. (2010). *Effect of different concentrations of IBA and NAA on rooting of olive cuttings*. Proceedings of the 2th Congress of Plant Production Sciences, Mashhad, Iran.
48. Zarinbal, M., Moallemi, N., & Daneshvar, M.H. (2005). Effect of different auxin concentrations, cutting time and environmental conditions on rooting of *Citrus maxima* semi-irrigated cuttings. *Journal of Agricultural Knowledge* 15(2): 13-26. (In Persian)



Morphological Attributes and Phytochemical Compounds of *Satureja hortensis* L. in Response to Poultry Pellet and Zinc Sulphate Applications

R. Raei¹, V. Akbarpour^{ID2*}, M.A. Bahmanyar³

Received: 21-12-2020

Revised: 20-11-2021

Accepted: 24-11-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Raei, R., Akbarpour, V., & Bahmanyar, M.A. (2023). Morphological Attributes and Phytochemical Compounds of *Satureja hortensis* L. in Response to Poultry Pellet and Zinc Sulphate Applications. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 763-776. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.67877.1006](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.67877.1006)

Introduction

Fertilizer management is one of the main factors in achieving sustainable agriculture. Therefore, the integrated agricultural system recommends the use of organic matter along with the optimal use of chemical fertilizers. This method is a balanced way to improve the physical and chemical properties of the soil, which leads to improved growth and increased plant yield. Organic fertilizers, especially livestock manures, have higher levels of organic matter than chemical fertilizers, and can be considered as sources of nutrients, especially nitrogen, phosphorus and potassium. One of these organic fertilizers is poultry manure, which in addition to having macro and micro elements (manganese, iron, copper, and boron) is one of the cheapest fertilizers compared to other fertilizers used. It is also richer in terms of nitrogen than other animal fertilizers. Soil fertility is the factor that change the amount of active substances and essential oils. Micronutrients such as zinc, although needed in small amounts by plants, play an important role in plant growth and development. The application of zinc sulfate fertilizer improved the quantitative and qualitative attributes of basil, peppermint, sage, and rosemary. Researchers stated that the application of a combination of chemical fertilizers and poultry manure has increased the yield of garlic essential oil. Therefore, in recent years, integrated plant nutrition management has been discussed. Integrated plant nutrition management is based on the simultaneous application of organic, chemical, and biological fertilizers. Because organic fertilizers alone can't provide the needs of high-yielding plants. Combined application of organic, chemical, and biological fertilizers can improve the physical and chemical conditions of the soil and increase organic carbon and nutrients. Savory is an aromatic medicinal plant from the mint family. This plant has a lot of essential oils and is very important in the food, pharmaceutical, and health industries. The aim of this study was to investigate the role of poultry manure and zinc sulfate in the cultivation of savory.

Materials and Methods

The present experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with 3 replications. The factors consisted of poultry manure with four levels (0, 3, 6, and 9 t.ha⁻¹) and the second factor zinc sulfate with four levels (0, 50, 100 and 150 mg.kg⁻¹ soil).

Results and Discussion

According to the obtained results, the effect of poultry manure, zinc sulfate, and their interaction on most of the studied traits was significant. The highest height was observed in the treatment of poultry manure of 9 t.ha⁻¹ + zinc sulfate in 100 mg. kg⁻¹ soil, which showed an increase of 79.26% compared to the control, and the lowest height belonged to the control treatment. The total chlorophyll in the chicken manure treatment of 6 t.ha⁻¹ + zinc sulfate in 150 mg. kg⁻¹ had a significant increase compared to the control. The highest amount of leaf nitrogen

1 and 2- Former Student of Medicinal Plants and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: v.akbarpour@sanru.ac.ir)

3- Professor, Department of Soil Sciences and Engineering, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

was obtained in the treatment of poultry manure of $9 \text{ t.ha}^{-1} + 50 \text{ mg.kg}^{-1}$ with an increase of 82.03% compared to the control. Zinc element was observed with a 222.75% increase in poultry manure treatment of $9 \text{ t.ha}^{-1} + 150 \text{ mg.kg}^{-1}$. Poultry manure treatment of 6 tons per hectare + 150 mg.kg^{-1} with 261.53% increase compared to the control contained the highest percentage of essential oil.

Conclusion

The results of the study showed that the use of combined ratios of poultry organic fertilizer and zinc sulfate has been effective in improving vegetative attributes, available plant elements, and essential oil content.

Keywords: Essential oils, Medicinal plants, Nutrition, Organic manure, Phytochemical traits, Zinc sulfate

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۷۷۶-۷۶۳

ویژگی های مورفولوژیک و ترکیبات فیتوشیمیایی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در پاسخ به کاربرد کود پلت مرغی و سولفات روی

رقیه راعی^۱ - وحید اکبرپور^{۲*} - محمدعلی بهمنیار^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳

چکیده

مدیریت کود یکی از عوامل اصلی در جهت رسیدن به کشاورزی پایدار محسوب می شود. از این رو نظام کشاورزی تلفیقی استفاده از مواد آلی همراه با مصرف بهینه کودهای شیمیایی را توصیه می کند. مدیریت تلفیقی کود دامی با کود شیمیایی روش مهمی برای افزایش تولید و حفظ باروری خاک می باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش کود آلی پلت مرغی و سولفات روی در پرورش گیاه مرزه می باشد. آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول کود مرغی با چهار سطح (صفر، ۳، ۶، ۹ تن در هکتار) و فاکتور دوم سولفات روی با چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) بود. با توجه به نتایج به دست آمده، اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر بیشتر صفات مورد بررسی معنی دار بود. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کود آلی مرغی ۹ تن در هکتار + سولفات روی ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد که نسبت به شاهد ۷۹/۲۶ درصد افزایش نشان داد و کمترین ارتفاع بوته متعلق به تیمار شاهد بود. کلروفیل کل در تیمار کود مرغی ۶ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم، افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد داشت. بیشترین میزان نیتروژن برگ در تیمار کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم با افزایش ۸۲/۰۳ درصدی نسبت به شاهد به دست آمد و عنصر روی با افزایش ۲۲۲/۷۵ درصدی در تیمار کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم مشاهده شد. تیمار کود مرغی ۶ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی گرم در کیلو گرم با ۲۶۱/۵۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حاوی بیشترین درصد اسانس بود. نتیجه پژوهش حاضر نشان داد استفاده از نسبت های تلفیقی کود آلی مرغی و سولفات روی در بهبود صفات رویشی، عناصر در دسترس گیاه و درصد اسانس موثر واقع شده است.

واژه های کلیدی: اسانس، تغذیه، خصوصیات فیتوشیمیایی، سولفات روی، کود دامی، گیاه دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی در تأمین بهداشت و سلامت جامعه از اهمیت خاصی برخوردارند. استفاده از این گیاهان به منظور درمان با تاریخ زندگی انسان همزمان بوده است. به طوری که در سال های اخیر

رویکردی همه جانبه بر اساس استفاده از داروهای با منشأ طبیعی و به ویژه گیاهی در جوامع مختلف جهان به وجود آمده است (Fazelian and Asrar, 2011). مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی دارویی، علفی و معطر از خانواده نعنائیان است (Abad et al., 1999). این گیاه دارای اسانس زیادی می باشد و در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی اهمیت فراوان دارد (Baher et al., 2002). مدیریت تلفیقی کود دامی با کود شیمیایی روش مهمی برای افزایش تولید و حفظ باروری خاک می باشد (Gardner et al., 1990). کودهای آلی به خصوص کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می توانند به عنوان منابعی از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شمار

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی و استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(*)- نویسنده مسئول: (Email: v.akbarpour@sanru.ac.ir)

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

DOI: 10.22067/jhs.2021.67877.1006

آیند. در زمین‌های خشک و نیمه‌خشک مقدار ماده آلی خاک بسیار اندک است. در ایران مواد آلی در بیش از ۶۰ درصد از زمین‌های کشاورزی کمتر از یک درصد می‌باشد (Fernandez et al., 1993). یکی از روش‌هایی که باعث افزایش ماده آلی و بالا بردن عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک می‌شود، کودهای آلی است. یکی از این کودهای آلی، کود مرغی می‌باشد که علاوه بر داشتن عناصر ماکرو و میکرو (منگنز، آهن، مس و بر) یکی از کودهای ارزان قیمت در مقایسه با سایر کودهای مصرفی است و از نظر نیتروژن نسبت به کودهای دامی دیگر غنی‌تر است (Zhou et al., 2005). کودهای مرغی عناصر غذایی را در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Emam, 2008). اما کودهای دامی نمی‌توانند تمام احتیاجات غذایی گیاه را برطرف سازند (Malakouti and Tehrani, 1999). اهمیت گیاهان دارویی وجود ماده مؤثره در آنهاست. شرایط محیطی و حاصلخیزی خاک از عوامل تغییر در میزان ماده مؤثره و اسانس بوده که در این میان نقش عناصر کم‌مصرف در خاک زیاد است (Farzaneh et al., 2010). پژوهش‌های متعدد نشان از تأثیر مثبت کاربرد ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و ویژگی‌های کیفی محصولات کشاورزی دارند (Tavassoli et al., 2010). عناصر ریزمغذی نظیر روی با وجود اینکه به مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، ولی نقش برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان دارند (Malakouti and Tehrani, 1999). گرچه نیاز گیاهان به روی، اندک است اما اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با این عنصر، دچار اختلال در رشد خواهند شد (Baybordi, 2006). روی از عناصر کم‌مصرف بوده که در سنتز تریپتوفان، پیش‌ماده اکسین، طول عمر رنگدانه‌های کلروفیل و پیری برگ، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئین‌ها در گیاهان اثرگذار است (Hemant Ranjan, 1996). عنصری مهم در فعالیت آنزیم‌های دهیدروناز، پروتئیناز و تنظیم‌کننده‌های رشد است. عقیمی دانه‌های گرده، کوچکی اندازه برگ، وجود نوارهای روشن در امتداد رگبرگ اصلی برگ و کوتولگی گیاه از علایم کمبود این عنصر می‌باشد (Malakouti and Tehrani, 1999).

استفاده از کود سولفات روی سبب بهبود خصوصیات کیفی و کمی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010)، نعنای فلفلی (*Mentha piperita*)، مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) و رزماری (*Salvia rosmarinus*) شد (Nahed and Balbaa, 2007). پژوهشگران اظهار داشتند که استفاده از ترکیب کود شیمیایی و کود دامی مرغی سبب افزایش میزان عملکرد اسانس گیاه سیر (*Allium sativum*) شده است (Singh et al., 2014). همچنین مصرف کودهای شیمیایی NPK

همراه با ۱۰ تن کود دامی در هکتار، جذب عناصر غذایی به وسیله سوخ سیر را افزایش داده است (Jadhav et al., 2013). بنابراین در سال‌های اخیر بحث مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه مطرح شده است. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی بر پایه استفاده همزمان از کودهای آلی، شیمیایی و زیستی استوار است. چرا که کودهای آلی به تنهایی قادر به تأمین نیازهای گیاهان پر بازده نیستند. مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی و زیستی می‌تواند باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شده و افزایش کربن آلی و عناصر غذایی را به دنبال داشته باشد. بدین منظور برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست، و نقشی که کودهای آلی و مصرف بهینه کودهای شیمیایی در تولید گیاهان دارند، همچنین با توجه به اهمیت گیاه مرزه به عنوان گیاه دارویی، پژوهش حاضر با هدف تأثیر کود آلی مرغی و سولفات روی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیتوشیمیایی این گیاه ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول کود مرغی با چهار سطح (صفر، ۳، ۶، ۹ تن در هکتار) و فاکتور دوم سولفات روی با چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود. بدین منظور ابتدا بذر مرزه تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان با درجه خلوص ۹۵ درصد و قوه نامیه ۸۵ درصد را در تاریخ اول اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ در جعبه‌های مخصوص نشاء، با بستری مخلوط از شن، خاک‌برگ و خاک باغچه بذرپاشی کرده، بعد از ۴ برگی شدن، نشاءهای مرزه در تاریخ دهم خردادماه ۱۳۹۸ به گلدان‌های ۵ کیلویی به ابعاد ۱۵×۳۰ سانتی‌متر که از یک خاک یکنواخت پر شده بود، منتقل گردید. در هر گلدان ۲ عدد نشاء قرار داده شد. گلدان‌های حاوی نشای مرزه در فضای باز نگهداری شدند. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بستر آزمایش در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. طبق آزمون خاک، کودهای پرمصرف و کم‌مصرف بر روی تمام گلدان‌ها تیمار گردید.

آبیاری بوته‌ها نیز به صورت یکنواخت انجام شد. بعد از گذشت ۳ ماه از زمان کاشت، صفات مورد بررسی شامل طول شاخه اصلی، تعداد شاخه جانبی، تعداد گره، سطح برگ، قطر ساقه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر پیکر رویشی، وزن خشک پیکر رویشی، میزان فنل (Slinkard and Singleton, 1977)، کلروفیل کل و کاروتنوئید (Arnon, 1967)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (Ebrahimzadeh et al., 2010)، غلظت عناصر نیتروژن و روی برگ و درصد اسانس اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک گلدان‌ها

Table 1- Physico-chemical analysis of the pots soil

هدایت الکتریکی Ec (dS.m ⁻¹)	اسیدیته گل اشباع pH	ماده آلی OM (%)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	بافت خاک Soil Texture	رس Clay (%)	لای Silt (%)	شن Sand (%)
0.83	7.79	1.51	0.87	0.08	Loam	12	46	42

وزن خشک ماده اولیه (گرم) / وزن اسانس (گرم) = درصد اسانس
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و
مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال
پنج درصد و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۲- عناصر غذایی قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) در خاک

مورد بررسی

 Table 2- Absorbable nutrients (mg.kg⁻¹) in the studied soil

فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
18	129	600	7.5	11	0.56	1.1

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بسیاری از شاخص‌های
مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای
مختلف کود آلی مرغی و سولفات روی قرار گرفتند (جدول ۳).

طول و قطر ریشه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. وزن تر و
خشک ریشه و پیکر رویشی گیاه نیز با استفاده از ترازوی دیجیتالی با
دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر،
نمونه‌های برگ برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها در
دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیده و
به‌صورت پودر درآمدند. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کج‌لدال
استفاده شد. ۰/۲ گرم از برگ خشک را با کمک اسید سولفوریک
غلظت در دمای ۳۶۰ درجه سانتی‌گراد به کمک کاتالیزور هضم و
سپس درصد نیتروژن با دستگاه کج‌لدال اتوماتیک مدل ۳۲۰ قرائت
گردید (Sharaf and El-Naggar, 2003). برای تعیین میزان روی
از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای A.A.S استفاده شد (William,
1972).

به منظور تعیین مقدار اسانس اندام هوایی، پس از برداشت اندام
هوایی گیاه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط سایه خشک
گردید. اسانس‌گیری به وسیله دستگاه کلونجر و با استفاده از روش
تقطیر با آب انجام شد. برای محاسبه میزان درصد اسانس از رابطه قید
شده استفاده گردید (Djilani Ghemam and Senoussi, 2013).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود پلت مرغی و سولفات روی بر برخی صفات مرزه

 Table 3- The ANOVA results (Mean Square) for the effect of poultry pellet and zinc sulphate on some attributes of *Satureja hortensis* L.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	ارتفاع شاخه اصلی Height of main stem	تعداد شاخه جانبی Number of lateral stem	تعداد گره Number of nodes	سطح برگ کل Total leaf area	قطر ساقه Stem diameter	طول ریشه Root length
پلت مرغی Poultry pellet (A)	3	105.3**	4 ^{ns}	0.85 ^{ns}	2744.66**	0.42 ^{ns}	14.79**
سولفات روی Zinc sulphate (B)	3	114.13**	6.22 ^{ns}	2.74**	5361.13 ^{ns}	4.96**	45.46**
A×B	9	21.54**	5.07 ^{ns}	1.52**	3901.65 ^{ns}	0.62 ^{ns}	10.63**
خطا Error	32	5.64	5.83	0.41	6511.80	0.39	1.31
ضریب تغییرات C.V (%)		6.90	18.94	10.02	20.06	12.23	9.36

*, **, و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

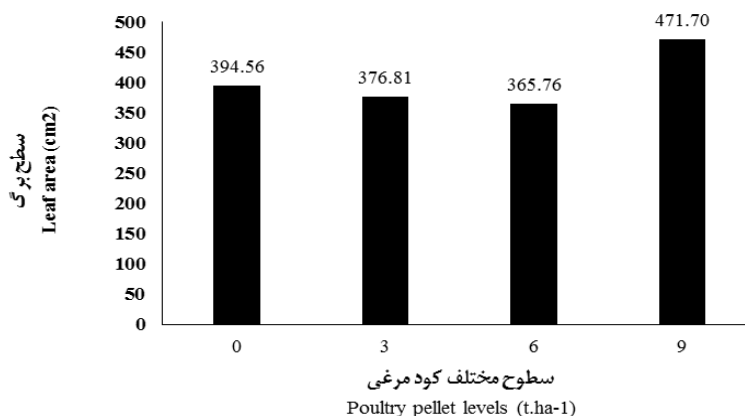
*, **, and ^{ns}: significant at 5% and 1% of probability levels and non- significant; respectively

ارتفاع شاخه اصلی و جانبی: برهمکنش تیمارهای استفاده شده

بر ارتفاع شاخه اصلی مرزه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود اما بر تعداد شاخه جانبی اثر معنی‌داری نداشت. به طوری که در تیمارهای ۹ تن کود مرغی در هکتار + ۱۰۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بلندترین ارتفاع شاخه (۴۰/۰۳ سانتی متر) بدست آمد که نسبت به شاهد ۷۹/۲۶ درصد افزایش نشان داد و کمترین ارتفاع متعلق به تیمار شاهد (۲۲/۳۳ سانتی متر) بود. کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۱۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بیشترین تعداد گره مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود آلی مرغی ۳ تن در هکتار + بدون سولفات روی و تیمار بدون کود آلی مرغی + سولفات روی ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک نداشت. (جدول ۴). افزایش ارتفاع در گیاه را می‌توان در ارتباط با افزایش تعداد گره دانست. این رشد ناشی از رشد بیشتر در دوره رشد رویشی گیاه بوده است که از اعمال تیمار کود آلی مرغی و سولفات روی متأثر شد. در آزمایشی با بررسی کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی، ورمی کمپوست و کود شیمیایی در گیاه دارویی ریحان مشخص گردید که تمام تیمارهای کود آلی ارتفاع بوته را نسبت به شاهد و تیمار کود شیمیایی افزایش دادند. یکی از عوامل اصلی تعیین کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. تیمارهای کود مرغی با تأمین تدریجی عناصر غذایی، این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند

(Tahami Zarandi et al., 2010). کود مرغی یکی از کودهای آلی است که در ترکیب آن مقادیر زیادی نیتروژن و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود داشته و از طریق آزاد نمودن تدریجی این عناصر موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Agbede; Oyedeji et al., 2014; et al., 2017). بنابراین به نظر می‌رسد کود آلی مذکور در پژوهش حاضر در افزایش ارتفاع گیاه مرزه نقش داشته است. محققین بیان داشتند که روی به عنوان یک فاکتور مهم و تأثیرگذار بر فعالیت آنزیم ترپتوفان سنتتاز می‌باشد و از آنجایی که اسید آمینه ترپتوفان به عنوان پیش ماده اکسین عمل می‌کند در نتیجه با افزایش تولید اکسین تشدید چیرگی انتهایی و افزایش رشد طولی شاخساره و کاهش تعداد شاخه جانبی و برگ دور از انتظار نخواهد بود (Nasiri et al., 2010). همچنین طی پژوهش‌های مختلفی بیان شده است که استفاده از عنصر روی سبب افزایش ارتفاع گیاه ریحان (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010)، ژرانیوم (*Pelargonium crispum*) (Jayasinghe et al., 2010)، جعفری (*Petroselinum crispum*)، پروانش (*Vinca minor*) و مریم گلی آبی (*Salvia farinacea*) (Nahed and Balbaa, 2007) گردیده است.

سطح برگ کل: شاخص سطح برگ کل تحت تأثیر تیمار کود آلی مرغی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین سطح برگ در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کود آلی مرغی بر سطح برگ مرزه

Figure 1- The effect of poultry pellet on the leaf area of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$)

دهد که کودهای آلی با قابلیت که در فراهم آوردن عناصر غذایی به خصوص نیتروژن دارند باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده و در نتیجه از طریق افزایش تعداد برگ‌های گیاه، باعث افزایش شاخص سطح برگ گیاه می‌شوند (Mengistu et al., 2017).

فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با مصرف کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند باعث طویل شدن سلول‌ها یا تقسیم سلولی شود که باعث افزایش اندازه برگ‌ها و در نتیجه افزایش سطح برگ می‌گردد (Hasanuzzaman et al., 2010). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد

جدول ۴- اثر متقابل کود پلت مرغی × سولفات روی بر ارتفاع شاخه اصلی، تعداد گره و طول ریشه مرزه

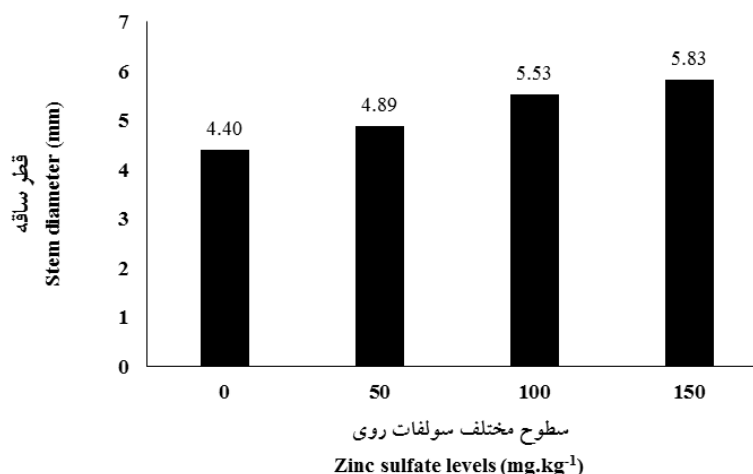
Table 4- The interaction effect of poultry pellet × zinc sulphate on the height of main stem, number of nodes and root length of *Satureja hortensis* L.

سولفات روی Zinc sulphate (mg.kg ⁻¹)	کود مرغی Poultry pellet (t.ha ⁻¹)	ارتفاع شاخه اصلی Height of main stem (cm)	تعداد گره Number of nodes	طول ریشه Root length (cm)
0	0	22.33 ^f	4.66 ^c	5 ⁱ
	3	34.50 ^{cd}	7 ^a	11.66 ^{e-h}
	6	30.26 ^e	5.66 ^{bc}	11 ^{f-h}
	9	33.10 ^{de}	5.66 ^{bc}	10.66 ^{gh}
50	0	34.60 ^{cd}	6.66 ^{ab}	10.33 ^h
	3	38.60 ^{ab}	7.33 ^a	14 ^{a-d}
	6	34.30 ^{cd}	6.33 ^{ab}	12.66 ^{c-f}
	9	38.06 ^{abc}	6.33 ^{ab}	14 ^{a-d}
100	0	32.63 ^{de}	7 ^a	13.33 ^{b-e}
	3	35.73 ^{bcd}	6.66 ^{ab}	11.66 ^{e-h}
	6	38.70 ^{ab}	6.33 ^{ab}	12.33 ^{d-g}
	9	40.03 ^a	7.33 ^a	12 ^{e-h}
150	0	33 ^{de}	6.66 ^{ab}	14.33 ^{abc}
	3	37.66 ^{abc}	5.66 ^{bc}	15 ^{ab}
	6	30.30 ^e	6.33 ^{ab}	12 ^{e-h}
	9	36.33 ^{a-d}	7.33 ^a	15.66 ^a

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$).

نیز بر گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum*) (Darzi et al., 2011) و استفاده از عنصر روی بر گیاه مریم گلی آبی سبب افزایش قطر ساقه گردیده است (Nahed and Balbaa, 2007) که این اثرات مثبت می‌تواند به دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت عناصر کم‌مصرف مانند روی در سنتز کلروفیل، فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم نوری در نتیجه افزایش قطر ساقه در پژوهش حاضر باشد.

قطر ساقه: در پژوهش حاضر، قطر ساقه گیاه مرزه با کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین قطر ساقه با ۵/۸۳ میلی‌متر مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بود که با تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک با اندازه ۵/۵۳ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). گزارش شده است که استفاده از عنصر روی و آهن



شکل ۲- تاثیر سطوح مختلف سولفات روی بر قطر ساقه مرزه

Figure 2- The effect of zinc sulphate on the stem diameter of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$)

خاک مشاهده شد که نسبت به شاهد ۲۱۳/۲ درصد افزایش داشت (جدول ۴). پژوهشگران این افزایش در طول ریشه را به بهبود

طول ریشه: در پژوهش حاضر بلندترین طول ریشه در تیمار ۹ تن کود آلی مرغی در هکتار +۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی بر اثر مصرف کودهای آلی نسبت دادند (Ibrahim et al., 2010). کمپوست دامی در بستر کشت گیاه زینتی جعفری (*Tagetes erecta*) به عنوان جایگزین پیت به کار گرفته شد. این ماده سبب افزایش طول ریشه شد (Jayasinghe et al., 2010).

وزن تر و خشک ریشه: وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵) که بیشترین وزن تر ریشه در تیمار ۹ تن کود آلی مرغی در هکتار + ۱۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک مشاهده شد که تفاوت معناداری با تیمار کود آلی مرغی ۹ تن در هکتار + سولفات روی ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک نداشت و بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار کود آلی مرغی ۶ تن در هکتار + سولفات روی ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. کودهای آلی می توانند با بهبود شرایط فیزیکی بستر کشت از قبیل بهبود وضعیت ساختمان خاک، میزان حجم خلل و فرج و بهبود شرایط تهویه‌ای و افزایش فعالیت ریزموجودات تولید کننده تنظیم کننده‌های رشد

گیاهی از قبیل هورمون اکسین باعث بهبود رشد ریشه گیاه شوند (Darzi et al., 2011). همچنین مصرف کودهای آلی به دلیل بالا بودن میزان کربن آلی و کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل و بهبود وضعیت تهویه خاک، باعث افزایش رشد ریشه‌ها شده و در اثر تسهیل در جذب مواد غذایی و آب، رشد نمو و عملکرد گیاه افزایش پیدا خواهد کرد (Hendawy, 2008). محققان در مطالعاتی نشان دادند، هنگامی که روی به صورت خاکی و یا محلول پاشی به گیاه داده شود، بلافاصله غلظت اکسین که در واقع هورمون تنظیم کننده رشد می باشد افزایش یافته در نتیجه میزان رشد گیاه افزایش می‌یابد (Malakouti, 2005). و در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئینها در گیاهان اثرگذار است (Hemant Ranjan, 1996) که می‌توان افزایش رشد ریشه و به دنبال آن افزایش در وزن ریشه را در گیاه مرزه به دلیل حضور عنصر روی نیز دانست.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود پلت مرغی و تغذیه سولفات روی بر برخی صفات در مرزه
Table 5- The ANOVA results (Mean Square) for the effect of poultry pellet and zinc sulphate on attributes of *Satureja hortensis* L.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر پیکر رویشی Leaf fresh weight	وزن خشک پیکر رویشی Leaf dry weight	نیترژن N	روی Zn
پلت مرغی Poultry pellet (A)	3	2.92**	0.73**	151.52**	35.72**	2.59**	1967.43**
سولفات روی Zinc sulphate (B)	3	3.62**	0.75**	400.06**	21.02**	1.33**	3710.72**
A×B	9	1.23**	0.08**	41.74 ^{ns}	5.74**	0.44**	782.78**
خطا Error	32	0.28	0.0094	32.44	0.24	0.0105	169.51
ضریب تغییرات C.V (%)		28.33	14.37	19.53	5.82	2.56	16.60

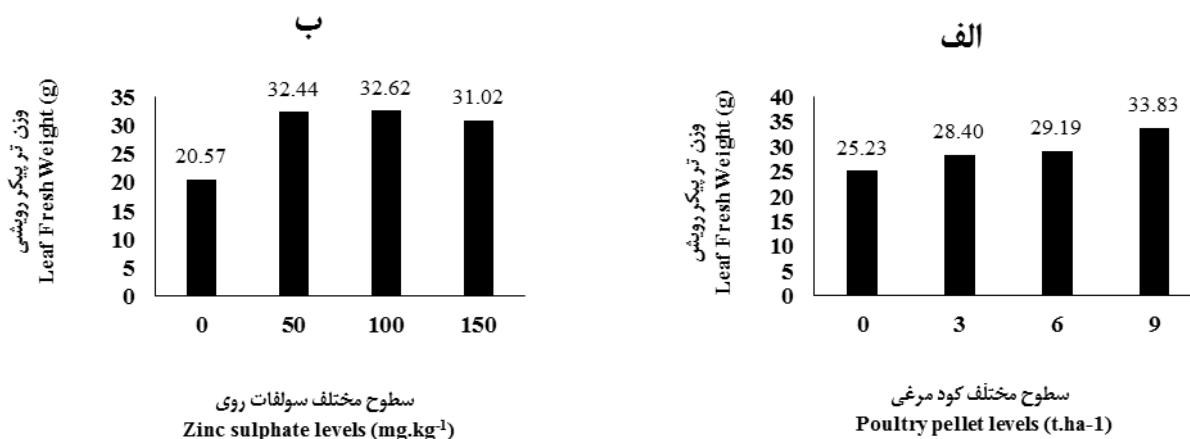
*, **, و^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار
*, **, and^{ns} significant at 5% and 1% of probability levels and non-ignificant; respectively

وزن تر و خشک پیکر رویشی: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر برهمکنش کود آلی مرغی و سولفات روی بر وزن تر پیکر رویشی معنی‌دار نبود اما اثر کود آلی مرغی و سولفات روی هر کدام به تنهایی وزن تر پیکر رویشی را تحت تأثیر قرار دادند و اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر وزن خشک پیکر رویشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. گزارش شده است که محلول پاشی گشنیز (*Coriandrum sativum*) با روی و آهن در مراحل رشد رویشی، گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار

وزن تر و خشک ساقه گردید و کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (Said Al-Ahl and Omer, 2009). نتایج مشابهی در رابطه با اثرات مثبت کودهای دامی به ویژه کودهای مرغی بر افزایش وزن خشک بوته گیاه دارویی بابونه (*Marticaria chamomilla*) گزارش شده است (Fallahi, 2009). محققان بیان کردند که استفاده از کود دامی به خصوص کود مرغی نسبت به کودهای شیمیایی، باعث افزایش صفات اندازه‌گیری شده از جمله ماده خشک اندام‌های هوایی، ماده خشک ساقه و ماده خشک برگ در گیاه

باشد که موجب شرایط بهتری برای رشد ریشه و جذب عناصر غذایی می‌شود (Ahmadian et al., 2009).

سیب‌زمینی گردید (Djilani Ghemam and Senoussi, 2013). دلیل آن ممکن است به علت تجزیه میکروبی کود مرغی در خاک



شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف کود مرغی (الف) و سولفات روی (ب) بر وزن تر پیکر رویشی مرزه

Figure 3- The effect of poultry pellet (A) and zinc sulphate (B) on the aerial organs fresh weight of *Satureja hortensis* L. (LSD, $p \leq 0.05$).

میزان فنل: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر میزان فنل در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین محتوای فنل در تیمار ۹ تن کود آلی مرغی در هکتار+۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک بود که نسبت به شاهد ۱۳۶/۳۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۸). کاربرد کودهای آلی به دلیل افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی به‌ویژه کربن و نیتروژن موجب افزایش ترکیبات فنلی می‌گردد (Ghorbanli et al., 2011). برای ساخت و سنتز ترکیبات فنولی، حضور کربوهیدرات‌ها لازم و ضروری می‌باشد. افزایش در مقدار کربوهیدرات‌ها، سبب افزایش سنتز ترکیبات فنولی می‌گردد که دلیل این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیشتر کربن به مسیر شیکمیک اسید (مسیر ساختن ترکیبات فنلی) باشد (Nguyen et al., 2010). از علت افزایش میزان فنل کل در اثر کاربرد روی نیز می‌توان اظهار داشت که عنصر روی بر بیان ژن‌های مسیر بیوسنتز فنل تأثیر می‌گذارد و در نتیجه میزان فنل کل افزایش می‌یابد. همچنین روی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های کربونیک آنیدراز و ریبولوز ۱۵ بی‌فسفات و افزایش محتوای کلروفیل، میزان فتوسنتز را افزایش داده و در نتیجه با افزایش متابولیسم قند در نهایت باعث افزایش متابولیسم فنل‌ها می‌شود (Song et al., 2015).

غلظت عناصر نیتروژن و روی موجود در برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر میزان عناصر موجود در برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان نیتروژن برگ در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار+۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم با افزایش ۸۲/۰۳ درصدی نسبت به شاهد به دست آمد و عنصر روی با افزایش ۲۲۲/۷۵ درصدی در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار+۱۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۶). کود مرغی یکی از کودهای آلی است که در ترکیب آن مقادیر زیادی نیتروژن و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود داشته که این عناصر را به‌صورت تدریجی در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Oyediji et al., 2014; Agbede et al., 2017). همچنین دارای عناصر ماکرو و میکرو (Zhou et al., 2005) می‌باشد. کودهای مرغی تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی خاک دارند. به لحاظ غنی بودن کود مرغی از اسید اوریک، ازت موجود در آن بسیار سریع‌تر از ازت سایر کودهای آلی مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد (Anwar et al., 2005). محققان تأکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش این عنصر در دانه و اندام هوایی گیاه می‌گردد (Balali et al., 2002). در پژوهش حاضر کاربرد کود مرغی و روی توانسته است محتوای نیتروژن و روی گیاه را افزایش دهند.

جدول ۶ - اثر متقابل کود پلت مرغی × سولفات روی بر وزن تر و خشک ریشه، وزن خشک پیکره رویشی و میزان نیتروژن و روی گیاه مرزه

Table 6- The interaction effect of poultry pellet × zinc sulphate root fresh and dry weight, shoot dry weight and the amount of N and Zn of *Satureja hortensis* L.

سولفات روی Zinc sulphate (mg.kg ⁻¹)	کود مرغی Poultry pellet (t.ha ⁻¹)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک پیکره رویشی Shoot dry weight (g)	نیتروژن N (%)	روی Zn (%)
0	0	0.77 ^f	0.14 ^h	2.64 ⁱ	2.95 ^k	47.82 ^f
	3	1.20 ^{ef}	0.27 ^{gh}	6.99 ^{gh}	3.81 ^{gh}	59.05 ^{ef}
	6	1.14 ^{ef}	0.33 ^{fg}	7.3 ^{gh}	3.68 ^{hi}	65.21 ^{def}
	9	1.29 ^{def}	0.69 ^{cd}	8.93 ^{def}	3.79 ^{gh}	71.37 ^{cde}
50	0	1.65 ^{c-f}	0.32 ^{fg}	7.46 ^{gh}	3.33 ^j	68.83 ^{c-f}
	3	2.17 ^{bcd}	0.59 ^{de}	9.33 ^{cde}	4.02 ^{ef}	72.82 ^{cde}
	6	1.95 ^{cde}	0.45 ^{ef}	8.93 ^{def}	4.60 ^c	73.91 ^{b-e}
	9	3.29 ^a	1.11 ^{ab}	10.03 ^c	5.37 ^a	75.72 ^{b-e}
100	0	1.19 ^{ef}	0.46 ^{ef}	7.49 ^g	3.52 ⁱ	69.92 ^{cde}
	3	1.24 ^{ef}	0.8 ^c	8.35 ^f	4.06 ^e	80.07 ^{b-e}
	6	3.04 ^{ab}	0.51 ^e	9.65 ^{cd}	4.86 ^b	81.88 ^{bcd}
	9	2.35 ^{bc}	0.96 ^b	11.47 ^b	4.18 ^{de}	83.33 ^{bcd}
150	0	1.96 ^{cde}	0.52 ^e	6.66 ^h	3.59 ⁱ	67.75 ^{c-f}
	3	2.50 ^{abc}	1.01 ^b	8.47 ^f	4.08 ^e	87.31 ^{bc}
	6	1.21 ^{ef}	1.25 ^a	12.60 ^a	4.31 ^d	94.92 ^b
	9	3.37 ^a	1.09 ^{ab}	8.79 ^{ef}	3.88 ^{fg}	154.34 ^a

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$)

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود پلت مرغی و تغذیه سولفات روی بر برخی صفات فیتوشیمیایی مرزه

Table 7- The ANOVA results (Mean Square) for the effect of poultry pellet and zinc sulphate on some phytochemical traits of *Satureja hortensis* L.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	فصل Total phenol	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	درصد اسانس Percentage of essential oils
پلت مرغی Poultry pellet (A)	3	0.014*	0.011**	0.13**	812325.96**	0.0014**
سولفات روی Zinc sulphate (B)	3	0.077**	0.014**	0.05**	444806.49**	0.00092**
A×B	9	0.025**	0.0051**	0.004**	70101.80**	0.00085**
خطا Error	32	0.005	0.0011	0.00041	16690.32	0.000028
ضریب تغییرات C.V (%)		29.99	16.73	5.67	6.90	8.93

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

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

قرار گرفت به طور مستقیم در تشکیل ترکیبات گیاه از جمله متابولیت‌های ثانویه تأثیر گذاشته است. علت افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی کل در اثر کاربرد روی هم می‌تواند به این دلیل باشد که عنصر روی از طریق محافظت پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی در برابر رادیکال‌های آزاد و سایر محصولات حاصل از واکنش‌های احیایی درون سلولی باعث حفظ تمامیت غشای سلول‌ها می‌شود (Alloway, 2008).

فعالیت آنتی اکسیدانی: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) اثر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها بر میزان آنتی اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. افزایش ۱۶۳/۶۳ درصدی تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار + ۱۰۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک حاکی از مؤثر بودن تیمار مذکور بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه مرزه می‌باشد (جدول ۸). به نظر می‌رسد مواد مختلف که در کود دامی برای تغذیه گیاه مورد استفاده

کودهای حاوی روی (نانو کلات روی و سولفات روی) باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ در ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) گردید (Moghimi et al., 2014).

اسانس: نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که گیاه مرزه تحت تأثیر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها قرار گرفت و تیمار ۶ تن کود مرغی در هکتار + ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با ۲۶۱/۵۳ درصد افزایش نسبت به شاهد حاوی بیشترین درصد اسانس بود (جدول ۸). در بررسی کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست بر گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) ملاحظه شد که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه و همراه با دیگر کودهای آلی، سبب بهبود عملکرد و کیفیت اسانس این گیاه شد (Moradi et al., 2011). پژوهشگران دریافته‌اند که روی در فتوسنتز، تثبیت دی‌اکسیدکربن و متابولیسم ساکاریدها دخالت دارد و لذا نقش این عنصر در تأثیر بر تجمع اسانس می‌تواند مهم باشد (Srivastava et al., 1997). گزارش شده است که محلول‌پاشی روی موجب افزایش عملکرد اسانس و رشد گیاه دارویی ریحان تحت تنش شوری نسبت به تیمار شاهد شده است (Said Al-Ahl and Mahmoud, 2010).

کلروفیل کل و کاروتنوئید: با توجه به نتایج پژوهش حاضر کلروفیل کل و کاروتنوئید تحت تأثیر کود آلی مرغی، سولفات روی و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. کلروفیل در تیمار ۶ تن کود مرغی در هکتار + ۱۵۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم، افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد نشان داد و بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمار ۹ تن کود مرغی در هکتار + ۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم با ۱۴۶/۱۸ درصد افزایش نسبت به شاهد، مشاهده شد (جدول ۸). با توجه به ارتباط مستقیم بین نیتروژن و رنگیزه‌های برگ، کود آلی به تدریج، نیتروژن آزاد می‌کند در نتیجه سبب افزایش میزان رنگیزه می‌شود (Munns and Tester, 2008). کودهای آلی به واسطه داشتن عناصر مغذی و تأمین آب در دسترس گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل می‌شوند که می‌تواند دلیلی بر افزایش محتوای کلروفیل گیاهان مرزه در پژوهش حاضر باشد. عنصر روی به دلیل نقش مهمی که در متابولیسم پروتئین‌ها و آنزیم‌ها و همچنین رنگدانه‌های فتوسنتزی دارد می‌تواند باعث افزایش توان فتوسنتزی و تولید محصول شود (Rosen et al., 1977). طبق گزارش برخی از محققین، کاربرد

جدول ۸- اثر متقابل کود پلت مرغی × سولفات روی بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی مرزه

Table 8- The interaction effect of poultry pellet × zinc sulphate on some phytochemical traits of *Satureja hortensis* L.

سولفات روی Zinc sulphate (mg.kg ⁻¹)	کود مرغی Poultry pellet (t.ha ⁻¹)	فنل کل Total phenol (mg.g ⁻¹ DW)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g ⁻¹ DW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g ⁻¹ DW)	اسانس Essential oils (%)
0	0	0.22 c-h	0.11 g	0.08 ^l	917.8 ^j	0.026 ^k
	3	0.28 b-e	0.16 efg	0.33 ^{hi}	1861.4 e-h	0.065 ^{def}
	6	0.24 c-g	0.23 bcd	0.34 ^{gh}	1825 ^{fgh}	0.060 ^{fgh}
	9	0.33 bc	0.23 bcd	0.34 ^{gh}	1842.1 ^{fgh}	0.042 ^j
50	0	0.37 b	0.19 c-f	0.18 ^k	1599.5 ⁱ	0.071 ^{cd}
	3	0.15 fgh	0.19 c-f	0.35 ^{fgh}	1882.8 d-g	0.079 ^{bc}
	6	0.29 bcd	0.18 def	0.38 ^{ef}	1872 ^{e-h}	0.085 ^b
	9	0.52 a	0.18 def	0.37 ^{efg}	2012.8 b-f	0.029 ^k
100	0	0.27 b-f	0.22 b-e	0.24 ^j	1662.8 ^{hi}	0.052 ^{hi}
	3	0.18 d-h	0.24 abc	0.42 ^d	1936.4 c-g	0.079 ^{bc}
	6	0.18 d-h	0.26 ab	0.45 ^c	2059.5 a-e	0.061 ^{efg}
	9	0.13 gh	0.29 a	0.49 ^b	2259.5 ^a	0.064 ^{d-g}
150	0	0.12 h	0.15 fg	0.29 ⁱ	1776.2 ghi	0.056 ^{ghi}
	3	0.18 d-h	0.23 bcd	0.46 ^{bc}	2089.5 a-d	0.05 ^{ij}
	6	0.14 gh	0.12 g	0.54 ^a	2142.8 abc	0.094 ^a
	9	0.16 e-h	0.25 ab	0.4 ^{de}	2182.8 ab	0.07 ^{de}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد با استناد از آزمون LSD ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$)

خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه در مقایسه با بستر کشت شاهد (بدون کود) گردید. به‌طوری‌که بیشترین وزن تر پیکر رویشی در کود مرغی ۹ تن در هکتار مشاهده شد که با کود مرغی ۶ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. افزایش ۱۶۳/۶۳ درصدی تیمار کود مرغی ۹ تن در هکتار + ۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد کاربرد کود آلی پلت مرغی به همراه سولفات روی به دلیل بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت و افزایش جذب بهتر عناصر غذایی باعث بهبود

اسانس موجود در تیمار شاهد بود. بالاترین محتوای فنل نیز در تیمار کود آلی مرغی ۹ تن در هکتار + ۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک، با ۱۳۶/۳۶ درصد افزایش به دست آمد. بنابراین تلفیق کود آلی و شیمیایی با نسبت‌های مناسب به عنوان بهترین تیمار کودی معرفی و پیشنهاد می‌گردد.

خاک نسبت به شاهد نیز حاکی از مؤثر بودن تیمار مذکور بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی گیاه مرزه می‌باشد. بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوستتزی نیز از تیمار تلفیق کود مرغی و سولفات روی به دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از تیمار کود آلی (پلت مرغی) ۶ تن در هکتار به همراه ۱۵۰ میلی گرم سولفات روی در کیلوگرم خاک، بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد که ۲/۵ برابر میزان

منابع

1. Abad, M.J., Bermejo, P., & Gonzles, E. (1999). Antiviral activity of Bolivian plant extracts. *General Pharmacology* 32: 499-503. [https://doi.org/10.1016/S0306-3623\(98\)00214-6](https://doi.org/10.1016/S0306-3623(98)00214-6).
2. Agbede, T.M., Adekiya, A.O., & Eifediyi, E.K. (2017). Impact of poultry manure and NPK fertilizer on soil physical properties and growth and yield of carrot. *Journal of Horticultural Research* 25: 81-88. <https://doi.org/10.1515/johr-2017-0009>.
3. Ahmadian, A., Ghanbari, A., & Galavi, M. (2009). The interaction effect of water stress and animal manure on yield components, essential oil and chemical compositions of *Cuminum cyminum*. *Iranian Journal of Field Crops Research* 40(1): 173-180. (In Persian with English Abstract)
4. Alloway, B.J. (2008). *Zinc in soils and crop nutrition*. 2nd edition, publishers: Zinc Association (IZA) and International Fertilizer Industry. Association (IFA). Brussels, Belgium and Paris, pp: 139.
5. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., & Khanuja, S.P.S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36(13): 1737-1746. <https://doi.org/10.1081/CSS-200062434>.
6. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
7. Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., & Rezaii, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in (*Satureja hortensis* L.). *Flavour and Fragrance Journal* 17: 275-277. <https://doi.org/10.1002/ffj.1097>.
8. Balali, M.R., Malakouti, M.J., Ziyaian, A., Khoogar, Z., Farajnia, A., Kalhor, M., Agha Lotfollahi, M., Golchin, A., Azizi, M., Ghaderi, J., & Kazemi, M. (2002). Effects of different 9- methods of micronutrient application on the uptake of nutrients in wheat grains in different provinces of Iran. *Soil and Water Sciences* 15(2): 140-153. (In Persian with English Abstract)
9. Baybordi, A. (2006). *Zinc in Soil and Crop Nutrition*. Parivar Press, Tehran, p. 179.
10. Darzi, M.T, Hadjseyed, Hadi, M.R., & Rejali, F. (2011). Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 26(4): 452-465. (In Persian with English Abstract)
11. Djilani Ghemam, A., & Senoussi, M.M. (2013). Influence of organic manure on the vegetative growth and tuber production of potato (*Solanum tuberosum* L. var. spunta) in a Sahara desert region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 22: 2724-2731.
12. Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., Nabavi, S., & Eslami, M. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Central European Journal of Biology* 5: 338-345. <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0013-5>.
13. Emam, Y. (2008). *Water Relation in Plant*. In: Koocheki, A. & Khaje Hosseini, M., Eds. Modern Agronomy. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, 163-187.
14. Fallahi, J. (2009). *The effects of biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of German chamomile*. Master's Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract)
15. Farzaneh, A., Ghani, A., & Azizi, M. (2010). The effect of water stress on morphological characteristics and essential oil content of improved sweet basil (*Osimum basilicum* L.). *Journal of Plant Production* 17(1): 103-111. (In Persian with English Abstract)
16. Fazelian, N., & Asrar, Z. (2011). Interaction of arsenic and salicylic acid on growth and some physiological indexes chamomile. *Plant Biology* 8: 12-17.
17. Fernandez, R., Scull, R., Gonzales, J.L., Crespo, M., Sanchez, E., & Carballo, C. (1993). *Effect of fertilization on yield and quality of (Matricaria recutita L.) (Chamomile)*. Aspects of mineral nutrition of the crop. *Memorias* 11th Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo, Berlin, Germany, 891-894.

18. Gardner, F.P., Valle, R., & Mccloud, D.E. (1990). Yield characteristics and ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agronomy Journal* 82: 864-868.
19. Ghorbanli, M., Saadatmand, L., & Niakan, M. (2011). *Study the effects of natural habitats on flavonoids poly phenols, anthocyanin and their related antioxidant activity in Elaeagnus agustifolia*. The first congress on advanced Agricultural finding, Islamic Azad University Saveh, Iran. (In Persian)
20. Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U., Rahmatullah, N.M., Akhter, N., Nahar, K., & Rahman, M.L. (2010). Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 22: 46-58.
21. Hemant Ranjan, A. (1996). Physiology and biochemical significance of zinc in plants. *Advancement in Micronutrient Research* 151-178.
22. Hendawy, S.F. (2008). Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago arenaria*. *Plant Journal of Applied Science Research* 4(5): 500-506.
23. Ibrahim, M., Hassan, A.U., Arshad, M., & Tanveer, A. (2010). Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. *Soil Land Environment* 29: 47-52.
24. Jadhav, A.B., Kadlag, A.D., Patil, V.S., Deshpande, A.N., & Durgude, A.G. (2013). Response of garlic to integrated nutrient management based on targeted yield concept in inceptisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 61(4): 347-350.
25. Jayasinghe, G.Y., Liyana Arachchi, I.D., & Tokashiki, Y. (2010). Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant production as a peat alternative. *Resources Conservation and Recycling* 54: 1412-1418. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.06.002>.
26. Malakouti, M.J. (2005). *Micro Elements role in increasing yield and improving quality of agricultural products*. Third Edition. Tarbiat Modares Publication.
27. Malakouti, M.J., & Tehrani, M.M. (1999). *Effect of micronutrients application on yield and quality of agricultural products*. Training and Processing of Medicinal Plants, Astan Quds Razavi Publications, 397.
28. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K.W., Oldetsadik, K., Shimelis, B., & Yadav, H. (2017). The integrated use of excreta-based vermicompost and inorganic NP fertilizer on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit yield, quality and soil fertility. *International Journal of Recycling* 6: 63-77.
29. Moghimipour, Z., Mahmoodi-Sourestani, M., Alamzade-Ansari, N., & Ramezani, Z. (2014). *Effects of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on chlorophyll content, photosynthetic parameters, essential oil content, and yield of holy basil (Ocimum sanctum)*. 3rd National Congress on Medicinal Plants, Mashhad, Iran. (In Persian)
30. Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., & Nejad Ali, A. (2011). The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science* 25(1): 25-33.
31. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>.
32. Nahed, G.A., & Balbaa, L.K. (2007). Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering, and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. *Journal of Applied Sciences Research* 3(11): 1479-1489.
33. Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Najafi, N., & Hassemigolezani, K. (2010). Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of Chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Journal of Medicinal Plants Research* 4(17): 1733-1737. <https://doi.org/10.5897/JMPR10.083>.
34. Nguyen, P.M., Kwee, E.M., & Niemeyer, E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry* 123: 1235-1241. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.092>.
35. Oyediji, S., Animasaun, D.A., Bello, A.A., & Agboola, O.O. (2014). Effect of NPK and poultry manure on growth, yield, and proximate composition of three amaranthus. *Journal of Botany* 2014: 1-6. <https://doi.org/10.1155/2014/828750>.
36. Rosen, A., Pike, S., & Golden, L. (1977). Zinc, iron, and chlorophyll metabolism in zinc-toxic corn. *Plant Physiology* 59(6): 1085-1087. <https://doi.org/10.1104/pp.59.6.1085>.
37. Said Al-Ahl, H.A., & Mahmoud, A. (2010). Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum*) under salt stress. *Ocean Journal of Applied Sciences* 3(1): 97-111.
38. Said Al-Ahl, H.A., & Omer, E.A. (2009). Effect of spraying with zinc and/or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. *Medicinal Food Plants* 1(2): 30-46.
39. Sharaf, A.I., & El-Naggar, A.H. (2003). Response of Carnation plant to phosphorus and boron foliar fertilization

- under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Research* 48(1): 147-158
40. Singh, K.V., Kumar, S., & Kumar, M. (2014). Response of different doses of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Annals of Horticulture* 7(2): 159-161.
 41. Slinkard K., & Singleton V.L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55.
 42. Song, C.Z., Liu, M.Y., Meng, J.F., Chi, M., Xi, Z.M., & Zhang, Z.W. (2015). Promoting effect of foliage sprayed Zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolic in berries of *Vitis vinifera* cv. Merlot growing on Zinc deficient soil. *Journal of Molecules* 20: 2536-2554. <https://doi.org/10.3390/molecules20022536>.
 43. Srivastava, N.K., Misra, A., & Sharma, S. (1997). Effect of Zn deficiency on net photosynthetic rate, C₁₄ partitioning, and oil accumulation leaves of peppermint. *Photosynthetica* 33: 71-79.
 44. Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., & Jahan, M. (2010). Comparing the effects of organic and chemical fertilizers on yield and content essential oil of basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agroecology* 2(1): 63-74. (In Persian with English Abstract)
 45. Tavassoli, A., Ghanbari, A., & Ahmadian, A. (2010). Effect of zinc and manganese nutrition on fruit yield and nutrient concentrations in greenhouse tomato in hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 1(1): 1-7.
 46. William, T. (1972). Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry (Perkin Elmer Corp.). *Journal of Chemical Education* 49: 4. <https://doi.org/10.1021/ed049pA250.2>.
 47. Zhou, D.M., Hao, X.Z., Wang, Y.J., Dong, Y.H., & Cang, L. (2005). Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere* 59: 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.008>.



Maintaining the Postharvest Quality and Reducing the Browning of *Narcissus* cv. 'Shahla-e-Shiraz' Cut Flowers Using Sodium Nitroprusside

M. Shahabi¹, S. Rastegar^{2*} 

Received: 25-02-2021

Revised: 17-10-2021

Accepted: 18-10-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Shahabi, M., & Rastegar, S. (2023). Maintaining the Postharvest Quality and Reducing the Browning of *Narcissus* cv. 'Shahla-e-Shiraz' Cut Flowers Using Sodium Nitroprusside. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 777-789. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.69103.1028](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.69103.1028)

Introduction

Narcissus (*Narcissus tazetta*) has high demand in flora markets due to its beauty, having a multi-floret flowerhead and delicate fragrance. The appearance quality and vase life of cut flowers decreased after harvest due to flower senescence, loss of petals turgor, reduced water absorption, transpiration, fresh weight loss, and reduced water potential which reduces the economic and ornamental value of flowers at the consumer. One of the important reasons for the poor postharvest quality of *Narcissus tazetta* is the loss of turgor and their high sensitivity to browning of the petals. Browning mechanisms are chemically divided into enzymatic and non-enzymatic browning reactions. Enzymatic browning, which causes important reactions and discoloration, is one of the important factors affecting the quality and shelf life of fresh produce. Previous studies have shown that the activity of polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) is positively correlated with browning during the postharvest storage of fruits and vegetables. Nitric oxide (NO) is recognized as a biological messenger in plants. It is a highly reactive gaseous free radical. Optimum NO levels could delay the climacteric phase of many tropical fruits and prolong the post-harvest shelf life of a wide range of horticultural crops by preventing ripening and senescence. Nitric oxide also could prevent the activity of PPO, phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and POD, and keep the highest activity of superoxide dismutase (SOD).

Materials and Methods

Narcissus (*Narcissus tazetta* L. cv. Shahla e-Shiraz) cut flowers at their commercial maturity stage (Goose-neck) were harvested from a production field in Fars province and then they were transported to the laboratory. Healthy and uniform cut flowers with the same number of buds, a similar size and growth status were selected. Cut flowers were subjected to pulsed treatment of sodium nitroprusside for 24 hours on two levels (25 and 50 μ M) and then kept in containers. Samples were stored at 20 ± 2 °C, relative humidity of 70-60%, with light cycle of 12 hours light and 12 hours dark. In this experiment, various physiological and biochemical indices including apparent quality (wilting index), cell membrane stability index (%), petal relative water content (%), color index and browning using a colorimeter, relative weight using digital scale (g), flower diameter, PPO and POD were examined.

Results and Discussion

Sodium nitroprusside treatment reduced the browning process by reducing the activity of POD and PPO enzymes. The effect of sodium nitroprusside was concentration-dependent. Sodium nitroprusside maintains membrane stability by protecting the membrane and preventing lipoxygenase activity and scavenging free radicals that have attacked the membrane. Sodium nitroprusside-maintained flower diameter due to its role in eliminating free radicals, delaying the aging process and maintaining flower quality. Discoloration and browning reactions of cut flowers reduce their appearance quality, leading to economic loss. The browning of the petals due to senescence is one of the important factors limiting the vase life of narcissus. It has been shown that PPO

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor of Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Islamic Republic of Iran, respectively.

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

and POD are the key enzymes for the oxidation of the phenolic substrate (especially simple phenols) and the production of the brown compounds. It has also been suggested that the stability index of the cell membrane, which represents the ion leakage of the tissues, is diminished extremely as the longevity is increased. Another effective factor in determining the quality and vase life of cut flowers is the water-holding ability and water balance of the cut flowers petals. Changes in the cut flower fresh weight could also be regarded as one of the most important postharvest physiological disorders that affected the quality, vase life and commercial value of the cut flowers. Fresh weight loss, which is one of the most important reasons for the wilting of the flowers, is due to the less water uptake and more respiration rate.

Conclusion

Sodium nitroprusside treatment maintained the quality of *Narcissus tazetta* L. cv. Shahla e-Shiraz by increasing the relative water content of the petals and maintaining the cell stability index, as well as reducing the activity of browning enzymes (PPO and POD). Of course, the concentration used was very important. The best results were observed at lower concentrations (25 μ M) of sodium nitroprusside.

Keywords: Membrane stability, Nitric oxide, Peroxidase activity, Polyphenol oxidase, Postharvest



حفظ کیفیت و کاهش قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شهلا‌ی شیراز' با استفاده از سدیم‌نیتروپروساید

معظمه شهابی¹ - سمیه رستگار^{2*}

تاریخ دریافت: 1399/12/07

تاریخ پذیرش: 1400/07/26

چکیده

یکی از عمده‌ترین مشکلات در مرحله پس‌از برداشت گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شهلا‌ی شیراز' (*Narcissus tazetta* L.cv. Shahla-e-Shiraz)، کوتاه بودن عمر پس‌از برداشت آن است که به‌طور عمده به‌دلیل پژمردگی و قهوه‌ای شدن سریع گلبرگ‌های آن می‌باشد. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تیمار سدیم‌نیتروپروساید بر حفظ کیفیت و جلوگیری از فرآیند قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس انجام شد. آزمایش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌صورت فروبری کوتاه‌مدت در سدیم‌نیتروپروساید در دو غلظت (25 و 50 میکرومولار) به‌مدت 24 ساعت بر روی گل‌های شاخه‌بریده نرگس انجام شد. محلول ساکارز 2 درصد و همچنین آب‌مقطر به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. در این آزمایش شاخص‌های مختلف بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین کیفیت ظاهری گل (3/03) و بیشترین محتوی نسبی آب گلبرگ (43/1 درصد) در پایان آزمایش در گل‌های تیمار شده با 25 میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید مشاهده شد. کمترین میزان قهوه‌ای شدن (22/3 درصد) و تغییرات رنگ (ΔE) و بیشترین روشنایی رنگ گلبرگ‌ها (L^*) (35/47) نیز در تیمار 25 میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید مشاهده شد. تیمار 25 میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز را به یک پنجم نسبت به شاهد کاهش داد. این غلظت همچنین تأثیر معنی‌داری در کاهش نشت یونی و حفظ پایداری غشای سلولی (73/3 درصد) نسبت به شاهد (69/5 درصد) داشت. نتایج نشان داد که غلظت مناسب سدیم‌نیتروپروساید با حفظ محتوی نسبی آب گلبرگ، کاهش نشت یونی و حفظ پایداری غشای سلولی و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) نقش موثری در مهار فرایند قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس داشت.

واژه‌های کلیدی: پایداری غشاء، پس‌از برداشت، پلی‌فنل اکسیداز، فعالیت پراکسیداز، نیتریک‌اکسید

مقدمه

متعلق به نواحی مدیترانه شامل اسپانیا، پرتغال، جنوب غرب فرانسه، شمال آفریقا، شرق یونان و چین می‌باشد (Hanks, 2002). نرگس‌های بومی ایران در نواحی جنوبی از غرب تا شرق ایران به‌خصوص فارس، بوشهر، بهبهان، کرمان و خراسان جنوبی رویش دارند. گلدهی این گونه از اوسط پاییز تا اواسط زمستان صورت می‌گیرد (Chehraz, 2007). گل شاخه‌بریده نرگس دارای عمر پس‌از برداشت کوتاهی بوده که بیشتر به‌دلیل پژمردگی و قهوه‌ای شدن سریع گلبرگ‌ها می‌باشد (Jowkar, 2005).

به‌طور کلی عواملی مانند پژمردگی (پیری و قهوه‌ای شدن گل‌ها) در اثر تنش، بسته شدن انتهای ساقه و وجود میکروارگانیسم‌ها در محلول نگهدارنده از دلایل اصلی کاهش طول عمر پس‌از برداشت

گل نرگس شیراز با نام علمی (*Narcissus tazetta*) گیاهی تک‌لپه، سوخ‌دار و دائمی و از نظر گیاه‌شناسی متعلق به خانواده نرگیان (Amaryllidaceae) می‌باشد. این گونه یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی است که به‌عنوان گل شاخه‌بریده، گلدانی و باغچه‌ای استفاده می‌شود (Jowkar and Sticklen, 2008). گل نرگس عمدتاً

1 و 2 - به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

(Email: rastegarhort@gmail.com)

DOI: 10.22067/jhs.2021.69103.1028

(*) - نویسنده مسئول:

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمار

گل‌های نرگس رقم 'شهلا شیراز' مورد نیاز این آزمایش در مرحله گردن غازی، از نرگس‌زارهای بخش خفر، از توابع شهرستان جهرم واقع در جنوب شرقی استان فارس برداشت و در جعبه‌هایی همراه با پوشش کاغذی، به آزمایشگاه پس‌از برداشت انتقال داده شد. ابتدا تمامی ساقه‌ها با استفاده از تیغ (ضد عفونی شده با هیپوکلریت 2 درصد) در زیر آب به صورت مورب در ارتفاع یکسان (30 سانتی‌متر) قطع شدند. گل‌های شاخه‌بریده به مدت 24 ساعت تحت تیمار فروبری کوتاه مدت در سدیم‌نیتروپروساید (شرکت سیگما الدریج - هند) در دو سطح (25 و 50 میکرومولار) قرار گرفتند. سپس به ظروف 500 میلی‌لیتر حاوی محلول آب مقطر و ساکارز 2 درصد برای ارزیابی منتقل شدند. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار و 2 شاخه گل در هر تکرار انجام گردید. محلول ساکارز 2 درصد و همچنین آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند.

شرایط محیطی: نمونه‌ها در دمای 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 60-70 درصد، با سیکل نوری 12 ساعت روشنایی و 12 ساعت تاریکی نگهداری شدند.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک: در این آزمایش شاخص‌های مختلف فیزیولوژیکی شامل کیفیت ظاهری، محتوای نسبی آب گلبرگ، شاخص رنگ و قهوه‌ای شدن، وزن تر نسبی، قطر گل و شاخص‌های بیوشیمیایی شامل شاخص پایداری، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و آنزیم پراکسیداز مورد بررسی قرار گرفت.

کیفیت ظاهری: با شروع آزمایش در روزهای 1، 3، 6 و 9 ارزیابی کیفیت ظاهری به صورت امتیازدهی انجام شد. کیفیت گل‌های نرگس تا زمانی که گلبرگ‌ها تورژسانس و شادابی خود را کامل از دست دادند (شاخص پژمردگی) برحسب روز ثبت گردید. بدین صورت که اندازه‌گیری کیفیت ظاهری براساس امتیازدهی از عدد 1 تا 4، (4- کیفیت عالی)، (3- کیفیت خوب)، (2- کیفیت متوسط) و (1- کیفیت ضعیف) ارزیابی شد (Clark et al., 2010).

محتوای نسبی آب گلبرگ (RWC): برای محاسبه درصد آب در گلبرگ‌های تازه، ابتدا از هر تکرار (2 شاخه گل) 0/2 گرم گلبرگ معادل (4 گلبرگ) تازه در مقیاس دیجیتال با دقت 0/0001 گرم وزن شد (FW) و سپس نمونه‌ها به مدت 5 ساعت به آب مقطر در محیط تاریک منتقل شده و سپس با کاغذ صافی خشک گردیدند و وزن آنها مجدداً ارزیابی شد (TW). در نهایت نمونه‌ها در فویل آلومینومی به مدت یک ساعت در دمای 75 درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند

گل‌های شاخه‌بریده محسوب می‌شوند (Jowkar, 2005). یکی از عوامل مهم در کاهش ارزش اقتصادی و محدودیت در ماندگاری محصولات کشاورزی، قهوه‌ای شدن می‌باشد. طی فرآیند پیری، آسیب‌های مکانیکی، سرمازدگی، تنش‌های دمایی و آلودگی‌های میکروبی، سبب ایجاد عارضه قهوه‌ای شدن در محصولات می‌شود. در زمان پیری و تنش‌های مختلف، رادیکال‌های فعال مانند هیدروژن پراکسید شده، رادیکال هیدروکسیل و آنیون سوپراکسید تولید می‌شوند که باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی و در نتیجه تخریب و از هم‌پاشیدگی غشای اندامک‌های مختلف سلول و در نهایت تماس آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز با سوبسترهای فنلی و ایجاد پلی‌فنل‌های قهوه‌ای می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که قهوه‌ای شدن آنزیمی به علت اکسیداسیون ترکیبات فنلیک به ا-کوئینون‌ها و ایجاد پلیمرهای قهوه‌ای رنگ می‌باشد (Singh et al., 2018). برخی مواد شیمیایی مختلف جهت افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده و حفظ کیفیت ظاهری آنها در مدت زمان طولانی‌تر استفاده شده است. سدیم‌نیتروپروساید (SNP) ماده‌ای شیمیایی است که اخیراً برای افزایش عمر پس‌از برداشت تولیدات باغبانی به‌ویژه گل‌های شاخه‌بریده استفاده می‌شود و به عنوان یک مولکول سیگنالی مهم در گیاهان شناخته شده است (Meena and Afjal Ahmad, 2016). این ترکیب نقش مهمی در مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارد (Zhu et al., 2022; Salehi-Sardoei and Khalili, 2022). بطوری که با افزایش مکانیسم مهار گونه‌های فعال اکسیژنی از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، ثبات غشاء و تنظیم ژن‌های مرتبط با پیری باعث افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده گلابول شده است (Dwivedi et al., 2016). سدیم‌نیتروپروساید بسته به غلظت، بافت و سن گیاه و نوع تنش وارده می‌تواند دارای نقش دوگانه سمی یا حفاظتی باشد. در پژوهشی (Zeng et al., 2011) اثرات مثبت غلظت 0/1 میلی‌مولار سدیم‌نیتروپروساید در حفظ کیفیت و افزایش عمر گلجایی گل میخک را گزارش دادند. همچنین در پژوهشی علی‌پور و همکاران (Alipour et al., 2014) نشان دادند که تیمار سدیم‌نیتروپروساید به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان با سم‌زدایی رادیکال‌های آزاد اکسیژن، در غلظت‌های 0/1، 0/5 و 1 میکرومولار در نرگس کم‌پر و تنها در غلظت 0/1 میکرومولار در نرگس پرپر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) را کاهش داده و پیری را به تأخیر انداخت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که تیمار سدیم‌نیتروپروساید می‌تواند در تنظیم فرایند پیری گیاه نقش داشته باشد. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات کاربرد سدیم‌نیتروپروساید و تعیین غلظت مناسب به منظور حفظ کیفیت و کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس در جهت کاربرد تجاری در مرحله پس‌از برداشت بود.

آنزیم مقدار 0/1 گرم از گلبرگ فریز شده در 1 میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم 50 میلی‌مولار (PH=7) عصاره‌گیری و سپس در 15000 دور و دمای 4 درجه‌سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه سانتریفیوژ گردید. سنجش آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) با استفاده از روش کار و میشر (Kar and Mishra, 1976) با کمی تغییر اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ابتدا 0/0504 گرم از ماده پیروگالل را در 20 میلی‌لیتر آب مقطر حل گردید و سپس به محلول بافر فسفات اضافه گردید. برای هر بار سنجش، 40 میکرولیتر از عصاره استخراج را به 80 میکرولیتر بافر آماده اضافه و منحنی جذب در طول موج 420 نانومتر را در بازه زمانی 0، 1، 2، و 3 دقیقه و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد.

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD): سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش لیانگ و همکاران (Liang et al., 2018) با کمی تغییرات انجام شد. ابتدا 161 میکرولیتر گایاگول به همراه 17 میکرولیتر پراکسید هیدروژن (H₂O₂) به بافر فسفات اضافه گردید. برای هر بار سنجش، 33 میکرولیتر از عصاره را به 1000 میکرولیتر بافر اضافه شد. سپس جذب در طول موج 470 نانومتر در بازه زمانی صفر، 20، 40 و 60 ثانیه، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد.

واکاو آماری: داده‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ($p < 0.05$) انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

کیفیت ظاهری: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری و تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان، تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد بر شاخص کیفیت ظاهری گل شاخه‌بریده نرگس داشت. با گذشت زمان کیفیت گل‌های تیمار شده و شاهد به تدریج کاهش یافت اما تمامی غلظت‌های انتخابی سدیم‌نیتروپروساید مورد استفاده در طول آزمایش از کیفیت بالاتری در مقایسه با شاهد (آب مقطر و ساکارز) برخوردار بودند. در پایان آزمایش (روز نهم) بیشترین کیفیت ظاهری (3/03) مربوط به تیمار سدیم‌نیتروپروساید 25 میکرومولار بود و کمترین کیفیت (1/89) مربوط به شاهد آب مقطر بود (شکل 1).

مهمترین عامل بازارپسندی گل‌های شاخه‌بریده کیفیت ظاهری آن می‌باشد و عواملی مانند رنگ، عطر و تازگی، کیفیت گل‌های شاخه‌بریده را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نتایج مطالعات انجام شده روی

تا وزن خشک آنها نیز از طریق توزین به دست آید (DW). محتوای نسبی آب از طریق رابطه 1 محاسبه گردید:

$$RWC (\%) = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \times 100 \quad (1)$$

شاخص‌های رنگ و میزان قهوه‌ای شدن گلبرگ: فاکتورهای مختلف رنگ گلبرگ با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Minolta CR-400, Japan) اندازه‌گیری شد. سپس تغییرات کلی رنگ (رابطه 2) و شاخص قهوه‌ای شدن گلبرگ‌ها (رابطه 3) براساس اندازه‌گیری شاخص‌های L* (روشنایی)، a* (آبی تا زرد) و b* (سبز و قرمز) تعیین شد (Granato and Masson, 2010):

$$\Delta E^* = [(L2^* - L1^*)^2 + (a2^* - a1^*)^2 + (b2^* - b1^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$Browning Index (BI) = [100(x-0.31)] / 0.17 \quad (3)$$

$$\text{where, } X = (a^* + 1.75 L^*) / (5.645 L^* + a^* - 3.012 b^*) \quad (4)$$

اندازه‌گیری قطر گل: قطر گل به وسیله کولیس دیجیتالی برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

وزن تر نسبی: وزن تر نسبی شاخه‌های گل از رابطه 5 به دست آمد. که در این رابطه: W_t - وزن تر ساقه (g) در روزهای 3، 6، 9 و W_0 - وزن همان ساقه در روز صفر بود.

$$W_t = 0 - W_0 \quad (5)$$

شاخص پایداری غشای سلولی (MSI)³: شاخص پایداری غشای سلولی از طریق نشت الکترولیتی ارزیابی شد. ابتدا یک گرم از بافت گلبرگ را با استفاده از تیغ از قبل استریل شده به قطعات هم‌اندازه و هم‌شکل خرد کرده و سپس 10 میلی‌لیتر آب یونیزه شده در فالدون 15 میلی‌لیتری ریخته و سپس 1 گرم گلبرگ خرد شده را به آن اضافه نموده، نمونه‌ها در طی یک ساعت در انکوباتور در دمای 40 درجه‌سانتی‌گراد و 1000 دور در دقیقه قرار گرفتند و پس از خروج نمونه‌ها از انکوباتور میزان هدایت الکتریکی اولیه (EC₁) توسط دستگاه EC متر مدل (TetraCon 325, Germany) قرائت گردید. سپس آن‌ها را به مدت 15 دقیقه در اتوکلاو در دمای 120 درجه‌سانتی‌گراد و 1/2 فشار اتمسفر قرار داده شدند. سپس مجدداً هدایت الکتریکی ثانویه (EC₂) توسط دستگاه EC متر قرائت شد. و در نهایت نشت الکترولیتی با استفاده از رابطه 4 محاسبه گردید:

$$(MSI)(\%) = [1 - (EC_1 / EC_2) \times 100] \quad (6)$$

EC₁ و EC₂ به ترتیب هدایت الکترولیتی نمونه‌ها در دماهای 40 و 120 درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد.

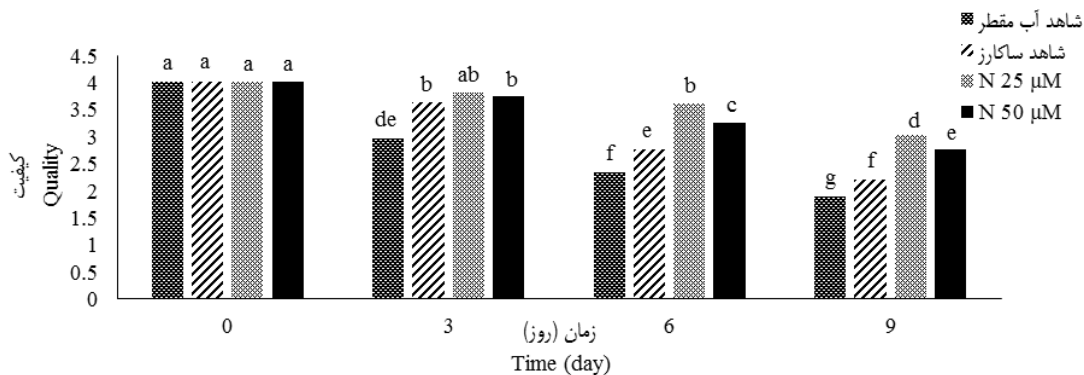
سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز⁴ (PPO): جهت استخراج

1- Membrane Cell Stability Index

4- Polyphenol oxidase enzyme

(Dwivedi et al., 2016) نشان دادند که استفاده از سدیم نیتروپروساید با حذف رادیکالهای آزاد و حفظ پایداری غشای سلولی، باعث افزایش عمر گلجایی و کیفیت پس از برداشت گل‌های شاخه بریده گلابول شد.

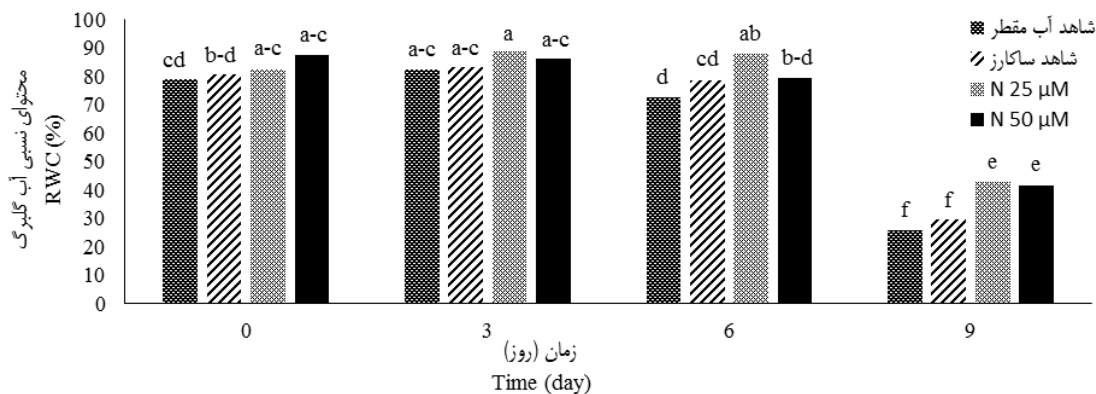
گل‌های رز، آفتابگردان، لیسبانتوس، میخک و شاخساره بامبو نشان داد که سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های مناسب، از طریق ممانعت از سنتز اتیلن باعث افزایش کیفیت و بازارپسندی و همچنین عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده می‌گردد (Ashouri Vajari and Molaahmad Nalousi, 2015 ; Yang et al., 2010). مطالعات



شکل 1- اثر متقابل زمان × غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر شاخص کیفیت ظاهری گل شاخه بریده نرگس رقم 'شله‌ای شیراز'
Figure 1- The interaction effect of time × different concentrations of sodium nitroprusside on the visual quality of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers (DMRT, $p \leq 0.05$)

آب گلبرگ (43/13 درصد) مربوط به تیمار 25 میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود و شاهد آب مقطر دارای کمترین محتوای نسبی آب گلبرگ (26/17 درصد) بودند. گلبرگ‌های تیمار شده با سدیم نیتروپروساید در مقایسه با شاهد آب مقطر و ساکارز دارای آب بیشتری بوده و فشار کمتری برای خروج آب از این اندام گیاهی، لازم بود. به‌طوری که گلبرگ‌ها در روز نهم نسبت به گلبرگ‌های تیمار نشده شادابی و طراوت خود را حفظ کرده بودند.

محتوای نسبی آب گلبرگ (RWC): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری در سطح احتمال 1 درصد و همچنین اثر ساده تیمار و اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال 5 درصد تاثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب گلبرگ گل شاخه بریده نرگس داشت. براساس نتایج بدست آمده میانگین تمامی غلظت‌های انتخابی سدیم نیتروپروساید مورد استفاده در این آزمایش از پتانسیل آب بیشتری در مقایسه با شاهد (آب مقطر و ساکارز) برخوردار بودند (شکل 2). در پایان آزمایش (روز نهم) بیشترین محتوای نسبی

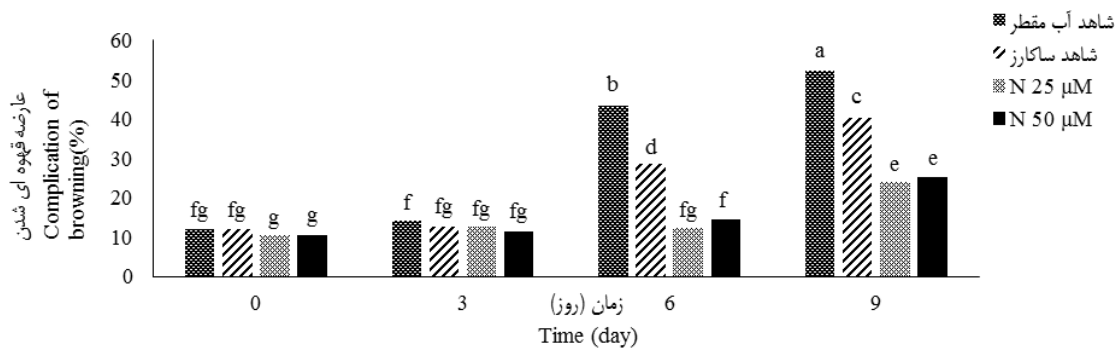


شکل 2- اثر متقابل زمان × غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر شاخص رطوبت نسبی آب گلبرگ گل شاخه بریده نرگس رقم 'شله‌ای شیراز'
Figure 2- The interaction effect of time × different concentrations of sodium nitroprusside on the petal relative moisture index of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers (DMRT, $p \leq 0.05$)

مولفه (L^*) به عنوان شاخص روشنایی در فضای رنگی lab در سبزیجات و میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (MacDougall, 2002). عارضه قهوه‌ای شدن و تغییر در رنگ بافت محصولات باغی، باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود. دلیل این عارضه، تخریب غشای سلولی در نتیجه فعالیت رادیکال‌های آزاد و اکسیده شدن ترکیبات فنلی توسط آنزیم پلی فنل اکسیداز و ایجاد رنگیزه‌های قهوه‌ای می‌باشد (Singh et al., 2018). تحقیقات گذشته نشان داده‌اند که فاکتور اصلی در واکنش‌های مربوط به عارضه قهوه‌ای شدن، آنزیم پلی فنل اکسیداز می‌باشد (Luo et al., 2011). گزارشی استفاده از سدیم نیتروپروساید در غلظت 500 میکرولیتر با کاهش فرایند قهوه‌ای شدن باعث بهبود عمر پس از برداشت کاهوی برش خورده شد (Wills et al., 2008). در مطالعه‌ای نشان داده شد که سدیم نیتروپروساید (0/25 میلی مولار) عارضه قهوه‌ای شدن را با ممانعت از فعالیت آنزیم‌های PPO و POD کنترل کرد. ایشان اظهار داشتند که ممکن است سدیم نیتروپروساید با ترکیب با عناصری مانند آهن، روی و مس یا پروتئین‌های حاوی عامل تیول، که می‌توانند با عنصر مس در آنزیم PPO واکنش دهند، ساختمان جایگاه فعال این آنزیم را تغییر دهد (Lichanporn and Techavuthiporn, 2013).

تأثیر سدیم نیتروپروساید وابسته به غلظت است به طوری که غلظت پایین به طور مستقیم روی اجزای دیواره سلولی گیاه اثر کرده و با افزایش انعطاف پذیری دیواره سلولی، توسعه سلول و رشد گیاه را سبب می‌شود، اما در غلظت‌های بالا سدیم نیتروپروساید با اکسیداسیون لیپیدهای غشایی باعث تخریب و آسیب غشاً می‌گردد (Xu et al., 2011).

عارضه قهوه‌ای شدن: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری و تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال 1 درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس داشت. گل‌های شاخه‌بریده نرگس تیمار شده با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید به طور معنی‌داری میزان قهوه‌ای شدن کمتری نسبت به شاهد آب مقطر و شاهد ساکارز نشان دادند. در پایان آزمایش (روز نهم) کمترین میزان قهوه‌ای شدن گلبرگ‌ها (23/95 درصد) در تیمار 25 میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد و بیشترین عارضه قهوه‌ای شدن (52/35 درصد) مربوط به شاهد آب مقطر بود (شکل 3). به طور معمول شدت قهوه‌ای شدن آنزیمی از طریق روش‌های بیوشیمیایی مانند سنجش فعالیت آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز یا پراکسیداز یا شاخص‌های فیزیکی مانند تغییر رنگ سطح محصول ارزیابی می‌شود.



شکل 3- اثر متقابل زمان × غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر عارضه قهوه‌ای شدن گلبرگ گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شهلا شیراز'
Figure 3- The interaction effect of time and different concentrations of sodium nitroprusside on the complication of petal browning of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers (DMRT, $p \leq 0.05$)

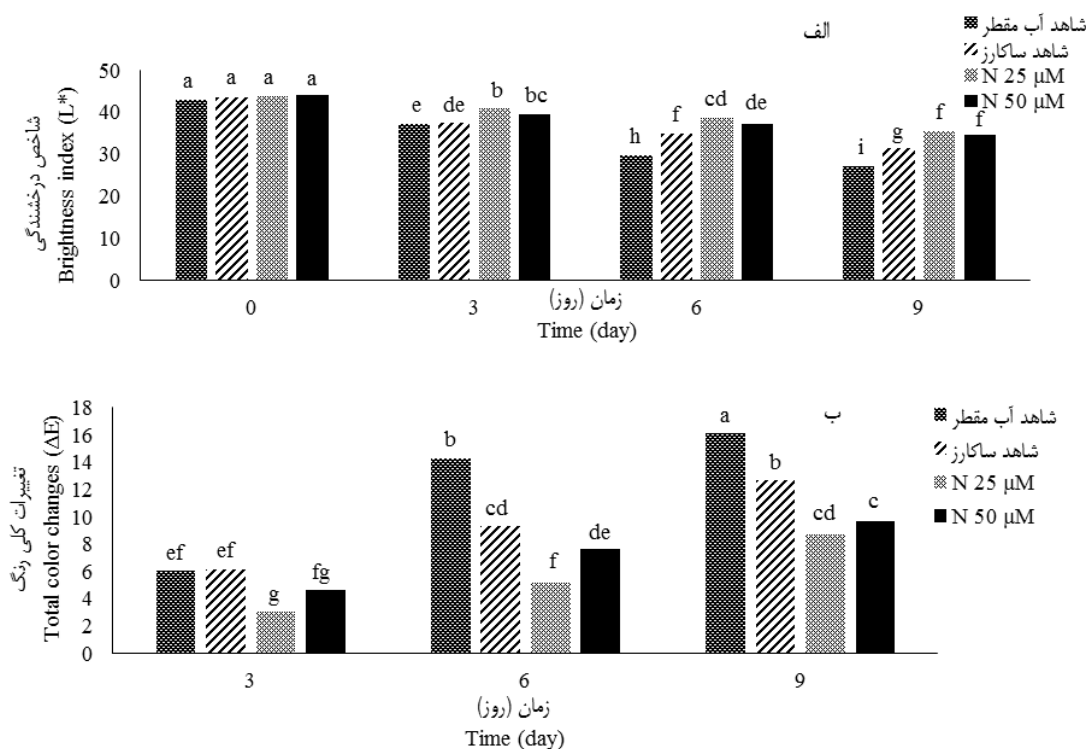
شاخص درخشندگی (L^*): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری و تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال 1 درصد تأثیر معنی‌داری بر فاکتور درخشندگی (L^*) گلبرگ در گل شاخه‌بریده نرگس داشت. فاکتور درخشندگی (L^*) گلبرگ با گذشت زمان در تمام تیمارها به تدریج کاهش یافت. اما این کاهش در شاهد آب مقطر (27/19) با شدت بیشتری همراه بود و تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد. در پایان آزمایش (روز نهم) بیشترین روشنایی (L^*) (35/47) در تیمار 25 میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با

شاخص درخشندگی (L^*): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری و تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال 1 درصد تأثیر معنی‌داری بر فاکتور درخشندگی (L^*) گلبرگ در گل شاخه‌بریده نرگس داشت. فاکتور درخشندگی (L^*) گلبرگ با گذشت زمان در تمام تیمارها به تدریج کاهش یافت. اما این کاهش در شاهد آب مقطر (27/19) با شدت بیشتری همراه بود و تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد. در پایان آزمایش (روز نهم) بیشترین روشنایی (L^*) (35/47) در تیمار 25 میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با

شاهد ساکارز نشان داد (شکل 4-ب). تغییرات کلی رنگ (ΔE) که ترکیبی از پارامترهای a^* ، b^* و L^* است یکی از پارامترهای رنگ‌سنجی ست که به طور گسترده‌ای برای تشخیص تغییر رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص L^* که اندازه‌گیری تقریبی روشنایی و درخشش بوده و شاخص b^* ، رنگ بین آبی تا زرد و شاخص a^* رنگ بین سبز و قرمز است (Granato and Masson, 2010; MacDougall, 2002). همانطور که قبلاً اشاره شد واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی قهوه‌ای شدن نقش موثری در تغییرات کلی رنگ بافت گیاه دارند به‌طوری‌که با گذشت زمان و با تغییر شاخص‌های مختلف ذکر شده در رابطه 2 و 3 مواد و روش‌ها، روند قهوه‌ای شدن گلبرگ‌ها افزایش یافت.

یافته‌های علی و همکاران (Ali et al., 2011) در حفظ رنگ میوه پایا مطابقت داشت.

شاخص تغییرات کلی رنگ (ΔE): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری و تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال 1 درصد تاثیر معنی‌داری بر تغییرات کلی رنگ (ΔE) در گل شاخه‌بریده نرگس داشت. مقدار ΔE در گل‌های تیمار شده و شاهد طی زمان افزایش یافت اما شدت افزایش در گل‌های شاهد آب‌مقطر بیشتر مشاهده شد. در پایان آزمایش (روز نهم) کمترین مقدار تغییرات رنگ گلبرگ‌ها (ΔE) (8/73) مربوط به تیمار سدیم‌نیتروپروساید 25 میکرومولار و بیشترین تغییرات رنگ (16/15) مربوط به تیمار شاهد آب‌مقطر بود. به‌طوری‌که تیمار سدیم‌نیتروپروساید تفاوت معنی‌داری با شاهد آب‌مقطر و



شکل 4- اثر متقابل زمان $\times$ غلظت‌های مختلف سدیم‌نیتروپروساید بر شاخص درخشندگی L^* (الف) و تغییرات کلی رنگ (ΔE) (ب) گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شاهلای شیراز'

Figure 4- The interaction effect of time $\times$ different concentrations of sodium nitroprusside on the luminosity index L^* (a) and overall color changes (ΔE) (b) of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers (DMRT, $p \leq 0.05$)

نداشت. نتایج مقایسه میانگین قطر گل به‌تدریج با گذشت زمان کاهش یافت (جدول 2). براساس نتایج بدست آمده بیشترین قطر (33/08 میلی‌متر) گل در تیمار سدیم‌نیتروپروساید در غلظت 25 میکرومولار و کمترین قطر (30/66 میلی‌متر) گل در شاهد ساکارز

قطر گل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار و اثر زمان نگهداری در سطح احتمال 1 درصد تفاوت معنی‌داری بر قطر گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس داشت. اما اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر قطر گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس

مشاهده شد (جدول 1). سدیم‌نیتروپروساید به دلیل نقشی که در حذف رادیکال‌های آزاد، تأخیر فرایند پیری و حفظ کیفیت گل داشت باعث حفظ قطر گل شد. در مطالعه‌ای گزارش شد که سدیم‌نیتروپروساید طول عمر و قطر گل‌های رز را افزایش داده که اثرهای آن وابسته به غلظت و زمان بوده است که با نتایج این آزمایش همسو بود (Liao et al., 2013). همچنین (Changli and Chanyou, 2011)، گزارش کردند که گل شاخه بریده لیلیوم تیمار شده با سدیم‌نیتروپروساید، باعث ماندگاری و افزایش قطر گل شده که این ممکن است به دلیل کاهش تولید اتیلن و حفظ فعالیت‌های متابولیکی سلول باشد که منجر به حفظ قطر گل شده است.

وزن‌تر نسبی شاخه گل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار و اثر زمان در سطح احتمال 1 درصد تفاوت معنی‌داری بر وزن‌تر شاخه گل، شاخه‌بریده نرگس داشت اما اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر وزن‌تر شاخه گل نرگس نداشت. با گذشت زمان وزن‌تر شاخه‌بریده نرگس کاهش یافت (جدول 2). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین وزن‌تر (89/75 گرم) شاخه گل مربوط به تیمار 25 میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید بود و کمترین وزن‌تر (84/38 گرم) شاخه گل در تیمار شاهد آب‌مقطر با مشاهده شد (جدول 1). میزان جذب آب و وزن‌تر نسبی، از عوامل مهم مؤثر در روابط آبی و دوام گل بوده و کاهش آن‌ها باعث کاهش عمر مفید و کیفیت پس‌از برداشت گل‌های شاخه‌بریده می‌شود (Nazari Deljou et al., 2011). به‌طور کلی وضعیت آبی گیاه برآیندی از مقدار آب گیاه هنگام برداشت گل و نیز میزان جذب و اتلاف آب پس‌از برداشت است. هنگامی که جذب آب به دلایلی مانند

انسداد آوندی کمتر از میزان تعرق است، برای جذب آب میان اندام‌های مختلف ساقه رقابت صورت می‌گیرد که منجر به کاهش فشار تورژسانس و در نهایت پژمردگی می‌گردد (Nazari Deljou et al., 2011). در تحقیقی کاربرد سدیم‌نیتروپروساید روی گل شاخه‌بریده میخک باعث بهبود وزن‌تر شاخه‌های تیمار شده نسبت به شاهد شد (Changli and Chanyou, 2011).

شاخص پایداری غشای سلولی (MSI): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار و زمان نگهداری تفاوت معنی‌داری بر شاخص پایداری گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس داشت. اما اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری، تأثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشای سلولی گل شاخه‌بریده نرگس نداشت. پایداری غشاً به تدریج با گذشت زمان کاهش یافت (جدول 2). بیشترین شاخص پایداری (73/30 درصد) در تیمار سدیم‌نیتروپروساید در غلظت 25 میکرومولار و کمترین شاخص (69/58 درصد) در شاهد آب‌مقطر مشاهده شد (جدول 1). پایداری غشاً در نمونه‌های تیمار شده از شدت کاهش کمتری برخوردار بودند، به عبارت دیگر، گل‌های تیمار شده با سدیم‌نیتروپروساید دارای نشت الکترولیت کمتری بودند و این نشان‌دهنده حفظ یکپارچگی ساختار غشاً بود. فرایند پیری با فعالیت آنزیم‌های لیپواکسیژناز که سبب تخریب غشای سلولی می‌شوند، افزایش می‌یابد. در نتیجه نفوذپذیری غشاً افزایش یافته و عمر پس‌از برداشت کاهش می‌یابد. سدیم‌نیتروپروساید از طریق حفاظت از غشاً، حفظ pH محلول گلجایی، جلوگیری از فعالیت لیپواکسیژناز و از بین بردن رادیکال‌های آزاد که به غشاً حمله کرده‌اند باعث حفظ ثبات غشاً می‌شود (Dwivedi et al., 2016).

جدول 1- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم‌نیتروپروساید و ساکارز 2 درصد بر شاخص پایداری غشای سلولی، قطر گل و وزن‌تر نسبی گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شله‌ای شیراز'

Table 1- The effect of different concentrations of sodium nitroprusside and sucrose 2% on cell membrane stability index, flower diameter, and relative fresh weight of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers

تیمار Treatment	پراکسیداز (POD) (U.g ⁻¹ FW)	شاخص پایداری غشای سلولی Cell membrane stability index (%)	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن نسبی شاخه گل Relative weight of flower branch (g)
شاهد (آب مقطر)	1.01 ^a	69.58 ^c	32.41 ^a	84.38 ^b
شاهد (ساکارز)	0.95 ^a	70.48 ^{bc}	30.66 ^b	87.12 ^a
25 میکرومولار	0.75 ^a	73.30 ^a	33.08 ^a	89.75 ^a
50 میکرومولار	1.07 ^a	72.04 ^{ab}	31.75 ^{ab}	89.44 ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p \leq 0.05$)
In each column, means with similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan's multiple range test.

جدول 2- تأثیر زمان نگهداری (مدت زمان 9 روز) بر فعالیت آنزیم پراکسیداز، شاخص پایداری غشای سلولی گلبرگ، قطر گل و وزن تر نسبی شاخه گل، گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلای شیراز'

Table 2- The effect of storage time (duration 9 days) on peroxidase activity, petiole cell membrane stability index, flower diameter and relative fresh weight of flower branch, of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers

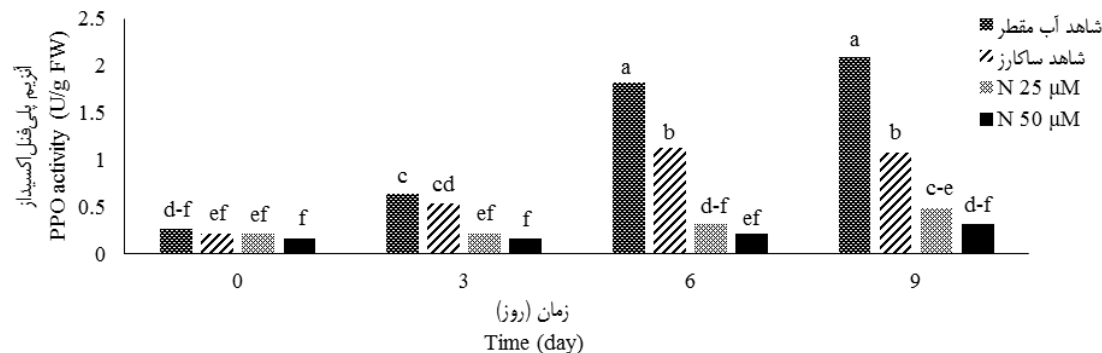
وزن نسبی شاخه گل	قطر گل	شاخص پایداری غشای سلولی	پراکسیداز	زمان
Relative weight of flower branch (g)	Flower diameter (mm)	Cell membrane stability index (%)	(POD) (U.g ⁻¹ FW)	Time (day)
-	37.83 ^a	87.41 ^a	0.92 ^b	0
92.19 ^a	32.91 ^b	84.59 ^b	0.28 ^c	3
88.10 ^b	30.16 ^c	74.66 ^c	0.87 ^b	6
82.72 ^c	27.00 ^d	38.75 ^d	1.71 ^a	9

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p \leq 0.05$)
In each column, means with similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan's multiple range test.

است که مهار فعالیت آن در نگهداری میوه‌ها و گل‌ها اهمیت دارد. مطالعات (Yang et al., 2010) نشان دادند که تیمار پس‌از برداشت سدیم‌نیتروپروساید به‌ترتیب در میوه عناب و پسته فعالیت آنزیم‌های PPO و PAL را مهار کرده و فنل‌های کل را حفظ می‌کند. مطالعات انجام شده (Brown, 2004; Gheysarbigi et al., 2020) نشان داد که عارضه قهوه‌ای شدن معمولاً با اکسایش ترکیبات فنلی به اوکوئینون‌ها توسط آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مرتبط می‌باشد و اوکوئینون‌ها به‌واسطه پلیمریزه شدن غیرآنزیمی به رنگ‌بزه‌های قهوه‌ای موسوم به ملانین تبدیل می‌شوند. گزارش مطالعات (Zhou et al., 2011) نشان داد که با افزایش تنش اکسایشی، ترکیبات فنلی از سیتوزل به خارج از سلول نشت پیدا می‌کند و در این صورت بافت محصولات باغی دچار عارضه قهوه‌ای می‌شوند. در مطالعه‌ای (Liang et al., 2018) نشان داده شد که تیمار سدیم‌نیتروپروساید در گل شاخه‌بریده آنتوریوم فعالیت آنزیم PPO را مهار کرده و محتوای ترکیبات فنلی کل را حفظ می‌کند. به‌طور کلی واکنش‌های قهوه‌ای شدن زمانی رخ می‌دهند که آنزیم‌های اکسیدکننده در معرض ترکیبات فنلی قرار گیرند. که این اتفاق طی فرآیند پیری بافت و تخریب غشای سلولی اتفاق می‌افتد. در دوره پس‌از برداشت، کاهش فعالیت آنزیم PPO باعث افزایش میزان فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها و کاهش تجمع ROSها در میوه‌ها و سبزی‌ها و حفظ ارزش غذایی آنها می‌شود (Aghdam et al., 2015; Aghdam et al., 2018a; Aghdam et al., 2018b). کاربرد سدیم‌نیتروپروساید در گل‌های شاخه‌بریده گلابول، باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و افزایش عمر ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده گلابول شد (Kazemzadeh-Beneh et al., 2018).

پایداری غشای سلولی ممکن است در رابطه با نقش مستقیم سدیم‌نیتروپروساید در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و یا نقش غیرمستقیم آن در جلوگیری از افزایش گونه‌های فعال اکسیژن باشد. گزارش تحقیق (Siddiqui et al., 2011) نشان داد که کاربرد سدیم‌نیتروپروساید از طریق کاهش میزان نشت‌یونی موجب کاهش سرعت تعرق و افزایش بسته شدن روزنه‌ها شده است. گزارش شده است که سدیم‌نیتروپروساید نقش کلیدی در حفظ پایداری غشای طی مراحل گلجایی ایفا می‌کند، به‌طوری که غلظت 0/1 میکرومولار سبب کاهش پراکسیداسیون لیپید در گل‌های تیمار شده نسبت به شاهد شده است (Changli and Chanyou, 2011).

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده زمان نگهداری و تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس داشت. نتایج مقایسه میانگین (شکل 5) نشان داد که فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) در تیمار سدیم‌نیتروپروساید در غلظت‌های متفاوت اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (آب مقطر و ساکارز) داشت. همچنین تیمار شاهد ساکارز نسبت به تیمار شاهد آب مقطر نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. فعالیت آنزیم PPO در تمام نمونه‌ها طی مدت نگهداری گل‌ها افزایش یافت، اما شدت افزایش در نمونه‌های تیمار شده با سرعت کمتری همراه بود. در پایان آزمایش (روز نهم) کمترین فعالیت آنزیم PPO در تیمار 50 میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید (0/32 U/g FW) و بیشترین فعالیت آنزیم در تیمار آب مقطر (2/09 U/g FW) مشاهده شد. آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، یکی از آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات فنلی است که سبب تولید رنگ قهوه‌ای در گل‌ها می‌شود و اثرات منفی در نگهداری گل‌ها و گیاهان دارد. آنزیم PPO از آنزیم‌هایی



شکل 5- اثر متقابل زمان × غلظت‌های مختلف سدیم‌نیتروپروساید بر آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) گل شاخه‌بریده نرگس رقم 'شهلا‌ی شیراز'
Figure 5- The interaction effect of time × different concentrations of sodium nitroprusside on polyphenol oxidase (PPO) enzyme of narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' cut flowers (DMRT, $p \leq 0.05$)

سدیم نیتروپروساید به صورت محلول دائمی در تمام مدت نگهداری گل شاخه بریده میخک (18 روز) استفاده شده بود (Zeng et al., 2011). به احتمال این تفاوت نتیجه می‌تواند به دلیل تفاوت نوع گل، همچنین غلظت و شیوه استفاده از این تیمار باشد.

نتیجه‌گیری

تیمار سدیم‌نیتروپروساید با افزایش محتوی نسبی آب گلبرگ و حفظ شاخص پایداری سلول، همچنین کاهش فعالیت آنزیم‌های موثر در فرایند قهوه‌ای شدن (PPO و POD)، باعث حفظ کیفیت گل شاخه‌بریده نرگس شد. البته غلظت به‌کاررفته اهمیت زیادی داشت بطوری‌که غلظت پایین‌تر در بیشتر موارد مفیدتر واقع شد. با توجه به نتایج این پژوهش، سدیم‌نیتروپروساید (25 میکرومولار) را می‌توان به‌عنوان ترکیب مؤثر و بسیار مفید در حفظ کیفیت و کاهش قهوه‌ای شدن گل شاخه‌بریده نرگس معرفی کرد.

آنزیم پراکسیداز (POD): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان تأثیر معنی‌داری بر آنزیم پراکسیداز گلبرگ‌های گل شاخه‌بریده نرگس نداشت اما اثر ساده زمان در سطح احتمال 1 درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. در این آزمایش آنزیم پراکسیداز در تیمار سدیم‌نیتروپروساید در غلظت 25 میکرومولار در مقایسه با شاهد (آب مقطر و ساکارز) از فعالیت کمتری برخوردار بود. اما تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول 1). در مورد تأثیر تیمار سدیم نیتروپروساید بر فعالیت آنزیم POD گزارشات متفاوتی دیده شده است. آزمایشی که بر روی برش‌های هلو انجام شد نشان داد که تیمار سدیم‌نیتروپروساید 5 میکرومولار فعالیت آنزیم POD را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد و بطور معنی‌داری از قهوه‌ای شدن برش‌های میوه هلو جلوگیری کرد (Li-Qin et al., 2006). برخلاف این تحقیق، کاربرد 0/1 میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید روی گل میخک رقم 'Monte'، فعالیت آنزیم پراکسیداز را افزایش داد. در پژوهش ذکر شده تیمار

منابع

1. Aghdam, M.S., Naderi, R., Sarcheshmeh, M.A.A., & Babalar, M. (2015). Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. *Postharvest Biology and Technology* 110: 70–76.
2. Aghdam, M.S., Jannatizadeh, A., Luo, Z., & Paliyath, G. (2018a). Ensuring sufficient intracellular ATP supplying and friendly extra cellular ATP signaling attenuates stresses, delays senescence and maintains quality in horticultural crops during postharvest life. *Trends Food Science and Technology* 76: 67–81.
3. Aghdam, M.S., Mahmoudi, R., Razavi, F., Rabiei, V., & Soleimani, A. (2018b). Hydrogen sulfide treatment confers chilling tolerance in hawthorn fruit during cold storage by triggering endogenous H_2S accumulation, enhancing antioxidant enzymes activity and promoting phenols accumulation. *Science Horticulture* 238: 264–271.
4. Aghdam, M.S., Jannatizadeh, A., Sabzi Nojadeh, M., & Ebrahimzadeh, A. (2019). Exogenous melatonin ameliorates chilling injury in cut anthurium flowers during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* 148: 184–191.
5. Armitage, M.A., & Laushman, J.M. (2003). *Specially Cut Flowers*. Timber Press, Portland Cambridge USA, 586 p.
6. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112–121.
7. Ali, A., Muhammad, MTM., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical

- characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry* 124: 620-626.
8. Alipour, S., Farahmand, H., & Nasibi, F. (2014). *Effect of sodium nitro proside concentrations in preservative Solution on Flowering Life of Two Iranian Narcissus Cultivars*, First National Congress of Flowers and ornamental plants, Karaj, Iran. (In Persian)
9. Ashouri Vajari, M., & Molaahmad Nalousi, A. (2015). Effect of nitric oxide on postharvest quality and vase life of cut carnation flower. *Journal of Ornamental Plants* 3(3): 183-190.
10. Brown, G., Schimanski, L.J., & Jennings, D. (2004). *The effect of seasonality, maturity and color treatments on internal browning in pink lady apples*, In V International Postharvest Symposium, Verona, Italy. pp. 1013-1020.
11. Burdurlu, H.S., & Karadeniz, F. (2003). Effect of storage on non-enzymatic browning of apple juice concentrates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 80: 91-97.
12. Changli, Z., & Chanyou, C. (2011). Effects of exogenous nitric oxide physiological indexes of cut lily flowers. *Food Science* 1: 202-213.
13. Chehrizi, M., Naderi, R., Shah Nejat Bushehri, A.A., & Hassani, M. (2007). Investigation of genetic diversity of narcissus (*Narcissus* spp.) indigenous and non-indigenous flowers using markers RAPD. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 8: 236-225. (In Persian)
14. Clark, E.M., Dole, J.M., Carlson, A.S., Moody, E.P., McCall, I.F., Fanelli, F.L., & Fonteno, W.C. (2010). Vase life of new cut flower cultivars. *Horticultural Technology* 20(6): 1016-1025.
15. Dwivedi, S.K., Arora, A., Singh, V.P., Sairam, R., & Bhattacharya, R.C. (2016). Effect of sodium nitroprusside on differential activity of antioxidants and expression of SAGs in relation to vase life of gladiolus cut flowers. *Scientia Horticulture* 210: 158-165.
16. Gheysarbigi, S., Mirdehghan, S.H., Ghasemnezhad, M., & Nazoori, F. (2020). The inhibitory effect of nitric oxide on enzymatic browning reactions of in-package fresh pistachios (*Pistacia vera* L.). *Postharvest Biology and Technology* 159: 110998.
17. Granato, D., & Masson, M.L. (2010). Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. *Food Science and Technology* 30(4): 1090-1096.
18. Hanks, G.R. (2002). *Narcissus and daffodil: the genus Narcissus*. London: Taylor & Francis Inc. pp 419.
19. Jowkar, M.M. (2005). Effects of different compounds on the microbial population of cut Shiraz Narcissus vase solution. *Acta Horticulture* 682: 1705-1708.
20. Jowkar, M.M., & Sticklen, M. (2008). *Biotechnological applications of Narcissus*. In Volume 5: Floriculture, Ornamentals and Plant Biotechnology: Advances and Topical Issues. Teixeira da Silva JA (Ed). Global Science Books, Isleworth, UK, pp 510-539.
21. Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, Peroxidase, and Polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. *Physiologia Plantarum* 57: 315-319.
22. Kazemzadeh-Beneh, H., Samsampour, D., & Zarbakhsh, S. (2018). Biochemical, physiological changes and antioxidant responses of cut gladiolus flower 'White Prosperity' induced by nitric oxide. *Advance in Horticultural Science* 32(3): 421-431.
23. Liang, L., Deng, Y., Sun, X., Jia, X., & Su, J. (2018). Exogenous nitric oxide pretreatment enhances chilling tolerance of Anthurium. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 143(1): 3-13.
24. Lichanporn, I., & Techavuthiporn, C. (2013). The effects of nitric oxide and nitrous oxide on enzymatic browning in longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.). *Postharvest Biology and Technology* 86: 62-65.
25. Liao, W.B., Zhang, M.L., & Yu, J.H. (2013). Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. *Scientia Horticulture* 155: 30-38.
26. Li-Qin, Zh., Zh, J., Shu-Hua, Zh., & Lai-Hui, G. (2006). Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. *Food chemistry* 114: 174-179.
27. Luo, Z., Chen, C., & Xie, J. (2011). Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. *Postharvest Biology and Technology* 62: 115-120.
28. MacDougall, D.B. (2002). Colour in food. Improving quality. *Colour Food* 388.
29. Marisa, R., Naphaporn, C., & Walaiporn, S. (2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering* 66: 259-265
30. Meena, H. S., & Afjal Ahmad, M. 2016. Effect of sodium nitroprusside (NO Donor) on postharvest. *Environment and Ecology* 34(2): 502-505.
31. Nazari Deljou, M.J., Khalighi, A., Arab, M., & Karamian, R. (2011). Postharvest evaluation of vase life, stem bending and screening of cultivars of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) flowers. *African Journal of Biotechnology* 10(4): 560-6.
32. Salehi-Sardoei, A., & Khalili, H. (2022). Nitric oxide signaling pathway in medicinal plants. *Cellular, Molecular and Biomedical Reports* 2(1): 1-9.
33. Siddiqui, M.H., Al-Wahaibi, M.H., & Basalah, M.O. (2011). Role of nitric oxide in tolerance of plants to abiotic stress. *Proto Plasma* 248(3): 447-455.
34. Singh, B., Suri, K., Shevkani, K., Kaur, A., Kaur, A., & Singh, N. (2018). Enzymatic browning of fruit and

- vegetables: a Review. *In Enzymes in Food Technology* 63-78.
35. Wills, R. B. H., Pristijono, P., & Golding, J.B. (2008). Browning on the surface of cut lettuce slices inhibited by short term exposure to nitric oxide (NO). *Food Chemistry* 107(4): 1387-1392.
36. Xu, J., Wang, W., Sun, J., Zhang, Y., Ge, Q., Du, L., Yin, H., & Liu, X. (2011). Involvement of auxin and nitric oxide in plant Cd-stress responses. *Plant and Soil* 346(1-2): 107.
37. Yang, H., Zhou, C., Wu, F., & Cheng, J. (2010). Effect of nitric oxide on browning and lignification of peeled bamboo shoots. *Postharvest Biology and Technology* 57(1): 72-76.
38. Zeng, C.L., Liu, L., & Xu, G.Q. (2011). The physiological responses of carnation cut flowers to exogenous nitric oxide. *Scientia Horticulture* 127(3): 424-430.
39. Zhou, R., Li, Y., Yan, L., & Xie, J. (2011). Effect of edible coatings on enzymes, cell-membrane integrity, and cell-wall constituents in relation to brittleness and firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) during storage. *Food Chemistry* 124(2): 569-575.
40. Zhu, Y., Du, M., Jiang, X., Huang, M., & Zhao, J. (2022). Nitric Oxide Acts as an Inhibitor of Postharvest Senescence in Horticultural Products. *International Journal of Molecular Sciences* 23(19): 11512. <https://doi.org/10.3390/ijms231911512>.



Effect of Rootstock and Scion on Nutrient Uptake of Two Pomegranate Cultivars Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom

H.R. Karimi^{*1}, N. Biniyaz², A.A. Mohammadi Mirik³, M. Esmailizade⁴, Z. Hatamean⁵

Received: 08-03-2021

Revised: 10-04-2022

Accepted: 24-10-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Karimi, H.R., Biniyaz, N., Mohammadi Mirik, A.A., Esmailizade, M., & Hatamean, Z. (2023). Effect of Rootstock and Scion on Nutrient Uptake of Two Pomegranate Cultivars Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 791-802. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2022.69299.1031](https://doi.org/10.22067/jhs.2022.69299.1031)

Introduction

Pomegranate (*Punica granatum* L.) from the family Punicaceae, is an important and exportable fruit crop in Iran. At present, Iran is the leading producer of this fruit followed by India, Turkey and Spain. As the main area under pomegranate cultivation in Iran are located in arid and semi-arid adjacent to desert regions. Low irrigation water quality, lime induced Fe chlorosis, soil salinity, nutrient imbalance and soil-borne diseases are the most limiting factors in this areas. Currently about 760 genotypes and cultivars of pomegranate have been identified, collected and growth in Pomegranate Research Institute in Yazd province, central Iran. In rich collection, it is likely that some genotypes are tolerant to adverse environmental conditions but neglected due to their low quality fruits. These genotypes could be evaluated and used as potential rootstocks. 'Rabab-e-Neyriz' is one of the most important pomegranate cultivar that is planted in parts of western south of Iran to gather 'Khafr-e-Jahroom' cultivar. Fruits in 'Rabab-e-Neyriz' cultivar are big with dark red color arils. In the last decades, there has been a tremendous towards using grafted/budded plants in fruit orchards. Moreover, the available reports indicate that rootstock could affect the tolerance of scion to soil borne diseases, lime-induced Fe-deficiency chlorosis and salinity stress that they can control with grafting on tolerance rootstocks. There are inadequate formations on the effects of rootstock on scion of pomegranate. The aim of the study was effects of three rootstocks; 'Gorj-e-Dadashi', 'Gorj-e-Shahvar' and 'Post Ghermaz-e-Aliaghahi' on nutrient concentration of two pomegranate cultivars; 'Rabab-e-Neyriz' and 'Khafr-e-Jahroom'; as scion.

Material and Methods

In order to investigate the interaction of rootstock and scion on nutrient uptake in two pomegranate cultivars 'Rabab-e-Neyriz' and 'Khafr-e-Jahroom', research was performed in the form of a factorial experiment in complete randomized blocks design with scion factors at two levels ('Rabab-e-Neyriz' and 'Khafr-e-Jahroom') and the rootstock on four levels ('Post Ghermaz-e-Aliaghahi', 'Gorj-e-Dadashi', 'Gorj-e-Shahvar' and without graft) with five repetitions. Omega grafting method was used to production grafting plants. One year grafting plants were planted on farm with 2.0 m apart within rows and 4.0 m apart between rows. Non grafting cuttings of scions that rooted same time with rootstocks were planted in farm as control. In the first summer leaf samples were collected to determine macro and micro elements.

Results and Discussion

The results showed that the interaction of rootstock and scion is effective on the uptake of elements. The concentration of elements in the scion varied depending on the type of graft combination. The highest levels of phosphorus, potassium, and calcium of leaves were observed in the grafting plants of 'Rabab-e-Neyriz' scion on 'Gorj-e-Dadashi' rootstock, 'Khafr-e-Jahroom' scion on 'Gorj-e-Dadashi' rootstock, and 'Rabab-e-Neyriz' scion on 'Gorj-e-Shahvar' rootstock, respectively. Also, the highest amounts of iron (75 mg/g dry weight), manganese

1, 2, 4 and 5- Professor, M.Sc. Students and Associate Professor of Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: h.karimi214@vru.ac.ir)

3- Associate Professor of Genetics and Plant Product, Department of Genetics and Crop Production, Faculty of Agriculture Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

(65 mg/g dry weight), and copper (25 mg/g dry weight) were obtained from the grafting plants of 'Rabab-e-Neyriz' scion on 'Gorj-e-Dadashi' rootstock, 'Khafri-e-Jahroom' scion on 'Gorj-e-Dadashi' rootstock and, in both scions on 'Gorj-e-Shahvar' rootstock compared to non-grafted plants.

Conclusion

The results of this research have shown that the amount of nutrients in the leaves of grafted pomegranate cultivars is not only influenced by the rootstock, but also by the genetics of the scion. The concentration of mineral elements in the scion is mainly related to the characteristics of the root system of rootstock, including the lateral and vertical expansion of the root, which increases the absorption of water and minerals. Due to the weaker root system, the 'Post Ghermaz-e-Aliaghahi' has a lower concentration of mineral elements in the cultivars grafted on this rootstock. According to the results of the present study, the reason for the higher nutritional elements in plants grafted with the rootstocks of 'Gorj-e-Dadashi' and 'Gorj-e-Shahvar' can be attributed to the greater growth power of these roots and their extensive root system. He attributed that wider research is recommended in this field.

Keywords: Calcium, Grafting, Magnesium, Pomegranate, Potassium

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۷۹۱-۸۰۲

اثر پایه و پیوندک بر جذب عناصر غذایی دو رقم انار 'رباب نیریز' و 'خفر جهرم'

حمیدرضا کریمی^{۱*} - نعیمه بی نیاز^۲ - علی اکبر محمدی میریک^۳ - مجید اسمعیلی زاده^۴ - زینب حاتمیان^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴

چکیده

به منظور بررسی اثر پایه و پیوندک بر جذب عناصر غذایی دو رقم انار 'رباب نیریز' و 'خفر جهرم' پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی با دو فاکتور پیوندک در دو سطح ('رباب نیریز' و 'خفر جهرم') و پایه در چهار سطح ('پوست قرمز علی آقایی'، 'گرچ داداشی'، 'گرچ شهوار' و بدون پیوند) و با پنج تکرار به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که برهمکنش پایه و پیوندک بر جذب عناصر تاثیرگذار است. بیشترین میزان فسفر (۰/۸۹ درصد ماده خشک)، پتاسیم (۰/۹۵ درصد ماده خشک) و کلسیم (۲/۵۹ درصد ماده خشک) برگ به ترتیب در نهال‌های پیوندی با پیوندک 'رباب نیریز' روی پایه 'گرچ داداشی'، پیوندک 'خفر جهرم' روی پایه 'گرچ داداشی'، پیوندک 'رباب نیریز' روی پایه 'گرچ شهوار' مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان آهن (۷۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک)، منگنز (۶۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و مس (۲۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) برگ به ترتیب در نهال‌های پیوندی با پیوندک 'رباب نیریز' روی پایه 'گرچ داداشی'، پیوندک 'خفر جهرم' روی پایه 'گرچ داداشی' و در هر دو پیوندک روی پایه 'گرچ شهوار' به دست آمد. براساس پژوهش فوق می‌توان بیان کرد که نوع پایه بر غلظت عناصر معدنی شاخساره انار تاثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: انار، پیوند، پتاسیم، کلسیم، منیزیم

مقدمه

تنوع ژنتیکی وسیعی است به طوری که در حال حاضر بیش از ۷۶۰ ژنوتیپ و رقم انار در کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد نگهداری می‌شود که گواه بر تنوع ژنتیکی انار در ایران است (Shakeri, 2008) ولی در بین این تنوع وسیع فقط ۱۱ رقم: 'رباب نیریز'، 'ملس ساوه'، 'ملس سیاه دانه یزد'، 'ملس یزدی'، 'شیشه گپ فردوس'، 'نادری بادرود'، 'بجستانی گناباد'، 'خزر بردسکن'، 'اردستانی مه ولات'، 'فجاج قم' و 'زاغ عقدا' دارای ارزش تجاری می‌باشند و مابقی ارزش چندانی ندارند ولی می‌توان در کارهای به نژادی و یا به عنوان پایه از آن‌ها استفاده کرد.

پایه‌ها از طریق قدرت جذب انتخابی تاثیر بسزایی بر غلظت عناصر غذایی پیوندک دارد (Toplu et al., 2008) به این معنی که برخی پایه‌ها در جذب برخی عناصر خاک میل بیشتری دارند (Babalar and Pirmoradian, 2010) که این باعث می‌شود عناصر مورد نیاز برای پیوندک فراهم گردد و از کمبود عناصر که سبب خسارت بر رقم پیوند می‌شود، جلوگیری شود. برای جلوگیری از سمیت بعضی از عناصر به خصوص کلر و بر که مقابله با آن‌ها مشکل است نیز می‌توان از پایه‌های مطلوب استفاده کرد (Karimi, 2015). در بررسی میزان مواد معدنی در برگ نارنگی کلمانتین پیوند شده روی

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از خانواده Punicaceae درختچه‌ای است که در نواحی نیمه گرمسیری و مدیترانه‌ای می‌روید. انار یکی از مهم‌ترین درختان میوه ایران است و میوه آن یکی از اقلام مهم صادراتی ایران به بازارهای داخلی و خارجی کشور را تشکیل می‌دهد. قسمت وسیعی از سرزمین ایران که در محدوده کویر مرکزی واقع شده دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک است که کاشت اکثر محصولات باغی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و کشاورزان رغبتی برای احداث باغ‌ها نشان نمی‌دهند در نتیجه درخت انار می‌تواند در چنین شرایطی اهمیت خاصی داشته باشد (Behzadi Shahrabaki, 2000). ایران منشأ پیدایش انار می‌باشد و دارای

۱، ۲، ۴ و ۵- به ترتیب استاد، دانشجویان کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، ایران
(*) نویسنده مسئول: Email: h.karimi214@vru.ac.ir

۳- دانشیار گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان ایران

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۶ به منظور بررسی اثر پایه بر غلظت عناصر غذایی پیوندک‌های انار 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول پیوندک در دو سطح شامل 'رباب نیریز' (RN) و 'خفر چهارم' (KN) و فاکتور دوم پایه در چهار سطح شامل 'پوست قرمز علی آقایی' (PZ)، 'گرچ داداشی' (GD)، 'گرچ شهوار' (GSH) و بدون پیوند (C) و با ۵ تکرار انجام شد. درختان پیوندی مورد استفاده در سال ۱۳۹۲ بعد از پیوند (پیوند از نوع امگا بوسیله قیچی پیوند زنی) در مزرعه به فواصل ۴×۲ متر کشت شده بودند. درختان با دور آبیاری ۶ روز آبیاری می‌شدند و تا زمان انجام این تحقیق هیچ کودی دریافت نکردند. جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی برگ در اواسط تیرماه از وسط شاخه‌ها برگ‌های بالغ به‌طور تصادفی جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد. عناصر غذایی که در این آزمایش اندازه‌گیری شد شامل: فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس بود. برای تهیه عصاره ابتدا از برگ‌های خشک آسیاب شده، ۰/۵ گرم توزین و در کوره با دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس به مدت نیم ساعت و سپس در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شدند. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه افزوده شد و در پایان توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به‌طور مستقیم جهت اندازه‌گیری سدیم، پتاسیم، آهن، روی و منگنز استفاده شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم از دستگاه شعله‌سنج (JENWAY ساخت کشور آلمان PEP7) و برای اندازه‌گیری عناصر روی، منگنز، مس و آهن از دستگاه جذب اتمی (Avanta-PM, GbG-Australia) استفاده شد. فسفر با روش کوپتا و همکاران (Gupta et al., 1993) و کلسیم و منیزیم از طریق تیتراسیون (Hassanzadeh et al., 2006) اندازه‌گیری شد. در پایان تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 صورت گرفت و همچنین از آزمون LSD جهت مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد. ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده پایه و همچنین برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال یک درصد بر غلظت پتاسیم برگ معنی‌دار بود. همچنین براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) بیشترین مقدار پتاسیم (۰/۹۵ درصد ماده خشک) مربوط به نهال پیوندی با پایه 'گرچ داداشی'، پیوندک 'خفر چهارم' و

۱۲ پایه گزارش شده است که بین پایه‌ها از نظر غلظت عناصر منیزیم، مس در برگ پیوندک اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین در پژوهشی دیگر گزارش شده است که نوع پایه تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر معدنی برگ پیوندک نارنگی کینو دارد (Rengel and Damon, 2008). همانند مرکبات در مورد پسته (Tavallali and Rahemi, 2007) و سیب (Erdal et al., 2008) نیز گزارش شده است که پایه غلظت عناصر معدنی برگ پیوندک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در مطالعه‌ای، تغییرات میزان جذب عناصر غذایی در پرتقال والنسیا روی سه پایه نارج، ترویر سیتنج و کاریزو سیتنج بررسی و گزارش شد که غلظت عناصر منیزیم، منگنز، پتاسیم و مس موجود در برگ گیاهان پیوندی با پایه کاریزو سیتنج، بالاتر از سایر ترکیبات پیوندی می‌باشد (Toplu et al., 2008). اگرچه گزارشات متعددی در ارتباط با تأثیر نوع پایه در میزان عناصر غذایی پیوندک در سایر درختان میوه وجود دارد ولی در مورد انار به دلیل تکثیر آن از طریق قلمه گزارشات اندکی دیده می‌شود (Vazifeshenas et al., 2009). در پژوهشی کریمی و نوروزی (Karimi and Nowrozy, 2017) اثر پایه و پیوندک بر پارامترهای گیرایی، شاخص‌های رشدی و اکوفیزیولوژیکی انار را بررسی کردند و گزارش کردند که بهترین درصد گیرایی و پارامترهای رشدی در ترکیب پیوندی پایه 'گرچ شهوار' با پیوندک 'رباب نیریز' حاصل شد. همچنین در پژوهش دیگری کریمی و حسن پور (Karimi and Hassanpour, 2016) ضمن بررسی اثرات پایه 'تب و لرز' و 'ملس یزدی' بر مقاومت انار رقم 'گبری' در شرایط تنش شوری گزارش کردند که ترکیب پیوندی گبری بر روی پایه 'تب و لرز' دارای کمترین میزان سدیم و کلر و بیشترین میزان کلسیم در نیمه پایینی شاخه می‌باشد. گزارش شده است که واکنش ارقام انار به میزان بی‌کربنات آب آبیاری متفاوت می‌باشد به‌گونه‌ای که برخی از ارقام راندمان بالاتری در جذب آهن در شرایط بی‌کربنات بالای آب آبیاری دارند. کریمی و عینی (Karimi and Eini Tari, 2015) و عینی و همکاران (Eini Tari et al., 2014) طی پژوهش‌هایی جداگانه گزارش کردند که در غلظت ۱۵ میلی مولار بی‌کربنات سدیم کمترین وزن خشک ریشه و شاخساره در رقم 'زاغ یزدی' مشاهده شد. از آنجایی که در سال‌های اخیر مبحث پیوند در انار به منظور استفاده از پایه‌های مقاوم به تنش‌های محیطی مطرح می‌باشد و گزارش جامعی در خصوص تأثیر پایه بر جذب عناصر در انار وجود ندارد لذا این پژوهش به منظور تأثیر ارقام 'پوست قرمز علی آقایی'، 'گرچ داداشی' و 'گرچ شهوار' به‌عنوان پایه بر غلظت عناصر غذایی دو رقم انار 'رباب نی ریز' و 'خفر چهارم' به‌عنوان پیوندک به اجرا درآمد.

کمترین آن (۶۰٪ درصد ماده خشک) مربوط به نهال پیوندی با پایه پوست قرمز، پیوندک رباب نی ریز بود، اگرچه بین ترکیب پیوندی

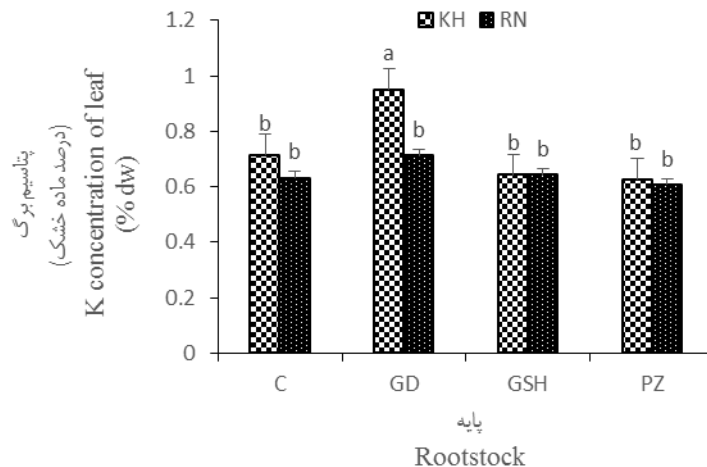
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پایه بر جذب عناصر معدنی دو رقم انار 'رباب نی ریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده روی پایه های مختلف

Table 1- The ANOVA results for the effect of rootstock on mineral concentration of the pomegranate cv. Rabab-e- Niriz and Khafr-e- Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

Source of variations	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares								
		سدیم Na	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	فسفر P	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn
بلوک Block	4	0000008ns.0	01977ns.0	09886ns.0	03607ns.0	01393ns.0	9370ns.516	445ns.11	5300ns.7	8796ns.51
پایه Rootstock	3	0000131*.0	0.0684**	11625**0	09458**0	01377ns.0	8125*.261	4726**86	8095**137	9756**655
پیوندک Scion	1	000153**0	0149ns.0	90592*.1	90535**0	50199**0	9629ns.151	5790ns.2	81856ns.8	9522*.226
پایه × پیوندک Rootstock × Scion	3	0000104*.0	02431*.0	76785**1	05345**0	4745**0	4746**1045	4139*.12	445*.11	7390*.273
Error خطای کل	18	0000034.0	2652.0	24055.0	01605.0	010025.0	2544.88	2623.4	032.37	1571.56
C.V (%) ضریب تغییرات	-	940.2	876.8	25	54.22	769.17	983.14	490.8	737.9	795.13

***، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی دار بودن می باشد.

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



شکل ۱- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان پتاسیم برگ انار ارقام 'رباب نی ریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه های مختلف

Figure 1- The interaction effect of rootstock × scion on the K concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

کریمی و نوروزی (Karimi and Nowrozy, 2017) ضمن بررسی درصد گیرایی ارقام انار 'خفر چهارم' و 'رباب نی ریز' روی پایه های 'گرچ شهوار' و 'گرچ داداشی' و 'پوست قرمز علی آقایی' گزارش کردند که بالاتر بودن شاخص های رشدی پیوندک با استفاده از پایه های 'گرچ شهوار' و 'گرچ داداشی' بخاطر سیستم ریشه ای گسترده تر این پایه ها و به دنبال آن جذب آب و مواد غذایی بهتر می باشد. نتایج پژوهش فوق با نتایج شرافتی و حکم آبادی (Sherafati and

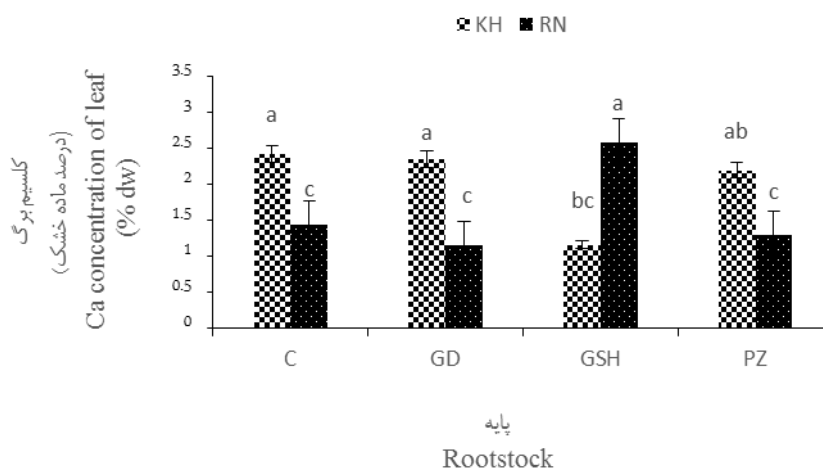
میزان پتاسیم اندام هوایی در درختان پیوندی به توانایی پایه در جذب پتاسیم و انتقال آن به اندام هوایی دارد. به نظر می رسد پایه 'گرچ داداشی' به دلیل داشتن سیستم ریشه ای گسترده کارایی بالاتری در جذب پتاسیم دارد. گزارش شده است که کارایی جذب پتاسیم توسط گیاه وابسته به ساختمان و حجم ریشه، ظرفیت جذب بالا در سطح ریشه و همچنین ظرفیت غیر قابل تبادل حرکت پتاسیم توسط ریشه دارد (Rom, 1991; Toplu et al., 2008). در پژوهشی

بود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان داد که بیشترین مقدار کلسیم در ترکیب پیوندی 'رباب نیریز' با پایه 'گرچ شهوار' مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی‌داری بین ترکیب پیوندی فوق با ترکیب پیوندی 'خفر چهارم' با پایه‌های 'گرچ داداشی' و 'پوست قرمز علی آقایی' مشاهده نشد. بالاتر بودن غلظت کلسیم برگ در ترکیب پیوندی 'رباب نی ریز' با پایه 'گرچ شهوار' (۲/۵۹ درصد ماده خشک) به دلیل رشد رویشی مطلوب‌تر ترکیب پیوندی فوق و سطح تبخیر بالاتر آن می‌باشد که عامل اصلی در انتقال کلسیم به اندام هوایی است.

(Hakmabadi, 2015) روی پسته، مبنی بر اثر پایه بر جذب عناصر غذایی پیوندک مطابقت دارد. ایشان تاثیر پایه‌های پسته (رقم کله قوچی، اکبری، بادامی فیض‌آباد، برگ سیاه، سرخسی و دانشمندی) در جذب عناصر غذایی دو رقم پسته اکبری و برگ سیاه را مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند که رقم اکبری نسبت به رقم برگ سیاه غلظت پتاسیم برگ بیشتری دارد.

کلسیم

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده پیوندک در سطح احتمال پنج درصد، همچنین اثر ساده پایه و برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلسیم برگ معنی‌دار



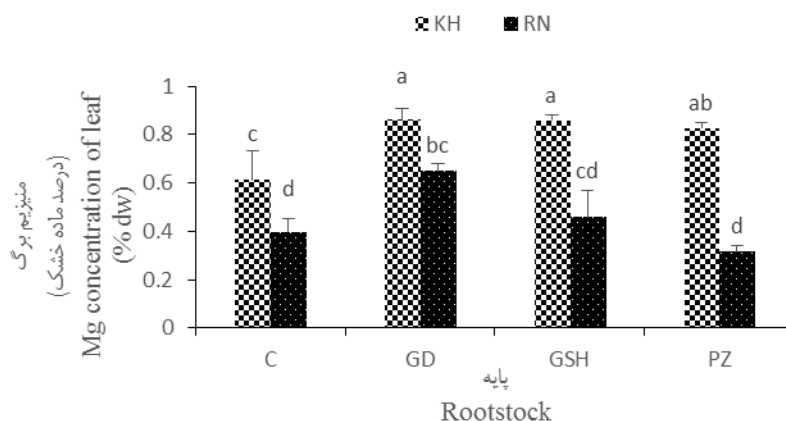
شکل ۲- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان کلسیم برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف

Figure 2- The interaction effect of rootstock × scion on the Ca concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

آقایی' (۰/۳۲ درصد ماده خشک) مشاهده شد. با توجه به اینکه در بین پایه‌های مورد استفاده پایه 'پوست قرمز علی‌آقایی' منجر به کاهش رشد رویشی انار رقم 'رباب نی ریز' شد این احتمال وجود دارد که غلظت پایین این عنصر در این پایه ناشی از سیستم ریشه‌ای ضعیف این پایه باشد. نتایج پژوهش فوق با نتایج کریمی و مالکی کوهستانی (Karimi and Maleki Kuhbanani, 2015) بر روی پسته، محرمی همکاران (Muharrami et al., 2011) روی سیب و شمسی و همکاران (Shamsi et al., 2011) روی 'به' مبنی بر اثر پایه بر غلظت عناصر معدنی برگ پیوندک مطابقت دارد.

منیزیم

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات ساده پایه و پیوندک و همچنین برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال یک درصد بر میزان منیزیم برگ معنی‌دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳) ترکیب‌های پیوندی حاصل از پیوندک 'خفر چهارم' با تمامی پایه‌ها میزان منیزیم برگ بیشتری نسبت به ترکیب‌های پیوندی 'رباب نیریز' با تمامی پایه‌ها داشت. نتایج نشان داد که پایه‌ها بر غلظت منیزیم برگ تاثیر گذار بودند به‌طوری‌که کمترین غلظت منیزیم برگ در رقم 'رباب نی ریز' با پایه 'پوست قرمز علی-

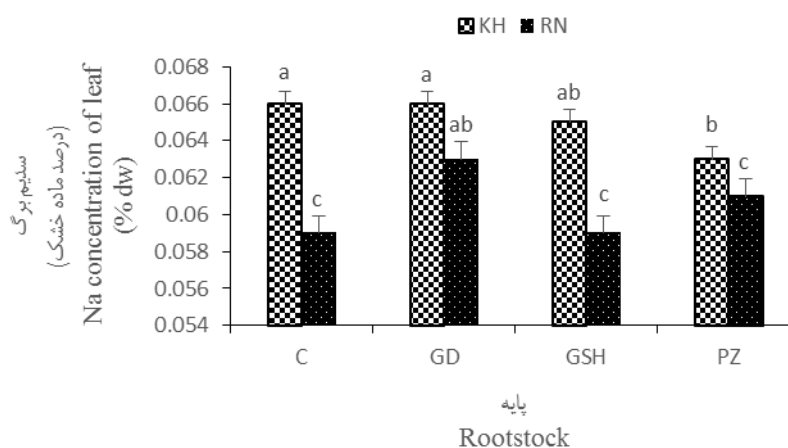


شکل ۳- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان منیزیم برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر جهرم' پیوند شده بر روی پایه های مختلف
Figure 3- The interaction effect of rootstock and scion on the Mg concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

سدیم

نهال های غیر پیوندی رقم 'خفر جهرم' مشاهده شد و استفاده از پایه 'پوست قرمز علی آقایی' سبب کاهش سدیم اندام هوایی این رقم شد. تاثیر پایه در کاهش جذب و انتقال سدیم به پیوندک در درختان مختلف گزارش شده است (Tavallali and Rahemi, 2007; Pestana et al., 2011). در پژوهشی حسن پور و همکاران (Hassanpour et al., 2015) اثر دو پایه انار 'تب و لرز' و 'ملس یزدی' را بر غلظت سدیم برگ رقم 'گبری' تحت شرایط شوری بررسی کردند و گزارش دادند که نوع پایه تاثیر معنی داری بر میزان جذب سدیم توسط ریشه دارد که با نتایج فوق همخوانی دارد.

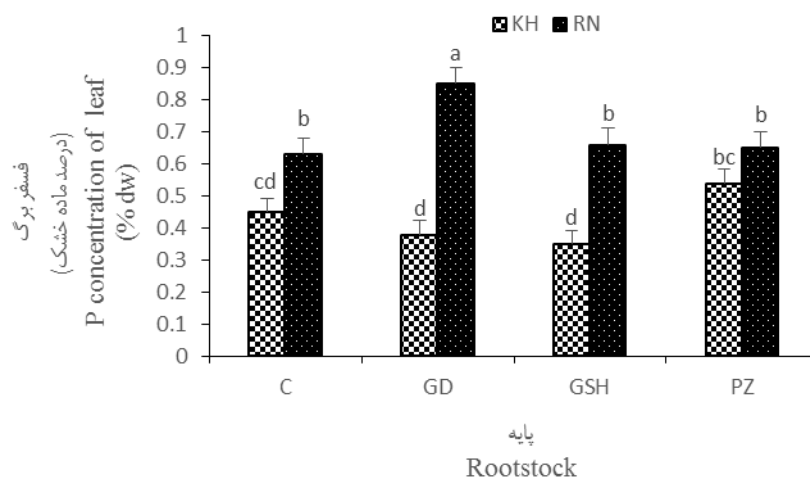
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده پیوندک در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده پایه و همچنین برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال یک درصد بر میزان سدیم معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین ها (شکل ۴) نشان داد که پایه های 'پوست قرمز علی آقایی' سبب کاهش میزان سدیم برگ در پیوندک رقم 'خفر جهرم' و همچنین پایه 'گرچ داداشی' سبب افزایش سدیم برگ در پیوندک رقم 'رباب نیریز' نسبت به گیاهان غیر پیوندی شدند و سایر ترکیب های پیوندی تاثیر معنی داری بر سدیم برگ نداشتند. مقایسه گیاهان پیوندی و غیر پیوندی نشان داد که بیشترین میزان سدیم در



شکل ۴- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان سدیم برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر جهرم' پیوند شده بر روی پایه های مختلف
Figure 4- The interaction effect of rootstock × scion on the Na concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

فسفر

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده پیوندک در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان فسفر معنی دار بود. براساس نتایج (شکل ۵) در پیوندک رقم 'خفر چهارم' تفاوت معنی داری بین نهال‌های پیوندی با نهال‌های غیرپیوندی در ارتباط با فسفر برگ مشاهده نشد در صورتی که در پیوندک رقم 'رباب نیریز'، پایه 'گرچ داداشی' سبب افزایش فسفر برگ (۰/۸۹ درصد ماده خشک) نسبت به گیاهان غیرپیوندی شد. کمترین میزان فسفر برگ (۰/۳۸ درصد ماده خشک) مربوط به ترکیب پیوندی 'گرچ شهوار'، پیوندک 'خفر چهارم' بود. جذب فسفر توسط گیاهان وابسته به گسترش سیستم ریشه‌ای و گاه‌آ همزیستی



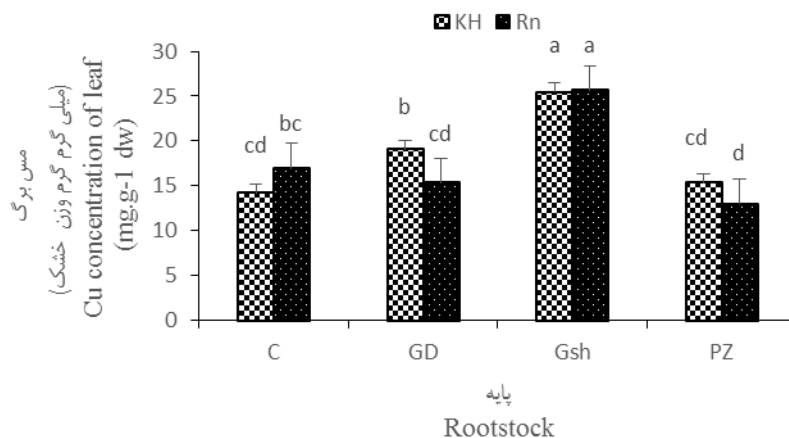
شکل ۵- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان فسفر برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف
Figure 5- The interaction effect of rootstock × scion on the P concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

مس

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که از بین اثرات مورد بررسی اثرات ساده پایه در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان مس برگ معنی دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۶) بیشترین میزان مس برگ در هر دو رقم مربوط به پایه 'گرچ شهوار' بود که تفاوت معنی داری با سایر ترکیبات پیوندی و شاهد داشتند. کمترین مقدار مس برگ (۱۲/۹۹ میلی گرم برگ گرم وزن خشک) در ترکیب پیوندی 'رباب نی ریز' با پایه 'پوست قرمز علی آقایی'، بدون تفاوت معنی دار با ترکیب پیوندی 'خفر چهارم' با پایه 'پوست قرمز علی آقایی' مشاهده شد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که نوع

ریشه با میکروارکانیزم‌های مفید خاک از جمله میکوریزا دارد. در پژوهشی نقش پایه‌های M9، MM111، MM106 سیب بر میزان جذب عناصر غذایی سه رقم تجاری گلدن دلشیز، فوجی و دلباراستیوال مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که پایه M9 در مقایسه با دو پایه دیگر در جذب فسفر کارآمدتر بود که در راستای پژوهش فوق مبنی بر تاثیر پایه بر میزان جذب فسفر می‌باشد (Shaeri et al., 2014). در پژوهش دیگری بر روی سیب گزارش شده‌است که میزان فسفر برگ در پایه‌های مختلف سیب ارتباط مستقیمی با میزان انتقال فسفر از پیوندگاه دارد (Mohammadi, 2004).

ترکیب پیوندی به طور معنی داری میزان مس برگ را تحت تاثیر قرار می دهد به طوری که در هر دو رقم 'رباب نی ریز' و 'خفر چهارم' بیشترین میزان مس با پایه 'گرچ شهوار' مشاهده شد که به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی این پایه در جذب این عنصر می‌باشد. در پژوهشی ابوطالبی (Abutalebi, 2010) اثر چهار پایه (نارنج، بکرائی، لیموآب و ولکامرلمون) را بر میزان عناصر برگ در پیوندک ارلان‌دوتانجلو مورد بررسی قرار داد و گزارش داد که نوع پایه تأثیر معنی دار بر میزان عناصر برگ دارد بطوری که غلظت کلسیم روی همه پایه‌ها و منگنز تنها روی پایه لیموآب کم‌تر از حد مطلوب و غلظت مس روی تمام پایه‌ها زیاده‌تر از حد مطلوب بود.

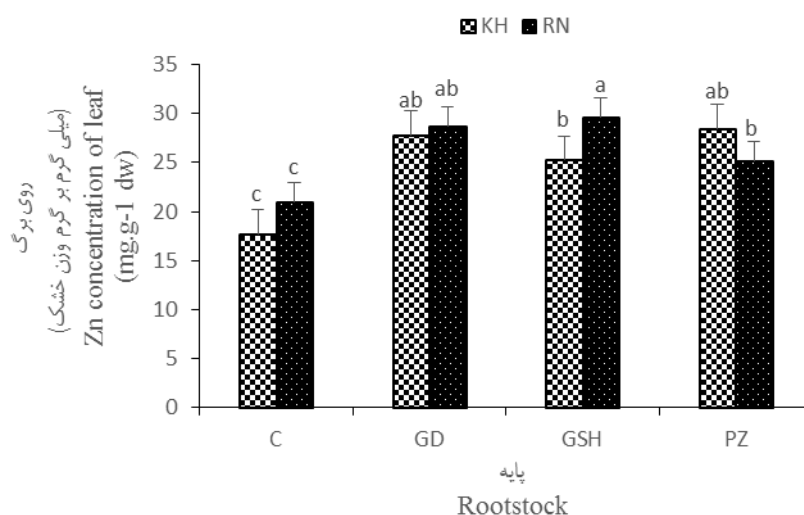


شکل ۶- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان مس برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه های مختلف
Figure 6- The interaction effect of rootstock × scion on the Cu concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

روی

های پیوندی 'رباب نی ریز' با پایه 'گرچ داداشی' نداشت. در گزارش- های متعددی روی سایر درختان میوه بیان شده است که پایه های درختان میوه از لحاظ جذب عنصر روی دارای کارایی متفاوتی می باشند. در پژوهشی حسن پور و همکاران (Hassanpour et al., 2015) اثر دو پایه انار 'تب و لرز' و 'ملس یزدی' را بر جذب عناصر غذایی انار رقم 'گبری' بررسی کردند و گزارش دادند که نهال های پیوندی میزان روی بیشتری نسبت به نهال های غیر پیوندی داشتند که در راستای پژوهش فوق می باشد.

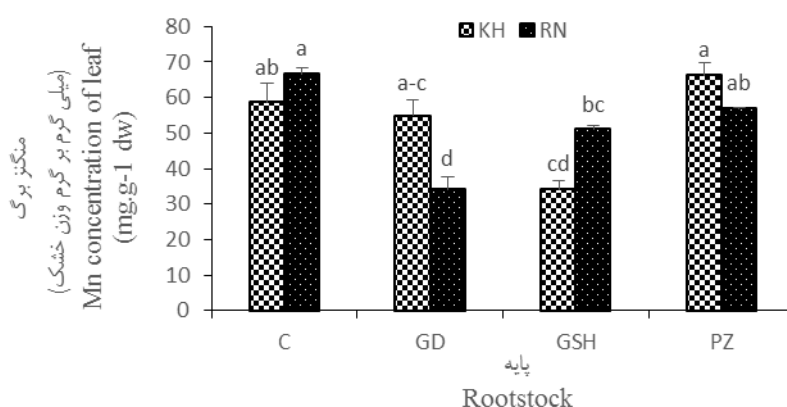
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثرات ساده پایه در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان روی برگ معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین ها (شکل ۷) نشان داد که در هر دو رقم استفاده از پایه سبب افزایش غلظت روی برگ نسبت به نهال های غیر پیوندی شد. بیشترین مقدار روی برگ (۲۸/۲۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به پیوندک 'رباب نیریز' با پایه 'گرچ شهوار' بود اگرچه تفاوت معنی داری با نهال



شکل ۷- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان روی برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه های مختلف
Figure 7- The interaction effect of rootstock × scion on the Zn concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

منگنز

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال یک درصد بر میزان منگنز برگ معنی‌دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۸) در رقم 'خفر چهارم' به جزء پایه 'گرچ داداشی' که سبب کاهش (۳۴/۱۴) میلی گرم بر گرم وزن خشک) معنی دار میزان منگنز برگ شد در سایر ترکیب‌های پیوندی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در رقم 'رباب نیریز' همانند رقم 'خفر چهارم' پایه 'گرچ داداشی' و 'گرچ شهوار' سبب کاهش معنی دار میزان منگنز برگ نسبت به گیاهان غیر پیوندی شدند. در هر دو رقم استفاده از پایه 'پوست قرمز علی آقایی' تاثیر معنی‌داری بر غلظت منگنز برگ نسبت به گیاهان غیر پیوندی نداشتند. پایه 'گرچ شهوار' در هر دو رقم سبب کاهش غلظت منگنز برگ شد در



شکل ۸- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان منگنز برگ انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف

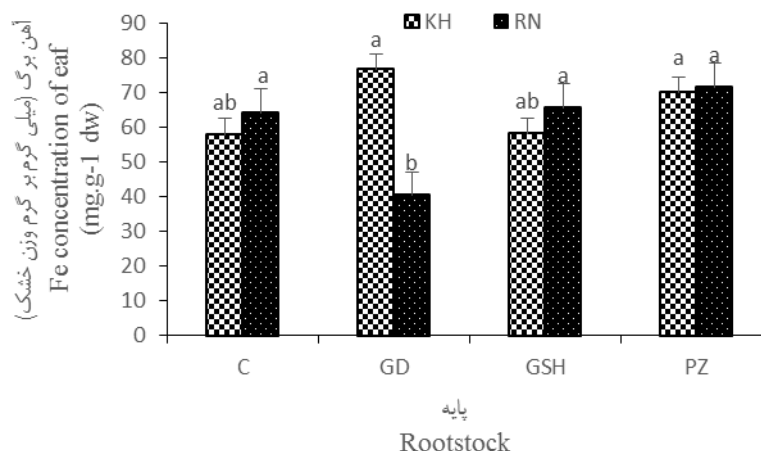
Figure 8- The interaction effect of rootstock × scions on the Mn concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

آهن

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تنها برهمکنش پایه و پیوندک در سطح احتمال یک درصد بر میزان آهن برگ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۹) نشان داد که به جز پایه 'گرچ داداشی' که سبب کاهش معنی‌دار میزان آهن برگ در رقم 'رباب نیریز' (۴۰ میلی گرم بر گرم وزن خشک) شد در سایر ترکیبات پیوندی تفاوت معنی‌داری با گیاهان غیر پیوندی در هر دو رقم مشاهده نشد. با توجه به اینکه یکی از مشکلات اساسی در باغ‌های کشور بعد از مسئله شوری و خشکی، بالا بودن بی کربنات کلسیم خاک می‌باشد، دستیابی و انتخاب پایه‌های متحمل به کلروز برگ ناشی از بی کربنات بالای خاک می‌تواند در زمینه اصلاح ارقام و همچنین شناخت بهتر فیزیولوژی و بیولوژی تحمل به کلروز مفید واقع شود. نتایج به‌دست

صورتی که در رقم 'خفر چهارم' میزان منگنز بر روی پایه 'پوست قرمز علی آقایی' نسبت به شاهد افزایش نشان داد که می‌تواند به دلیل کاهش رشد رویشی این رقم روی این پایه باشد. کمتر بودن میزان عناصر در پایه 'گرچ شهوار' احتمالاً به علت رشد بیشتر اندام هوایی و پدیده رقیت دانست. براساس این پدیده افزایش جذب عنصر به نسبت افزایش زیست توده گیاهی نمی‌باشد. در پژوهش مشابهی تاثیر پایه های نارنج و ولکامریانا بر غلظت عناصر پرتقال والنسیا در شرایط خاک قلیایی بررسی شد و گزارش شد که نوع پایه تاثیر بسزایی در غلظت منگنز پیوندک دارد بطوری که گیاهان پیوندی با پایه نارنج دارای منگنز بیشتری می باشند که در راستای پژوهش فوق می باشد (Tadaeon and Moafean, 2009).

آمده در این تحقیق نشان داد که نوع ترکیب پیوندی بر میزان آهن برگ تاثیر گذار بود به طوری که در رقم 'خفر چهارم' بیشترین میزان آهن برگ با پایه 'گرچ داداشی' مشاهده شد. در پژوهش‌های دیگر به توانایی مختلف پایه‌های درختان میوه در جذب عناصر غذایی پیوندک پرداخته شده است که در راستای پژوهش فوق مبنی بر تاثیر پایه بر میزان غلظت عناصر پیوندک می‌باشد (Naeini Abutalebi, 2010; et al., 2004; Muharrami et al., 2011). در پژوهشی ابوطالبی و همکاران (Abutalebi, 2010) ضمن بررسی تاثیر پایه بر غلظت عناصر معدنی لیمو شیرین پیونده شده بر روی پایه های مختلف گزارش کردند که نهال‌های پیوندی با پایه لیمو شیرین دارای آهن برگ بیشتری می‌باشند.



شکل ۹- برهمکنش پایه × پیوندک بر میزان آهن برگ درخت پیوندی انار ارقام 'رباب نیریز' و 'خفر چهارم' پیوند شده بر روی پایه های مختلف
Figure 9- The interaction effect of rootstock × scion on the Fe concentration of the pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom leaf grafted on different rootstocks (LSD, $p \leq 0.05$)

نتیجه گیری

غلظت عناصر معدنی کمتر در ارقام پیوند شده روی این پایه می باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر می توان دلیل بالاتر بودن عناصر غذایی در نهال های پیوندی با پایه های 'گرچ شهوار' و 'گرچ شهوار' را به قدرت رشد بیشتر این پایه ها و سیستم ریشه ای گسترده آن ها نسبت داد که در این زمینه تحقیقات وسیع تری توصیه می شود.

نتایج این پژوهش نشان داده است که میزان عناصر غذایی برگ ارقام پیوندی انار نه تنها تحت تاثیر پایه قرار می گیرد بلکه تحت تاثیر ژنتیک پیوندک می باشد. غلظت عناصر معدنی پیوندک عمدتاً با ویژگی های سیستم ریشه ای پایه از جمله گسترش جانبی و عمودی ریشه، که باعث افزایش جذب آب و مواد معدنی می شود وابسته است. پایه 'پوست قرمز علی آقایی' به دلیل سیستم ریشه ای ضعیف تر دارای

منابع

1. Abutalebi, A. (2010). Effect of different citrus rootstocks on Orlando Tangelo leaf chlorophyll content and mineral element concentrations. *Journal of Plant Production Research* 17: 81-83. (In Persian)
2. Babalar, M., & Pirmoradian, M. (2010). *Nutrition of fruit trees* (translation). University of Tehran Press, Print Publishing Institute, 312 p. (In Persian)
3. Behzadi Shahrababaki, H. (2000). *Distribution and diversity of pomegranate cultivars in Iran*, Agricultural Education Publication, 265 p. (In Persian)
4. Eini-Tari, F., Karimi, H.R., Roosta, H.R., & Mohammadi Mirik, A.A. (2014). Effect of different reactions of sodium bicarbonate on irrigation water on vegetative, biochemical and physiological characteristics of three pomegranate cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 15: 131-142. (In Persian with English abstract)
5. Erdal, I., Atilla Askin, M., Kucukyumuk, Z., Yildirim, F., & Yildirim, A. (2008). Rootstock has an important role on iron nutrition of apple trees. *World Journal of Agricultural Science* 4: 173-177.
6. Fallahi, E., Chun, I.K., Neilsen, G.H., & Colt, W.M. (2001). Effects of three rootstocks on photosynthesis, leaf mineral nutrition and vegetative growth of BC-2 Fuji apple trees, *Journal of Plant Nutrition* 24: 827-834. <https://doi.org/10.1081/PLN-100103776>.
7. Georgio, A. (2001). Evaluation of rootstocks for "Clementine" mandarin in Cyprus, *Horticultural Sciences* 93: 29-38. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00311-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00311-9).
8. Gupta, A.P., Neue, H.U., & Singh, V.P. (1993). Phosphorus determination in rice plant containing variable manganese content by the phosphor molybdo vanadate (yellow) and phisphomolybdate (blue) colorimetric methods, *Communications in Soil Science and Plant Analylsis* 224: 1309-1328. <https://doi.org/10.1080/00103629309368878>.
9. Hassanpour, N., Karimi, H.R., & Mirdehghan S.H. (2015). Effects of rootstock and salinity stress on vegetative, physiological and biochemical characteristics of 'Gabri' pomegranate cultivar, *Iranian Journal of Horticulture Science and Technology* 16: 39-45. (In Persian with English abstract)

10. Hassanzadeh Khankahdani, H., Hassanpour, A., & Abutalebi, A. (2006). The effect of different rootstocks on vegetative growth rate, dry weight and mineral composition of *Citrus aurantifolia* Swingle, *Journal of Seedling and Seed* 22: 155-164. (In Persian with English abstract)
11. Hirst, P.M., & Ferree D.C. (1995). Rootstock effects on the flowering of 'Delicious' apple. II. Nutritional effects with specific reference to phosphorus, *Journal of American Society for Horticultural Sciences* 120: 1018-1024.
12. Karimi, H.R. (2015). *Nuts (Pistachios, Almonds, Walnuts, Hazelnuts, Pecans and Chestnuts)*, Mashhad University Jahad Publications 151 p. (In Persian)
13. Karimi, H.R., & Maleki Kuhbanani, A. (2015). The evaluation of inter-specific hybrid of *P. atlantica* × *P. vera* cv. Badami Zarand as a pistachio rootstock to salinity stress, *Journal of Nuts* 6: 113-122.
14. Karimi, H.R., & Eini Tari, F. (2015). Effects of NaHCO_3 on photosynthetic characteristics, and iron and sodium transfer in pomegranate, *Journal Plant Nutrition* 40: 11-22.
15. Karimi, H.R., & Nowrozy, M. (2017). Effects of rootstock and scion on graft success and vegetative parameters of pomegranate, *Scientia Horticulturae* 214: 280-287. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.047>.
16. Karimi, H.R., & Hassanpour, N. (2016). Effects of salinity, rootstock, and position of sampling on macronutrient concentration of pomegranate cv. Gabri, *Journal of Plant Nutrition* 40: 2269-2278. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1263324>.
17. Mohammadi, E. (2004). The effects of four planting densities on some quantitative and qualitative characteristics of "Granny Smith b" apple cultivar on M 26 clonal rootstock, *Plant Molecular Biology* 47: 377-403.
18. Muharrami, R., Rabiee, V., Amiri, M.A., & Azimi, M.H. (2011). Effect of rootstock on some traits of Delbarastival apple cultivar, *Journal of Seed and Plant Breeding* 27: 323-337. (In Persian with English abstract)
19. Naeini, M.R., Khoshgoftarmanesh, A.H., Lessani, H., & Fallahi, E. (2004). Effects of NaCl-induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate, *Journal of Plant Nutrition* 27: 1319-1326. <https://doi.org/10.1081/PLN-200025832>.
20. Pestana, M., Miletic, R., Mitronic, M., & Jankovic, D. (2011). Effect of callusing conditions on grafting success in Walnut (*Juglans regia* L.), *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 19: 5-14.
21. Rengel, Z., & Damon, P.M. (2008). Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use, *Physiologia Plantarum* 133: 624-636. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01079>.
22. Rom, R.C. (1991). Apricot rootstocks: Perspective, Utilization and Outlook, *Acta Horticulturae* 293: 345-354. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.293.41>.
23. Shamsi, J., Baninasab, B., Ghobadi, S., & Ghasemi, A.A. (2011). *The effect of six different rootstocks on the uptake of mineral elements of leaves, fruits and vegetative characteristics of Quien trees to Isfahan cultivar*, Master Thesis. Isfahan University of Technology 105 p. (In Persian)
24. Shaeri, M., Rabiee, V., & Taheri, M. (2014). Effect of rootstock and cultivar on the uptake efficiency of mineral elements and some quantitative and qualitative traits of apple cultivars of Golden Delicious, Fuji and Delbarastival, *Journal of Seed and Plant Breeding* 30: 357-373. (In Persian with English abstract)
25. Shakeri, M. (2008). *Technical principles of pomegranate garden construction*, Yazd Agricultural Coordination and Extension Management 119 p. (In Persian)
26. Sherafati, A., & Hakmabadi, H. (2015). The effect of some pistachio rootstocks on nutrient uptake in two cultivars of Akbari pistachio and black leaf, *Iranian Journal of Pistachio Science and Technology* 1:32-43. (In Persian with English abstract)
27. Tadaeon, M.S., & Moafean, G.R. (2009). Study of rootstock and scion effects on boron absorption in Citrus, *Agriculture and Natural Resources* 47: 335-347.
28. Tavallali, V., & Rahemi, M. (2007). Effect of rootstock on nutrient acquisition by leaf, kernel and quality of pistachio (*Pistacia vera* L.), *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 2: 240-246. <https://doi.org/10.22034/jon.2016.527097>.
29. Toplu, C., Kaplankiran, M., Hakan Demirkaser, T., & Yildiz, E. (2008). The effects of citrus rootstocks on "Valencia" late and "Rhode Red Valencia" oranges for some plant nutrient elements, *African Journal of Biotechnology* 7: 441-445.
30. Xia, Y., Jiang, C.C., Chen, F., Lu, J. W., & Wang, Y.H. (2011). Differences in growth and potassium-use efficiency of two cotton genotypes, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42: 132-143. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.535064>.
31. Vazifeshenas, M., Khayyat, M., & Jamalian, S. (2009). Effect of different scion rootstocks combinations on vigour, tree size, and yield and fruit quality on three Iranian cultivars of pomegranate, *Acta Horticulture* 463: 143-152. <https://doi.org/10.1051/fruits/2009030>.



Effect of Different Light Spectra on Photosynthesis Yield of *Hypoestes phyllostachya*

D. Kazemi¹, M. Dehestani-Ardakani^{2*}

Received: 28-04-2021

Revised: 10-09-2021

Accepted: 14-09-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Kazemi, D., & Dehestani-Ardakani, M. (2023). Effect of Different Light Spectra on Photosynthesis Yield of *Hypoestes phyllostachya*. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 803-815. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.70123.1046](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.70123.1046)

Introduction

Different aspects of light including intensity, quality (spectra), and duration (photoperiod) can influence plant growth and development. The growth and development of ornamental plants are also influenced by light intensity and quality. Energy saving in greenhouse production has received much attention lately. One reason for the interest in utilizing light quality to modulate plant growth and morphology is the recent development of light-emitting diodes (LEDs) as a lighting source in greenhouse production. Such small diodes can easily be placed close to the canopy and can be used to apply a narrow-band light spectrum to the plants. Specific requirements for light spectral distribution for specific processes like morphogenesis, photosynthesis, chlorophyll and anthocyanin synthesis have been determined in different species. The aim of the current study was to investigate the biophysical properties of chlorophyll fluorescence of *Hypoestes phyllostachya* plants in response to different light spectra.

Materials and Methods

Research experiments were conducted on *Hypoestes phyllostachya* in a completely randomized design with six treatments of different light quality and three replications. The seeds were planted in plugs and in a mixture of 70% peat moss and 30% perlite. Seedlings were grown in natural greenhouse (control) and LED (100% Blue, 15% Blue +85% Red, 30% Blue +70% Red, 15% Blue +65% Red + 20% White and 30% Blue +50% Red + 20% White). Since the main goal of the study was to compare the effect of LED light quality with sunlight in conventional greenhouse conditions. The LED treatments were applied from fourth month old seedlings until five weeks in a growth chamber with the light/dark regime of 15/9 hours, 23±5°C temperature, and 65±5% relative humidity. While, their pots in the greenhouse with 55±5 mol.m⁻².d⁻¹ DLI, 21±5°C average daily temperature and 65±5% relative humidity (Data logger 8808 temp. + RH) were regarded as the control treatment. After five weeks, the fluorescence chlorophyll was measured.

Selected leaves were dark-adapted prior to the measurements and OJIP protocol was applied using a fluorometer (FluorPen FP 100-MAX, photon system instruments, Drasov, Czech Republic). The fluorescence measurement was performed using a saturating. FluorPen software was used to extract data from the original measurement. Data extracted were used to analyze the following data according to the equations of the JIP test: fluorescence intensities at 50 μs (F 50 μs, considered as the F₀), 2 ms (J-step denoted as F_J), 60 ms (I-step, F_I), and maximum fluorescence intensity (F_M, F_P). The JIP-test was used to quantify the amount of energy that flow via the PSII. Performance index was measured on the absorption basis (PI_{ABS}, a multi-parametric expression). Probability that a trapped electron promote an electron in electron transport chain (ETC) beyond the primary acceptor Quinone (QA⁻), maximum quantum efficiency of PSII (F_V/F_M), specific energy fluxes per reaction center (RC) for energy absorption (ABS/RC), trapped energy flux (TR₀/RC), electron transport flux (ET₀/RC) and dissipated energy flux (DI₀/RC) were calculated according. Finally, the data were statistically analyzed with SAS (9.4) software package, and the means were compared by LSD test at p < 0.05 level.

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: mdehestani@ardakan.ac.ir)

Results and Discussion

Fast Chl fluorescence induction curves (OJIP) was the main parameters used for the screening of different light treatments. OJIP test is shown to be a proxy to detect PSII bioenergetics and indicates changes in the status and function of PSII reaction centers, antenna, as well as in donor and acceptor sides of PSII. The maximum quantum yield of PSII (F_v/F_m) and relative maximal variable fluorescence (F_m/F_0), significantly increased in 15% Blue +85% Red, 30% Blue +70% Red, 15% Blue +65% Red + 20% White. PI_{ABS} , one of the OJIP test parameters that provide valuable awareness about photosynthetic performance, considerably decreased under control and 30% Blue +50% Red + 20% White treatment. Unlike PI_{ABS} , ET_0/RC did not show a significant difference under different treatments. The specific energy fluxes per RC for energy absorption (ABS/RC) significantly increased under control and 30% Blue +50% Red + 20% White treatment. TR_0/RC increased in plants under control and 30% Blue +50% Red + 20% White treatment. Treated plants under 15% Blue +85% Red and 30% Blue +70% Red showed the lowest in dissipated energy flux (DI_0/RC). During an ideal condition without any additional stress, the total PSII pool can be completely inactivate and retrieve without a detectable photoinhibition.

Conclusion

When plants exposed to 100% Blue and 30% Blue +50% Red + 20% White treatments as well as in control plants, F_m/F_0 , F_v/F_m and PI_{ABS} significantly decreased. Also ABS/RC , TR_0/RC and DI_0/RC , significantly increased.

Keywords: Leaf chlorophyll fluorescence, Light quality, Light spectra, Plantlet, Photosynthesis

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۱۵-۸۰۳

اثر طیف‌های مختلف نور بر کارایی فتوسنتز گیاه گل سنگ (*Hypoestes phyllostachya*)

داوود کاظمی^۱ - مریم دهستانی اردکانی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳

چکیده

کیفیت نور دریافتی توسط برگ‌ها بر فتوسنتز گیاه تأثیر می‌گذارد. در پژوهش حاضر اثر طیف‌های مختلف نور بر کارایی فتوسنتز گیاه گل سنگ (*Hypoestes phyllostachya*) مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق با استفاده از آزمون OJIP که از روش‌های دقیق محاسبه کارایی فتوسنتز در گیاه می‌باشد، اثرات طیف نور بر فتوسنتز تجزیه و تحلیل شد. آزمایش در بهار سال ۹۹ در گلخانه تجاری با شش اتاقک رشد مجهز به نور معمولی گلخانه (شاهد)، ۱۰۰ درصد نور آبی، ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید، روی دانه‌های چهار برگی گیاه آپارتمانی گل سنگ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. پس از دو ماه قرارگیری گیاهان در زیر نورهای مختلف با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی با شدت نوری ۲۵۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، پارامترهای بیوفیزیک فتوسنتزی بررسی شد. بیشترین میزان شاخص حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II و حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (F_M/F_0) در تیمارهای نوری ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید + ۷۰ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید حاصل شد. میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC) در گیاهان تحت تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و نیز شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. میزان گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش (TR_0/RC) و انرژی اتلاف شده به ازای هر مرکز واکنش (DI_0/RC) در گیاهان تحت تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و نیز شاهد افزایش یافت. شاخص عملکرد بر پایه جذب انرژی نورانی در تیمار ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز بالاتر بود به طوری که ۷۴/۲۵ درصد بیشتر از شاهد بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای نوری ترکیبی مخصوصاً ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز بیشترین تأثیر را در افزایش کارایی فتوسنتز و نور آبی و شاهد کمترین تأثیر را داشتند.

واژه‌های کلیدی: فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل برگ، کیفیت نور، طیف نور، نشاء

مقدمه

دقیق اثر طیف‌های مختلف نور بر واکنش‌های گیاهی هنوز به صورت کامل شناخته نشده است. با این وجود، پذیرنده‌های نوری متعددی که در واکنش‌های گیاه به طیف‌های مختلف نور نقش دارند، شناخته شده‌اند (Hogewoning et al., 2010). گیاهان در تمام طول عمر خود از جوانه‌زنی تا تولید گل و بذریه به نور نیاز دارند (Runkle and Strasser et al., 2000 Blanchard, 2010 Kim et al., 2004). سه عامل موثر بر رشد گیاه شامل مدت، کمیت (شدت) و کیفیت (طیف) نور می‌باشند (Yeh and Chung, 2009). شاخص‌هایی مثل ارتفاع گیاه، طول میانگره، تعداد انشعابات و اندازه برگ تحت تأثیر کمیت و کیفیت نور قرار می‌گیرند (Fan et al.,

نور از جنبه‌های مختلف مانند شدت، کیفیت و طول دوره روشنایی برای گیاهان اهمیت دارد. کیفیت نور می‌تواند تغییرات فیزیولوژیکی، مورفوبیژیکی و آناتومیکی متعددی را در گیاهان باعث شود (Morrow, 2007). نور تنها منبع تأمین انرژی برای فتوسنتز در گیاه نیست، بلکه سیگنال مهم تأثیرگذار در مراحل رشد و تکوین گیاه از جوانه‌زنی تا گلدهی می‌باشد (Heijde and Ulm, 2012). مکانیسم

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: mdehestani@ardakan.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2021.70123.1046

(2013).

پاسخدهی گیاهان در برابر نور موجود در محیط رویش، به عملکرد رنگدانه‌های نورساختی (فتوسنتزی) و رنگدانه‌های گیرنده نور بستگی دارد و سطح فعالیت رنگدانه‌های یادشده در حضور طیف‌های مختلف نور، متفاوت از یکدیگر است (Franklin and Whitelam, 2005) و بیشترین تأثیر مربوط به حضور نورهای آبی و قرمز اعلام شده است که می‌تواند در رشد و سلامت گیاهان نقش مثبت ایفا کند (Nhut et al., 2003). تاکنون گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت افزایش مدت زمان حضور نور بر بهبود وضعیت رشد برخی از گیاهان زینتی ارائه شده است اما چگونگی تأثیر طیف‌های اختصاصی نور و سطح شدت نور بر چگونگی رشد رویشی نشای گیاهان زینتی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Fukuda et al., 2016). نور قرمز برای توسعه دستگاه فتوسنتز و تجمع نشاسته مهم است (Saebo et al., 1995)، نور آبی در تشکیل کلروفیل، توسعه کلروپلاست، دهانه روزنه و فوتومورفوژن مهم است (Whitelam and Akoyunoglou and Anni, 1984; Halliday, 2008). به نظر می‌رسد که ظرفیت فتوسنتزی و تولید زی‌توده در حالتی که طیف نور آبی جزئی از طیف تابشی را تشکیل می‌دهد، افزایش می‌یابد. تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که گیاه قادر به تکمیل چرخه زندگی خود تحت تابش نور قرمز به تنهایی می‌باشد ولی در صورتی که همراه با نور قرمز نور تکمیلی آبی نیز به گیاه تابانده شود، گیاهان حاصله از این شرایط بزرگتر و با عملکرد بیشتر می‌باشند (Goins et al., 1997). قرار دادن برگ‌های گیاه برگ بیدی در معرض نور آبی باعث کاهش مقدار فتوسنتز خالص و دی‌اکسید کربن درونی نسبت به نور شاهد (ترکیب نور قرمز (۹۰ درصد) و آبی (۱۰ درصد) گردید. علی‌رغم بهبود هدایت روزنه‌ای توسط نور آبی، اثر این نور بر فتوسنتز خالص منفی بود (Aliniaefard and Seifi Kalhor, 2017). در بررسی پارامترهای بیوفیزیک فتوسنتزی گل رز رقم سامورایی، بالاترین شاخص جذب انرژی و نرخ انتقال الکترون نسبت به مرکز واکنش در نور قرمز حاصل شد (Bayat et al., 2020).

در پژوهشی تشکیل جوانه‌های گل و طولی شدن ساقه در گل داودی شاخه بریده رقم 'Zembla' تحت تأثیر نور تکمیلی طیف آبی (B) با استفاده از دیودهای پخش کننده نور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تحت نور ترکیبی RB (۱۱ ساعت نور ترکیبی قرمز و آبی)، سرعت آسیمیلایون خالص به سرعت افزایش یافت، سپس در زیر نور B کمی کاهش یافت و در نهایت در تاریکی به مقادیر منفی کاهش یافت. طول نهایی ساقه بیشترین میزان رشد را در گیاهان تحت RB + LB (۱۱ ساعت نور ترکیبی RB و سپس ۱۳ ساعت نور B) داشت و پس از آن تحت تأثیر LRB + B (۱۵ ساعت نور ترکیبی RB و سپس ۴ ساعت نور B تکمیلی)، RB + B (۱۱ ساعت نور RB مخلوط و سپس ۴ ساعت نور B تکمیلی) و سپس تیمار RB (۱۱ ساعت نور ترکیبی قرمز و آبی) قرار گرفت. با این حال،

جوانه‌های گل تکامل یافته فقط تحت تیمارهای RB و RB+B تشکیل شدند (Kalaji et al., 2016).

گیاه گل سنگ یا هیپوستس گیاهی آپارتمانی با نام علمی *Hypoestes phyllostachya* متعلق به خانواده Acanthaceae و بومی ماداگاسکار می‌باشد. هیپوستس گیاهی بوته‌ای با برگ‌های تخم مرغی سبز تیره با نقطه‌هایی به رنگ صورتی متمایل به قرمز یا آبی می‌باشد. از اواخر تابستان تا زمستان خوشه انتهایی سنبله مانند به طول ۱۶ سانتی‌متر که از گل‌های صورتی تشکیل شده روی آن ظاهر می‌شود. گل‌ها قابل توجه نبوده و به خاطر برگ‌های رنگی آن کشت و کار می‌شود (Ghasemi Ghehsareh and Kafi, 2015).

استفاده از ویژگی‌های مختلف نور در گیاه گل سنگ تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. روشی که بتوان با استفاده از نور مناسب در گلخانه و یا خانه گیاهانی با کیفیت بهتر تولید نمود. در پژوهش حاضر تأثیر طیف‌های مختلف نور بر خصوصیات بیوفیزیک فتوسنتز گیاه گل سنگ مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود که طیف‌های مختلف نور چگونه بر بخش‌های مختلف فتوسنتز تأثیر می‌گذارند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۹ در یک گلخانه تجاری واقع در شهرستان نجف آباد (استان اصفهان) در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار کیفیت متفاوت نور شامل نور طبیعی گلخانه به‌عنوان شاهد، نور ال‌ای‌دی شامل: ۱۰۰ درصد نور آبی، ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و سه تکرار روی گیاه هیپوستس در گلخانه انجام شد. بذره‌های نسل اول هیپوستس در سینی کشت حاوی ۳۰ درصد پرلایت و ۷۰ درصد پیت-ماس در گلخانه با دمای روز ۲۲ و دمای شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰-۶۵ درصد کشت شدند و پس از چهار ماه به گلدان با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر حاوی ۶۰ درصد خاک برگ، ۳۰ درصد خاک لوم باغچه و ۱۰ درصد پرلیت انتقال داده شدند. در هر گلدان یک دانهدال کشت شد (همه دانهدال‌های یک اندازه انتخاب شدند) و هر گلدان به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. پس از اطمینان از شرایط آغاز به رشد گیاهان، گلدان‌ها به اتاقک‌های رشد انتقال داده شدند و تحت تیمارهای مذکور قرار گرفتند. در طول دوره رشد درجه حرارت 23 ± 5 سانتی‌گراد، میزان رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ و دوره نوری ۱۵ ساعت روشنایی (۷ صبح تا ۱۰ شب) و ۹ ساعت تاریکی به‌طور منظم کنترل شدند. در اتاقک رشد از لامپ‌های ال‌ای‌دی قرمز (۶۶۵-۶۸۵ نانومتر)، آبی (۴۵۵-۴۷۵ نانومتر) و سفید استفاده شد. لامپ‌های ال‌ای‌دی روی صفحات پلکسی‌گلس نصب شدند و با

۱ انجام شد (Strasser et al., 2000).

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS نسخه‌ی ۹/۱ تجزیه گردید و میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$V_J = (F_J - F_0) / (F_M - F_0) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$V_I = (F_I - F_0) / (F_M - F_0) \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\Phi_{P0} = 1 - (F_0 / F_m) \quad \text{یا} \quad F_v / F_m \quad \text{رابطه ۳}$$

$$ABS / RC = M_0 \cdot (1 / V_J) \cdot (1 / \Phi_{P0}) \quad \text{رابطه ۴}$$

$$TR_0 / RC = M_0 \cdot (1 / V_J) \quad \text{رابطه ۵}$$

$$ET_0 / RC = M_0 \cdot (1 / V_J) \cdot \Psi_0 \quad \text{رابطه ۶}$$

$$DI_0 / RC = (ABS / RC) - (TR_0 / RC) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$PI_{ABS} = \frac{RC}{ABS} \times \frac{\Phi_{P0}}{1 - \Phi_{P0}} \times \frac{\Psi_0}{1 - \Psi_0} \quad \text{رابطه ۸}$$

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر داده‌های فلورسانس کلروفیل با استفاده از آزمون OJIP مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این آزمون با توجه به جریان الکترون در غشا تیلاکوئید توسعه یافته است. با استفاده از آزمون OJIP می‌توان کارایی فازهای بیوفیزیکی بین مراحل مختلف سیستم انتقال الکترون را بررسی نمود. آزمون OJIP می‌تواند برای بررسی عملکرد دستگاه فتوسنتزی در پاسخ به تنش‌های محیطی مختلف مورد استفاده قرار گیرد (Nhut et al., Kalaji et al., 2016; 2003). از آزمون OJIP به‌عنوان شاخصی برای مطالعه پاسخ گیاهان به شرایط محیطی استفاده می‌شود (Baker, 2008).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شاخص حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m یا Φ_{P0}) در تیمارهای مختلف نوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان آن در تیمارهای نوری ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید حاصل شد که به‌ترتیب ۱۰، ۱۲/۸۵ و ۱۰ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۱). پارامتر F_v/F_m بیانگر حداکثر کارایی کوانتوم فتوسیستم II است که در آن نور توسط گیرنده‌های نوری فتوسیستم II جذب می‌شود. بنابراین از شاخص‌های عملکرد فتوسنتز گیاه می‌باشد (Baker and Rosenqvist, 2004). در شرایط بدون تنش میزان F_v/F_m گیاه بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ متغیر است (Baker and Rosenqvist, 2004). در پژوهش حاضر همه داده‌های مربوط به F_v/F_m در دامنه طبیعی قرار داشت. نتایج حاصله نشان داد که بیشترین کارایی کوانتومی فتوسیستم مربوط به تیمارهای ترکیبی نور آبی و قرمز می‌باشد که با نتایج یو و همکاران (Yu et al., 2017) که بالاترین کارایی را در نور قرمز گزارش کردند، مطابقت نشان نداد. حداکثر عملکرد کوانتومی فتوشیمی PSII به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان

کمک یونولیت اتاقک‌هایی (محفظه‌هایی) به ابعاد ۱۵۰×۱۱۰×۱۰ سانتی‌متر درون گلخانه ساخته شد. شدت نور برای هر اتاقک، در هر تیمار ال‌ای‌دی ۵ ± ۱۲۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در نظر گرفته شد و به کمک دستگاه پارمتر (مدل Apogee, MQ500, USA) تنظیم شد. برای ارزیابی هم‌زمان گیاهان در گلخانه (به‌عنوان شاهد و نور طبیعی با مقدار نور تجمعی روزانه ۵ ± ۱۵ مول بر مترمربع در روز، میانگین دما در طی شبانه روز ۵ ± ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد (Data logger 8808 temp.+ RH)) نیز کشت شدند. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت روزانه انجام شد. در طول دوره نگهداری، گلدان‌ها یک مرتبه توسط اسید هیومیک کوددهی شدند. در پایان، پنج هفته پس از انتقال گیاهان به اتاقک‌های رشد، خصوصیات فلئورسانس کلروفیل اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مرتبط با فتوسنتز، خصوصیات فلئورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه فلئورپن^۱ ارزیابی شدند. برای این منظور ابتدا گیاهان درون هر اتاقک، با توجه به پروتکل دستگاه فلئورپن به‌مدت بیست دقیقه در تاریکی قرار گرفتند تا به این شرایط سازگار شوند. پس از سازگاری در تاریکی، برگ و ساقه آن بلافاصله برای اندازه‌گیری حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) بررسی شدند. اطلاعات ذخیره شده دستگاه در زمان اندازه‌گیری استخراج شده و با نرم افزار فلئورپن تجزیه و تحلیل گردید.

تست OJIP (آنالیز لحظه‌ای القای فلئورسانس کلروفیل) برای بررسی تفاوت بیوفیزیکی و پدیده شناسی مربوط به وضعیت فتوسیستم II با استفاده از دستگاه PAR-fluorPen FP 100-MAX در برگ‌های جوان توسعه یافته که حداقل ۲۰ دقیقه در تاریکی سازگار شده بودند محاسبه شد. بعد از سازگاری در تاریکی، حداقل فلئورسانس وقتی تمامی مراکز واکنش فتوسیستم II، باز هستند در ۵۰ میکروثانیه (F_0)، شدت فلئورسانس در مرحله J در ۲ میلی‌ثانیه (F_J)، شدت فلئورسانس در مرحله I در زمان ۶۰ میلی‌ثانیه (F_I)، و حداکثر فلئورسانس وقتی تمام مراکز واکنش فتوسیستم II، بسته هستند بین ۳۰۰ میلی‌ثانیه تا یک ثانیه (F_M)، شدت فلئورسانس متغیر (F_v)، فلئورسانس متغیر نسبی در مرحله حد واسط J (V_J ; رابطه ۱)، فلئورسانس متغیر نسبی در مرحله حد واسط I (V_I ; رابطه ۲)، حداکثر فلئورسانس متغیر نسبی (F_M/F_0)، حداکثر کارایی فتوسیستم II (F_v/F_m یا Φ_{P0} ; رابطه ۳)، میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC ; رابطه ۴)، میزان گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش (TR_0/RC ; رابطه ۵)، انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش (ET_0/RC ; رابطه ۶)، انرژی اتلاف شده به ازای هر مرکز واکنش (DI_0/RC ; رابطه ۷) و شاخص عملکرد جذب انرژی (PI_{ABS} ; رابطه ۸) محاسبه شد. محاسبات با استفاده از نرم‌افزار PAR-Fluorpen ورژن

شاخص مناسب برای ارزیابی تأثیر نشانه‌های محیطی بر دستگاه فتوسنتز پذیرفته شده است (Lee et al., 2016). انرژی نوری که توسط مولکول‌های کلروفیل جذب می‌شود به سه روش می‌تواند خاموش شود: فتوشیمیایی، اتلاف گرما و فلورسانس. مقدار بسیار کمی از انرژی نور جذب شده توسط فلورسانس آزاد می‌شود و بخش بزرگی از نور جذب شده برای هدایت فتوسنتز استفاده می‌شود که از آن به عنوان خاموش کننده فتوشیمیایی یاد می‌شود. نتایج پژوهش حاضر در زمینه حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II، تأیید می‌کند که توسعه دستگاه فتوسنتزی به شدت نور و بلوغ برگ‌ها وابسته است (Prioul et al., 1980). کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II، زمانی اتفاق می‌افتد که عمل و ساختار PSII در اثر تنش آسیب دیده باشد (Souza et al., 2004). تحت شرایط تنش، مکانیزم‌های حفاظتی ممکن است به غشا آسیب وارد سازند (Souza et al., 2004). قرار گرفتن در معرض شدت نورهای مختلف می‌تواند جذب انرژی نورانی توسط دستگاه PSII را تغییر داده و در نهایت منجر به تغییر در فلورسانس کلروفیل شود (Rapacz Lichtenthaler et al., 2005; et al., 2015).

در مطالعه حاضر، Fv/Fm در تیمارهای نوری ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید افزایش یافت. این نتیجه نشان می‌دهد که این ترکیبات نوری مورد بررسی در سطوح بدون تنش می‌تواند باعث توسعه سریع دستگاه فتوسنتز و مکانیسم‌های محافظت از نور در مراحل اولیه رشد گیاه شود. ماتسودا و همکاران (Matsuda et al., 2008) در اسفناج و علی‌نمایی فرد و

سیفی کلهر (Aliniaiefard and Seifi Kalhor, 2017) در گیاه برگ بیدی (*Tradescantia virginiana*) نیز نشان دادند که افزایش نسبت نور آبی به قرمز باعث افزایش سطح نقطه اشباع نوری نشد. گیاهان پرورش یافته تحت نور آبی مقدار کلروفیل پائین‌تری نسبت به گیاهان پرورش یافته تحت نور ترکیبی دارند و در نتیجه فتوسنتز و رشد آنها نیز کمتر است. یکی از دلایل کاهش فتوسنتز در اثر نور آبی ممکن است افزایش اتلاف انرژی نورانی به صورت گرما و حفاظت حاصله به علت فعال شدن فرونشاندن غیرفتوشیمیایی در گیاه باشد (Aliniaiefard and Seifi Kalhor, 2017).

بررسی شاخص حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (F_M/F_0) در گیاهان تحت تیمارهای نوری مختلف نشان داد که بیشترین میزان آن در تیمارهای نوری ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید حاصل شد که به ترتیب ۳۲/۴۶، ۴۰/۲۸ و ۲۹/۲۷ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۲). سایر تیمارهای نوری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر و شاهد نشان ندادند (شکل ۲). مقادیر بالای F_M/F_0 نشان‌دهنده گیاهانی است که در شرایط تیمار نوری مقاومت و رشد بهتری نشان دادند. کمترین مقادیر F_M/F_0 در شاهد و تیمار ۱۰۰ درصد نور آبی و ۳۰ درصد آبی + ۵۰ درصد قرمز و ۲۰ درصد سفید حاصل شد (شکل ۲). بنابراین شاخص حداکثر فلورسانس متغیر نسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف نوری واقع شد. کاهش میزان F_M/F_0 در اثر نور آبی و ترکیب نامناسب آبی، قرمز و سفید مشاهده شد.

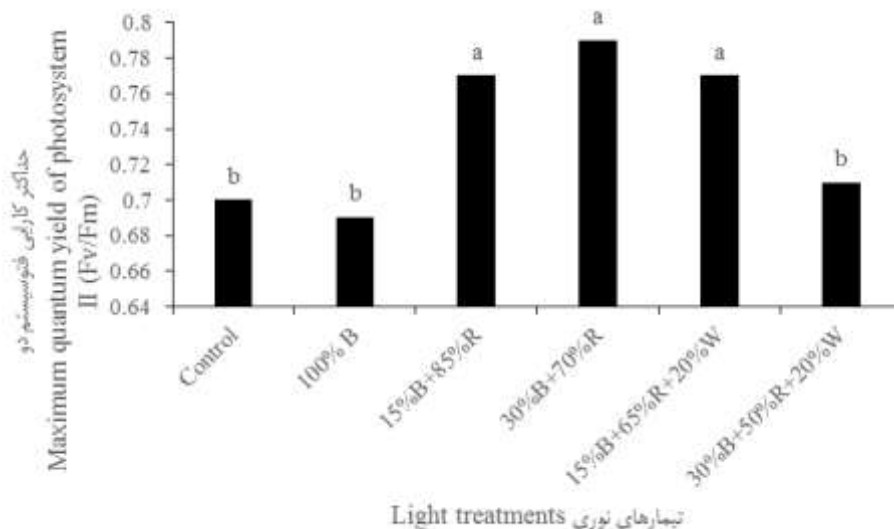
جدول ۱- اثر تیمارهای نوری بر برخی خصوصیات فتوسنتزی گیاه گل‌سنگ

Table 1- The effect of different light treatments on photosynthetic characteristics of *Hypoestes phyllostachya*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر فلورسانس نسبی متغیر F_M/F_0	حداکثر کارایی فتوسیس تم II F_v/F_m	فلئورسانس نسبی در مرحله حد واسطه V_J	فلئورسانس نسبی در مرحله حد واسطه I V_I	حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیس تم Φ_{P_0}	جذب نور به ازای هر مرکز واکنش ABS/RC	گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش TR ₀ /RC	انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش ET ₀ /RC	اتلاف انرژی به ازای هر مرکز واکنش DI ₀ /RC	شاخص عملکرد PI _{ABS}
تیمارهای نوری Light treatment	5	1.36**	0.005**	0.13*	0.003*	0.005**	0.39**	0.12**	0.005 ^{ns}	0.01**	2.59**
خطا Error	12	0.12	0.0004	0.003	0.001	0.0004	0.05	0.01	0.01	0.01	0.33
ضریب تغییرات C.V (%)	-	8.67	2.93	14.79	4.24	2.93	8.74	6.84	11.58	16.39	29.57

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, **, and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



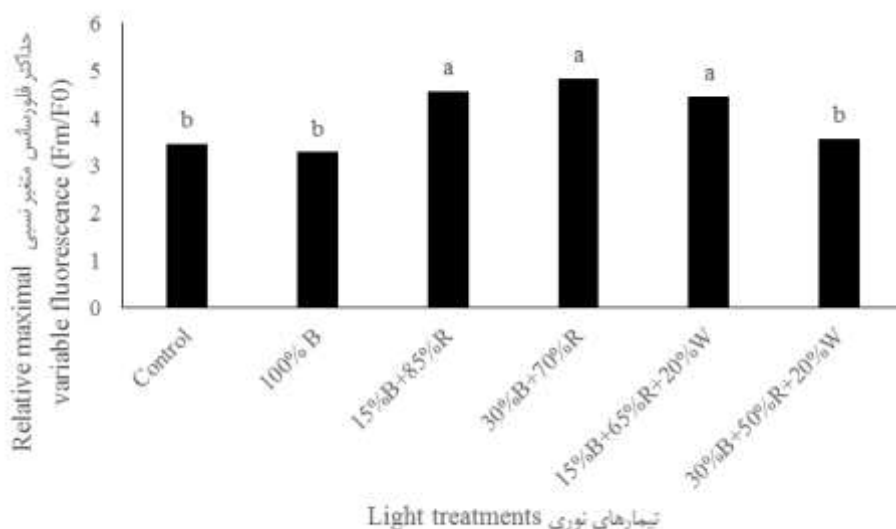
شکل ۱- حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) برای گیاه گل سنگ در تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰ درصد نور آبی، 15% B + 85% R: ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، 30% B + 70% R: ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، 15% B + 65% R + 20% W: ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و 30% B + 50% R + 20% W: ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید) (DMRT, $p \leq 0.05$).

Figure 1- The maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) for *Hypoestes phyllostachya* in different light treatments. (Control: Greenhouse light, 100% B (Blue), 15% B (Blue) + 85% R (Red), 30% B (Blue) + 70% R (Red), 15% B (Blue) + 65% R (Red) + 20% W (White) and 30% B (Blue) + 50% R (Red) + 20% W (White)). (DMRT, $p \leq 0.05$).

غشای تیلاکوئید و غیرفعال سازی مراکز واکنش PSII انتقال انرژی بالادست PSII را محدود می‌کند (Rapacz et al., 2015). فاز افزایش O-J به پلاستوکینون (PQ) مرتبط است که کاملاً به احیا QA متصل است؛ فاز J-I در منحنی OJIP ناشی از تجمع QA-QB- نشان و نشان دهنده احیا استخر PQ است. فاز I تا P نشان دهنده کاهش سمت پذیرنده PSI است (Neelam and Strasser et al., 2000Subramanyam, 2013). شار انرژی ویژه در هر مرکز واکنش (RC) که توسط میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC)، گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش (DI₀/RC) و انرژی اتلاف شده به ازای هر مرکز واکنش (TR₀/RC) اندازه‌گیری می‌شود بر اساس خروجی القای سریع فلورسانس کلروفیل اندازه‌گیری شد.

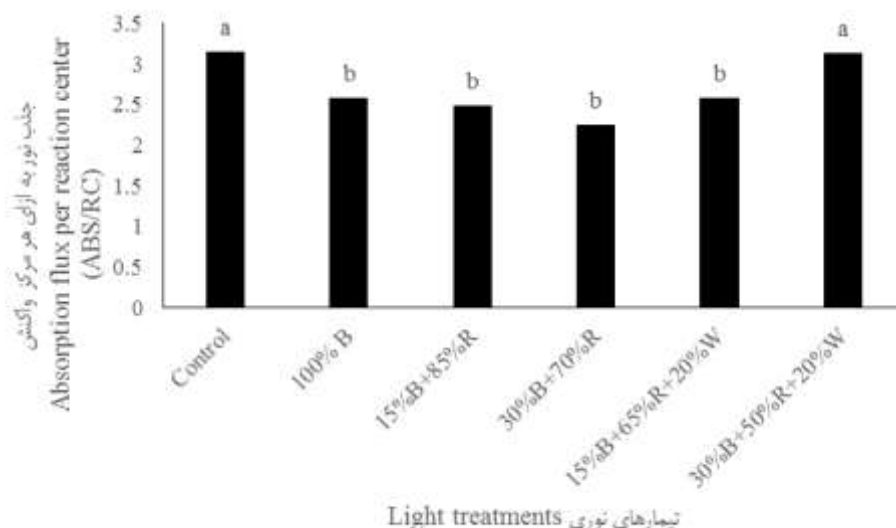
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC) در گیاهان تحت تیمار تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC) در گیاهان تحت تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و نیز شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۳). سایر تیمارهای نوری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۳).

این کاهش می‌تواند مربوط به آسیب رساندن به مراکز واکنش و افزایش تعداد مراکز واکنش غیرفعال باشد که منجر به افزایش فلورسانس و همچنین کاهش انتقال انرژی تحریک‌شده از مجموعه آنتن به سمت مراکز واکنش شود (Aliniaiefard et al., 2018; Kalaji et al., 2016). ثابت شده است که اثر نور آبی بر باز کردن روزنه‌ها وابسته به مزوفیل نمی‌باشد و این نور قابلیت این را دارد که به‌طور مستقیم باعث متورم شدن سلول‌های نگهبان روزنه و در نتیجه باز شدن آنها شود. این نتایج توسط آزمایش‌های انجام شده روی سلول‌های نگهبان روزنه جدا شده از مزوفیل که در معرض نور آبی قرار گرفتند، به‌دست آمد. نور قرمز قابلیت متورم نمودن سلول‌های نگهبان روزنه جدا شده از مزوفیل را نداشت (Mott, 2009). نور آبی می‌تواند باعث ورود پتاسیم به سلول‌های نگهبان روزنه و خروج پروتون) با فعال‌سازی پمپ‌های پروتونی غشای پلاسمائی و در نتیجه باز شدن روزنه گردد (Mott, 2009). در شرایط ایده‌آل و بدون تنش اضافی، استخر PSII کل می‌تواند بدون بازدارندگی نوری قابل تشخیص کاملاً غیرفعال شده و بازیابی شود (Aliniaiefard et al., 2018). در صورتی که گیاهان تحت تنش‌هایی مانند کمبود آب قرار گیرند، ممکن است جمعیت زیادی از سلول‌های غیر فعال PSII در داخل پشته‌های تیلاکوئید جمع شوند و باعث اتلاف انرژی نور تحت شرایط بازدارندگی نوری شوند (Bayat et al., 2018). صدمه به



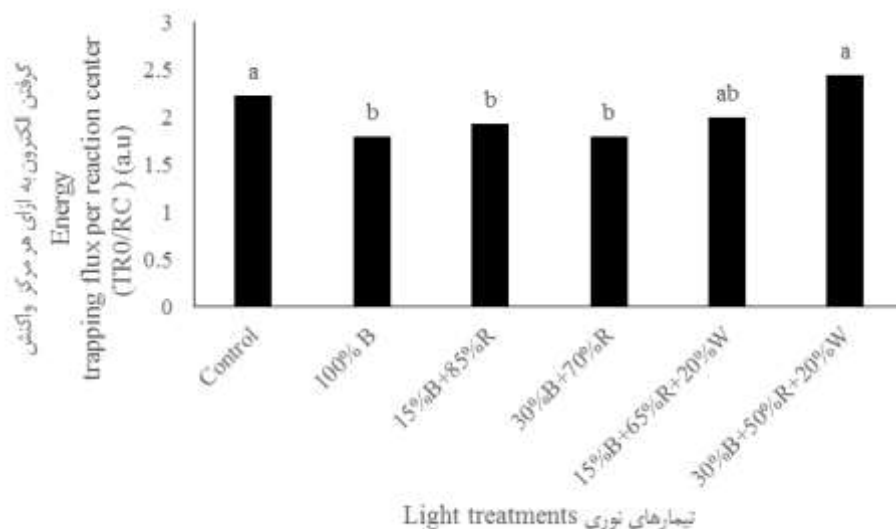
شکل ۲- حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (Fm/F0) برای گیاه گل‌سنگ در تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰ درصد نور آبی، 15% B + 85% R: ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، 30% B + 70% R: ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، 15% B + 65% R + 20% W: ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و 30% B + 50% R + 20% W: ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید) (DMRT, $p \leq 0.05$).

Figure 2- The maximum of relative variable fluorescence (Fm/F0) for *Hypoestes phyllostachya* in different light treatments. (Control: Greenhouse light, 100% B (Blue), 15% B (Blue) + 85% R (Red), 30% B (Blue) + 70% R (Red), 15% B (Blue) + 65% R (Red) + 20% W (White) and 30% B (Blue) + 50% R (Red) + 20% W (White)). (DMRT, $p \leq 0.05$).



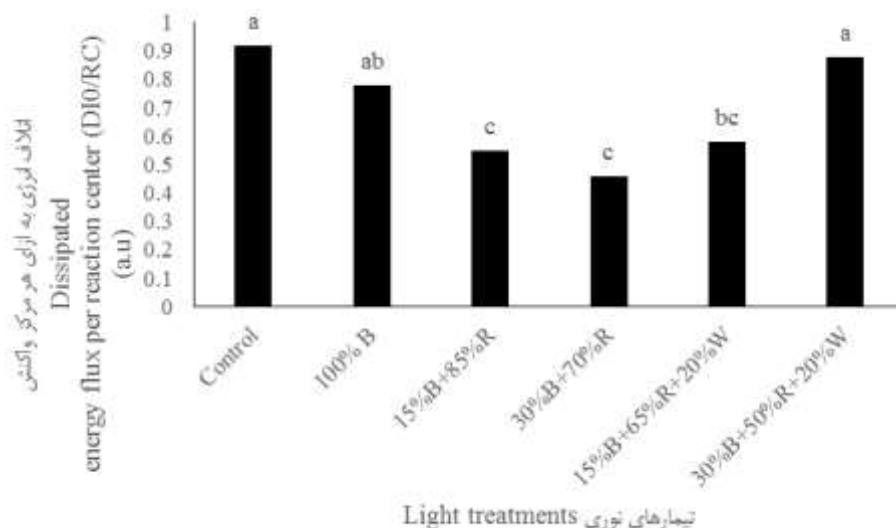
شکل ۳- جذب نور به ازای هر مرکز واکنش برای گیاه گل‌سنگ در تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰ درصد نور آبی، 15% B + 85% R: ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، 30% B + 70% R: ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، 15% B + 65% R + 20% W: ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و 30% B + 50% R + 20% W: ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید) (DMRT, $p \leq 0.05$).

Figure 3- The absorption flux per reaction center (ABS/RC) for *Hypoestes phyllostachya* in different light treatments. (Control: Greenhouse light, 100% B (Blue), 15% B (Blue) + 85% R (Red), 30% B (Blue) + 70% R (Red), 15% B (Blue) + 65% R (Red) + 20% W (White) and 30% B (Blue) + 50% R (Red) + 20% W (White)). (DMRT, $p \leq 0.05$).



شکل ۴- گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش برای گیاه گل سنگ در تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰ درصد نور آبی، 15% B + 85% R: ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، 30% B + 70% R: ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، 15% B + 65% R + 20% W: ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و 30% B + 50% R + 20% W: ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید)

Figure 4- The energy trapping flux per reaction center (TR0/RC) for *Hypoestes phyllostachya* in different light treatments. (Control: Greenhouse light, 100% B (Blue), 15% B (Blue) + 85% R (Red), 30% B (Blue) + 70% R (Red), 15% B (Blue) + 65% R (Red) + 20% W (White) and 30% B (Blue) + 50% R (Red) + 20% W (White)). (DMRT, $p \leq 0.05$).



شکل ۵- اتلاف انرژی به ازای هر مرکز واکنش برای گیاه گل سنگ در تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰ درصد نور آبی، 15% B + 85% R: ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، 30% B + 70% R: ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، 15% B + 65% R + 20% W: ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و 30% B + 50% R + 20% W: ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید)

Figure 5- The dissipated energy flux per reaction center (DI0/RC) for *Hypoestes phyllostachya* in different light treatments. (Control: Greenhouse light, 100% B (Blue), 15% B (Blue) + 85% R (Red), 30% B (Blue) + 70% R (Red), 15% B (Blue) + 65% R (Red) + 20% W (White) and 30% B (Blue) + 50% R (Red) + 20% W (White)). (DMRT, $p \leq 0.05$).

نتایج حاصله با نتایج بیات و همکاران (Bayat et al., 2020) در رز مطابقت داشت. از دلایل افزایش ABS/RC تخریب کلروفیل از طریق پیری زودرس برگ ناشی از تنش (Boureima et al., 2012) و گروه‌بندی مجدد آنتن از مراکز واکنش غیرفعال PSII به فعال می‌باشد (Kalaji et al., 2016). از این رو، افزایش چشم‌گیر ABS/RC در تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و شاهد را می‌توان مربوط به کاهش اندازه موثر آنتن و همچنین غیرفعال‌سازی PSII دانست (Çiçek et al., 2019). در تیمارهای مذکور، ممکن است طیف نوری مورد بررسی از طریق تخریب کلروفیل‌ها موجب ایجاد تنش و افزایش میزان ABS/RC شده باشد.

در جدول ۱ تیمارهای مختلف نوری در میزان انتقال الکترون به مرکز واکنش (ET₀/RC) تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در شرایط تنش نوری به علت ایجاد اختلاف در مرکز احیا کوئینون A، گیاه با فرونشانی مازاد انرژی از آسیب به دستگاه فتوسنتز محافظت می‌کند (Zivcak et al., 2014).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش (TR₀/RC) و انرژی اتلاف شده به ازای هر مرکز واکنش (DI₀/RC) در گیاهان تحت تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و نیز شاهد افزایش یافت و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۴ و ۵). نتایج تجزیه واریانس در گیاهان مورد بررسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). نتایج به‌دست آمده با نتایج بیات و همکاران (Bayat et al., 2020) در رز همخوانی نشان داد.

علی‌رغم ABS/RC بالا، مقادیر خیلی بالای DI₀/RC در اثر سطوح پائین انتقال الکترون در مرکز واکنش PSII یعنی ET₀/RC رخ می‌دهد. این کاهش ممکن است از کاهش بیش از حد زنجیره انتقال الکترون^۱ جلوگیری کرده و همچنین از اتلاف انرژی بیش از حد برای به حداقل رساندن آسیب فتواکسیداتیو در غشای تیلاکوئید، جلوگیری کند (Guha et al., 2013). DI₀/RC مربوط به غیرفعال سازی جزئی مراکز واکنش PSII است. این پارامتر آزمون OJIP معمولاً هنگامی افزایش می‌یابد که مراکز واکنش PSII نتوانند انرژی را در بالادست PSII به‌عنوان یک نتیجه از آسیب رساندن به غشای تیلاکوئید منتقل کنند (Rapacz et al., 2015).

تیمارهای مختلف نوری در شاخص عملکرد (PI_{ABS}) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۲). شاخص عملکرد بر پایه جذب انرژی نورانی در تیمار ۳۰ درصد نور آبی

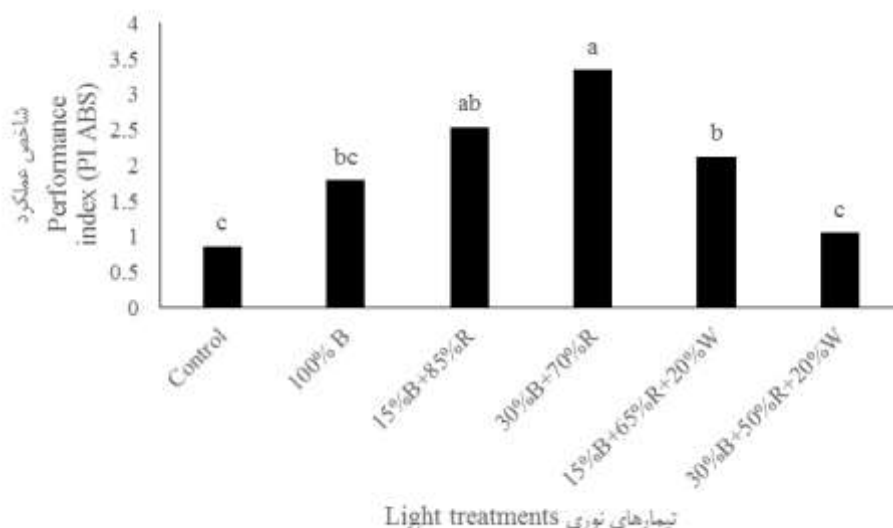
+ ۷۰ درصد نور قرمز بالاتر بود به‌طوری‌که ۷۴/۲۵ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۶). کمترین شاخص عملکرد در تیمارهای شاهد و ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید به‌دست آمد (شکل ۶). PI_{ABS} نسبت به تغییر غلظت مراکز واکنش، فتوشیمی اولیه و انتقال الکترون حساس است. تغییرات در جذب و به دام انداختن انرژی در نتیجه قرار گرفتن در معرض شدت نور کم می‌تواند بر PI_{ABS} تأثیر منفی بگذارد. کاهش PI_{ABS} عمدتاً ناشی از کاهش کارایی فتوشیمیایی یا انتقال الکترون فتوسنتز در شدت نور کم است. این نشان می‌دهد که ساختار سیستم، فعالیت بالقوه PSII، بازدارندگی نوری فتوسنتز و عملکرد PSII ممکن است تحت شدت نور کم آسیب ببیند یا نتواند کاملاً بالغ شود (Appenroth et al., 2003; Prioul et al., 1980; Meng et al., 2016). کاهش میزان PI_{ABS} ممکن است به‌دلیل جذب بیشتر انرژی نورانی (ABS/RC)، شار انرژی اتلاف شده (DI₀/RC) و انتقال الکترون کمتر (ET₀/RC) در هر مرکز واکنش باشد که در نتیجه منجر به کاهش عملکرد کوانتومی فوتون‌های جذب شده می‌گردد (Appenroth et al., 2003; Prioul et al., 1980). میزان ABS/RC، TR₀/RC و DI₀/RC در تیمارهای ۱۰۰ درصد نور آبی، ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید کاهش یافت (شکل ۳، ۴، ۵). از نظر کلی جریان ABS/RC به ET₀/RC، TR₀/RC و DI₀/RC تقسیم می‌شود و شار ABS به DI و TR تبدیل می‌شود. این نشان دهنده عملکرد کارآمد سیستم انتقال الکترون تحت تیمارهای ۱۰۰ درصد نور آبی، ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید می‌باشد که باعث کاهش نیروی تحریک در هر مرکز واکنش می‌شود و آن انرژی را بیشتر به سمت فتوسیستم I هدایت می‌کند. از آنجا که PI_{ABS} می‌تواند به عنوان شاخص زندگی PSII استفاده شود، این نتایج حاکی از آن است که تیمار ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز بهترین و تیمارهای ۱۰۰ درصد نور آبی، ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید، تیمارهای مناسبی برای پشتیبانی از عملکرد طبیعی فتوسنتز می‌باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت نور در پرورش گیاهان آپارتمانی خصوصاً گل سنگ و تأثیر طیف مناسب نور در بهبود کارایی عملکرد فتوسنتز و وضعیت برگ‌ها، ارزیابی کارایی فتوسنتز با استفاده از آزمون OJIP

نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید حاصل شد.

روش مناسبی می‌باشد. بیشترین میزان شاخص حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II و حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (F_m/F_0) در تیمارهای نوری ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، ۳۰ درصد



شکل ۶- شاخص عملکرد (PI_{ABS}) برای گیاه گل‌سنگ در تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰ درصد نور آبی، 15% B + 85% R: ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز، 30% B + 70% R: ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز، 15% B + 65% R + 20% W: ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و 30% B + 50% R + 20% W: ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید)

Figure 6- Th performance index (PI_{ABS}) for *Hypoestes phyllostachya* in different light treatments. (Control: Greenhouse light, 100% B (Blue), 15% B (Blue) + 85% R (Red), 30% B (Blue) + 70% R (Red), 15% B (Blue) + 65% R (Red) + 20% W (White) and 30% B (Blue) + 50% R (Red) + 20% W (White)). (DMRT, $p \leq 0.05$).

تیمار ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز بهترین و تیمارهای ۱۵ درصد نور آبی + ۸۵ درصد نور قرمز و ۱۵ درصد نور آبی + ۶۵ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید، تیمارهای مناسبی برای پشتیبانی از عملکرد طبیعی فتوسنتز می‌باشند. بر اساس نتایج، از آنجا که وجود نور برای انجام فرایند فتوسنتز ضروری می‌باشد، به نظر می‌رسد که نور آبی به دلیل کارایی کمتر برای انجام واکنش‌های فتوشیمیایی باعث کاهش مقدار فتوسنتز نسبت به شرایط نور ترکیبی (قرمز، آبی و سفید) می‌گردد.

میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC) در گیاهان تحت تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و نیز شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. میزان گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش (TR_0/RC) و انرژی اتلاف شده به ازای هر مرکز واکنش (DI_0/RC) در گیاهان تحت تیمار نوری ۳۰ درصد نور آبی + ۵۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور سفید و نیز شاهد افزایش یافت. شاخص عملکرد بر پایه جذب انرژی نورانی در تیمار ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز بالاتر بود. نتایج حاکی از آن است که

منابع

1. Akoyunoglou, G., & Anni, H. (1984). Blue light effect on chloroplast development in higher plants. In: Senger H. (ed.), Blue Light Effects in Biological Systems. Springer-Verlag, Berlin, pp. 397–406.
2. Aliniaiefard, S., Seif, M., Arab, M., Zare Mehrjerdi, M., Li, T., & Lastochkina, O. (2018). Growth and photosynthetic performance of *Calendula officinalis* under monochromatic red light. *International Journal of Horticultural Science* 5: 123–132. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.26104.2.248>.
3. Aliniaiefard, S., & Seifi Kalhor, M. (2017). Effects of blue light on photosynthesis of *Tradescantia virginiana* plants grown in different VPDs. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 30(2): 420-428. (In Persian with English abstract)
4. Appenroth, K.J., Keresztes, A., Sarvari, E., Jaglarz, A., & Fischer, W. (2003). Multiple effects of chromate on

- Spirodela polyrhiza*: electron microscopy and biochemical investigations. *Plant Biology* 5: 315–323.
5. Baker, N.R., & Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55: 1607-1621.
6. Baker, N.R. (2008). Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology* 59:89–113.
7. Bayat, L., Arab, M., Aliniaiefard, S., Seif, M., Lastochkina, O., & Li, T. (2018). Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. *AoB Plants* 10: 052. <https://doi.org/10.1093/aobpl/a/ply052>.
8. Bayat, L., Arab, M., & Aliniaiefard, S. (2020). Effects of different light spectra on high light stress tolerance in rose plants (*Rosa hybrida* cv. 'Samurai'). *Journal of plant processes and function* 9(36): 93-103. URL: <http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1146-fa.html>. (In Persian with English abstract)
9. Boureima, S., Oukarroum, A., Diouf, M., Cisse, N., & Van Damme, P. (2012). Screening for drought tolerance in mutant germplasm of sesame (*Sesamum indicum*) probing by chlorophyll a fluorescence. *Environmental and Experimental Botany* 81: 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.02.015>.
10. Çiçek, N., Pekcan, V., Arslan, Ö., Erdal, Ş.Ç., Nalçaiyi, A.S.B., Çil, A.N., Şahin, V., Kaya, Y., & Ekmekçi, Y. (2019). Assessing drought tolerance in field-grown sunflower hybrids by chlorophyll fluorescence kinetics. *Brazilian Journal of Botany* 42: 249–260. <https://doi.org/10.1007/s40415-019-00534-1>.
11. Fan, X.X., Xu, Z.G., Liu, X.Y., Tang, C.M., Wang, L.W., & Han, X.L. (2013). Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae* 153: 50-55. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.017>.
12. Franklin, K.A., & Whitelam, G.C. (2005). Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Annals of Botany* 96: 169-175. <https://doi.org/10.1093/aob/mci165>.
13. Fukuda, N., Ajima, C., Yukawa, T., & Olsen, J. (2016). Antagonistic action of blue and red light on shoot elongation in petunia depends on gibberellin, but the effects on flowering are not generally linked to gibberellin. *Environmental and Experimental Botany* 121: 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.06.014>.
14. Ghasemi Ghehsareh, M., & Kafi, M. (2015). Volume Two: *Scientific and Practical floriculture* (Second Edition). Publishing Author, Iran.
15. Goins, G.D., Yorio, N.C., Sanwo, M.M., & Brown, C.S. (1997). Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *Journal of Experimental Botany* 48: 1407-1413.
16. Guha, A., Sengupta, D., & Reddy, A.R. (2013). Polyphasic chlorophyll a fluorescence kinetics and leaf protein analyses to track dynamics of photosynthetic performance in mulberry during progressive drought. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 119: 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2012.12.006>.
17. Heijde, M., & Ulm, R. (2012). UV-B photoreceptor-mediated signaling in plants. *Trends in Plant Science* 17: 230-237. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.01.007>.
18. Hogewoning, S.W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., & Harbinson, J. (2010). Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany* 61: 3107-3117. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq132>.
19. Jeong, S.W., Hogewoning, S.W., & van Ieperen, W. (2014). Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 165: 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.006>.
20. Kalaji, H.M., Jajoo, A., Oukarroum, A., Brestic, M., Zivcak, M., Samborska, I.A., Cetner, M.D., Łukasik, I., Goltsev, V., & Ladle, R.J. (2016). Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. *Acta Physiologiae Plantarum* 38: 102. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2113-y>.
21. Kim, H.H., Goins, G.D., Wheeler, R.M., & Sager, J.C. (2004). Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. *Horticultural Science* 39: 1617-1622.
22. Lee, T., Woo, S., Kwak, M., Inkyin, K., Lee, K., Jang, J., & Kim, I. (2016). Photosynthesis and chlorophyll fluorescence responses of *Populus sibirica* to water deficit in a desertification area in Mongolia. *Photosynthetica* 54: 317–320
23. Lichtenthaler, H., Langsdorf, G., Lenk, S., & Buschmann, C. (2005). Chlorophyll fluorescence imaging of photosynthetic activity with the flash-lamp fluorescence imaging system. *Photosynthetica* 43: 355–369.
24. Lichtenthaler, H.K., Ač, A., Marek, M.V., Kalina, J., & Urban, O. (2007). Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 577–588
25. Matsuda, R., Ohashi-Kaneko, K., Fujiwara, K., & Kurata, K. (2008). Effects of blue light deficiency on acclimation of light energy partitioning in PSII and CO₂ assimilation capacity to high irradiance in spinach leaves. *Plant Cell Physiology* 49: 664-670. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcn041>.
26. Meng, L.L., Song, J.F., Wen, J., Zhang, J., & Wei, J.H.J.P. (2016). Effects of drought stress on fluorescence

- characteristics of photosystem II in leaves of *Plectranthus scutellarioides*. *Photosynthetica* 54: 414–421. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0191-0>.
27. Morrow, R.C. (2007). LED light in horticulture. *Horticultural Science* 43: 1947-1950. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1947>.
28. Mott, K.A. (2009). Opinion: Stomatal responses to light and CO₂ depend on the mesophyll. *Plant Cell & Environment* 32: 1479-1486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02022.x>.
29. Neelam, S., & Subramanyam, R. (2013). Alteration of photochemistry and protein degradation of photosystem II from *Chlamydomonas reinhardtii* under high salt grown cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 124: 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2013.04.007>.
30. Nhut, D.T., Takamura, T., Watanabe, H., Okamoto, K., & Tanaka, M. (2003). Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under super bright red and blue light-emitting diodes (LEDs). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 73: 43-52. <https://doi.org/10.1023/A:1022638508007>.
31. Oukarroum, A., El Madidi, S., Schansker, G., & Strasser, R.J. (2007). Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering. *Environmental and Experimental Botany* 60: 438–446
32. Prioul, J.L., Brangeon, J., & Reyss, A. (1980). Interaction between external and internal conditions in the development of photosynthetic features in a grass leaf: I. Regional responses along a leaf during and after low-light or high-light acclimation. *Plant Physiology* 66: 762–769
33. Rapacz, M., Sasal, M., Kalaji, H.M., & Kościelniak, J. (2015). Is the OJIP Test a Reliable Indicator of Winter Hardiness and Freezing Tolerance of Common Wheat and Triticale under Variable Winter Environments? *PloS one*; 10: e0134820. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134820>.
34. Runkle, E., & Blanchard, M. (2010). Use of lighting to accelerate crop timing. Greenhouse Grower, Available at: <http://www.flor.hrt.msu.edu/assets/PdfAttachments/Runkle-Blanchard-UseofLighting.pdf>. (Visited 14 November 2018).
35. Saebo, A., Krekling, T. & Appelgren, M. (1995). Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of brich plantlets in vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 41: 177–185.
36. Souza, R., Machado, E., Silva, J., Lagôa, A., & Silveira, J. (2004). Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany* 51: 45–56. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(03\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(03)00059-5).
37. Strasser, R.J., Srivastava, A., & Tsimilli-Michael, M. (2000). The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. *Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation* 25: 445-483.
38. Whitelam, G.C., & Halliday, K.J. (2008). Light and Plant Development. *Annual Plant Reviews*. Vol. 30. John Wiley & Sons.
39. Yeh, N., & Chung, J.P. (2009). High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 2175-2180. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.027>.
40. Yu, W., Liu, Y., Song, L., Jacobs, D.F., Du, X., Ying, Y., Shao, Q., & Wu, J. (2017). Effect of differential light quality on morphology, photosynthesis, and antioxidant enzyme activity in *Camptotheca acuminata* seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation* 36: 148-160. <https://doi.org/10.1007/s00344-016-9625-y>.
41. Zivcak, M., Brestic, M., & Kalaji, H.M. (2014). Photosynthetic responses of sun-and shade-grown barley leaves to high light: is the lower PSII connectivity in shade leaves associated with protection against excess of light? *Photosynthesis research* 119: 339-354. <https://doi.org/10.1007/s1120-014-9969-8>.



Effect of Meristem Size and Scion Origin on Micrografting of some Sweet Cherry Cultivars *in vitro*

M.E. Naddaf¹, E. Ganji Moghadam^{2*}, Gh. Rabiei³, A. Mohammadkhani⁴

Received: 23-05-2021

Revised: 13-10-2021

Accepted: 18-10-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Naddaf, M.E., Ganji Moghadam, E., Rabiei, Gh., & Mohammadkhani, A. (2023). Effect of Meristem Size and Scion Origin on Micrografting of some Sweet Cherry Cultivars *in vitro*. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 817-827. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.70383.1050](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.70383.1050)

Introduction

Sweet Cherry (*Prunus avium*) belongs to the Rosaceae family, which due to vegetative propagation problems, *in vitro* propagation is recommended to increase mass and disease-free production. Micropropagation has many advantages over other vegetative methods. Although the most suitable organ that preserves the genetic characteristics of the cultivar is bud meristem, plant regeneration from meristem culture is difficult in many species of woody plants, so micro-grafting is a suitable technique to overcome these problems. The aim of this study was to investigate the effect of scion size and origin of commercial sweet cherry cultivars interact with micrografting on the vegetative rootstocks.

Materials and Methods

In this study, factorial experiment was used as a test unit in a completely randomized design (CRD) with two factors in five replications and ten seedlings per replication. The first factor was cultivar in seven levels (B: Bing, D: Dovomres, H: Haj Yousefi, P: Pishres, S: Siah- Mashhad, T: Takdaneh, Z: Zard) and the second factor was scion type in four levels (M1R1: 2 mm *in vivo* explant, M2R1: 5 mm *in vivo* explant, M1R2: 2 mm *in vitro* explant and M2R2: 5 mm *in vitro* explant). To prepare the scion, 1.5 to 2 cm long explants were isolated from shoot tips and then disinfected with 75% ethanol and 20% Sodium hypochlorite. After rinsing with distilled water, the shoot tips with 2 and 5 mm length were extracted for *in vivo* explants. *In vitro* explants were obtained from shoot tips that was previously established in MS culture medium with supplement of 1 mg.l⁻¹ of BAP. The meristems were prepared in 2 and 5 mm and used as *in vitro* explant. 5 cm length *in vitro* shoots of sweet cherry 'Gisella 6' was used as rootstock. Micro-grafting was performed according to the standard method for sweet cherries. Micro-grafted plantlets were transferred to MS medium supplemented with 1 mg.l⁻¹ BAP, and kept under low light (100 lux) condition for one week, then transferred to growth chamber at 27.1 °C photoperiods 16/8 hrs light/darkness (1500 lux). In order to induce root, grafted plantlets were transferred to Perlite: MS medium supplement with 1 mg.l⁻¹ IBA. After rooting, plants were placed in polyethylene pots containing perlite: peatmoss (1:1) for acclimation. Micro-grafting success indices were recorded in each of the micro-grafted plantlets. The data were analyzed by SAS statistical software (9.1) and the means were compared by Duncan's multiple range test (1 and 5 % of probability levels).

Results and Discussion

The results showed that in all indices there was a significant difference between scion types and cultivar scion type interactions except grafting time, but there was no difference between cultivars (except longitudinal growth of scion). Among the scion types, the 5 mm *in vitro* scion (M2R2) had the highest micro-grafting success rate (42%), number of leaves (3.7), longitudinal growth (6.3 cm) and taken grafting time (two days). Finally, in

1, 3 and 4- Ph.D. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran, respectively.

2- Associate Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, I.R. Iran

(*- Corresponding Author Email: eganji@hotmail.com)

successful micro-grafted plants, 'Pishres' cultivar had better results in rooting (32.8%) and 'Zard' cultivar in acclimation (3.4%) traits. Probably the presence of leaves led to better nutrient supply and surface contact, so it mostly improved the success of micrografting technique. In this study, micro-grafting success indices were lower than previous reports using seedling rootstocks. This might be due to difficult grafting operations, poor rootstock-scion communication, low physiological activity, and high *in vitro* oxidase activity. In the type of scion, micro-grafting success rate of 5 mm *in vitro* scions (include leaf primordia), was better than 2 mm scions (without leaf primordia). These results were consistent with most reports in sweet cherries and other stone fruit that were more successful in micro-grafting using larger *in vitro* explant.

Conclusion

Based on our results, it can be concluded that the micro-grafting method in sweet cherry micro-propagation is a fast practical method with high potential for production and regeneration of healthy orchards, which is also possible for other cultivars. In micro-grafting success, *in vitro* explants are preferable to explants taken directly from *in vivo* mother trees, and the use of larger explants for scion is recommended due to the presence of leaf primordia in micro-grafting success. However, smaller-size explants are more likely to produce healthy plants.

Keywords: Acclimation, Leafy primordia, Shoot tips, Tissue culture, Virus-free

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۱۷-۸۲۷

بررسی اثر اندازه مریستم و منشاء پیوندک در ریزپیوندی گیلان در شرایط درون شیشه‌ای

محمد اسماعیل نداف^۱ - ابراهیم گنجی مقدم^{۲*} - غلامرضا ربیعی^۳ - عبدالرحمن محمدخانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶

چکیده

این مطالعه، با هدف بررسی تاثیر اندازه و منشاء پیوندک روی ریزپیوندی گیلان در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۴ انجام شد. این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتور اول: رقم در هفت سطح (زرد، سیاه مشهد، دوم رس، بینگ، پیش رس، تکدانه و حاج یوسفی) و فاکتور دوم: نوع پیوندک در چهار سطح (ریزپیوندک با اندازه های دو و پنج میلی‌متری با منشاء درون شیشه‌ای و برون شیشه‌ای) بود. عملیات ریزپیوندی با ریزپیوندک‌هایی از نوک شاخه ارقام گیلان روی پایه‌های گیزلا ۶ به روش اسکنه انجام شد. گیاهان ریزپیوندی شده، ابتدا بروی محیط کشت MS حاوی یک میلی‌گرم برلیتر بنزیل آمینو پورین (BAP) و بعد از سه هفته، در محیط پرلیت با محلول غذایی MS حاوی یک میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید (IBA) قرار گرفتند و سپس به بستر پرلیت:پیت موس (به نسبت یک:یک) منتقل شدند. نتایج نشان داد که در همه شاخص‌ها بین تیمارهای نوع پیوندک و اثرات متقابل رقم در نوع پیوندک، به جز زمان گیرایی پیوند، اختلاف معنی‌دار بود، اما تفاوت معنی‌داری بین ارقام (به جز رشد طولی پیوندک) وجود نداشت. در نوع پیوندک، ریزپیوندک‌های پنج میلی‌متری با منشاء درون شیشه‌ای دارای بیشترین درصد موفقیت پیوند (۴۲ درصد)، تعداد برگ (۳/۷)، رشد طولی (۶/۳ سانتی‌متر) و زمان گیرایی پیوند (دو روز) بودند و در نهایت در بین تمام ریزپیوندک‌های موفق، درصد ریشه زایی، ۴۱ درصد و درصد سازگاری، ۲۵/۳ درصد بدست آمد. در مجموع استفاده از ریز پیوندک‌های ۵ میلی‌متری درون شیشه‌ای در همه ارقام گیلان، برای ریزپیوندی روی پایه گیزلا کارایی بهتری داشت.

واژه‌های کلیدی: آغازه‌ی برگی، سازگاری، عاری از ویروس، کشت بافت، نوک شاخه

مقدمه

سوم دنیا قرار دارد (FAO, 2015). درحال حاضر از دانه‌های بذر به دلیل تفرق ویژگی‌های پایه و دیرباردهی و از قلمه به‌خاطر مشکلات ریشه‌زایی کمتر استفاده می‌شود و تکثیر درختان بیشتر از طریق پیوند صورت می‌گیرد اما روش‌های تکثیر پیوند نیز باعث گسترش عوامل بیماری‌زا خصوصاً ویروسی شده و موجب کاهش کمی و کیفی محصول می‌گردد (Ganji Moghadam and Buzari, 2007). این رو باتوجه به اهمیت تولید درختان میوه و خسارات قابل توجه ناشی از بیماری‌ها، لزوم اجرای مدیریت صحیح در تولید مواد گیاهی عاری از ویروس ضروری است. تلاش‌های بسیاری برای استفاده از ترکیبات شیمیایی و کنترل ناقلین برای حذف عوامل ویروسی نیز تا کنون نتایج موفقیت‌آمیزی نداشته است (Hussain et al., 2014). باوجود مشکلات تکثیر از طریق روش‌های سنتی، ریزازدیادی می‌تواند منجر به تولید گیاهان سالم و یکنواخت در مدت زمان بسیار کمتری شود (Murashige et al., 1972). با این حال در روش‌های کشت

به دلیل تنوع اقلیمی ایران کاشت محصولات باغی گامی موثر در راستای توسعه پایدار کشاورزی و ارزآوری اقتصادی می‌باشد. این مهم نیازمند تولید نهال‌های سالم، ارقام مطلوب و عاری از آلودگی است که در توسعه صنعت باغداری نقش مهمی دارد. گیلان یکی از مهم‌ترین محصولات باغی است و ایران از نظر تولید این محصول در جایگاه

۱ و ۳ - به ترتیب دانشجوی دکتری اصلاح و فیزیولوژی میوه، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲ - دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(*) - نویسنده مسئول:
(Email: eganji@hotmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2021.70383.1050

بافت نیز ثبات ژنتیکی در انبوه گیاهان تولیدی در طول مدت ریزازدیادی تحت تاثیر عوامل زیادی قرار می‌گیرد ولی مشخصا مناسب‌ترین اندامی که باعث حفظ خصوصیات ژنتیکی رقم می‌گردد، مریستم جوانه‌هاست، از طرفی استفاده از کشت مریستم یکی از موثرترین روش‌های حذف عوامل بیماری‌زای ویروسی هست چراکه عدم وجود بافت آوندی و فضاهای بین سلولی و همچنین سرعت بالای تقسیم سلولی مانع از تکثیر عوامل ویروسی می‌شود. امروزه استفاده از مریستم انتهایی شاخساره متداول‌ترین شیوه برنامه‌های عاری‌سازی ویروسی در گیاهان، خصوصا درختان میوه می‌باشد (Navarro et al., 1975).

علی‌رغم اهمیت بالای ریزازدیادی در توسعه کشت درختان میوه به دلیل مشکلات متعدد، ازدیاد و باززایی درون شیشه‌ای گیاهان چوبی نسبت به گیاهان علفی دارای محدودیت زیادی است. باززایی کامل در بسیاری از گونه‌های چوبی از کشت مریستم در شرایط کشت بافت نیز مشکل می‌باشد. از این رو ریزپیوندی برای این منظور پیشنهاد کارآمدتری است چراکه کشت مریستم به طور مستقیم، منجر به تولید گیاه کامل نمی‌گردد، چون در بسیاری از اوقات پس از کشت مریستم و به دست آمدن گیاهچه، تشکیل ریشه‌های نابجا مسئله‌ای جدی بوده و در مواردی ناممکن به نظر می‌رسد اما در این شرایط استفاده از فنون ریزپیوندی جایگزینی مناسب برای کشت مریستم خواهد بود. در ریزپیوندی، مریستم جدا شده بر روی پایه بذری یا پایه رویشی جایگذاری می‌شود و گیاهچه پس از رشد، واجد سیستم ریشه‌ای از پیش آماده خواهد بود. ریز پیوندی سبب تولید تعداد زیادی گیاه عاری از ویروس پیوندی در زمانی بسیار کوتاه می‌گردد (Navarro, 1988).

انجام موفق روش ریزپیوندی توسط کشت مریستم اولین بار در درختان میوه روی مرکبات گزارش شده است (Navarro et al., 1975). بعد از آن این روش، در بسیاری از درختان میوه از جمله گیلان (Amiri, 2006)، بادام (Isikalan, 2011)، هلو (Deogratias, 1986)، زردآلو (Piagnani et al., 2006)، فندق (Abbas, et al., 2008) و انگور (Aazami and Bagher, 2010) انجام شده است. ریزپیوندی کاربردهای بی‌شماری از جمله تولید گیاهان عاری از ویروس به وسیله پیوندک نوک مریستم (Abbas, et al., 2008)، تشخیص ویروس از طریق ریزپیوندی پایه‌های حساس (Pathirana & McKenzie, 2005)، شناخت سریع ناسازگاری ژنتیکی پیوند (Jonard et al., 1990)، تکثیر گیاهان سخت ریشه‌زا در شرایط درون شیشه ای (Wang et al., 2010)، مطالعه فرآیندهای فیزیولوژیکی محل پیوند (Estrada-Luna et al., 2002)، تکثیر گونه‌های خاص و تولید ترکیبات خاص (Richardson et al., 1996) و همچنین تکثیر گیاهانی که در حالت طبیعی پیوند آنها بسیار مشکل است (Ramanayake and Kovoov, 1999) دارد.

در عملیات ریزپیوندی، استفاده از ریز پیوندک های درون شیشه ای (in vitro) نسبت به برون شیشه‌ای (in vivo)، به دلیل مشکل بودن عملیات پیوند در ابعاد بسیار کوچک گیاهان کشت بافتی و همچنین احتمال کمتر بودن درصد گیرایی پیوند، کمتر انجام می‌شود چون ریز پیوندک‌های in vitro حاوی ترکیبات فنولیک بیشتری هستند و غلظت بالای تنظیم کننده‌های رشدی نیز در آنها باعث افزایش فعالیت پلی فنول اکسیدازها و پراکسیدازها می‌شود و از این رو، احتمال قهوه ای و خشک شدن بافت پیوندی، درست قبل و بعد از پیوند بالا هست ولی بهر حال این ریزپیوندک ها گیاهان سالم‌تر و یکنواخت‌تری تولید می‌کنند (Hussain et al., 2014).

پیوندک‌هایی که معمولاً برای عملیات ریزپیوندی در درختان هسته دار استفاده می‌شوند در اندازه بیشتر از یک سانتی‌متر به عنوان جوانه نوک شاخه یا کمتر از یک سانتی‌متر به عنوان مریستم جوانه تهیه می‌گردند، با این حال، اندازه ریزنمونه ممکن است در هر گونه گیاهی متفاوت باشد. با افزایش اندازه پیوندک، فراوانی پیوندهای موفق افزایش ولی درصد گیاهان عاری از ویروس کاهش می‌یابد، اگر چه این بستگی به عامل بیماری‌زا نیز دارد. در ریزپیوندک‌های بزرگتر به دلیل همراه بودن با آغازه‌های برگ، موفقیت ریزپیوندی بیشتر است. احتمالاً وجود برگ برای تامین مواد غذایی و سطح تماس بیشتر باعث بهبود پیوند می‌گردد ولی این درحالی است که از نظر آلودگی‌های ویروسی پیوندک‌های با اندازه کوچک تر مناسب تر هستند (Navarro, 1988 ; Navarro et al., 1975).

در بررسی ریزپیوندی در هسته دارها از جمله هلو و زردآلو استفاده از ریزپیوندک‌هایی با ابعاد کوچکتر از پنج میلی‌متر، بر روی پایه بذری هلو، در شرایط درون شیشه‌ای، درصد موفقیت در ریزپیوندی افزایش پیدا کرد که آلودگی همچنان پایین بود (Martinez et al., 1979). در ریزپیوندی با استفاده از ریزپیوندک‌های پنج میلی‌متری بادام با سایر هسته‌دارها مشخص شد با افزایش اندازه ریزپیوندک و تعداد آغازه‌های برگ آن، میزان موفقیت در گیرایی پیوند تا ۵۰ درصد افزایش یافته، حال آنکه درصد گیاهان ویروس‌زدایی شده کاهش پیدا کرد (Martinez and Gradziel, 2001). در ریزپیوندی گیلان روی پایه‌بذری آلبالو با اندازه پیوندک پنج تا ۱۰ میلی‌متری بیش‌ترین درصد بقا و موفقیت پیوند بدست آمد (Amiri, 2006).

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر اندازه پیوندک و منشأ آن از نظر تولید در شرایط درون شیشه‌ای یا برون شیشه‌ای بر موفقیت ریزپیوندی، هفت رقم گیلان تجاری روی پایه رویشی ' گیزلا ۶ ' در شرایط درون شیشه‌ای انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع

ریزپیوندک و ساقه‌های تولیدی از گیاهچه‌های رویشی 'گیزلا ۶' رشد یافته در *in vitro* به‌عنوان پایه استفاده شد. انجام ریزپیوندی زیر استریومیکروسکوپ در شرایط استریل انجام شد، به این صورت که در قسمت انتهایی پایه رویشی، برشی به ابعاد یک میلی‌متر ایجاد و ریزپیوندک به ابعاد دو تا پنج میلی‌متر در برش پایه با روش پیوند اسکنه جایگذاری گردید و سپس توسط پوشش چسب پارچه‌ای استریل محل پیوند آن بسته شد.

رشد گیاهان پیوندی

ریز نمونه‌های پیوندی ابتدا به لوله‌های محیط کشت MS همراه با یک میلی گرم در لیتر BAP منتقل شدند که دارای ۳۰ گرم در لیتر سوکروز و ۲/۸ گرم در لیتر فایتوژل بود. گیاهان پیوند شده ابتدا به مدت یک هفته در شرایط نور کم (۱۰۰ لوکس) و سپس به مدت سه هفته تا زمان گیرایی موفق پیوند، در شرایط دمایی 27 ± 1 درجه سانتی‌گراد و نور ۱۵۰۰ لوکس و تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی در اتاقک رشد با شرایط یکسان نگهداری شدند. جهت ریشه‌زایی، گیاهچه‌های ریزپیوندی به محیط کشت پرلیت با محلول غذایی MS همراه با یک میلی‌گرم در لیتر IBA منتقل شدند. گیاهان ریزپیوندی طی هشت هفته در شرایط درون شیشه‌ای نگهداری شدند و بعد از ریشه‌زایی جهت سازگاری در گلدان‌های حاوی پرلیت:پیت موس (به نسبت یک: یک) داخل ظروف پلی‌اتیلنی پوشش‌دار با فیلتر قرار گرفتند.

اندازه‌گیری شاخص‌های پیوند

شاخص‌های تعیین کننده در موفقیت پیوند در هر کدام از گیاهچه‌های ریزپیوند شده اندازه‌گیری شد. شاخص‌های درصد موفقیت پیوند (نسبت پیوندک‌های رشد کرده به کل پیوندها بعد از چهار هفته)، زمان گیرایی پیوند (مدت زمان بین پیوند تا زمان شروع رشد و باز شدن برگ‌های پیوندک)، تعداد برگ‌های تولید شده روی پیوندک (سه هفته پس از گیرایی پیوند) و میزان رشد پیوندک (اندازه گیری طول قسمت رشد کرده پیوندک سه هفته پس از گیرایی) ثبت گردید و همچنین باتوجه به اینکه در تمامی آزمایش نوع پایه ('گیزلا ۶') یکسان بود و تنها نوع رقم پیوندک متفاوت بود، فقط در بین ارقام درصد ریشه‌زایی (در زمان انتقال نمونه‌ها به گلدان) و درصد سازگاری (۳۰ روز بعد از انتقال گیاهچه‌های ریزپیوندی) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

درپایان داده‌های بدست آمده پژوهش، توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و تحلیل آماری گردید و میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد

طبیعی خراسان رضوی در طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ انجام شد. در این بررسی از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در پنج تکرار و ده گیاهچه در هر تکرار به عنوان واحد آزمایشی استفاده شد که فاکتور اول، رقم در هفت سطح (بینگ B، دوم رس D، حاج یوسفی H، پیش‌رس P، سیاه مشهد S، تکدانه T، زرد:Z) و فاکتور دوم، نوع ریزنمونه در چهار سطح (ریزنمونه دو میلی‌متری از محیط برون شیشه‌ای: M1R1، ریزنمونه پنج میلی‌متری از محیط برون شیشه‌ای: M2R1، ریزنمونه پنج میلی‌متری از محیط درون شیشه‌ای: M1R2، ریزنمونه دو میلی‌متری از محیط درون شیشه‌ای: M2R2) بود.

تهیه پایه

جهت تولید پایه از گیاهچه‌های 'گیزلا ۶' که از طریق کشت بافت تولید شده بودند (Daneshvar Hossini, et al., 2010) استفاده گردید، این پایه، نیمه پاکوتاه، زودبارده، دارای عملکرد بالا و سازگار با اکثر ارقام تجاری بوده که در بیشتر شرایط اقلیمی مناطق ایران نیز قابل کشت است. گیاهچه‌ها را جهت ریزپیوندی، زمانی که ساقه آنها به قطر مناسب (بیش از پنج میلی‌متر) رسیدند، از محیط رشد خود جدا نموده و بعد از برش، ابتدا و انتهای آنها با طول بیش از دو سانتی‌متر به عنوان پایه استفاده شدند.

تهیه پیوندک

برای تهیه پیوندک، در فصل بهار از شاخساره‌های هفت رقم گیلای مورد نظر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گل‌مکان، نمونه برداری شد. در آزمایشگاه جوانه‌های شاخه به طول ۱/۵ تا دو سانتی‌متر جدا شدند و ابتدا با اتانول ۷۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و پس از آن با هیپوکلریت سدیم ۲۰ درصد به مدت ده دقیقه گندزدایی شدند. سپس در شرایط استریل بعد از سه بار آبخوبی با آب مقطر، فلس‌های جوانه‌های نوک شاخه حذف شد و ریزنمونه‌های مریستمی جدا شدند. برای ریزپیوندک‌های *in vivo* مستقیماً از این ریزنمونه‌ها در اندازه دو و پنج میلی‌متری استفاده شد، همچنین تعدادی از این ریزنمونه‌ها در لوله‌های آزمایش حاوی محیط کشت MS (Murashige and Skoog, 1962) با یک میلی‌گرم در لیتر BAP، کشت شدند و پس از رشد با آغازه‌های برگ‌ی به اندازه دو تا پنج میلی‌متر جدا شده و به عنوان ریزپیوندک‌های *in vitro* استفاده گردیدند.

انجام ریزپیوندی

ریزپیوندی برابر با روش استاندارد برای گیلای انجام شد (Amiri, 2006). تمام شرایط ریزپیوندی به جز نوع رقم، اندازه پیوندک و نوع پیوندک از نظر منشأ، ثابت در نظر گرفته شد. ریزنمونه‌های تهیه شده در شرایط *in vitro* و *in vivo* به عنوان

مقایسه شد. نمودارها همچنین با نرم افزار Excel ۲۰۱۳ ترسیم شدند.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش نشان داد که در اثر مستقل نوع پیوندک، در تمامی شاخص های ریزپیوندی، تفاوت معنی داری وجود دارد (در سطح یک

جدول ۱- تجزیه واریانس عوامل موثر بر شاخص های ریزپیوندی در گیلاس

Table 1- The ANOVA results for the factors affecting micrografting indices in sweet cherry

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean of Square			
		موفقیت پیوند Micrografting successful (%)	زمان گیرایی Micrografting time (day)	تعداد برگ Number of leaf	طول شاخه Shoot length (cm)
رقم Cultivar (C)	6	160.9 ns	3.6 ns	0.35ns	9.7 *
نوع پیوندک Scion type (ST)	3	3275**	94.6 **	23.7 **	81.4 **
C × ST	18	173.5*	3.03 ns	2.8 *	2.1 *
اشتباه آزمایشی Error	112	74.3	1.9	1.17	1.8
ضرب تغییرات C.V (%)	-	19.6	15.1	13.8	16.2

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

درصد موفقیت ریزپیوندی

در شاخص درصد موفقیت پیوند، در فاکتور نوع پیوندک، ریزپیوندک های پنج میلی متری با منشا درون شیشه ای، بیشترین میزان موفقیت پیوند (۴۲ درصد) و ریزپیوندک های دو میلی متری با منشا برون شیشه ای کمترین درصد موفقیت (۲۰ درصد) را دارا بودند. در فاکتور رقم نیز بیشترین درصد موفقیت پیوند مربوط به رقم 'پیش رس' (۳۲/۸ درصد) و کمترین آن در رقم 'حاج یوسفی' (۲۵/۹ درصد) بود. همچنین در بین اثرات متقابل رقم و نوع پیوندک، بیشترین درصد موفقیت پیوند در پیوندک های دو میلی متری رقم 'بینگ' با منشا درون شیشه ای (۴۸/۵ درصد) و کمترین آن نیز در پیوندک های مریستمی دو میلی متری از رقم 'سیاه' با منشا درون شیشه ای (۱۵/۱ درصد) بود. همچنین بطور کلی در تمامی آزمایشات، میانگین درصد موفقیت ریزپیوندی ۲۹/۱ درصد بدست آمد (جدول ۲).

زمان گیرایی ریزپیوندها

درمورد شاخص زمان گیرایی پیوند، در بین نوع پیوندک، ریزپیوندک های مریستمی پنج میلی متری با منشا درون شیشه ای کوتاه ترین زمان گیرایی پیوند (میانگین ۲ روز) و ریزپیوندک های دو

درصد) اما در اثر مستقل رقم، تنها در شاخص رشد طولی ریزپیوندک اختلاف معنی دار بود و در اثرات متقابل رقم در نوع پیوندک، نیز در همه شاخص های ریزپیوندی اختلاف معنی دار بود (در سطح پنج درصد) (به جز شاخص زمان گیرایی) (جدول ۱).

میلی متری با منشا برون شیشه ای، طولانی ترین زمان گیرایی (۵/۸ روز) را دارا بودند. در بین ارقام نیز کوتاه ترین زمان مربوط به رقم 'زرد' (۳/۴ روز) و طولانی ترین زمان گیرایی در رقم 'بینگ' (۴/۵ روز) بدست آمد. در بین اثرات متقابل رقم و نوع پیوندک، نیز کوتاه ترین زمان توسعه و رشد پیوندک ها در ریزپیوندهای موفق مربوط به ریزپیوندک های مریستمی پنج میلی متری رقم 'تکدانه' با منشا درون شیشه ای (۱/۴ روز) و طولانی ترین زمان گیرایی نیز در میانگین پیوندک های مریستمی دو میلی متری در رقم 'بینگ' با منشا برون شیشه ای (۷ روز) بود. همچنین در کل آزمایش ریزپیوندی، میانگین زمان گیرایی پیوند ۳/۹ روز بود (جدول ۳).

تعداد برگ ریزپیوندک

میزان برگ تولید شده توسط پیوندک در گیاهان ریزپیوندی سه هفته بعد از گیرایی پیوندها ثبت گردیدند که نتایج نشان داد، بیشترین تولید برگ در ریزپیوندهای موفق نیز مانند سایر شاخص های پیوند مربوط به ریزپیوندک های مریستمی پنج میلی متری با منشا درون شیشه ای (۳/۷ عدد) و ریزپیوندک های مریستمی دو میلی متری با منشا برون شیشه ای، کمترین میزان برگ (۱/۷ عدد) را داشت. در بین

ارقام تفاوت اندکی وجود داشت و ارقام 'دوم رس' و 'تکدانه' بیشترین تعداد برگ (۲/۹ عدد) را داشتند. در بین اثرات متقابل رقم و نوع پیوندک، بهترین نتیجه مربوط به رقم 'تکدانه' در ریزپیوندک‌های مریستمی پنج میلی‌متری با منشأ درون شیشه‌ای (۴/۹ عدد) و کمترین آن نیز مربوط به ریزپیوندک‌های مریستمی دو میلی‌متری در همین رقم با منشأ برون شیشه‌ای بود (۱/۴ عدد) و در کل نتایج آزمایش، میانگین تعداد برگ ریزپیوندک‌های گیاهان ۲/۷ عدد بدست آمد (جدول ۴).

جدول ۲- تاثیر اندازه مریستم و منشأ پیوندک روی درصد موفقیت ریزپیوندی در گیلان

Table 2- The effect of meristem size and scion origin on micrografting successful (%) in sweet cherry

ارقام Cultivar	نوع پیوندک Scion type				درصد موفقیت پیوند در ارقام Micrografting success (%) in cultivar
	M1R1	M1R2	M2R1	M2R2	
B	26.6 cd	16.2 de	36.4 ab	48.5 a	31.9 A
D	19.5 de	29.0 bc	23.8 cd	37.3 ab	27.4 B
H	16.9 de	18.7 de	28.1 bc	39.9 ab	25.9 B
P	24.8 cd	32.6 bc	32.0 bc	41.8 ab	32.8 A
S	16.0 de	15.1 e	36.1 ab	38.7 ab	26.4 B
T	17.8 de	35.6 ab	24.1 cd	48.1 a	31.4 A
Z	18.2 de	19.4 de	33.7 ab	39.8 ab	27.8 B
نوع پیوندک Scion type	20.0 D	23.8 C	30.6 B	42.0 A	29.1

ارقام: بینگ: B، دوم رس: D، حاج یوسفی: H، پیش‌رس: P، سیاه مشهد: S، تکدانه: T، زرد: Z و نوع پیوندک: ریزنمونه دو میلی‌متری از محیط برون شیشه‌ای: M1R1، ریزنمونه پنج میلی‌متری از محیط برون شیشه‌ای: M2R1، ریزنمونه دو میلی‌متری از محیط درون شیشه‌ای: M1R2، ریزنمونه پنج میلی‌متری از محیط درون شیشه‌ای: M2R2 می‌باشد.

Cultivars: Bing: B; Dovomres: D; Hajyousefi: H; Pishres: P; Siah-e Mashhad: S; Takdaneh: T; Zard: Z and Scion Types: 2 mm *in vivo*: M1R1, 5 mm *in vivo*: M2R1, 2 mm *in vitro*: M1R2, 5mm *in vitro*: M2R2.

*حروف غیرمشابه در جدول، بیانگر وجود تفاوت معنی دار در بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می باشد.

*Means with at least one similar letter are not significant different based on Duncan's multiple range at 5% of probability level.

جدول ۳- تاثیر اندازه مریستم و منشأ پیوندک روی زمان گیرایی پیوند در گیاهان ریزپیوندی گیلان

Table 3- The effect of meristem size and scion origin on taking time (days) in micrografted plant in sweet cherry

ارقام Cultivar	نوع پیوندک Scion type				زمان گیرایی پیوند در ارقام Taking time(days) in cultivar
	M1R1	M1R2	M2R1	M2R2	
B	7.0 f	6.3 ef	3.3 cd	1.6 ab	4.5 B
D	4.7 de	4.6 de	2.7 bc	3.0 bcd	3.7 AB
H	5.2 def	4.3 de	3.0 bcd	2.4 bc	3.7 AB
P	6.1 ef	4.9 de	4.6 de	1.8 ab	4.3 AB
S	5.5 def	3.8 cd	3.3 cd	2.2 bc	3.7 AB
T	6.5 ef	5.7 def	3.5 cd	1.4 a	4.3 AB
Z	5.8 def	3.0 bcd	3.1 bcd	1.6 ab	3.4A
نوع پیوندک Scion type	5.8 D	4.6 C	3.3 B	2.0 A	3.9

*حروف غیرمشابه در جدول، بیانگر وجود تفاوت معنی دار در بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می باشد.

*Means with at least one similar letter are not significant different based on Duncan's multiple range at 5% of probability level.

رشد طولی پیوندک

'دوم رس' (۵/۷ سانتی‌متر) و 'سیاه' (۳/۸ سانتی‌متر) بود. در اثرات متقابل رقم و نوع پیوندک، نیز بهترین نتیجه مربوط به ریزپیوندک‌های مریستمی پنج میلی‌متری رقم 'پیش‌رس' با منشأ درون شیشه‌ای (۷/۹ سانتی‌متر) و کمترین میزان رشد پیوندک مربوط به ریزپیوندک‌های مریستمی دو میلی‌متری رقم 'بینگ' با منشأ برون شیشه‌ای (۱/۹ سانتی‌متر) بود و در کل نتایج آزمایشات ریزپیوندی، میانگین رشد طولی ریزپیوندک ۴/۶ سانتی‌متر بدست آمد (جدول ۵).

میزان رشد پیوندک، سه هفته پس از گیرایی اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج بیشترین میزان رشد پیوندک همچنان مربوط به ریزپیوندک‌های مریستمی پنج میلی‌متری با منشأ درون شیشه‌ای بود (۶/۳ سانتی‌متر) و ریزپیوندک‌های مریستمی دو میلی‌متری با منشأ برون شیشه‌ای، کمترین میزان رشد طولی را داشتند (۲/۷ سانتی‌متر) و در بین ارقام بیشترین و کمترین میزان رشد به ترتیب مربوط به ارقام

جدول ۴- تاثیر اندازه مریستم و منشأ پیوندک روی تعداد برگ تولیدی در گیاهان ریزپیوندی گیلاس

Table 4- The effect of meristem size and scion origin on number of leave in micrografted plant in sweet cherry

ارقام Cultivar	نوع پیوندک Scion type				تعداد برگ تولیدی در ارقام Leaf number in cultivar
	M1R1	M1R2	M2R1	M2R2	
B	1.9 f	3.6 de	3.6 bc	2.7 cd	4.0 C
D	4.1 cd	5.5 bc	2.8 cd	3.1 bcd	5.7 A
H	3.0 def	4.2 cd	3.0 bcd	3.9 bc	4.6 BC
P	2.6 ef	4.7 cd	2.1 cde	3.2 bc	5.3 AB
S	2.3 ef	3.3 de	3.0 bcd	3.3 bc	3.8 C
T	2.5 ef	4.5 cd	3.7 bc	4.9 a	4.1 C
Z	2.2 ef	3.9 cde	2.5 cd	4.6 ab	4.7BC
نوع پیوندک Scion type	2.7 D	4.2 C	3.0 B	3.7 A	4.6

*حروف غیرمشابه در جدول، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter are not significant different based on Duncan's multiple range at 5% of probability level.

جدول ۵- تاثیر اندازه مریستم و منشأ پیوندک روی رشد طولی پیوندک در گیاهان ریزپیوندی گیلاس

Table 5- The effect of meristem size and scion origin on scion shoot length (cm) in micrografted plant in sweet cherry

ارقام Cultivar	نوع پیوندک Scion type				رشد طولی پیوندک در ارقام Scion shoot length (cm) in cultivar
	M1R1	M1R2	M2R1	M2R2	
B	1.9 f	3.6 de	4.1 cd	6.3 ab	4.0 C
D	4.1 cd	5.5 bc	6.9 ab	6.2 ab	5.7 A
H	3.0 def	4.2 cd	5.6 bc	5.7 bc	4.6 BC
P	2.6 ef	4.7 cd	6.0 abc	7.9 a	5.3 AB
S	2.3 ef	3.3 de	3.9 cde	5.6 bc	3.8 C
T	2.5ef	4.5 cd	4.1 cd	5.2 bc	4.1 C
Z	2.2 ef	3.9 cde	5.5 bc	6.9 ab	4.7BC
نوع پیوندک Scion type	2.7 D	4.2 C	5.2 B	6.3 A	4.6

*حروف غیرمشابه در جدول، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter are not significant different based on Duncan's multiple range at 5% of probability level.

ریشه‌زایی و سازگاری گیاهان ریزپیوندی

میزان ریشه‌زایی گیاهچه‌های ریزپیوندی موفق در شرایط درون شیشه‌ای، چهار هفته پس از رشد در محیط ریشه‌زایی و میزان سازگاری آنها سه هفته پس از انتقال به گلدان و ظرف پلی اتیلنی اندازه‌گیری شد (شکل ۱). نتایج آزمایش نشان داد که تفاوت ارقام، در هر دو شاخص درصد ریشه‌زایی و درصد سازگاری گیاهان ریزپیوندی معنی‌دار نبود (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین بین ارقام نیز نشان داد که در شاخص درصد ریشه‌زایی بیش‌ترین میزان مربوط به رقم 'حاج یوسفی' (۵۴/۵ درصد) و کمترین آن در رقم 'تکدانه' (۲۹/۳ درصد) بود و میانگین کل درصد ریشه‌زایی ارقام ۴۱ درصد بدست آمد اما در شاخص درصد سازگاری بیش‌ترین میزان مربوط به رقم 'پیش‌رس' (۳۱/۷ درصد) و کمترین آن مربوط به رقم 'تکدانه' (۱۵/۹ درصد) بود و میانگین کل درصد سازگاری برای ارقام گیلاس ۲۵/۳ درصد بدست آمد (شکل ۲).

بحث

این مطالعه اولین گزارشی است که جهت ریزپیوندی گیلاس، از پایه رویشی کشت بافتی استفاده شده است، در گزارش‌های پیشین برای ریزپیوندی گیلاس و حتی سایر هسته دارها از دانه‌های بذری استفاده شده است.

نتایج این مطالعه مشخص کرد که موفقیت ریزپیوندی در شرایط درون شیشه‌ای تحت تاثیر نوع رقم نیست اما نوع پیوندک از نظر اندازه و منشأ در آن موثر است. عدم تفاوت معنی‌دار در ارقام مختلف در بیشتر شاخص‌های ریزپیوندی نشان از میزان شباهت ژنتیکی زیاد بین ارقام مورد آزمایش و همچنین سازگاری نسبی مشابه ارقام گیلاس با پایه 'گیزلا ۶' می‌باشد.

بطور کلی موفقیت ریزپیوندی در شرایط درون شیشه‌ای باتوجه به مزیت‌های فراوان آن، نسبت به شرایط مزرعه‌ای پایین است (خصوصاً

بسیار پایین و ناچیز بود، این نتایج ضعیف ممکن است بدلیل عملیات سخت پیوند، ارتباط ضعیف پایه و پیوندک، فعالیت فیزیولوژیکی پایین و فعالیت بالای اکسیدازها در بافت پیوندی در شرایط درون شیشه‌ای باشد (Hussain *et al.*, 2014).

در درختان میوه هسته‌دار). شاخص‌های موفقیت پیوند در این مطالعه نیز کمتر از گزارش‌های ریزپیوندی روی پایه بذری بود. در برخی واحدهای آزمایشی نکروزه شدن پیوندک‌ها بسیار بالا و گیرایی پیوند خصوصا در ریزپیوندک‌های مریستمی با اندازه کوچک دو میلی‌متری

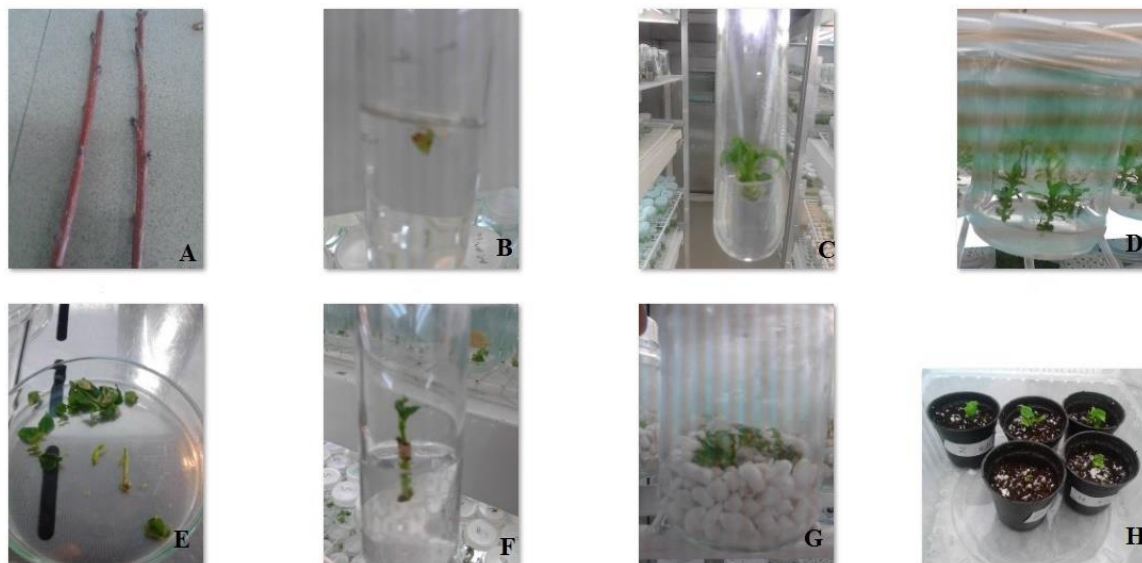
جدول ۶- تجزیه واریانس تاثیر رقم روی شاخص‌های ریشه زایی و سازگاری در گیاهان ریزپیوندی گیلاس

Table 6- The ANOVA results for the effect of cultivar on rooting and acclimation percentages in micrografted plant in sweet cherry

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares	
		درصد ریشه زایی Rooting percentage	درصد سازگاری Acclimation percentage
رقم Cultivar	6	18.3 n.s	24.5 n.s
اشتباه آزمایشی Error	24	35.7	25.6
ضریب تغییرات C.V (%)	-	17.4	23.7

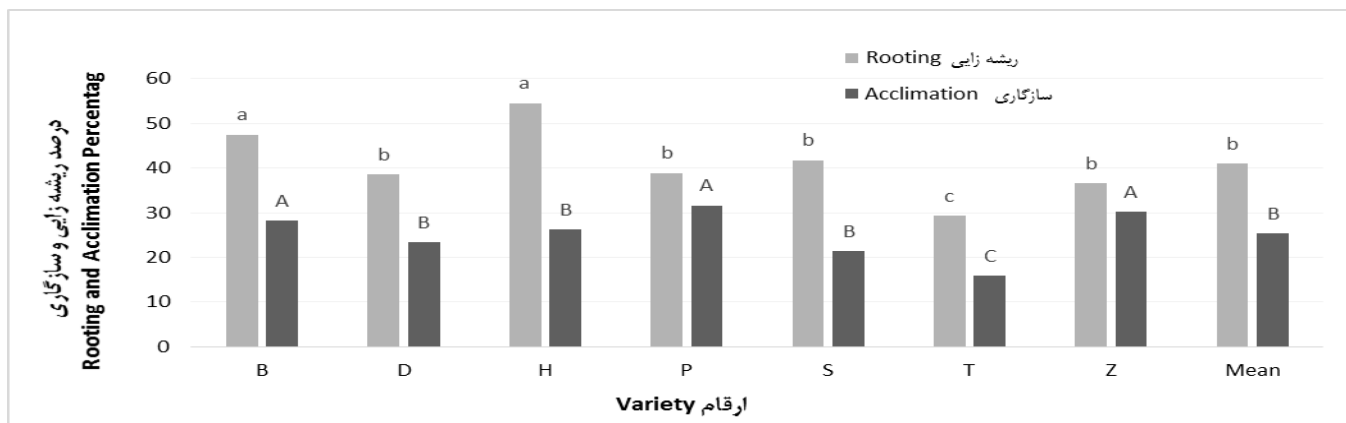
ns, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



شکل ۱- مراحل کشت مریستم و ریزپیوندی گیلاس در شرایط درون شیشه‌ای. A: تهیه جوانه نوک شاخه. B: آماده سازی و کشت مریستم C: استقرار ریزنمونه D: تکثیر شاخه E: آماده سازی ریزپیوندک و پایه F: گیاه ریزپیوندی G: ریشه‌زایی H: سازگاری گیاهان ریزپیوندی

Figure 1- Stages of micrografting in sweet cherry *in vitro*: A: Preparation of scion shoot tips; B: Preparation and cultivation of meristem; C: Establishment of explant; D: Shoot proliferation; E: Scion and rootstock preparation; F: Micrografted plant; G: Rooting; H: Acclimation of micrografted plant



شکل ۲- میزان ریشه زایی و سازگاری گیاهچه های ریزپیوندی در ارقام مختلف گیلاس

Figure 2- The rooting and acclimation percentage in micrografted plantlets in sweet cherry cultivars

۵ میلی متر و افزایش تعداد آغازه های برگ، میزان موفقیت پیوند افزایش ولی درصد گیاهان عاری از ویروس کاهش پیدا کرد (Lauri et al., 2001).

نتیجه گیری

روش ریز پیوندی در ریزازدیادی گیلاس، یک روش عملی سریع با پتانسیل بالا برای تولید و بازسازی باغ های سالم می باشد، با توجه به اینکه در این تحقیق بین ارقام مختلف در بیشتر شاخص های ریزپیوندی تفاوتی مشاهده نشد، استفاده از این روش برای سایر ارقام نیز امکان پذیر می باشد. در موفقیت ریزپیوندی، ریزپیوندک های تولید شده در شرایط درون شیشه ای در مقایسه با ریزپیوندک هایی که مستقیماً از درختان باغ مادری گرفته می شوند، ارجحیت دارد و همچنین استفاده از ریزنمونه های بزرگتر برای پیوندک به دلیل وجود آغازه برگ در موفقیت ریزپیوندی توصیه می گردد هرچند که احتمال تولید گیاه سالم در ریزنمونه های کوچکتر بیشتر می باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش، به عنوان بخشی از پروژه ملی تولید گیاهان سالم و عاری از ویروس در هسته دارها محسوب می گردد که در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی طی سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ اجرا شده است، لذا از مسئولین و کارکنان بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی خصوصاً آزمایشگاه کشت بافت باغبانی این مرکز قدردانی می گردد.

پیوندک های مورد استفاده در عملیات ریزپیوندی معمولاً در اندازه استاندارد کمتر از یک سانتی متر تهیه می گردند با این حال، اندازه ریزپیوندک ممکن است با توجه به نوع گونه گیاهی متفاوت باشد. با افزایش اندازه ریزپیوندک، درصد گیرایی پیوند افزایش، ولی درصد گیاهان عاری از ویروس کاهش می یابد. موفقیت ریزپیوندی در ریزپیوندک های بزرگتر، پنج میلی متری با آغازه های برگ که در محیط *in vitro* تهیه شده بودند، بیشتر از ریزپیوندک های کوچکتر، دو میلی متری بدون آغازه برگ بود. وجود برگ برای تامین مواد غذایی و سطح تماس بیشتر ریزپیوندک های بزرگتر باعث بهبود پیوند می گردد ولی این درحالی است که از نظر آلودگی های خصوصاً ویروسی منابع مرستمی کوچک تر بهترند (Navarro, 1988)، این نتایج موافق با گزارش ریزپیوندی گیلاس 'سیاه مشهد' روی پایه بذری آلبالو بود که با اندازه ریزپیوندک از پنج تا ۱۰ میلی متر، بیشترین درصد موفقیت ریزپیوندی (۶۵ درصد) با پیوند اسکنه با خیساندن محل پیوند با نمک های محلول MS بدست آمد (Amiri, 2006).

در بررسی ریزپیوندی ارقام هلو، با استفاده از ریزپیوندک مرستمی ۵ میلی متری همراه با دو آغازه ی برگ روی پایه های مختلف دانه ای، درصد موفقیت در ریزپیوندی در شرایط درون شیشه ای افزایش قابل ملاحظه ای پیدا کرد و میزان آلودگی نیز پایین بود (Navarro et al., 1975). درصد موفقیت پیوند در ریزپیوندی زردآلو با ریزپیوندک هایی به ابعاد دو تا پنج میلی متر بر روی شاخساره های بدون ریشه هلو بذری، در حدود ۴۰ درصد بدست آمد (Martinez et al., 1979). در ریزپیوندی بادام رقم 'نان پاریل' بر روی پایه های مختلف هسته دارها، ۵۰ درصد موفقیت ریزپیوندی با ریزنمونه های پنج میلی متری بدست آمد (Martinez and Gradziel, 2001). در ریزپیوندی بادام مشخص شد با افزایش اندازه پیوندک نوک شاخه به

1. Aazami, M., & Bagher, M. (2010). *In vitro* micro-grafting of some Iranian grapevine cultivars. *Romanian Biotechnology* 15: 5576-5580.
2. Abbas, M., Khan, M., Fatima, B., Iftikhar, Y., Mughal, S., Jaskani, M., Khan, I., & Abbas, H. (2008). Elimination of *Citrus tristeza closterovirus* (CTV) and production of certified citrus plants through shoot-tip micrografting. *Pakistan Journal of Botany* 40: 1301-1312.
3. Amiri, M. (2006). *In vitro* technique to study the shoot tip grafting of Sweet cherry (*Prunus avium* L. var Seeyahe Mashad. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 41: 151-154.
4. Daneshvar Hossini, A., Ganji Moghadam, E., & Anahid, S. (2010). Effects of media cultures and plant growth regulators in micro propagation of 'Gisela 6' rootstock. *Annals of Biological Research* 1(2): 135-141.
5. Deogratias, J., Lutz, A., & Dosba, F. (1986). *In vitro* micrografting of shoot tips from juvenile and adult *Prunus avium* L. and *Prunus persica* L. Batsch to produce virus-free plants. *Acta Horticulturae* 193: 139-45.
6. Estrada-Luna, A., López-Peralta, C., & Cárdenas-Soriano, E. (2002). *In vitro* micrografting and histology of the graft union formation of selected species of prickly pear cactus (*Opuntia spp.*). *Science Horticulture* 92:317-327.
7. FAO. (2015). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. [Http://faostat.fao.org/faostat](http://faostat.fao.org/faostat).
8. Ganji Moghadam, E., & Buzari, N. (2007). *Practical and practical guide to Cherry*. Agricultural Extension Education and Extensions Press, Iran, 344p. (In Persian)
9. Hussain, G., Wani, M., Mir, M., Rather, Z., & Bhat, K. (2014). Micrografting for fruit crop improvement. *African Journal of Biotechnology* 13(25): 2474-2483.
10. Isikalan, C., Namli, S., Akbas, F., & Erol, A. (2011). Micrografting of almond (*Amygdalus communis*) cultivar 'Nonpariel'. *Australian Journal of Crop Science* 5: 61-65.
11. Jonard, R., Lukman, D., Schall, F., & Villemur, P. (1990). Early testing of graft incompatibilities in apricot and lemon trees using *in vitro* techniques. *Science Horticulture* 43: 117-128.
12. Lauri, P., Caboni, E., & Damno, C. (2001). *In vitro* adventitious shoot regeneration from vegetative apices of almond and other *prunus* species. *Acta Horticulturae* 560: 403-406.
13. Martinez, J., Hugard, J., & Jonard, R. (1979). The different grafting of shoot tips realized *in vitro* between Peach (*Prunus persica* Batsch), Apricot (*Prunus armeniaca* L.) and Myrobalan (*Prunus cerasifera* Ehrh). *Comala Ren Academic Science* 288: 759-762.
14. Martinez-Gomez, P., & Gradziel, T.M. (2001). *In vitro* micrografts in almond and their application in breeding programs. *Journal of Horticulture Science and Biotechnology* 11: 313-315.
15. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. *Physiology of Plant* 15: 473-497.
16. Murashige, T., Bitters, W., Rangan, T., Nauer, E., Roistacher, C., & Holliday, P. (1972). A technique of shoot apex grafting and its utilization towards recovering virus-free Citrus clones. *Horticulture Science* 7: 118-119.
17. Nas, M., & Read, P. (2003). Simultaneous micrografting rooting and acclimatization of micropropagated American chestnut grapevine and hybrid hazelnut. *European Journal of Horticultural Science* 68: 234-237.
18. Navarro, L. (1988). Application of shoot-tip grafting *in vitro* to woody species. *Acta Horticulturae* 227: 43-55.
19. Navarro, L., Roistacher, C., & Murashige, T. (1975). Improvement of shoot-tip grafting *in vitro* for virusfree citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences* 100: 471-479.
20. Pathirana, R., & McKenzie, M. (2005). Early detection of grapevine leafroll virus in *Vitis vinifera* using *in vitro* micrografting. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 81: 11-18.
21. Piagnani, M., Prinsi, B., & Bassi, D. (2006). Experimental approaches to *in vitro* grafting in *Prunus armeniaca* and *P. spinosa*. *Horticulture Science* 20(3): 224-230.
22. Rafail, S., & Mosleh, M. (2010). Factors involved in micropropagation and shoot tip grafting of apple *Malus domestica* Borkh.) and pear (*Pyrus sp.* L.). *Tropentag World Food System – A Contribution from Europe* September 14 -16, 2010 in Zurich.
23. Ramanayake, S., & Koor, T. (1999). *In vitro* micrografting of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Horticulture Science and Biotechnology* 74: 265-68.
24. Richardson, F., Saoir, S., & Harvey, B. (1996). A study of the graft union in *in vitro* micrografted apple. *Plant growth regulation* 20: 17-23.
25. Wang, G., Li, X., Chen, Q., & Tian, J. (2010). Studies on factors affecting the micro-shoot grafting survival of walnut. *Acta Horticulture* 861: 327-331.



Effect of Sucrose on Direct Somatic Embryogenesis of Octoploid Asparagus

Z. Toosi¹, S.J. Mousavizadeh^{2*}, K. Mashayekhi³, M. Alizadeh⁴

Received: 08-06-2021

Revised: 13-10-2021

Accepted: 24-10-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Toosi, Z., Mousavizadeh, S.J., & Mashayekhi, K. (2023). Effect of Sucrose on Direct Somatic Embryogenesis of Octoploid Asparagus. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 829-842. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.70871.1061](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.70871.1061)

Introduction

Asparagus, scientifically named *Asparagus officinalis*. L is a perennial plant belonging to the *Asparagaceae* family. Asparagus is a large genus in this genus that has about 200 species. The most important species for agricultural purposes is *A. officinalis*. Somatic embryogenesis is the formation of an embryo from an asexual cell *in vitro* that similar to a seed embryo, is able to develop into a complete seedling. Somatic embryogenesis is a complex molecular and biochemical process based on cellular potentiogenicity and a model in the study of plant growth. In this unique process of embryogenesis, the growth cells acquire the capacity for embryogenesis under conditions of cellular stress. Sucrose is the predominant sugar in plants for energy production and facilitates vital functions. Sucrose is converted to glucose and glucose. Sucrose is the most common source of carbohydrates used in plant tissue culture.

Materials and Methods

The present study was performed in the tissue culture laboratory of the horticulture department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in 1399 and 1400. Native Iranian asparagus seeds with octaploid ploidy level were used in this experiment. B₅ medium containing 2, 4-D with a concentration of 2 mg /l was used to induce the embryo. Concentrations of 3, 6, 9, 12 and 15% in liquid medium were used to evaluate the effect of sucrose. The pH of the culture media were adjusted to 5.7. After the induction phase, the samples entered the realization phase and the subculture were cultured in the previous environments but with the aim of emerging the embryos (realization phase) while the hormone was removed from them. After 4 weeks in the embryonic development stage, the number of globular and bipolar embryos was observed using a computer-connected stereoscope at 20 and 40 micron magnifications.

Results and Discussion

The results obtained from this study showed that there is a significant difference between different concentrations of sucrose in terms of embryogenesis formation at different stages of embryogenesis. According to the presented results, change in sucrose concentration caused a change in the formation of embryos and the highest number of spherical embryos was observed with a significant difference ($p < 0.001$) in 9% sucrose concentration. According to the comparison results, the concentration of 9% sucrose showed the highest amount of bipolar embryo among other different concentrations. Statistical results of photosynthetic pigments and anthocyanins showed that there was a significant difference between different concentrations of sucrose. As shown in Figures 2 and 3, the highest levels of chlorophyll *a*, *b*, total and carotenoids were observed at a concentration of 9% sucrose and the lowest amount of chlorophyll *a* at concentration of 12% and total chlorophyll and carotenoids at concentration of 3%. Also, the results obtained from regression analysis showed that the highest amount of photosynthetic pigments and starch was observed in 9% sucrose concentration. Finally, in this study, it was found that the best concentration affecting the vegetative embryogenesis of octaploid asparagus is 9% sucrose.

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student and Associate Professors, Department of Horticultural Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: mousavizadeh@gau.ac.ir)

Conclusion

Carbohydrates are the main constituents of the plant and are most used in tissue culture medium, especially sucrose for growth and differentiation. It is noteworthy that high concentrations of sucrose are not only nutritional but also change the osmotic pressure in the culture medium. The relationship between glucose status and embryonic formation has been proven. In the meantime, the capacity of sucrose to support embryonic growth is greater, so that increasing sugars such as sucrose increase the potential for embryogenesis. According to the results of the present study, 9% sucrose in B5 culture medium showed an important role in chlorophyll production and caused photosynthesis and carbohydrate metabolism in this medium to increase, and as a result, the amount of sugar and its accumulation in culture explants. Increased in this medium and eventually caused the emergence of embryos with photosynthetic pigments in the resulting seedlings. Increasing the level of sucrose also prevents rapid germination and helps the development of the root system.

Keywords: 2,4-D, Carbohydrate, Embryogenesis, Photosynthetic pigments



مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۴۲-۸۲۹

اثر ساکارز بر جنین‌زایی رویشی مستقیم مارچوبه اکتاپلوئید

زینب طوسی^۱ - سید جواد موسوی زاده^{۲*} - کامبیز مشایخی^۳ - مهدی علیزاده^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۲

چکیده

جنین‌زایی رویشی، روش جدیدی برای ازدیاد گیاهان در شرایط درون شیشه‌ای است. کارآیی روش جنین‌زایی رویشی به شدت به ترکیبات محیط کشت بستگی دارد. مانند ساکارز که متداول‌ترین منبع کربوهیدرات است که در کشت بافت گیاهی استفاده می‌شود. ساکارز محصول نهایی فتوسنتز و قند اولیه منتقل‌شده در آوند آبکش اکثر گیاهان است. به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف ساکارز بر جنین‌زایی رویشی مارچوبه (*Asparagus officinalis* L.) اکتاپلوئید، آزمایشی با پنج تیمار ساکارز (۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد) انجام پذیرفت. برای انجام این آزمایش ریزنمونه‌های مارچوبه حاوی یک جوانه در محیط B₅ در فاز القایی جنین رویشی دارای هورمون 4-D و 2، کشت شدند و بعد از دو هفته به فاز ظهور جنین منتقل گردیدند. در ادامه بعد از چهار هفته در مرحله ظهور جنین‌ها، تعداد جنین‌های رویشی تولیدشده در مراحل کروی شکل و قطبی در دو بزرگنمایی ۲۰ و ۴۰ میکرون، شمارش و عکس‌برداری شد و میزان تأثیر غلظت‌های ساکارز بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و خصوصیات فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف ساکارز از لحاظ تشکیل جنین‌های رویشی گیاه مارچوبه وجود دارد. در غلظت ۹ و ۱۵ درصد ساکارز به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد جنین کروی و قلبی تشکیل شد. همچنین نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل رگرسیون بیانگر آن بود که در غلظت ۹ درصد ساکارز بیش‌ترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و نشاسته مشاهده شد. در نهایت در این پژوهش مشخص شد که بهترین غلظت مؤثر بر جنین‌زایی رویشی مارچوبه اکتاپلوئید، غلظت ۹ درصد ساکارز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توفوردی، جنین‌زایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات

مقدمه

مارچوبه با نام علمی *Asparagus officinalis* L. گیاه چندساله متعلق به خانواده Asparagaceae می‌باشد. *Asparagus* یک جنس بزرگ در این تیره است که حدود ۲۰۰ گونه دارد (Mukhopadhyay and Desjardins, 1994). مهم‌ترین گونه برای اهداف کشاورزی، *A. officinalis* می‌باشد. مارچوبه یکی از ۲۰ محصول زراعی برتر جهان است. قسمت ساقه خوراکی مارچوبه که به اسپیر مرسوم است به رنگ سبز و سفید تولید می‌شود. *A. officinalis* یک‌گونه دوپایه است که در آن جنسیت توسط ژن غالب

M تعیین می‌شود. مارچوبه دیپلوئید ($2n=2x=20$) است. ژنوتیپ‌های ماده هموزیگوس مغلوب (mm) و نرها هتروزیگوت (Mm) هستند (Bhattacharjee and Singhal, 2011). گونه *A. officinalis* در بین مارچوبه‌های خودروی ایران از لحاظ سطح پلوئیدی منحصربه‌فرد بوده و اکتاپلوئید ($2n=8x=80$) می‌باشد. به دلیل داشتن مقاومت به خشکی، دارا بودن سطح پلوئیدی ویژه و همچنین به دلیل تولید بذر کم، محافظت و نگهداری از آن به‌عنوان یک ژرم پلاسما مهم مارچوبه حائز اهمیت می‌باشد (Mousavizadeh et al., 2016). بنابراین به‌کارگیری روش‌هایی مانند جنین‌زایی رویشی، برای ازدیاد این گیاه ضروری می‌باشد. جنین‌زایی رویشی، عبارت است از تشکیل جنین از سلول غیرجنسی در شرایط آزمایشگاهی که مشابه با جنین بذری قادر به نمو بوده و به‌صورت گیاهچه کامل نمو پیدا می‌کند (Mousavizadeh et al., 2010).

جنین‌زایی رویشی یک فرآیند پیچیده مولکولی و بیوشیمیایی است که

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(Email: mousavizadeh@gau.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2021.70871.1061

(*)- نویسنده مسئول:

بر اساس ویژگی توتی پوتنسی^۱ سلولی و یک مدل در مطالعه رشد گیاه محسوب می‌شود. در این فرآیند منحصربه‌فرد تشکیل جنین، سلول‌های رویشی تحت شرایط استرس سلولی صلاحیت جنین‌زایی را کسب می‌کنند. استرس گیاه که ناشی از تنظیم‌کننده‌های رشد، عناصر مغذی و یا سایر عناصر سیگنالینگ است که باعث برنامه‌ریزی سلولی شده و سلول‌های رویشی را از طریق فعال سازی یا غیرفعال سازی ژن‌ها و شبکه‌های رونویسی به جنین تبدیل می‌کند (Mashayekhi, 2007). کاربرد جنین‌زایی رویشی در گیاهان چوبی شامل افزایش سریع اندازه جمعیت، تکثیر انبوه کلونی و تولید گیاهان عاری از بیماری می‌باشد (Widal et al., 2010). مطالعه‌ای توسط موسوی زاده و همکاران در سال ۲۰۱۷ بر روی جنین‌زایی رویشی مارچوبه بر جنین‌زایی رویشی غیرمستقیم گونه نادر مارچوبه اکتاپلوئید A. breslerianus در محیط کشت جامد B₅ در غلظت‌های بالای 4-، 2، D انجام گرفته است (Mousavizadeh et al., 2017). تولید نر برتر مارچوبه از طریق کشت بساک و شناسایی آن با SSR-ESTs از ژنوتیپ‌های سوپر نر از مارچوبه نر رقم Morado de Hueter به‌منظور توسعه پایه‌های نر و حفظ صفات مانند طمع، بو و مزه از این رقم محلی انجام شده است (Regalado et al., 2015). آزمایشی به‌منظور بررسی اثر سطوح پلوئیدی بر فراوانی چند جنینی در ارقام مختلف مارچوبه انجام شد. نتایج تولید جنین‌زایی با سطوح پلوئیدی مختلف را در ارقام مارچوبه نشان داد. نتایج نشان داد که فراوانی چند جنینی به نوع رقم مارچوبه و بسته به ماهیت و سطح پلوئیدی وابسته است (Maciej et al., 2012). کارایی روش جنین‌زایی رویشی به‌شدت به ترکیبات محیط کشت بستگی دارد. مانند ساکارز که متداول‌ترین منبع کربوهیدرات است که در کشت بافت گیاهی استفاده می‌شود و در آوند آبکش گیاهان وجود آن گزارش شده است و به‌عنوان منبع کربن برای رشد در شرایط درون شیشه‌ای انواع مختلف ریز نمونه استفاده شده است (Mashayekhi, 2007). گزارش شده است که قندها بر تشکیل جنین‌های رویشی در محیط کشت تأثیر می‌گذارند (Dogan, 2020). ساکارز به‌عنوان قند غالب در گیاهان برای تولید انرژی است و انجام اعمال حیاتی را تسهیل می‌کنند. ساکارز به گلوکز تبدیل می‌شوند و گلوکز در متابولیسم هوازی و بی‌هوازی مصرف می‌شود. ساکارز متداول‌ترین منبع کربوهیدرات است که در کشت بافت گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. غلظت مختلف قندها بر تشکیل سلول‌های سوماتیک در محیط کشت تأثیر می‌گذارد (Kamada et al., 1996). از آنجاکه ساکارز یکی از مهم‌ترین

ترکیبات در جنین‌زایی رویشی است و به‌عنوان منبع کربن، انرژی و عوامل اسمزی در گیاهان شناخته می‌شوند در پژوهش حاضر، تأثیر غلظت‌های مختلف ساکارز بر جنین‌زایی رویشی مارچوبه بررسی شده است. محتوای قند محلول، نشاسته و پروتئین در مراحل مختلف جنین‌زایی به‌طور قابل توجهی متفاوت است. محتوای قند و نشاسته محلول به‌تدریج توسعه جنین رویشی کاهش و محتوای پروتئین محلول افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد مواد کربوهیدرات توسط رشد و نمو جنین رویشی مصرف می‌شود درحالی‌که افزایش محتوای پروتئین شرایط مواد را برای بلوغ و جوانه زدن جنین‌های سوماتیک فراهم می‌کند (Bartos et al., 2018). در بررسی کشت سوسپانسیون سلولی هویج که حاوی اکسین بود، مشاهده شد که بدون کاربرد اینورتاز خارجی، با اضافه کردن ساکارز به محیط در مدت ۲۴ ساعت، ساکارز کاملاً هیدرولیز شده و به صورت گلوکز جذب سلول‌ها شده سپس در طی ۷ روز اول کشت، فروکتوز باقی مانده نیز جذب می‌گردد و درست در همین زمان کشت‌ها بیشترین پتانسیل را در جنین‌زایی نشان دادند. این مطلب وجود یک همبستگی مثبت بین میزان ساکارز موجود درون سلول‌ها و همچنین تعداد توده‌های سلولی پیش‌جینی بوجود آمده را نشان می‌دهد (Mashayekhi, 2007). هنگامی که محیط کشت با غلظت بالای قند همراه باشد منجر به فنولیک و افزایش نکرورز بافت می‌شود که به‌طور قابل توجهی رشد و تکثیر بافت‌ها را کاهش می‌دهد. تعداد کشت‌هایی که جنین‌زایی رویشی را نشان می‌دهند نیز به نوع کربوهیدرات‌های مورد استفاده بستگی دارد. گزارش شده است که بین کربوهیدرات‌ها، گلوکز و ساکارز سبب جنین‌زایی با فرکانس بالا می‌شوند. وقتی غلظت‌های مختلف ساکارز در محیط پایه MS مورد استفاده قرار گرفت، بیشترین میانگین تعداد جنین رویشی با ۳٪ و به دنبال آن ۶٪، ۱٪، ۹٪ و ۱۲٪ به دست آمد (Eapen and George, 1990). بنابراین، هدف کلی از پژوهش حاضر، به دست آوردن غلظت‌های مناسب ساکارز بر جنین‌زایی رویشی مارچوبه اکتاپلوئید می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مکان و مواد گیاهی

پژوهش حاضر در آزمایشگاه کشت بافت گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شده است. از بذور مارچوبه بومی ایران با سطح پلوئیدی اکتاپلوئید (Mousavizadeh et al., 2017) در این آزمایش استفاده گردید.

تهیه محیط کشت و القای جنین: ابتدا بذور با آب معمولی شسته و سپس به مدت ۳۰ ثانیه با الکل ۷۰ درصد شستشو گردید.

(Mousavizadeh et al., 2017).

اندازه‌گیری صفات

بعد از فاز رئالیزاسیون، میزان آنتوسیانین (Wanger, 1979)، کلروفیل و کاروتنوئید (Barnes et al., 1992)، قند کل محلول و نشاسته (McCready et al., 1950)، ساکارز (Handel, 1968)، گلوکز (Miller, 1959)، فروکتوز (Ashwell, 1957)، در جنین‌های رویشی اندازه‌گیری شدند.

طرح آماری

پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار ساکارز در سه تکرار انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SAS (SAS, 2001) و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel انجام گرفت. برای کمی سازی واکنش رنگ‌ریشه‌های فتوسنتزی جنین‌زایی رویشی مارچوبه به غلظت‌های مختلف ساکارز از مدل رگرسیونی استفاده شد. مدل رگرسیون ساده خطی^۵ ($y = a + bx$) برای آنتوسیانین و مدل رگرسیونی درجه دوم^۶ ($y = a + bx + cx^2$) برای کلروفیل و کاروتنوئید با کاربرد رویه Proc Reg در نرم‌افزار SAS (2001)، پردازش داده شده است. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اثر ساکارز بر جنین‌زایی رویشی مارچوبه

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین غلظت‌های مختلف ساکارز از نظر تشکیل جنین در مراحل مختلف جنین‌زایی وجود دارد. طبق نتایج ارائه شده، تغییر در میزان غلظت ساکارز سبب تغییر در تشکیل تعداد جنین شده و بیشترین تعداد جنین کروی با اختلاف معنی‌داری ($p < 0/001$) در غلظت ۹ درصد ساکارز مشاهده شد (جدول ۱ و شکل ۱).

طبق نتایج مقایسه میانگین، غلظت ۹ درصد ساکارز بیش‌ترین میزان جنین دوقطبی را در بین سایر غلظت‌های مختلف نشان داد (جدول ۱ و شکل ۱). بررسی غلظت‌های مختلف ساکارز بر جنین‌زایی رویشی گوجه‌فرنگی نیز نشان داد که ساکارز تأثیر معنی‌داری بر میزان جنین‌زایی رویشی در این گیاه دارد (Mashyehki, 2007). در بررسی کاربرد و هان در مورد تأثیر مواد موجود در محیط کشت بر روی کالوس‌زایی و القای جنین در گیاه آفتابگردان مشخص شد که غلظت ۱۲ درصد ساکارز در مقایسه با غلظت ۳ درصد آن برای القای جنین‌زایی رویشی مناسب‌تر است. کربوهیدرات نقش مهمی را در کشت‌های درون شیشه‌ای به‌عنوان منبع کربن و انرژی ایفا می‌کند.

ضدعفونی بذور با هیپوکلرید سدیم ۲ درصد به مدت ۱۵ دقیقه انجام گرفت. سپس بذور سه بار با آب مقطر استریل شستشو شده و روی محیط‌های کشت جهت جوانه‌زنی و رشد استقرار یافتند. از محیط کشت پایه B5 (Gamborg et al., 1968) حاوی تنظیم‌کننده رشد 2-4, D با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر جهت القای جنین رویشی استفاده گردید. به‌منظور بررسی اثر ساکارز از غلظت‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد در محیط مایع استفاده شد. pH محیط‌های کشت با استفاده از دستگاه pH متر^۱ و با کاربرد سود یا اسید کلریدریک در محدوده ۵/۷ تنظیم شد. پس از آماده کردن محیط‌های کشت و اعمال تیمارها، محلول‌ها در ظروف T شکل توزیع و در هر ظرف، ۲۵ میلی‌لیتر از محلول محیط کشت توزین گردید. آنگاه درب ظروف با سه لایه فویل بسته و با اتوکلاو^۲ در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۳ اتمسفر استریل شدند (Mousavizadeh et al., 2010). برای القای جنین‌زایی مستقیم از ریز نمونه‌های تک گره (حاوی یک جوانه) گیاهچه‌های رشد کرده درون شیشه استفاده شد (Mousavizadeh et al., 2017). برای تهیه ریز نمونه‌های تک گره، اندام هوایی گیاهچه به قطعاتی با طول یک سانتیمتر حاوی یک گره تقسیم‌شده و به ظروف T شکل حاوی ۲ پی‌پی‌ام تنظیم‌کننده رشد 2,4-D به همراه محیط کشت مایع فاز القا، منتقل شدند. در هر ظرف سه ریز نمونه قرار داده و سپس درب ظروف توسط فویل استریل پوشانده و با پارافیل کاملاً درزگیری شدند. سپس در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت نور (۳۰۰۰ لوکس توسط لامپ‌های فلورسنت) به مدت ۴ هفته در دستگاه آکسوفیتون استوارد^۳ نگهداری شدند. حرکت دورانی این صفحات به صورتی است که محیط کشت از این لوله‌ها بیرون نمی‌ریزد. این حرکت باعث می‌شود که اندام‌های مورد کشت به‌صورت متناوب از محلول غذایی خارج شده و بدین‌وسیله هوادهی انجام شود. بعد از گذراندن فاز القا، نمونه‌ها وارد فاز رئالیزاسیون یا مرحله ظهور جنین منتقل شدند و عمل واکشت^۴ ریز نمونه‌ها در محیط‌های قبل اما باهدف ظهور جنین‌ها (فاز رئالیزاسیون) درحالی‌که هورمون از آن‌ها حذف‌شده، انجام پذیرفت. جهت حذف کامل هورمون، ریز نمونه‌ها در محیط‌های کشت ضدعفونی شده بدون هورمون و آگار، در سه مرحله به فواصل ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه شستشو شدند (Mashayekhi, 2007). پس از گذشت ۴ هفته در مرحله ظهور جنین‌ها، تعداد جنین‌های کروی (globular) و دوقطبی (bipolar) با استفاده از دستگاه استرئوسکوپ متصل به کامپیوتر در دو بزرگنمایی ۲۰ و ۴۰ میکرون مشاهده شدند.

1- Labtron, pH Meter-Thermometer, pHT 110, IRAN

2- Reyhan Teb, RT-2, IRAN

3- Auxophyton Steward

4- Subculture

جدول ۱- تجزیه آماری و مقایسه میانگین رنگیزه‌های فتوسنتزی، ترکیبات قندی و تعداد جنین‌های رویشی مارچوبه در غلظت‌های مختلف ساکارز

Table 1- Statistical analysis and mean comparison of photosynthetic pigments, sugar compounds and number of asparagus somatic embryos in different concentration of sucrose

ساکارز Sucrose (%)	تعداد جنین کروی Number of globular embryo	تعداد جنین دوقطبی Number of bipolar embryo	کلروفیل a (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل (mg.g ⁻¹ FW)	کاروتنوئید (mg.g ⁻¹ FW)
			Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll Total	carotenoids
3	2.33 b	3.33 ab	0.015 c	0.022 c	0.042 c	0.012 d
6	1.33 c	2.33 b	0.052 b	0.076 b	0.05 c	0.035 b
9	4.33 a	4 a	0.112 a	0.209 a	0.132 a	0.053 a
12	1.33 c	3.33 ab	0.014 c	0.02 c	0.073 b	0.02 c
15	0 d	0 c	0.043 b	0.078 b	0.046 c	0.021 c
Pr>F	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001
ضریب تغییرات C.V (%)	27.66	24.59	16.37	11.17	14.04	14.77

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Numbers with common letters in each column do not differ significantly according to Duncan's multiple range test at the 5% of probability level.

ادامه جدول ۱- تجزیه آماری و مقایسه میانگین رنگیزه‌های فتوسنتزی، ترکیبات قندی و تعداد جنین‌های رویشی مارچوبه در غلظت‌های مختلف ساکارز

Continued Table 1- Statistical analysis and mean comparison of photosynthetic pigments, sugar compounds and number of asparagus somatic embryos in different concentration of sucrose

ساکارز Sucrose (%)	آنتوسیانین Anthocyanins (μmol.g ⁻¹ FW)	فروکتوز Fructose (mg.g ⁻¹ FW)	ساکارز Sucrose (mg.g ⁻¹ FW)	نشاسته Starch (mg.g ⁻¹ FW)	گلوکز Glucose (mg.g ⁻¹ FW)	قند کل Total sugar (mg.g ⁻¹ FW)
3	0.062 d	6.30 b	5.24 d	11.97 b	14.44 c	35.69 c
6	0.147 a	6.67 b	7.09 bc	12.70 b	13.27 c	30.80 d
9	0.082 c	5.91 b	6.10 cd	31.89 a	23.53 b	63.84 b
12	0.086 c	10.07 a	7.90 ab	14.33 b	30.44 a	70.54 a
15	0.131 b	5.79 b	8.82 a	17.72 b	23.57 b	17.41 e
Pr>F	<0.0001	<0.0004	<0.0048	<0.0001	<0.0004	<0.0001
ضریب تغییرات C.V (%)	6.48	11.86	12.79	17.04	15.46	4.65

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

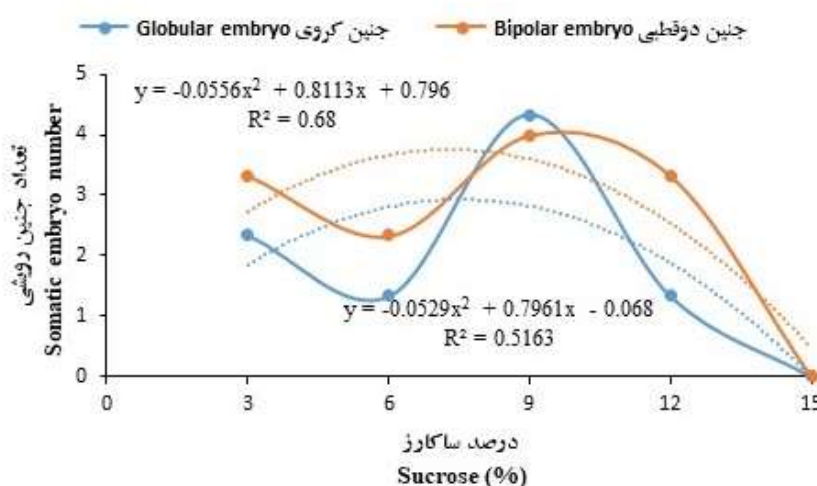
Numbers with common letters in each column do not differ significantly according to Duncan's multiple range test at the 5% of probability level.

مربوط است. بالین حال، نقش غلظت زیاد قند در جنین‌زایی ممکن است بر پتانسیل اسمزی سلول تأثیر بگذارد و افزایش بیش از حد آن منجر به تنش اسمزی و از بین رفتن گیاه می‌شود. افزایش غلظت ساکارز در محیط ممکن است تنش اسمزی ایجاد کند، اما به رشد جنین‌های رویشی کمک می‌کند (Mashyekhi, 2007). رای و همکاران (Rai et al., 2007) نشان دادند که حتی استفاده نکردن از

ریز نمونه‌های کشت شده در ابتدا قادر به فتوسنتز نیستند. به این ترتیب افزودن کربوهیدرات به محیط کشت لازم و ضروری است. جنین‌زایی رویشی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ترکیب مواد و عناصر غذایی موجود در محیط‌های کشت مانند قند و ساکارز قرار می‌گیرد. نیاز به غلظت بالای کربوهیدرات نه تنها به عملکرد تغذیه‌ای ساکارز بلکه به خاصیت آن به عنوان تنظیم‌کننده اسمزی نیز

ریشه‌زایی در غلظت ۶ درصد ساکارز همراه با رنگ‌دانه کلروفیل در شاخه‌ها مشاهده شد (شکل ۷ و ۸). این نتایج با نتایج گزارش شده در مورد اثرات کربوهیدرات‌های مختلف در طی جنین‌زایی رویشی در مارچوبه و سه نوع ترکیب ساکارز، فروکتوز و گلوکز مطابقت دارد (Mizukami et al., 2008). گلوکز باعث رشد ریشه، فروکتوز باعث رشد شاخه‌ها و ساکارز باعث رشد هر دو شاخه و ریشه می‌شود. غلظت کربوهیدرات نیز برای بلوغ و جوانه‌زنی مهم هستند. ترکیب ۶٪ ساکارز در محیط القای جنین و ۶٪ فروکتوز در محیط کشت بالاترین میزان جوانه‌زنی جنین‌ها را به همراه داشت (Mizukami et al., 2008). در تحقیقی از دامنه غلظت مختلف (۵-۱۰ درصد) و از منابع مختلف کربن (ساکارز، مانیتول و گلوکز) برای افزایش باززایی گیاه *Bacopa monnieri* استفاده گردید. مشاهده شد که محیط MS با ۵٪ ساکارز برای القا جوانه‌های شاخساره و باززایی اندام هوایی از ریز نمونه‌های تک‌گره‌ای بیشترین تأثیر را داشت (Srivastava et al., 2017). نتایج آزمایشی نشان داد که افزایش سطح غلظت ساکارز در محیط کشت می‌تواند تأثیر IAA بر الگوی جنین‌زایی و باززایی گیاه‌خار را تغییر دهد. بدین صورت که در حضور IAA در غلظت (۱/۵۷ mM) و ساکارز (۱۳۱ mM) فقط شاخه‌های نابجا به وجود آمد در حالی که در غلظت بیشتر ساکارز تولید هر دو شاخه نابجا و جنین رویشی حاصل گردید. با افزایش بیشتر ساکارز در محیط کشت (۳۹۴ میلی‌مول) نتیجه حاصله فقط تولید جنین رویشی و افزایش تعداد جنین‌های به وجود آمده تا ۷۰ درصد بود (Lou and Kako, 1995).

ساکارز در محیط جنین‌زای گواوا باعث جلوگیری از تشکیل جنین رویشی می‌شود. به عقیده پژوهش‌گران مناسب‌ترین هیدروکربن برای محیط کشت جنین‌زا ساکارز می‌باشد و استفاده از ساکارز نسبت به گلوکز اثر تحریک‌کنندگی بیشتری روی توسعه جنین رویشی گل سرخ دارد (Burrell et al., 2006). کاستیلو و همکاران (Castillo et al., 2007) در فلفل، کیم و همکاران (Kim et al., 2004) در گل سرخ میزان ۳-۲ درصد ساکارز را برای جوانه‌زنی و تکامل جنین‌های رویشی پیشنهاد کردند. در مقابل گزارش شده است که گلوکز و فروکتوز باعث افزایش جنین رویشی در کاکائو *Theobroma* می‌شود (Elhag et al., 1987). در تحقیقی اعلام شده است که مورفوژن و خصوصیات مورفولوژیکی خارجی جنین‌های رویشی توسط بیوشیمی پیچیده و مولکول‌های داخل بافت‌های سلولی تنظیم می‌شود بنابراین، درک مکانیسم فیزیولوژیکی آن بسیار مهم است (Manivannan et al., 2015). بر اساس نتایج مقایسه میانگین در غلظت ۱۵ درصد ساکارز هیچ جنینی مشاهده نگردید (جدول ۱ و شکل ۱). در مطابقت با این نتایج گزارش شده است که حداکثر فراوانی جنین‌های رویشی گیاه میخک در محیط حاوی ۹ و ۱۲ درصد ساکارز مشاهده شده است درحالی‌که در غلظت‌های بالاتر ساکارز (۱۵ و ۱۸ درصد) کاهش یافت (Karami et al., 2006). همچنین نتایج این تحقیق با یافته‌های کادوتا و همکاران که بیان کردند غلظت بالای ساکارز همیشه منجر به ایجاد جنین رویشی نمی‌شود، مطابقت داشت همچنین گزارش شده که در غیاب ساکارز هیچ توسعه گیاهچه‌ای مشاهده نشده است (Kadota et al., 2001). با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، در مورد توسعه اندام زایی مارچوبه در محیط مایع B₅.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف ساکارز بر تعداد جنین‌های رویشی مارچوبه

Figure 1- The effect of different levels of sucrose on the number of *Asparagus officinalis* somatic embryo

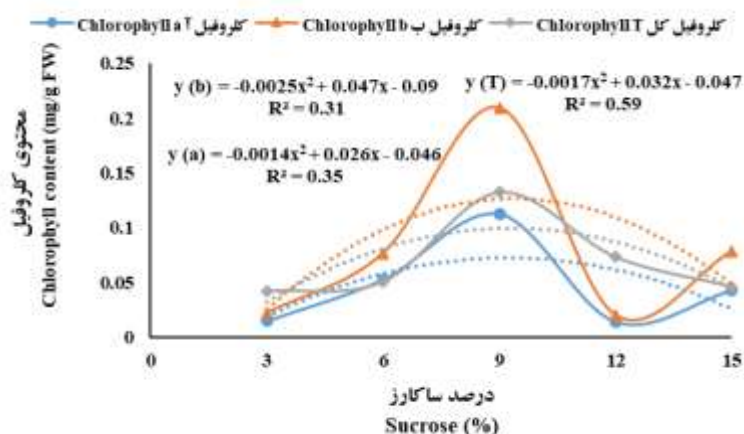
اثر ساکارز بر رنگیزه‌های فتوسنتزی جنین‌های رویشی مارچوبه

نتایج آماری رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنتوسیانین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف ساکارز وجود داشته است (جدول ۱). همان‌طور که شکل ۲ و ۳ نشان می‌دهد، بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید (به ترتیب ۰/۱۱۲، ۰/۲۰۹، ۰/۱۳۲، ۰/۰۵۳) در غلظت ۹ درصد ساکارز و کم‌ترین مقدار کلروفیل a (۰/۱۱۴ mg/g.fw)، b (۰/۰۲ mg/g.fw) در غلظت ۱۲ درصد و کلروفیل کل و کارتنوئید به ترتیب (۰/۰۴۲، ۰/۰۱۲ mg/g.fw) در غلظت ۳ درصد مشاهده گردید. طبق شکل ۳، بیش‌ترین میزان آنتوسیانین (۰/۱۴۷ mg/g.fw) در ۶ درصد ساکارز و کم‌ترین آن (۰/۰۶۲ mg/g.fw) در غلظت ۳ درصد ساکارز مشاهده شد. تجمع آنتوسیانین ناشی از قند در بسیاری از گونه‌های گیاهی مشاهده شده است. ساکارز مؤثرترین عامل بیوسنتز آنتوسیانین در گیاهچه است. یکی از اثرات قندها در محیط کشت جنین‌زایی، اثر آنها بر روی سنتز کلروفیل در سلول‌های نمونه مورد کشت می‌باشد که باعث اتوتروف شدن آنها می‌گردد (Mashyehki, 2007). جان و همکاران (Jain et al., 1995) دریافتند که در زمان بلوغ جنین‌های رویشی، افزایش ساکارز در محیط باعث افزایش طول جنین‌ها شده و قبل از اینکه در معرض نور قرار گیرند، سبز می‌شوند که این از لحاظ اتوتروف شدن جنین‌ها بسیار مهم است. افزایش رشد ریشه‌ها و تولید ریشه‌های مویی نیز بوجود آمده و بازکشت مکرر مواد جنین‌زا در محیط دارای ساکارز زیاد موجب تشکیل جنین‌های نسل دوم که باریکتر و خمیده‌ترند می‌گردد. این جنین‌ها رنگدانه قرمز زیادی دارند و از جنین‌های نسل اول نیز بهتر رشد می‌کنند. وجود ارتباط بین وضعیت

قند و تشکیل جنین رویشی به اثبات رسیده است به این صورت که افزایش قندهایی چون ساکارز منجر به افزایش پتانسیل جنین‌زایی می‌گردند. مناسب‌ترین هیدروکربن برای محیط کشت جنین‌زا ساکارز می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر میزان ۹ درصد ساکارز در محیط کشت B5، نقش مهمی در ساخت کلروفیل نشان داد و باعث شد که فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها در این محیط بالاتر رفته و در نتیجه میزان قند و تجمع آن در ریزنمونه‌های کشت‌شده در این محیط افزایش یافت و در نهایت باعث ظهور جنین‌هایی با رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهچه‌های حاصل گردید.

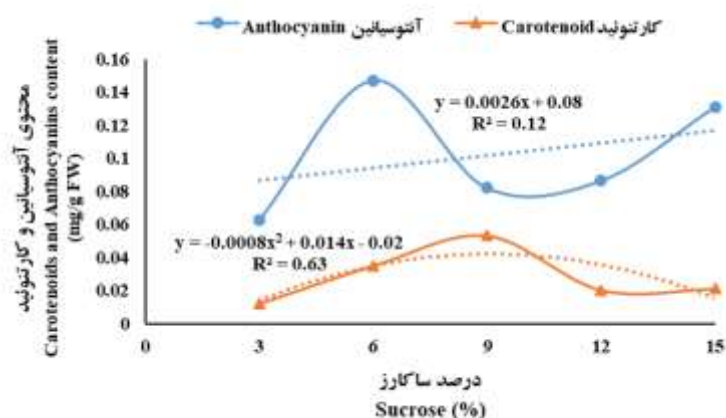
اثر ساکارز بر ترکیبات قندی جنین‌های رویشی مارچوبه

نتایج آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف ساکارز از نظر ترکیبات قندی جنین‌های رویشی وجود داشته است (جدول ۱). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، بیش‌ترین میزان فروکتوز، گلوکز و قند کل (به ترتیب ۱۰/۰۷، ۳۰/۴۴، ۷۰/۵۴) در غلظت ۱۲ درصد ساکارز و کم‌ترین میزان فروکتوز و قند کل (۵/۷۹، ۱۷/۴۱ mg/g fw) در غلظت ۱۵ درصد ساکارز و همچنین کم‌ترین میزان گلوکز (۱۳/۲۶ mg/g fw) در ۶ درصد ساکارز مشاهده شد (شکل ۴، ۵ و ۶). قندها در متابولیسم عمومی و تولید انرژی نقش اساسی دارند. علاوه بر این، در گیاهان قندها واحدهای اساسی برای تولید عناصر ساختاری هستند. قندها دارای عملکرد انتقال دهنده شبه هورمونی بوده و به‌عنوان پیام‌رسان اصلی در فرایندهای انتقال عمل می‌کنند که بسیاری از فرایندهای مهم را در تمام مراحل چرخه حیات گیاه تنظیم می‌کند.



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف ساکارز بر محتوی کلروفیل جنین‌های رویشی مارچوبه

Figure 2- The effect of different levels of sucrose on the chlorophyll content of *Asparagus officinalis* somatic embryo



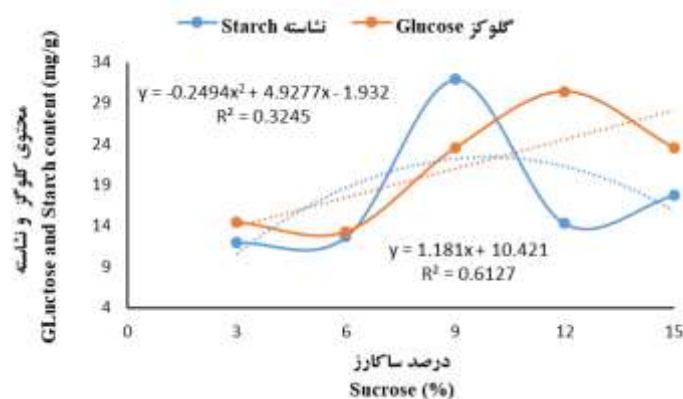
شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف ساکارز بر محتوی کارتنوئید و آنتوسیانین جنین‌های رویشی مارچوبه

Figure 3- The effect of different levels of sucrose on the carotenoids and anthocyanins content of *Asparagus officinalis* somatic embryo

به ایجاد جنین‌های سوماتیک بیشتر می‌شود (Ghasemnezhad et al., 2011). کربوهیدرات‌ها و یا احیاء آن‌ها می‌تواند جنین‌زایی رویشی را دستخوش تغییر زیادی نماید. به‌هرحال این توانایی جنین‌زایی رویشی توسط غلظت‌های زیاد کربوهیدرات‌هایی مثل نشاسته متأثر می‌گردد (Loiseau and Marche, 1995). سنتز نشاسته که ترکیبی از آمیلوز و آمیلوپکتین بوده و در آمیلوپلاست و کلروپلاست سلول‌های گیاهی انجام‌شده و تبدیل به محصولاتی مانند مالتوز و غیره می‌شود که انرژی زیادی را تولید می‌نماید و جنین‌زایی رویشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، یکی از علائم کاملاً مشخص سلول‌های جنین‌زا وجود مقدار زیادی نشاسته در آن‌ها می‌باشد. به‌طور مثال در یک بررسی روی سوسپانسیون سلولی گیاه هویج، مقدار نشاسته خوشه‌های سلولی جنین‌زا، پانزده تا چهل بار بیشتر از سلول‌های غیر جنین‌زای مفرد و بزرگ با واکوئل‌های حجیم بود. ظاهراً تجمع نشاسته در سلول‌های جنین‌زا ابتدا و قبل از اینکه تمایزی در آن‌ها انجام می‌گیرد شروع می‌شود و در نتیجه سرنوشت سلول را مشخص می‌نماید (Mousavizadeh et al., 2010). به‌طور کلی ساکارز در تنظیم فرآیندهای مهم متابولیسمی از جمله جذب و انتقال کربن و نیتروژن و پاسخ به آسیب اکسیداتیو نقش اساسی دارد و نقش آن با قندهای دیگر مانند گلوکز جایگزین نمی‌شود.

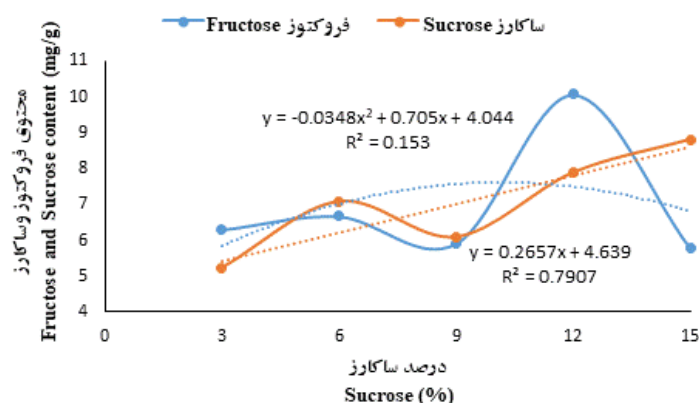
سیگنالینگ قند فرآیندهایی مانند فتوسنتز و متابولیسم مواد مغذی را جهت رشد و ذخیره‌سازی بافت‌ها تنظیم می‌کند. سلول‌ها و بافت‌های گیاهی در محیط کشت فاقد توانایی اتوتروفیک هستند و بنابراین برای انرژی به کربن خارجی احتیاج دارند، افزودن منبع کربن خارجی به محیط به ازدیاد سلول‌ها و باززایی کمک می‌کند (Mousavizadeh et al., 2010). غلظت بهینه ساکارز در یک محیط باید برای تأمین نیازهای اساسی از جمله انرژی برای تقسیم سلولی و تمایز و همچنین کنترل القا و رشد کافی باشد و هیچ‌گونه اثر منفی اسمزی ایجاد نکند.

طبق نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱)، بیش‌ترین میزان نشاسته (۳۱/۸۹ mg/g fw) در غلظت ۹ درصد ساکارز (شکل ۴) و در مورد ساکارز بیش‌ترین مقدار (۸/۸۲ mg/g fw) در ۱۵ درصد (شکل ۵) مشاهده گردید. کمترین میزان نشاسته و ساکارز (۱۱/۹۷ mg/g fw، ۵/۲۴) در غلظت ۳ درصد ساکارز (شکل ۴ و ۵) مشاهده شده است. کربن، نقش حیاتی در رشد، شکل‌گیری و حفظ پتانسیل اسمزی دارند که به‌نوبه خود بر میزان تقسیم سلول تأثیر می‌گذارد (Sotiropoulos et al., 2006). نتایج حاصل از مطالعه جنین‌زایی رویشی گل مغربی نشان داد که فراوانی دانه‌های نشاسته در بذر گل مغربی نشان‌دهنده حضور سلول‌های جنینی برای ایجاد جنین‌های رویشی در این گیاه است؛ و هرچه میزان نشاسته در بذر این گیاه بیشتر باشد تمایل گیاه



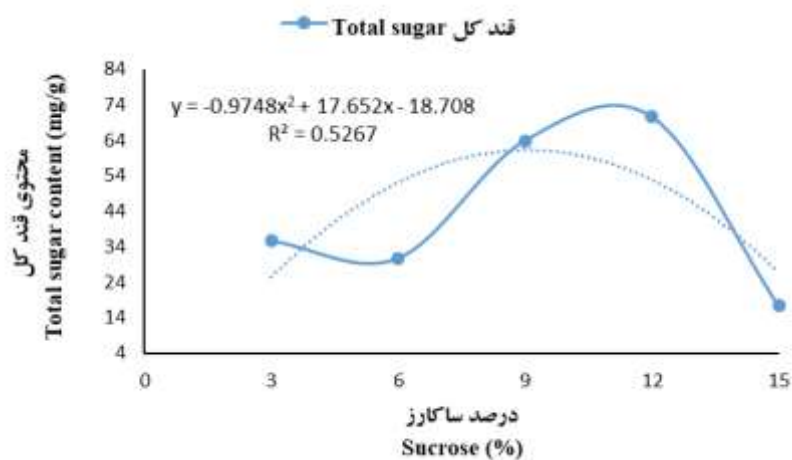
شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف ساکارز بر محتوی نشاسته و گلوکز جنین‌های رویشی مارچوبه

Figure 4- The effect of different levels of sucrose on the starch and glucose content of *Asparagus officinalis* somatic embryo



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف ساکارز بر محتوی فروکتوز و ساکارز جنین‌های رویشی مارچوبه

Figure 5- The effect of different levels of sucrose on the fructose and sucrose content of *Asparagus officinalis* somatic embryo



شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف ساکارز بر میزان قند کل جنین‌های رویشی مارچوبه

Figure 6- The effect of different levels of sucrose on the total sugar content of *Asparagus officinalis* somatic embryo



شکل ۷- ریزنمونه‌های مارچوبه، سه هفته بعد از کشت در فاز رئالیزاسیون در محیط کشت مایع B₅ حاوی دو پی‌پی‌ام 2,4-D همراه با غلظت‌های متفاوت ساکارز. (a) اندام‌زایی مستقیم و تولید کلروفیل در شاخه‌های تشکیل‌شده از محیط کشت مایع حاوی ۳ درصد ساکارز. (b) تشکیل جنین دوقطبی (پیکان سفید) در محیط حاوی ۳ درصد ساکارز. افزایش آنتوسیانین در جنین‌های رویشی قابل‌مشاهده است. (c) تشکیل جنین کروی (پیکان سفید) در محیط حاوی ۶ درصد ساکارز. (d) اندام‌زایی مستقیم و تولید کلروفیل در شاخه‌های تشکیل‌شده از محیط کشت مایع حاوی ۶ درصد ساکارز. (e) تشکیل جنین دوقطبی (پیکان سفید) و اندام‌زایی مستقیم (پیکان سیاه) در محیط حاوی ۹ درصد ساکارز. (f) تشکیل جنین دوقطبی (پیکان سفید) در محیط حاوی ۹ درصد ساکارز. افزایش آنتوسیانین در جنین‌های رویشی قابل مشاهده است. (g) اندام‌زایی مستقیم در محیط کشت مایع حاوی ۱۲ درصد ساکارز. (h) عدم توسعه جنین و اندام در محیط کشت مایع حاوی ۱۵ درصد ساکارز. (خط مقیاس: یک میلی‌متر)

Figure 7- *Asparagus officinalis* explants, three weeks after incubation in the realization phase in B₅ liquid medium containing 2 ppm of 2, 4-D with different concentrations of sucrose. (a): Direct organogenesis and chlorophyll production in regenerated shoots from liquid medium with sucrose 3%. (b): Bipolar embryo formation (white arrow) in medium with sucrose 3%. (c): Globular embryo formation (white arrow) in medium with 6% sucrose. (d): Direct organogenesis and chlorophyll production in shoots formed from liquid culture medium containing 6% sucrose. (e): Bipolar embryo formation (white arrow) and direct organogenesis (black arrow) in medium with 9% sucrose. (f): Bipolar embryo formation (white arrow) in medium with 9% sucrose. The increase of anthocyanin can be observed in somatic embryo. (g) Direct organogenesis in liquid medium with 12% sucrose. (h) Non-formation of embryos and lack of organogenesis in liquid medium with 15% sucrose. (Bar= 1 mm)



شکل ۸- توسعه شاخه و ریشه مارچوبه در محیط مایع B₅ حاوی دو پی‌پی‌ام 2,4-D همراه با ۶ درصد ساکارز

Figure 8- Development of *Asparagus officinalis* branch and root in B₅ liquid medium containing two ppm 2,4-D with 6% sucrose

توسعه شاخه زایی به‌طور مستقیم (پیکان سیاه) از ریز نمونه همراه با رنگ‌دانه کلروفیل و ریشه‌زایی به‌طور مستقیم از ریز نمونه (پیکان سفید) در حضور ۶ درصد ساکارز. خط مقیاس: یک میلی‌متر

نتیجه گیری

کربوهیدرات‌ها ترکیبات اصلی گیاه هستند و در محیط کشت بافت بیشترین کاربرد را به‌خصوص ساکارز جهت رشد و تمایز دارد. قابل توجه است که غلظت زیاد ساکارز تنها جنبه تغذیه‌ای نداشته بلکه بیشتر باعث تغییر فشار اسمزی درون محیط کشت می‌گردد. وجود ارتباط بین وضعیت قند و تشکیل جنین رویشی به اثبات رسیده است در این بین ظرفیت ساکارز برای حمایت از رشد جنین بیشتر است به این صورت که افزایش قندهایی چون ساکارز منجر به

منابع

افزایش پتانسیل جنین‌زایی می‌گردند. با توجه به نتایج تحقیق حاضر میزان ۹ درصد ساکارز در محیط کشت B₅، نقش مهمی در ساخت کلروفیل نشان داد و باعث شد که فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها در این محیط بالاتر رفته و در نتیجه میزان قند و تجمع آن در ریزنمونه‌های کشت شده در این محیط افزایش یافت و در نهایت باعث ظهور جنین‌هایی با رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهچه‌های حاصل گردید. افزایش سطح ساکارز همچنین از جوانه‌زنی سریع جلوگیری می‌کند و به توسعه سیستم ریشه و شاخساره کمک می‌کند.

1. Ashwell, G. (1957). In *Method in Enzymology*, vol. 3, p. 85. Ed. by Colowick, S. P. & Kaplan, N. O. New York: Academic press Inc.
2. Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S., & Davison, A.W. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Environment. Experimental. Botany* 32: 85-100. [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(92\)90034-Y](https://doi.org/10.1016/0098-8472(92)90034-Y).
3. Bartos, P.M.C., Gomes, H.T., Velho Do Amaral, L.I., Teixeira, J.B., & Scherwinski-Pereira, J.E. (2018). Biochemical events during somatic embryogenesis in *Coffea arabica* L. *Biotechnology* 8: 330-391. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1238-7>.
4. Bhattacharjee, P., & Singhal, R.S. (2011). Asparagus, broccoli and cauliflower, production, quality and production, quality, processing. *Blackwell Publishing Coexpression and Transcriptome* 25(8): 24-119. <https://doi.org/10.1002/9780470958346.ch25>.
5. Burrell, A.M., Lineberger, R.D., Rathore, K.S., & Byrne, D.H. (2006). Genetic variation in somatic embryogenesis of Rose. *HortScience* 41(5): 1165-1168. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.5.1165>.
6. Castillo, P.Y.Z., Flick, A.C., Puc, G.L., Ruiz, A.S., Pere, F.B., Buzzy, N.S., & Andra, L.I. (2007). Somatic embryogenesis in Habanero Pepper (*C. chinense* Jacq.) from cell suspension. *HortScience* 42(2): 329-333. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.2.329>.
7. Castillo, F., & Hahne, G. (1998). Induction of embryogenesis versus callogenesis on *in vitro* cultured sunflower (*Helianthus annuus* L.) immature zygotic embryos: role of plant growth regulators. *Plant Science* 137(1): 63-71. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00128-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00128-9).
8. Castillo, A., Mookkan, M., Huo, H., Chae, K., & Ozias-Akins, P. (2015). A parthenogenesis gene of apomict origin elicits Embryo from unfertilized eggs in a sexual plant. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* 28(4): 283-287. <https://doi.org/10.1073/pnas.1505856112>.
9. Dogan, M. (2020). The Effects of Different Sucrose Concentrations on the Regeneration Area of Riccia Fluitans L., A Medicinal Aquatic Plant. *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences* 5(2): 51-58. <https://doi.org/10.30931/jetas.763863>.
10. Eapen, S., & George, L. (1990). Influence of phytohormones, carbohydrates, aminoacids, growth supplements and antibiotics on somatic embryogenesis and plant differentiation in finger millet. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 22(2): 87-93. <https://doi.org/10.1007/BF00043683>.
11. Elhag, H.M., Whipkey, A., & Janick, J. (1987). Induction of somatic embryogenesis from callus in *Theobroma cacao* in response to carbon source and concentration. *Rev Theobroma* 17: 153-162.
12. Gamborg, O.L., Miller, R.A., & Ojima, K. (1968). Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Response* 50: 151-158.
13. Ghasemnezhad, A., Mousavizadeh, S.J., & Mashayekhi, K. (2011). A study on evening-primrose (*Oenothera biennis* L.) callus regeneration and somatic embryogenesis. *Iranian Journal of Biotechnology* 9(1): 31-36.
14. Guerra M.P., Silveira V., Dos-Santos A.L.W., Astarita L.V., & Nodari R.O. (2000). *Somatic embryogenesis in Araucaria angustifolia* (BERT) O.KTZE. In Jan, M.S., Gupta, P.K., & Newton, R.J. (ed.), *Somatic Embryogenesis in woody Plants*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands 6: 457-478.
15. Handel, E.V. (1968). Direct micro detemination of sucrose. *Journal of Analytic Biochemistry* 22: 280-283.

16. Jain, M.S., Gupta, P.K., & Newton, R.J. (1995). *Somatic embryogenesis in Woody Plants*. Kluwer Academic Publishers 1: 253-263.
17. Kadota, M., Imizu, K., & Hirano, T. (2001). Double-phase *in vitro* culture using sorbitol increases shoot proliferation and reduces hyperhydricity in Japanese pear. *Scientia Horticulturae* 89: 207-215. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00234-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00234-X).
18. Kamada, H., Kobayashi, K., Kiyosue, T., & Harada, H. (1989). Stress induced somatic embryogenesis in carrot and its application to synthetic seed production. *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 25: 1163-1166. <https://doi.org/10.1007/BF02621268>.
19. Karami, O., Deljou, A., Esna-Ashari, M., & Ostad-Ahmadi, P. (2006). Effect of sucrose concentrations on somatic embryogenesis in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *Scientia Horticulturae* 110(4): 340-344. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.029>.
20. Kim, C.K., Oh, J.Y., Chung, J.D., Burrell, A.M., & Byrne, D.H. (2004). Somatic embryogenesis and plant regeneration from *in vitro*-grown leaf explant of rose. *HortScience* 39(6): 1378-1380. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.6.1378>.
21. Loiseau, J., & Marche, C. (1995). Effect of auxins, cytokinins, carbohydrate and amino acids on somatic embryogenesis induction from shoot apices of pea. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 41(3): 267-275. <https://doi.org/10.1007/BF00045091>.
22. Lou, H., & Kako, S. (1995). Role of high sugar concentrations in inducing somatic embryogenesis from cucumber cotyledons. *Scientia Horticulturae* 64(1-2): 11-20. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00833-8](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00833-8).
23. Maciej, Z., Weronika, D., Mikolaj, K., & Elzbieta, Z. (2012). Screening of *Asparagus officinalis* L. seed or occur and Ploidy of twin embryos. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 54(2): 121-128. <https://doi.org/10.2478/v10182-012-0029-4>.
24. Manivannan, A., Jana, S., Soundararajan, P., & Jeong, B.R. (2015). Antioxidant enzymes metabolism and cellular differentiation during the developmental stages of somatic embryogenesis in *Torilis japonica* (Houtt.) DC. *Plant Omics* 8: 461-471.
25. Mashyekhi, K. (2007). *Plant Somatic Embryogenesis*. Makhtomgholi Fraghi (Sarli) press. 488 P. (In Persian)
26. McCready, R.M., Guggolz, J., Silvera, V., & Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetable. *Journal of Analytical Chemistry* 22: 1156-1158.
27. Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic Acid Reagent for determination of reducing sugar. *Journal of Analytical Chemistry* 31: 426-428.
28. Mizukami, K., Takeda, T., Satonaka, H., & Matsuoka, H. (2008). Improvement of propagation frequency with two-step direct somatic embryogenesis from carrot hypocotyls. *Biochemical Engineering Journal* 38(1): 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.06.004>.
29. Mousavizadeh, S.J., Hassandokht, M.R. Kashi, A., Gil, J., Cabrera, A., & Moreno, R. (2016). Physical mapping of 5S and 45S rDNA genes and ploidy levels of Iranian Asparagus species. *Scientia Horticulturae* 211: 269-276. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.011>.
30. Mousavizadeh, S.J., Mashayekhi, K., Hemmati, K.h., & Kamkar, B. (2010). Evaluation of media elements and materials on petiole somatic embryogenesis of Carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Plant Production* 17(1): 1-21. (In Persian)
31. Mousavizadeh, S.J., Mashayekhi, K., & Hassandokht, M.R. (2017). Indirect somatic embryogenesis on rare octoploid *Asparagus breslerianus* plants. *Scientia Horticulturae* 226: 184-190. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.031>.
32. Mukhopadhyay, S., & Desjardins, Y. (1994). A comparative study on mode of culture and plant rgeneration from protoplast-derived somatic embryos of two genotypes of *Asparagus officinalis* L. *Plant Science* 10: 97-104. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(94\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0168-9452(94)90137-6).
33. Rai, M.K., Akhtar, N., & Jaiswal, V.S. 2007. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Psidium guajava* L. cv. Banarasi local. *Scientia Horticulture* 11(2): 129-133. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.02.010>.
34. Regalado, J., Carmonan, E., Castrn, P., Moreno, R., Gil, Martí, J., & Encina, C. (2015). Study of the somaclonal variation produced by different methods of polyploidization in *Asparagus officinalis*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 122: 31-44. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0747-x>.
35. Roowi, SH., Ho, C., Alwee, SSRS., Abdullah, MO., & Napis, S. (2010). Isolation and characterization of differentially expressed transcripts from the suspension cells of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in response to different concentration of auxins. *Molecular Biotechnology* 46: 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12033-010-9262-9>.
36. SAS. (2001). *SAS/STAT user's guide*. Version 9. SAS Institute, Cary, N.C. USA.

37. Sathish, S., Safia, N., Sivakumar, S., Venkatesh, R., & Sathishkumar, R. (2019). Optimizing culture conditions for high frequency somatic embryogenesis and plantlet conversion in (*Daucus carota* L.). *Institute of Molecular Biology* 17(1): 3-11. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00223-0>.
38. Sotiropoulos, T.E., Molassiotis, A.N., Mouhtaridou, G.I., Papadakis, I., Dimassi, K.N., Therios, I.N., & Diamantidis, G. (2006). Sucrose and sorbitol effects on shoot growth and proliferation *in vitro*, nutritional status and peroxidase and catalase isoenzymes of M 9 and MM 106 apple (*Malus domestica* Borkh.) rootstocks. *European Journal of Horticultural Science* 71: 114–119.
39. Srivastava, P., Tiwari, K.N., & Srivastava, G. (2017). Effect of different carbon sources on *in vitro* regeneration of Brahmi *Bacopa monnieri* (L.) An important memory vitalizer. *Journal of Medicinal Plants Studies* 5(3): 202-208.
40. Wanger, G.J. (1979). Content and vacuole distribution of neutral sugars, free amino acid, and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiology* 64: 88-93.
41. Widal, H., Nelson, W., Booij, H., & Davies, S. (2010). Gene expression program in embryogenic and nonembryogenic carrot culture. *Plant* 176: 205-211. <https://doi.org/10.1007/BF00392446>.



Effect of Acetic Acid on the pH of Iron Fertilizer Solution (Sequestrin and Nano) and Its Effect on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Diamant

M. Jafari¹, A.A. Shokouhian^{2*}, E. Chamani³, A. Gavidel⁴

Received: 20-07-2021

Revised: 12-02-2022

Accepted: 14-02-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Jafari, M., Shokouhian, A.A., Chamani, E., & Gavidel, A. (2023). Effect of Acetic Acid on the pH of Iron Fertilizer Solution (Sequestrin and Nano) and Its Effect on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Diamant. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 843-855. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/JHS.2022.71574.1076](https://doi.org/10.22067/JHS.2022.71574.1076)

Introduction

Iron has a significant effect on the quantity and quality of agriculture products. Factors affecting the absorption of this element increase its efficiency. Meanwhile, the pH of the nutrient solution plays an important role in the absorption of iron. Iron is one of the essential elements for plant growth and plays an essential role in chloroplasts. Due to iron deficiency, the activity of several enzymes such as catalase, cytochrome and oxidase and ferroxin is significantly reduced. The amount of iron in the soil is high, but plants only absorb two-capacity of soluble soil, which is negligible compared to the total iron. Soil environmental conditions affect the amount of iron by the plant, so it is difficult to control the uptake of iron by the plant. It has the highest ability to absorb iron and manganese at pH less than 6. For this reason, acetic acid was used to stabilize the pH of the solution. Acetic Acid is a polar solvent and an organic compound. The use of inexpensive organic acid and citric acid in agriculture, despite its positive effects on calcareous soils and their reasonable price is still not common in Iran. Acetic acid has a carboxylic group and therefore has all the properties of an acid.

Materials and methods

This experiment was carried out in the form of double split-split plot in a completely randomized block design on a strawberry plant of diamant cultivar in the research station of Mohaghegh Ardabili University during the years 2015- 2017. Factors included Acetic Acid (0, 1, 2 and %3), iron in two levels (Sequestrin 25gr and Nano 1gr) along with two levels of agricultural soap agents (0 and % 7/5) as foliar spraying. Foliar application of pH nutrient solution from the three-leaf stage of plant (mid-April) to the end of May a total of five times 10 days apart in both years. Two weeks after the last foliar application (June of the second year) plant growth indices including, total chlorophyll, number of fruits per plant, fruit pH, total acidity, soluble solids, fruit volume, fruit fresh weight, fruit dry weight, and leaf iron content and fruit yield per plant was measured.

Result

The results of this study showed that the three-way interaction of foliar application of Acetic Acid with iron with agricultural Soap on the average concentration of leaf iron and number of fruits at the probability level was %5 and in total chlorophyll at the %1 probability level was significant, the best result in the mentioned traits was the combination of treatment of Acetic Acid %2 with Sequestrin iron with soap Moyan (%7/5). The interaction effect of Acetic Acid and iron type on traits of fruit pH, fruit volume, fruit fresh and dry weight at %5 probability level and in yield at %1 probability level were significant. Fruit volume, fruit fresh weight and fruit dry weight and yield showed the best results due to treatment combination of %2 Acetic Acid with Sequestrin iron fertilizer. But for fruit pH trait, the best results were related to the treatment of Acetic Acid %3 on the leave of Sequestrin iron. The Interaction of the iron and agricultural Soap was significant on the amount of soluble solids at %5

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.

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

4- Associate Professor, Department of Soil Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

probability level and the total acidity strawberries fruit was significant at %1 probability level. In the case of soluble soil and Acidity, Sequestrin iron treatment and agricultural soap had the best results. According to the results of this study, the combination %2 Acetic Acid with of iron fertilizer Sequesterin in combination with agricultural soap Moyan (%7/5) due to the reduction in leaf area tensions improves the absorption of iron and the quantitative and quality characteristics strawberries.

Conclusion

Based on the findings of this research, it can be concluded that Acetic acid %2, has better result on the absorption of iron fertilizer, along with agricultural soap (% 7/5) application than other treatments and qualitative traits of strawberry fruit. In treatment %2 Acetic acid most measured traits such as total chlorophyll, leaf iron, fresh weight, fruit dry weight and yield has shown a significant increase. Acetic acid by reducing the pH of the cell sauce and increasing the activity of the reductase enzyme increase the iron solubility and easily provides the iron to the plant. Due to the pH alkalinity of most soils in Iran, the use of Acetic acid in iron nutrient solution on the absorption of iron Sequestrin in combination with % 7/5 of agricultural soap due to having a hydrophilic head and a hydrophobic with %40 to %50 increase in effective of foliar fertilizers. As a result, with more absorption it can be an advanced approach to better absorption of iron by plant and increase the quantity and quality in the product.

Keywords: Chlorophyll, Vitamin C, Yield

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۵۵-۸۴۳

اثر اسید استیک بر pH محلول کود آهن (سکوسترین و نانو) و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'

معصومه جعفری^۱ - علی اکبر شکوهیان^{۲*} - اسماعیل چمنی^۳ - علی اکبر قوبدل^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید استیک بر pH محلول غذایی آهن (سکوسترین و نانو کود) و تأثیر آن بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'، این پژوهش به صورت کرت‌های دوبرار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو ۱ گرم) در کرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، ۱، ۲ و ۳ درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌هایی فرعی فرعی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر متقابل سه جانبه محلول‌پاشی اسید استیک با آهن همراه با صابون کشاورزی بر میانگین غلظت آهن برگ و تعداد میوه در سطح احتمال پنج درصد و در کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که بهترین نتیجه در صفات‌های ذکر شده از ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با ۷/۵ درصد صابون کشاورزی مویان حاصل شد. اثر متقابل دو جانبه اسید استیک و نوع آهن بر صفات‌های pH آب میوه، حجم میوه، وزن تر و خشک میوه در سطح احتمال پنج درصد و در عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در صفات‌های حجم میوه، وزن تر میوه، وزن خشک میوه و عملکرد بهترین نتایج مربوط به ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با کود آهن سکوسترین بود، ولی در صفت pH آب میوه بهترین نتیجه از ترکیب تیماری ۳ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین بدست آمد. اثر متقابل دو جانبه عنصر آهن و صابون کشاورزی بر میزان مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد و اسید کل میوه‌ی توت‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در مورد صفات‌های مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون، تیمار آهن سکوسترین و صابون کشاورزی مویان، بهترین نتیجه را داشتند. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با ۷/۵ درصد صابون کشاورزی مویان به دلیل کاهش کشش سطح برگ موجب بهبود قدرت جذب آهن محلول غذایی و افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، عملکرد، ویتامین ث

مقدمه

توت‌فرنگی یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز مناطق معتدله است که به دلیل دارا بودن عطر و طعم خاص و ریز مغذی‌های فراوان از ارزش بالایی در تغذیه و سلامت میلیون‌ها انسان برخوردار است

(Olsson et al., 2004). با توجه به اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای این

محصول، کشت و تولید گلخانه‌ای و فضای آزاد آن طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. طبق گزارش سازمان بین‌المللی خوار و بار و کشاورزی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۷، میزان تولید توت‌فرنگی در جهان بیش از نه میلیون تن بوده است که ایران رتبه هجدهم را در میان ۷۶ کشور تولید کننده توت‌فرنگی در جهان دارد (FAO, 2017). آهکی بودن و pH بازی خاک‌های منطقه اردبیل سبب شده است تا جذب عناصر ریز مغذی، به ویژه آهن، به وسیله گیاه توت‌فرنگی دچار مشکل شود. تغذیه صحیح گیاه یک عامل پر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده

علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

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

۴- دانشیار گروه آموزشی علوم خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

اهمیت در مدیریت موفقیت‌آمیز تولید این محصول بوده که از طریق تدوین برنامه‌ریزی و کوددهی مناسب قابل کنترل است. بنابراین، لازم است طی رشد و نمو گیاه طبق اصول علمی نسبت به توصیه کودی اقدام کرد تا نه تنها رشد و عملکرد مطلوبی به دست آید، بلکه کیفیت محصول تولیدی نیز افزایش یابد (Rezaei et al., 2020). آهن یکی از عناصر ضروری در تولید محصولات کشاورزی در جهان است و گیاهان برای رشد بهینه و مناسب نیاز به استفاده پیوسته از آن دارند (Kobraee et al., 2011). یکی از مشکلات عمده خاک‌های قلیایی که بخش عمده‌ای از خاک مناطق خشک و نیمه‌خشک است، کمبود عنصر آهن قابل استفاده گیاه به دلیل pH بالای این خاک‌ها می‌باشد (Etmadiyan and Hasani, 2016). با وجودی که بیشتر خاک‌ها آهن زیادی دارند ولی اغلب آنها به فرم هیدروکسید یا سایر کمپلکس‌های غیرمحلوس رسوب کرده و در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد (Thomine and Vert, 2013). به همین دلیل کمبود آهن از مشکلات اساسی در تولید محصولات کشاورزی است. کمبود آهن نه تنها روی کشاورزی و اقتصاد تولید محصولات تاثیر منفی دارد، بلکه باعث کمبود در بدن انسان می‌شود (Cesco et al., 2002). بنابراین، استفاده از فرم و شکل مناسب این عنصر به صورت محلوس‌پاشی، روشی موثر و کارآمد برای جبران کمبود آن و رسیدن به حداکثر عملکرد در گیاهان می‌باشد (Askari Sarcheshmeh et al., 2020). سکوسترین NK حاوی کلات آهن و ترکیب ویژه‌ای از نیتروژن و پتاسیم است ترکیب نیتروژن و پتاسیم موجود در سکوسترین NK به رشد گیاهان کمک کرده، در نتیجه با فراهم آمدن شرایط مطلوب‌تر، امکان جذب بهتر و سریع‌تر آهن فراهم می‌شود (Hosenei and Bahadori, 2015). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی، استفاده از نانو کودها جهت تغذیه گیاهان می‌باشد (Roosta and Karimi, 2012). با بهره‌گیری از نانو کودها، عناصر غذایی به‌آرامی و با سرعتی مناسب در تمام فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند و به‌دلیل کاهش آبیویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشتر عناصر خواهند بود (Roosta and Karimi, 2012). بی‌کربنات در خاک‌های آهکی عامل بسیار مهمی در ایجاد کلروز آهن می‌باشد و به نوعی نیز مسئول غیر متحرک شدن آهن در بافت‌های گیاهی است. بنابراین، بی‌کربنات، هم از طریق جلوگیری از جذب آهن، و هم از طریق افزایش pH سلول، جذب و انتقال آهن را کاهش می‌دهد (Kalesck et al., 2004). بیشترین قابلیت جذب آهن و منگنز در pH کمتر از ۶ است (Haniet al., 2013). در اثر کاهش pH میزان عناصر کم‌مصرف، آهن و منگنز قابل جذب خاک به شدت افزایش می‌یابد (Kazemi, 2013). محلوس‌پاشی با محلوس‌های دارای pH پایین، ترکیبات رسوب کرده آهن را در سطح برگ متحرک و جذب آن‌ها را تشدید می‌کند (Wallas, 1991). نتایج مطالعات نشان داده است که محلوس‌پاشی منابع مختلف آهن از جمله کلات‌ها

می‌تواند محتوای کلروفیل برگ، آهن فعال و مواد غذایی برگ در میوه توت‌فرنگی را افزایش دهد (Rezaei et al., 2020). مصرف آهن سکوسترین در درخت لیمو باعث افزایش وزن میوه لیمو شد (Salihe, 2008). با فراهم بودن آهن، فتوسنتز افزایش یافته در نتیجه ذخایر فتوسنتزی نیز گسترش می‌یابد و حجم و وزن میوه مرکبات بیشتر می‌شود (Khoie, 1992). کاربرد سکوسترین آهن به صورت خاکی در توت‌فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (Hosenei and Bahadori, 2015). محلوس‌پاشی اسید استیک باعث افزایش عملکرد در گیاه انگور رقم پیکامی شد (Pozeshe et al., 2009). همچنین عملکرد و کیفیت میوه‌های توت‌فرنگی از طریق محلوس‌پاشی با آهن افزایش یافته است (Amaliotis, 2002). صابون کشاورزی میان بهترین ترکیب جهت اثر بخشی حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کودها جهت محلوس‌پاشی می‌باشد (Jokar, 2020). مکانیزم عمل صابون میان به نحوی است که با پخش سریع محلوس مورد پاشش بر روی برگ باعث نفوذ بهتر آن به درون برگ و گیاه می‌گردد (Jokar, 2020). از صابون کشاورزی بیشتر در کنترل آفات مکنده از جمله پنبه استفاده شده ولی محلوس‌پاشی صابون میان اولین گزارشی است که روی میوه‌ها از جمله توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفت. در مورد تاثیر اسید استیک بر pH محلوس غذایی بر جذب انواع ترکیبات حاوی آهن بر روی توت‌فرنگی اطلاعات محدودی منتشر شده و به نظر می‌رسد لازم است در این زمینه مطالعات بیشتری انجام شود. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات قبل و نظر به اینکه آهن در بسیاری از پدیده‌های فیزیولوژیکی گیاهان نقش اساسی دارد، و از طرفی نیز در اکثر مناطقی که دارای خاک و آب قلیایی هستند، جذب و انتقال عناصر کم مصرف بخصوص آهن با مشکل مواجه می‌باشد، نیاز به پژوهش بیشتری در این رابطه بر روی میوه توت‌فرنگی احساس می‌شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات اسید استیک بر جذب نوع آهن (سکوسترین و نانو) همراه با صابون کشاورزی به منظور قدرت جذب بیشتر برگ‌ها و رفع کمبود این عنصر و افزایش کمی و کیفی محصول توت فرنگی در شرایط خاک‌های اردبیل بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش روی گیاه توت‌فرنگی رقم دیامنت طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. شهرستان اردبیل در شمال غرب ایران و در بین دو رشته کوه سیلان و باغرو، که از سلسله جبال البرز است، در فلات دایره ماندی در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۷۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۵۰ متر می‌باشد. اردبیل به‌دلیل داشتن ارتفاع زیاد و وجود

کوهستان‌های اطراف نسبت به سایر شهرهای ایران سردتر است. و جزء مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. گرم‌ترین ماه‌های سال آن تیر و مرداد است که متوسط دمای این ماه‌ها ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه‌های سال دی و بهمن است که متوسط دما در این ماه‌ها ۱/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارندگی این شهر ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک محل

Table 1- Some soil characteristics of the test site

خاک Soil (%)					
کربن آلی organic carbon	پتاسیم K	آهن Fe	مس Cu	ازت کل Total N	روی Zn
1.326	84	84	1.22	98	8.84

محلول‌پاشی از مرحله سه برگی شدن بوته‌ها (اواسط فروردین ماه تا اواخر اردیبهشت ماه) در مجموع پنج نوبت و به فاصله ۱۰ روز از یکدیگر در هر دو سال (۱۳۹۴ و ۱۳۹۶) انجام گرفت. محلول‌پاشی برگی از مرحله سه برگی شدن بوته‌ها (اواسط فروردین ماه) تا اواخر اردیبهشت ماه در هر دو سال انجام گرفت. برای مقایسه اثر تیمارها صفات‌های کلروفیل کل به روش آرنون (Arnon, 1949)، غلظت آهن برگ، pH آب میوه، ویتامین C، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون، حجم میوه، وزن تر میوه، وزن خشک میوه، تعداد میوه در بوته و عملکرد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیرهای غلظت مواد جامد محلول^۱ توسط رفرکتومتر دستی مدل ۹۵۰۰-۰۰۲ ساخت کشور فرانسه (صفر تا ۳۲ درجه بریکس)، اسید کل از روش عیارسنجی (Ranjbar, 2012) با هیدروکسید سدیم NaOH ۰/۳ نرمال، pH میوه با پتانسیومتر (pH متر) (Sadeghi et al., 2020)، و میزان ویتامین C میوه با روش ای‌او‌ای سی (AOAC, 1989)^۲ اندازه‌گیری شدند. وزن تر و وزن خشک میوه، با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. برای تعیین تعداد میوه و عملکرد، میوه‌های هر کرت شمارش و سپس میانگین گرفته شد. تعیین حجم میوه‌ها برحسب سانتی‌متر مکعب یادداشت گردید (Prendergast, 1989). غلظت آهن برگ، توسط هضم با نیتریک اسید و قرائت توسط طیف‌سنج جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Johnson, 1997). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS16 انجام شده و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

پس از آماده‌سازی زمین مورد نظر، در اوایل مهرماه ۹۴، نشاهای توت‌فرنگی رقم دیامنت از خزانه تکثیر ارقام توت‌فرنگی زیربار مریوان که در کردستان نتیجه بهتری دارند، تهیه و به اردبیل منتقل شد و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در اواخر آبان ماه با تراکم ۱۰ بوته در هر ۱/۵ متر مربع کشت گردید. به منظور حفظ رطوبت و کیفیت بهتر محصول از مالچ پلاستیکی سیاه استفاده شد. در طول آزمایش آبیاری گیاهان نیز به صورت هفتگی و به میزان مساوی برای هر کرت (۲۵ لیتر در هر کرت) انجام شد. و مهار علف‌های هرز با دست صورت گرفت. جهت اعمال تیمارها از محلول اسیداستیک تهیه شده از شرکت بازرگانی آسمان با خلوص ۸۰ درصد، آهن سکوسترین با غلظت حدود ۲۵ گرم به صورت Fe-EDDHA ساخت شرکت سینجنتا و کود نانو محلول در آب حاوی ۷ درصد کلات آهن ساخت شرکت خضراء به میزان ۱ گرم در لیتر و صابون کشاورزی مویان از شرکت مهندسی کشاورزی خزانه‌ای تهیه شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده با ۳ تکرار در مجموع با ۴۸ واحد آزمایش اجرا گردید. تیمارهای آزمایش به صورت محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو ۱ گرم) در کرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، ۱، ۲ و ۳ درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌هایی فرعی‌فرعی قرار گرفتند. نحوه اعمال تیمارها به این صورت بود که قبل از محلول‌پاشی، صابون کشاورزی مویان را کاملاً به هم زده و هر دو سطح آهن (سکوسترین و نانو) را به صورت جداگانه در یک لیتر آب حل کرده سپس محلول اسید استیک به مقدار تعیین شده به آن اضافه گردید. محلول‌پاشی در غروب آفتاب صورت گرفت. و مقدار محلول لازم در هر نوبت اسپری کردن برای هر کرت به حجم یک لیتر به کمک آب‌فشان یک لیتری تعیین شد.

1- TSS

2- AOAC

نتایج و بحث

2002). افزایش شاخص کلروفیل در تیمار سکوسترین آهن می‌تواند ناشی از تأمین آهن برگ باشد که با نتایج (Schultz *et al.*, 2013) در یک راستا است.

محلول‌پاشی اسید و آهن سکوسترین باعث کاهش pH عصاره سلول شدند. اسیدها از جمله اسید سیتریک و اسید استیک از طریق کاهش pH عصاره سلول برگ باعث افزایش آهن فعال برگ شده و میزان کلروفیل برگ را افزایش داد (Abedi *et al.*, 2004). از طرف دیگر کمبود آهن باعث کاهش کلروفیل و فتوسنتز می‌گردد. برای مثال در برگ اسفناج کمبود آهن از طریق کاهش انتقال ترکیبات فتوسنتزی از فتوسیستم نوری دو به فتوسیستم نوری یک موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد (Mohamadipoor *et al.*, 2013). در گیاه توت‌فرنگی نیز با کمبود آهن غلظت کلروفیل در برگ‌ها کاهش یافته و میزان فتوسنتز تحت تأثیر آن قرار گرفته است (Hemantaranjan and Garg, 1988). در نتیجه دلیل افزایش کلروفیل در گیاهان محلول‌پاشی شده با آهن را می‌توان به افزایش آهن درونی گیاه و پاسخ مناسب واکنش شیمیایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که اثر متقابل سه جانبه اسید استیک، نوع کود آهن و صابون کشاورزی بر میانگین تعداد میوه و آهن برگ در سطح احتمال پنج درصد و در رنگدانه کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲ و ۳). اثر متقابل دو جانبه عنصر آهن و صابون کشاورزی بر میزان مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد و اسید کل میوه‌ی توت‌فرنگی در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر متقابل دو جانبه اسید استیک و نوع آهن بر صفات pH آب میوه، حجم میوه، وزن تر و خشک میوه در سطح احتمال پنج درصد و در عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲ و ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان دادند، که میزان کلروفیل کل (۱/۷۲ میلی گرم بر گرم) مربوط به ترکیب تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین با صابون (۷/۵ درصد) حاصل شده است (شکل ۱). کاربرد کود آهن سکوسترین در درخت هلو منجر به افزایش معنی‌داری در محتوای رنگدانه کلروفیل کل برگ شد (Sanz *et al.*,

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات رویشی و بیوشیمی توت فرنگی رقم دیامنت

Table 2- The ANOVA for the effect of experimental treatments on vegetative and biochemical characteristics of strawberry cv. Diamant

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		پی اچ pH	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته کل Total acidity	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای آهن برگ leaf iron content
تکرار Block	2	2.281 ^{ns}	40/040 ^{ns}	3/160 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.002 ^{ns}
آهن (I) Iron (I)	1	51.841 ^{ns}	48.06 ^{ns}	* 18.464	0.409*	0.003**
اشتباه اصلی Main error	2	3.715	40.040	1.713	0.006	0.0141
اسید استیک (AA) Acetic Acid (AA)	3	0.541**	0.001 ^{ns}	0.150*	0.020*	0.17*
I×AA	3	0.119*	0.001 ^{ns}	0.067 ^{ns}	0.098**	0.316*
اشتباه فرعی Sub error	12	0.029	0.001	0.0360	0.006	0.001
صابون (S) Soap (S)	1	0.184 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.062**	0.036**	0.001**
I×S	1	0.016 ^{ns}	0.001*	0.001**	0.018 ^{ns}	0.027*
AA×S	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.028*	0.022*
I×AA×S	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.115 ^{ns}	0.015 **	0.046*
اشتباه فرعی فرعی Sub sub error	16	0.021	1.37	0.001	0.003	0.002
C.V (%)						
ضریب تغییرات	-	9.18	8.64	18.6	8.21	15.80

ns, * و **: به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات عملکرد و اجزای توت‌فرنگی رقم دیامنت

Table 3- The ANOVA for the effect of experimental treatments on yield characteristics and yield components of strawberry cv. Diamant

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		تعداد میوه در بوته Fruit number per tplant	حجم میوه Fruit volume	وزن تر میوه Fresh weight of fruit	وزن خشک میوه Dry weight of fruit	عملکرد Yield
تکرار Block	2	12.398 ^{ns}	14.938*	52.170*	^{ns} 0.020	348.289 ^{ns}
آهن Iron (I)	1	73.137**	96.333**	*21.614	10.083*	141434.588*
اشتباه اصلی Main error	2	0.366	0.170	1.127	0.623	253.932
اسید استیک Acetic Acid (AA)	3	1.540	2.085 *	1.545**	0.743*	1380.147 **
I×AA	3	2.414*	2.414*	0.399*	0.508*	875.0875**
اشتباه فرعی Sub error	12	0.672	0.422	0.074*	0.172	125.645
صابون Soap (S)	1	0.008 ^{ns}	0.008 ^{ns}	1.845 *	0.168 ^{ns}	22.667 ^{ns}
I×S	1	1.639*	1.203 ^{ns}	0.068 ^{ns}	0.103 ^{ns}	489.490 ^{ns}
AA×S	3	^{ns} 0.174	0.175 ^{ns}	0.068 ^{ns}	0.188 ^{ns}	754.574 ^{ns}
I×AA×S	3	0.884*	0.385 ^{ns}	0.099 ^{ns}	0.105 ^{ns}	44.96 ^{ns}
اشتباه فرعی فرعی Sub sub error	16	0.290	0.324	0.343	0.095	217.868
ضریب تغییرات C.V (%)	-	8.17	10.81	8.25	9.45	21.6

ns, * و **: به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

غلظت این عنصر در تیمارهای حاوی اسید استیک می‌شود (Bavarsco et al., 1999).

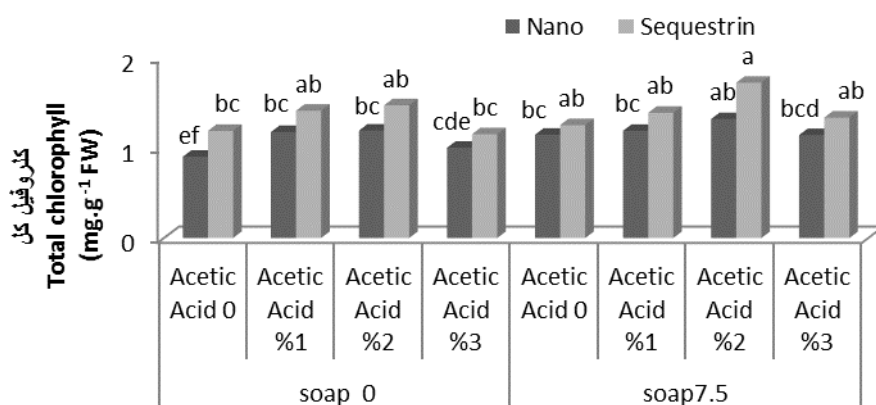
محلول‌پاشی آهن باعث افزایش عناصر غذایی برگ در میوه سیب رقم گالا شد (Sadegei et al., 2020). اغلب بین آهن کل در برگ‌ها و شدت کلروز همبستگی کاملی وجود ندارد (Pestana et al., 2003). نتایج به دست آمده در این پژوهش بر عدم وجود روند تغییرات ثابت در مورد غلظت آهن برگ با نتایج بعضی پژوهش‌های میرسلیمانی (Mirsolimani and Tafazoli, 2005) روی انگور مطابقت دارد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داده‌اند (جدول ۳) که کاربرد اسید استیک ۲درصد با آهن سکوسترین، میانگین وزن تر، وزن خشک و حجم میوه را به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش داده است (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). با فراهم بودن آهن، فتوسنتز افزایش یافته در نتیجه تولید و ذخیره مواد نیز افزایش می‌یابد و به تبع آن اندازه، حجم و وزن میوه بیش‌تر می‌شود (khoie, 1992). حجم و وزن میوه تأثیر زیادی در

مرتبط با تولید کلروفیل ربط داد (Rezaei et al., 2020).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ترکیب تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) باعث افزایش معنی‌داری در غلظت آهن برگ و تعداد میوه در مقایسه با تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب با کود آهن نانو و صابون شاهد شده است (شکل‌های ۲ و ۳). عنصر آهن با فعال کردن سیستم‌های آنزیمی و متابولیکی باعث افزایش سنتز پروتئین و قندها شده و در نتیجه در گلدی و تعداد میوه تأثیر گذار می‌باشد (Rutter et al., 1988). در تیمار اسید استیک ۲ درصد میانگین غلظت عنصر آهن برگ افزایش قابل توجهی نشان داده است. در توجیه نتایج بدست آمده باید گفت که افزایش غلظت آهن برگ با افزایش اسید استیک می‌تواند به علت افزایش حلالیت آهن III بر اثر pH پایین و همچنین تحرک آن باشد و از طرفی کاهش pH می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز و در نتیجه افزایش سرعت تبدیل آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی شود که در نتیجه منجر به بالا رفتن

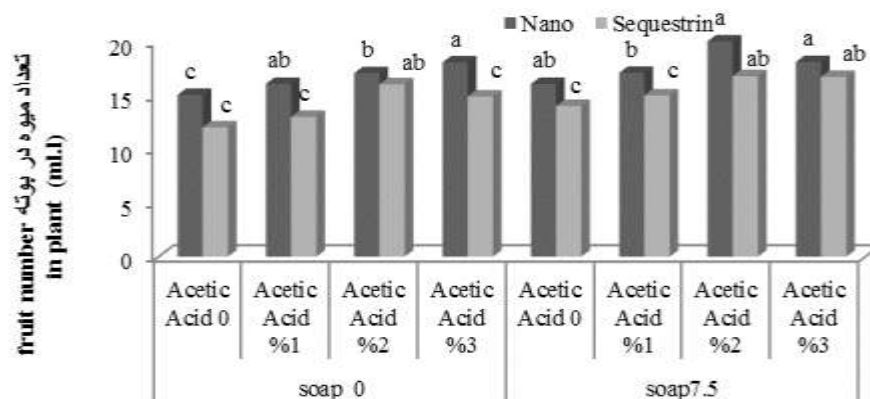
سکوسترین باعث افزایش pH میوه توت‌فرنگی می‌شود (Babaye et al., 2015) که با نتایج کاظمی (Kazemi, 2013) روی گوجه-فرنگی مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند که تیمار آهن سکوسترین با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) بیش‌ترین (۸/۶۵ بریکس) مواد جامد محلول و اسید کل (۲/۸۹ درصد) را داشتند و آهن نانو با صابون کشاورزی شاهد دارای کم‌ترین میزان مواد جامد محلول (۵/۴۱ بریکس) و اسید کل (۱/۱۷ درصد) بودند (شکل‌های ۹ و ۱۰). نتایج مطالعه مشابه نشان داد که با کاربرد آهن میزان مواد جامد محلول در مرکبات (Pestana et al., 2003) سبب Mansouri et al., 2017 () و انگور (Karimi, 2017) افزایش یافت. مصرف آهن سکوسترین با تأثیر بر عمل فتوسنتز و تولید مواد ساکارزی باعث افزایش غلظت قند و افزایش شاخص بریکس میوه مرکبات می‌شود (Rutter et al., 1988). همچنین دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول در اثر کاربرد آهن، افزایش آهن درون گیاه می‌باشد (Malakouti and Tabatabaei, 1999). صابون کشاورزی مویدان باعث شستشوی برگ و سهولت تنفس و عمل فتوسنتز و کربن‌گیری را افزایش می‌دهد، در نتیجه باعث افزایش ماندگاری محلول روی برگ و جذب بیشتر محلول می‌شود. نتایج به‌دست آمده در رابطه با اثر آهن بر میزان اسیدیته کل میوه نیز با نتیجه پژوهش رسولی و ملکوتی (Rasolie and Malakooti, 1999) روی مرکبات مطابقت دارد. تیمار با آهن سکوسترین سبب حفظ اسیدیته کل شد (Askari Sarcheshmeh et al., 2020). گزارش شده محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی به دلیل افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید اسیدهای آلی سبب افزایش اسیدیته کل در میوه‌های هلو می‌شود (Ali et al., 2014).

بازارپسندی بیشتر میوه‌ها دارد (Minchin et al., 2003) کارهای مدیریتی مانند گرده‌افشانی، آبیاری، و عملکرد می‌تواند رشد میوه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. تدارک بازاریابی یک محصول نیازمند برآورد دقیق میانگین حجم و اندازه میوه است که تا حد ممکن بایستی در اوایل رشد آن انجام شود (Hanie et al., 2013). آهن باعث افزایش وزن تر و خشک میوه می‌شود (Álvarez-Fernández, 2006). افزایش ماده خشک میوه را می‌توان ناشی از افزایش فتوسنتز و کربوهیدرات برگ فعال دانست (Álvarez-Fernández, 2006). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ترکیب تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد میوه در مقایسه با تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب با کود آهن نانو شده است (شکل ۷). کاربرد سکوسترین آهن به صورت خاکی در توت-فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (Fiezie et al., 2007). محلول‌پاشی اسید استیک باعث افزایش عملکرد در گیاه انگور رقم پیکامی شد (Pestana et al., 2003). کاربرد اسید استیک بدلیل کاهش pH شیربه سلولی و اسیدی کردن محلول عنصر آهن را مستقیم و بدون واسطه در اختیار گیاه قرار می‌دهد، جذب و انتقال عناصر را بهبود بخشیده و عملکرد را افزایش می‌دهد (Pestana et al., 2003). گزارش‌های فوق با نتایج این بررسی در یک راستا می‌باشد. بر این اساس محلول‌پاشی اسید استیک ۲ درصد باعث جذب بهتر آهن سکوسترین شده، و در نتیجه با اسیدی شدن محلول شرایط برای جذب آهن توسط گیاه بهبود می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر متقابل محلول استیک اسید ۳ درصد در ترکیب با آهن سکوسترین در مقایسه با استیک اسید شاهد و آهن نانو بهترین نتیجه را داشت (شکل ۸). محلول‌پاشی آهن



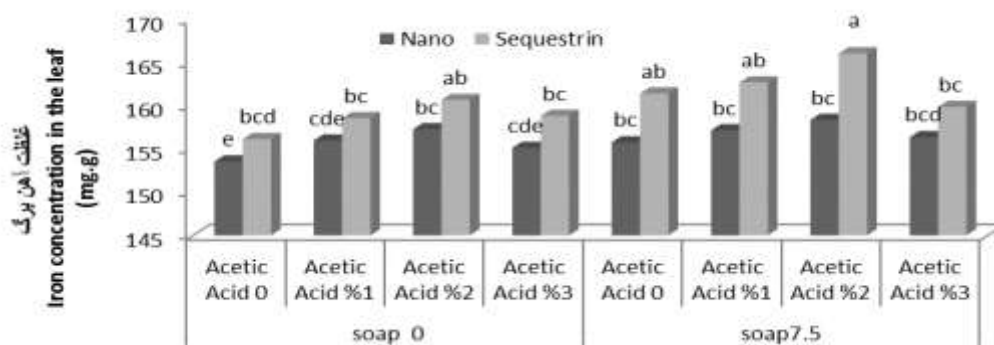
شکل ۱- اثر سه‌گانه اسید استیک × نوع کود آهن × صابون بر محتوی کلروفیل کل برگ توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'

Figure 1- Interaction effects of acetic acid × types of iron fertilizers × soap on total chlorophyll content in strawberry leaf cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



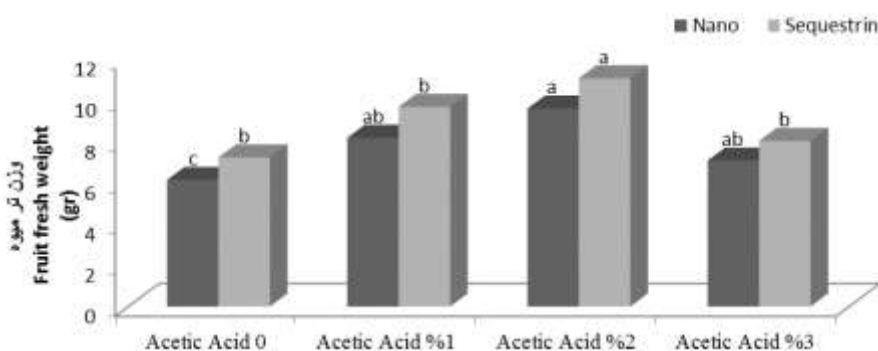
شکل ۲- اثر سه گانه اسید استیک × نوع کود آهن × صابون (بر تعداد میوه در بوته توت فرنگی رقم دیامنت)

Figure 2- The interaction effect of acetic acid × types of iron fertilizer × soap) on fruit numbers strawberry cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



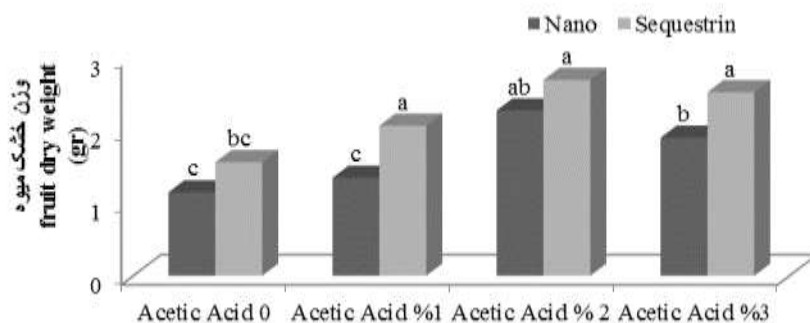
شکل ۳- اثر سه گانه اسید استیک × نوع کود آهن × صابون بر غلظت آهن برگ توت فرنگی رقم دیامنت

Figure 3- The interaction effect of acetic acid × types of iron fertilizer × Soap on iron concentration of strawberry cv. Diamant leaf (DMRT, $p \leq 0.05$)



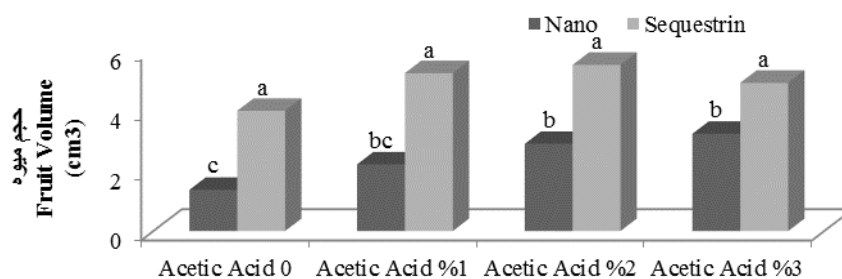
شکل ۴- اثر متقابل اسید استیک × نوع کود آهن بر وزن تر میوه توت فرنگی رقم دیامنت

Figure 4- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on fruit fresh weight of strawberry cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



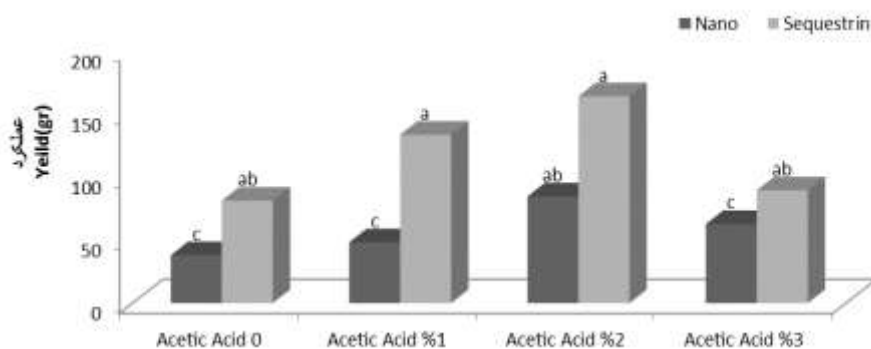
شکل ۵- اثر متقابل اسید استیک × نوع کود آهن بر وزن خشک میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 5- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on fruit dry weight of strawberry cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



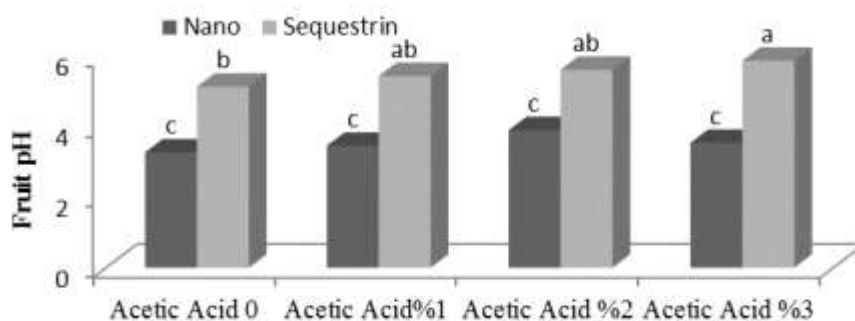
شکل ۶- اثر متقابل اسید استیک × نوع کود آهن بر حجم میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 6- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on fruit volume of strawberry cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



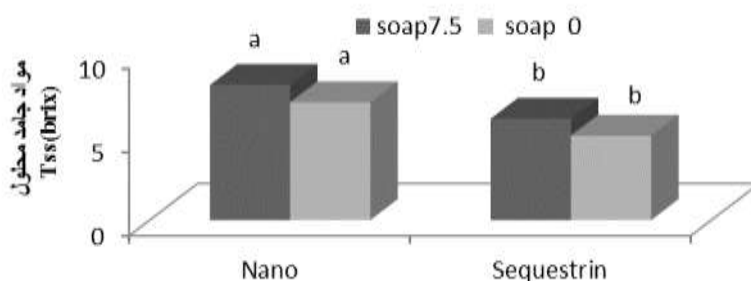
شکل ۷- اثر متقابل اسید استیک × نوع کود آهن بر عملکرد توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 7- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on the yield of strawberry cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



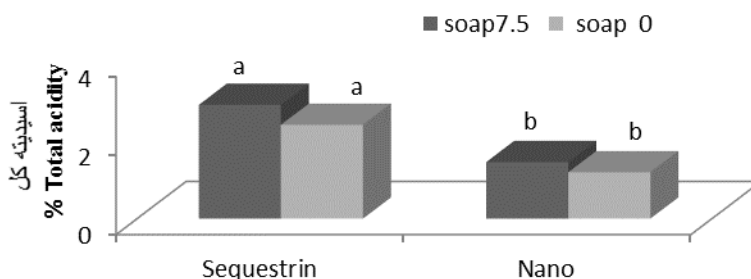
شکل ۸- اثر متقابل اسید استیک × نوع کود آهن بر pH میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 8- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on the fruit pH of strawberry cv. Diamant (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۹- اثر متقابل نوع کود آهن × صابون بر مواد جامد قابل حل (بریکس) میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 9- The interaction effect of iron fertilizer type × soap on the TSS content of the strawberry cv. Diamant fruit (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۱۰- اثر متقابل نوع کود آهن × صابون بر اسید کل میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 10- The interaction effect of iron fertilizer type × soap on the total acidity of strawberry cv. Diamant fruit (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

فعالیت آنزیم ردوکتاز باعث افزایش حلالیت آهن شده و به راحتی آهن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. با توجه به قلیایی بودن اکثر خاک‌های مناطق ایران، مصرف اسید استیک در محلول غذایی آهن بر جذب آهن سکوسترین در ترکیب با (۷/۵ درصد) صابون کشاورزی به دلیل داشتن یک سر آب‌دوست و یک زنجیره آب‌گریز با افزایش اثربخشی ۴۰ تا ۵۰ درصد کودهای محلول‌پاشی می‌گردد و مدت اثربخشی آن را افزایش می‌دهد. در نتیجه با جذب بیشتر می‌تواند رهیافت امیدبخشی برای جذب بهتر آهن توسط گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول باشد.

براساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که محلول‌پاشی اسید استیک ۲ درصد بر جذب کود آهن سکوسترین همراه با کاربرد صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها بر صفات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی داشت. در تیمار اسید استیک ۲ درصد، میانگین اغلب صفات‌های اندازه‌گیری شده از جمله کلروفیل کل، غلظت آهن برگ، تعداد میوه در بوته، میانگین وزن تر، وزن خشک و حجم میوه و عملکرد افزایش قابل توجهی نشان داده است. اسید استیک با کاهش pH شیره سلولی و افزایش

منابع

1. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24(1): 1-15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>.
2. AOAC. (1989). *Official methods of analysis*, 14th (ed.). Association of Official Agricultural Chemist, Washington. DC. pp. 241-254.
3. Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S., & Karapetsas, N. (2002). Leaf nutrient levels of strawberries (*Tudla. cv*) in relation to crop yield. *Acta Horticulturae* 567: 447-450. <https://doi.org/10.17660/Acta Hortic.2002.567.93>.
4. Abedi Geshlage, E., & Tafazole Bandary, E. (2004). The effect of foliar application of ferrous sulfate and citric acid on the quantitative and qualitative properties of tomatoes. *Sciences and Natural Resource* 4(11): 71-80. (In Persian)
5. Álvarez-Fernández, A., Abadía, J., & Abadía, A. (2006). Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. *Iron Nutrition in Plants and Rhizosphere Microorganisms* pp: 85-101. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4743-6-4>.
6. Ali, A., Perveen, S., Shah, S N M., Zhang, Z., Wahid, F., Shah, M., & Majid, A. (2014). Effect of foliar application of micronutrients on fruit quality of peach. *American Journal of Plant* 5: 1258-1264. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.59138>.
7. Askari Sarcheshmeh, M.A., Shokri Heydari, H., Babalar, M., Ahmadi, A., & Ranjbar Malidarreh, T. (2020). The effect of pre-harvest spray of iron sequestrine and salicylic acid on some quality characteristics of (*Zaferani*) peach fruit during storage. *Iranian Journal of Horticultural Science* 2(51): 345-354. (In Persian)
8. Bavarsco, L., Giachin, E., & Colla, R. (1999). Iron chlorosis pared in grapevine. *Journal Plant Nutrition* 22: 1589-1594.
9. Babaye, Z., Hidare, M., Salehi Salme, M.R., Nadeyan, H.A., & Alime, S. (2015). *Effect of iron fertilizer application quality on strawberry (Fragaria×ananassa Duch)* cv. Diamant. 9th Congress Horticulture Ahvaz. Iran. (In Persian)
10. Cesco, S., Nikolic, M., Römheld, V., Varanini, Z., & Pinton, R. (2002). Uptake of 59 Fe from soluble 59 Fehumate complexes by cucumber and barley plants. *Plant and Soil* 241(1):121-128. <https://doi.org/10.1023/A:1016061003397>.
11. Etmadiyan, M., & Hasani, A. (2016). *Necessity of production and application of organic acids in Iranian soils*. 3th conference in the new findings in the environment and agricultural ecosystem. [http:// civilica. Com/doc/586813/](http://civilica.Com/doc/586813/). (In Persian)
12. Fiezie, J., Keshavarz, P., & Amirahmadie, A. (2007). *Study effect application of sol fat iron and sulfate Zn fertilizers on quality and yield crop sugar beet*. 10th International on Press research soil and water. Pp. 617–618. (In Persian)
13. FAO. (2017). faostat Agricultural Statics Database. <http://faostat3.fao.org/>. accessed on April 15. 2016.
14. Hemantaranjan, A., & Garg, O.K. (1988). Iron and Zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum* L. *Journal Plant Nutrition* 11: 1439-1450. <https://doi.org/10.1080/01904168809363900>.
15. Hall, A.J., McPherson, H.G., Crawford, R.A., & Seager, N.G. (1996). Using early-season measurements to estimate fruit volume at harvest in kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 24(4): 379-391.
16. Hanie, A., Javadie, A., & Davarie, H. (2013). *Botany and soil*. Second edition. Press sobhan: pp.52-57. (In Persian)
17. Hosenei, Y., & Bahadori, M. (2015). The effects of Source, Amount and method of iron application on quantitative and qualitative characteristics and profitability rat oF Strawberry (*Fragaria×ananassa Duch*) *Science and Technology of Greenhouse Cultivation* 7(28).
18. Johnson, R.S., Mitchell, F.G., & Costa, G. (1997). Nitrogen influences kiwifruit storage life. *Acta Horticulture* 444: 285-291. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.444.44>.
19. Jokar, L., Ronagie, A., Karimiyan, N., & Fasayie, R. (2013). *The Effect of different levels of iron from iron than nanoparticles and iron secostrin on the growth and concentration of some vegetable bean nutrients in a calcareous soil*. Science and technology of greenhouse cultivation. 6th year Number 22 pp. 9-10. (In Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.eigcst.6.2.9>.
20. Jokar, M. (2020). *Application of insecticide soap in important cotton sucker control*. Research Organization, Training and Promotion of Agriculture, Agricultural Education Publishing. Tehran, Iran. pp. 20. (In Persian)
21. Khoie, S. (1992). *Principles of citrus fruit nutrition ministry of culture and Islamic Guidance*. pp.111-132. (In Persian)
22. Kalesck, H., Honer, W., & Schaller, K. (2004). Effects of bicarbonate and phosphate on iron chlorosis of grap vines with special regard to the susceptibilty of two root stocks. Part 11. Pot experiments. *Journal Plant Nutrtrion* 10: 231-249. <https://doi.org/10.1080/01904168709363568>.
23. Kazemi, M. (2013). Effects of Zn, Fe and their Combination Treatments on the growth and yield of tomato.

- Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 3(1): 109-114.
24. Kobraee, S., NoorMohamadi, N., Heidari Sharifabad, H., Darvish Kajori, F., & Delkhosh, B. (2011). Influence of micronutrient fertilizers on soybean nutrient composition. *Iranian Journal Horticulture Sciences Technological* 4: 763-769. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4743-6-4>.
25. Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae* 215: 184-194. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.018>.
26. Malakouti, M.J., & Tabatabaei, S.J. (1999). *Proper nutrition of fruit trees for improving the yield and quality of horticultural crops in Iran*. Agricultural Education Publications. Karaj, Iran. 5: 51-56.
27. Minchin, P.E.H., Richardson, A.C., Patterson, K.J., & Martin, P.J. (2003). Prediction of final weight for *Actinidia chinensis* 'Hort16A' fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 31(2): 147-157. <https://doi.org/10.1080/01140671.2003.9514247>.
28. Mirsolimani, A., & Tafazoli, E. (2005). *Effect of nutrient solution pH on the absorption of iron in four cultivars of grape (Vitis vinifera L.)*. Research and construction in agriculture and horticulture pp 71. (In Persian)
29. Mohamadipoor, R., Sedaghatthoor, S., & Mahboub Khomami, A. (2013). Effect of application of iron fertilizers in two methods foliar and soil application' on growth characteristics of (*Spathyphyllum illusion*). *Iranian Journal Horticulture Sciences Technological* 3(1): 232-240.
30. Mansouri, S., Babalar, M., Kalantari, S., & Askary Sarcheshmeh, M.A. (2017). Effect of the foliar spraying of iron and soil application of the ammonium nitrate on postharvest quality of apple Delbar stival. *Iranian Journal of Horticultural Science* 48: 503-515.
31. Olsson, M.E., Ekval, J.M., Gustavsson, K., Nilsson, J., Pillai, D., Sjöholm, I., Svensson, U., Akesson, B., & Nyman, M. (2004). Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberry (*Fragaria×ananassa Duch*) effects of cultivar, ripening, and storage. *Agriculture Food Chemistry* 52: 2490-2498. <https://doi.org/10.1021/jf030461e>.
32. Prendergast, P.T., McAneney, K.J., Astill, K.J., Wilson, A.D., & Barber, R.F. (1987). Kiwifruit water extraction and fruit expansion. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 15(3): 345-350. <https://doi.org/10.1080/03015521.1987.10425580>.
33. Pestana, M., de Varennes, A., & Faria, E.A. (2003). Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: A review. *Journal of Food Agriculture and Environment* 1(1): 46-51. <http://hdl.handle.net/10400.1/7420>.
34. Pozeshe, R., Zabehei, H., Moghadam, M.R., Rajabzade, M., & Moghtari, A. (2009). Yield and yield components of grape (*Vitis vinefera peykami cv*) as affected by foliar application of zinc, humic acid and acetic acid. *Journal of Horticultural Science* 25(3): 351-360. (In Persian)
35. Rutter, K.B., Williams, D.B., & Goldstein, J.T. (1988). Low temperature phase transformation in the metallic phases of iron and stony-iron meteorites. *Geochemical at Cosmochimica Acta* 52(3): 617-625.
36. Rasolie, M.J., & Malakooti, M.J. (1999). Necessity to provide micro nutrient and discuse control through injection into the trunk of fruit trees. *Journal of Water and Soil Research Institute* pp. 115. (In Persian)
37. Roosta, H.R., & Karimi, H.R. (2012). Effects of alkali-stress on ungrafted and grafted cucumber plants: using two types of local squash as rootstock. *Journal of Plant Nutrition* 35(12): 1843-1852.
38. Ranjbar, R., Eshgie, N., & Rostami, M. (2012). The effect of nickel sulfate and urea on reproductive growth and qualitative and quantitative character of strawberry fruit of (*Pajaro variety*) greenhouse cultivation *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology* 2(3): 41-48. (In Persian). <http://jspi.iut.ac.ir/article-1-238-fa.html>.
39. Rezaei, S., Amiri, M.E., Bahari, A., Razavi, F., & Soleimani Aghdam, M. (2020). Influence of iron leaf nutrition on chlorophyll content and some antioxidant enzyme activities of strawberry fruitcv. Camarosa. *Horticultural Plants Nutrition* 3(2): 1-16. (In Persian). <https://doi.org/10.22070/HPN.2020.5536.1099>.
40. Sanz, M., Ironero, J., & Abadia, J. (1992). iron chlorosis in the Ebro river basin, Spain. *Journal Plant Nutrition* 15: 1971-1981. <https://doi.org/10.1080/01904169209364451>.
41. Salihe, F. (2008). *Understanding soil and nutrient of pistachio trees*. Research in state of the country. Rafsanjani.pp. 101. (In Persian)
42. Schultz, H., Dunst, G., & Glaser, B. (2013). Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development* 33(4): 817-827.
43. Sadegei, A., Babalar, M., & Talayei, A. (2020). Effect of iron and zinc foliar application on the performance of qualitative properties and concentration of leaf and fruit elements (*Malus domestica cv. Gala*). *Iranian Journal of Horticulture* 4: 965-977. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.228844.1204>.
44. Tabatabaei, S.J. (2013). *Principle of plant mineral fertilizers (theoretical and practical concepts)*. First edition Tabriz university press. pp. 544. (In Persian)
45. Thomine, S., & Vert, G. (2013). Iron transport in plants: better be safe than sorry. *Current Opinion Plant Biology* 16(3): 322-327. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.01.003>.
46. Wallas, A. (1991). *Rational approach ti Iron defincincy, other plant breeding and the choice of resistant cultivars*. International symposium on iron nutrition and interactions in plants 130: 281-28.



Cytogenetic Study of the Genus *Thymus* (Lamiaceae) in Iran

M. Moradi^{1*}, H. Nastari-Nasrabadi², K. Ghasemi-Bezdi³

Received: 04-09-2021

Revised: 10-04-2022

Accepted: 02-06-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Moradi, M., Nastari-Nasrabadi, H., & Ghasemi-Bezdi, K. (2023). Cytogenetic Study of the Genus *Thymus* (Lamiaceae) in Iran. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 857-867. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2022.72022.1082](https://doi.org/10.22067/jhs.2022.72022.1082)

Introduction

The Genus *Thymus* is one of the most important genera of the Lamiaceae family. According to Jalas (1971), *Thymus* is divided into eight sections: *Micantes*, *Mastichina*, *Piperella*, *Teucrioides*, *Pseudothymbra*, *Thymus*, *Hyphodromi*, and *Serpyllum*. About 18 species exist in some areas of Iran and most of them belong to *Serpyllum* Section and *kotschiani* Subsection. Chromosomal information is an important key for taxonomy, phylogeny, evolution, genetics and breeding in thyme. Therefore, this work was carried out to study the cytogenetic characteristics of genus *Thymus* belonging to the Subsection *Kotschyani* for breeding purposes and taxonomy.

Materials and Methods

Seeds were collected from 5 wild populations and germinated on wet filter paper at 20 °C. One cm long roots were pretreated with 8-hydroxyquinolin and then washed in distilled water and fixed in carnoy solution for 24 hours. Hydrochloric acid (1N) was applied for 7 min to hydrolyze the roots. Staining was done by orcein for 24 h at room temperature. Stained roots squashed in one drop of 45% acetic acid and examined by a ZEISS Axiophot compound microscope. Cells in metaphase stage were photographed with a D450; Canon Inc. Japan digital camera. Ten well prepared metaphasic cells were selected and some chromosomal characteristics such as total chromosomal length (TL), long arm length (L), short arm length (S), the arm ratio (AR) [LA/SA], and centromeric index (CI), were measured using Micro Measure ver. 3.3 software. The following karyological parameters were determined: total chromosome form (TF%), intrachromosomal asymmetry index (A_1) and interchromosomal asymmetry index (A_2). Karyotypic characteristics have been determined using the symmetry classes of Stebbins (SC). Karyotype formula was determined from chromosome morphology based on centromere position in accordance with the classification of Levan.

Results and Discussion

This study reports the chromosome number and meiotic behavior of 31 populations belonging to 8 species of *Thymus* Subsect. *kotschyani* from Iran. In most species of this subsection, the base number of chromosome $x = 15$ and two diploid and tetraploid ploidy levels with chromosome number of $2n = 30$ and 60 were observed. Only in *T. migricus* species, the base number of chromosome $x = 14$ was reported with two levels of diploid and tetraploid ploidy and chromosome numbers of $2n = 28$ and 56 . The chromosomes were mostly metacentric (m) or sub-metacentric (sm) in all species. Among the various species with basic number of $x = 15$, the highest percentage of TF and the lowest amount of A_1 were observed in populations belonging to *T. eriocalyx* (T7) indicating that this species has the most symmetric karyotypes. The lowest percentage of TF and the highest amount of A_1 are in population of *T. lancifolius* (27) and *T. fedtschenkoi* (T28) species; this shows that the species has the most asymmetric karyotype among the species of this subsection. The highest amount of A_2 was observed in *T. eriocalyx* (T7) species, indicated the asymmetry between chromosomes and chromosomal length. The difference in the number of chromosomes, ploidy levels and karyotype asymmetry in the populations and different species may be related to different environmental conditions in their habitat, pollination system (cross

1- Lecturer, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

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

2- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

3- Associate Professor, Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, University of Torbat-e Jam, Iran

pollination) or polyploidy (Aneuploidy) in this genus.

Conclusion

The results showed that basic chromosome number in most species is 15 ($x=15$). Two ploidy levels (diploid and tetraploid) were observed among different species. Chromosomes in most species, were metacentric and sub-metacentric. Based on intra- chromosomal symmetry (A_1 and TF) *T. eriocalyx* species (T7) has the most symmetric and most primitive karyotype and the species *T. lancifolius* (T27) and *T. fedtschenkoi* (T28) have the most complete and the most asymmetric karyotypes. Also based on inter- chromosomal symmetry, (A_2) *T. eriocalyx* (T) species has the most asymmetric karyotype.

Keywords: Cytogenetic, Karyotype, Subsec. *Kotschyani*, Taxonomy, *Thymus* spp.

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۵۷-۸۶۷

مطالعه سیتوژنتیکی برخی از گونه‌های آویشن بومی ایران

مهدی مرادی^{۱*} - حسین نستری نصرآبادی^۲ - کمال قاسمی بزدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۲

چکیده

آویشن از مهمترین گیاهان دارویی است که کاربردهای وسیعی در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی دارد. پژوهش‌های سیتوژنتیکی، نقش مهمی در تعیین قرابت گونه‌ها ایفا می‌کند و به عنوان اولین تجزیه فیلوژنی و تکامل گروه‌های خویشاوند مطرح است. تعداد، اندازه و شکل کروموزوم از فاکتورهای مهم در بررسی تکامل هستند. در اصلاح ژنتیکی هر گونه گیاهی داشتن اطلاعات کافی در خصوص سطح پلوئیدی و ویژگی‌های کاربوتیپی از مهم‌ترین نیازهای اولیه اصلاح‌گران می‌باشد. در این مطالعه ویژگی‌های کاربوتیپی برخی گونه‌های آویشن متعلق به بخش *Serpyllum* و زیر بخش *Kotschyani* مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه از سلول‌های مریستم ریشه‌چه و در مرحله متافاز میتوز برای بررسی ویژگی‌های کروموزومی و کاربوتیپی استفاده شد. بر اساس نتایج، عدد پایه کروموزومی در اکثر گونه‌ها $X=15$ و در برخی گونه‌ها $X=14$ بود. دو سطح پلوئیدی (دیپلوئید و تتراپلوئید) در میان گونه‌های مختلف مشاهده شد. کروموزوم‌ها در اکثر گونه‌ها، به صورت متاسانتریک و ساب متاسانتریک بودند. بر اساس تقارن درون کروموزومی (A_1 و TF) برخی جمعیت‌های گونه *Thymus eriocalyx* متقارن‌ترین و ابتدایی‌ترین کاربوتیپ و گونه‌های *Thymus lancifolius* و *Thymus fedtschenkoii* نامتقارن‌ترین و کامل‌ترین کاربوتیپ را دارا بودند و بر اساس تقارن بین کروموزومی (A_2) گونه *Thymus eriocalyx* دارای نامتقارن‌ترین کاربوتیپ بود. بر اساس جدول دوطرفه استینز اکثر جمعیت‌ها در کلاس $1A$ و $1B$ قرار گرفتند ولی در جمعیت‌های گونه *T. lancifolius* کلاس $2A$ و $3B$ نیز مشاهده شد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند برای درک بهتر جایگاه تاکسونومیکی و برنامه‌های اصلاح و اهلی‌سازی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: آویشن، تاکسونومی، زیر بخش *kotschyani* سیتوژنتیک

مقدمه

آویشن (*Thymus*) یکی از مهم‌ترین جنس‌های خانواده نعناع (*Lamiaceae*) است که در زیر خانواده *Nepetoideae* قرار دارد (Morales, 2002). ماده موثره آویشن اسانس است که قسمت اعظم

آن را فنل‌ها (۲۰ تا ۸۰ درصد)، هیدروکربن‌های مونوترپنی (مثل پارا-سیمن و گاما-ترپین) تشکیل می‌دهند. به طور کلی تیمول جزء اصلی ترکیب فنلی در آویشن و کارواکرول نیز یک جزء فرعی است (Leung and Foster, 1996). بر اساس طبقه‌بندی جالاس (Jalas, 1976)، جنس آویشن دارای ۸ بخش شامل: *Micantes*, *Pseudothymra*, *Teucrioides*, *Piperella*, *Mastichina*، *Thymus*، *Hyphodromi* و *Serpyllum* می‌باشد. در بخش *Serpyllum* هشت زیر بخش شناسایی گردیده است و گونه‌های آویشن موجود در ایران عموماً در زیر بخش *Kotschyani* این بخش قرار دارند (جدول ۱). هجده گونه آویشن در ایران گزارش شده است که چهار گونه اندمیک و اغلب در دامنه‌های کوه‌ها پراکنده هستند (Jamzad, 2009). در پژوهش‌های متعددی، تعداد کروموزوم در این جنس را در دامنه بین $2n=24$ تا $2n=90$ متغیر نشان داد که حاکی از

۱- مدرس، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و دامپروری، مجتمع آموزش عالی تربت جام

(*) نویسنده مسئول: (Email: moradi.ob@gmail.com)

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و دامپروری، مجتمع آموزش عالی تربت جام

۳- دانشیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مشهد؛ مجتمع آموزش عالی تربت جام، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2022.72022.1082

سطوح پلوئیدی مختلف دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید با عدد پایه کروموزومی ۱۵، ۱۰، ۹، ۸، ۷ $x=$ می‌باشد (Ziaei Nasab et al., 2012; Javadi et al., 2009). مارتونفی و مارتونفیو (Martonfi and Martonfiova, 1996) دو سطح پلوئیدی را برای ۹ گونه مختلف از جنس آویشن گزارش نمودند، پنج گونه از آن شامل *T. pulegioides*, *T. pannonicus*, *T. bihoriensis*, *T. alpestris*, *T. serpyllum* ($2n=24$)، دیپلوئید و چهار گونه *T. pucherrimus* subsp. *T. glabrescens*, *alternans*, *T. praecox* subsp. *praecox*, *sudeticus* تتراپلوئید بودند.

از آنجایی که کروموزوم‌ها پایه وراثتی موجود زنده می‌باشند، اطلاعات سیتوژنتیکی نقش ویژه‌ای را در تاکسونومی ایفا می‌نمایند. پژوهش‌های کاربوتیبی، نقش مهمی در تعیین قرابت گونه‌ها ایفا می‌کند و به عنوان اولین تجزیه فیلوژنی و تکامل گروه‌های خویشاوند مطرح است. در اصلاح ژنتیکی هر گونه گیاهی داشتن اطلاعات کافی در خصوص سطح پلوئیدی و ویژگی‌های کاربوتیبی از مهم‌ترین نیازهای اولیه اصلاح‌گران می‌باشد. اطلاعات حاصل از تفاوت در تعداد یا ساختمان کروموزوم‌ها، بین گونه‌های وحشی و زراعی می‌تواند به عنوان یک ابزار موثر در تلاقی و انتقال صفات مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. تاکنون سطوح پلوئیدی مختلفی در گونه‌های مختلف آویشن گزارش شده است ولی خصوصیات کاربوتیبی آنها چندان مورد توجه قرار نگرفته است (Daftari and Safarnejad, 2012).

در تحقیقات به‌نژادی انجام مطالعات سیتوژنتیکی از اقدامات اولیه به شمار می‌رود، برای استفاده از ژن‌های مطلوب گونه‌های مختلف در برنامه‌های اصلاحی مانند دو رگ‌گیری، تعیین تعداد کروموزوم و سطح پلوئیدی بسیار ضروری است تا بهترین روش انتقال ژن‌ها طراحی شود. انتقال ژن‌ها بین گونه‌هایی که از شباهت کروموزومی بیشتری برخوردارند موفقیت بیشتری دارد (Lewis, 1980). از کاربردهای دیگر مطالعات سیتوژنتیکی استفاده از این اطلاعات در شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان در سیستم جدید به عنوان بخشی از تاکسونومی جدید است. تنوع زیاد در کروموزوم‌ها، ثابت بودن تعداد کروموزوم‌ها در افراد یک گونه و تنوع تعداد، اندازه و ساختمان کروموزوم‌ها در گونه‌های متفاوت شاخص مفیدی برای اهداف تاکسونومی هستند. وجود اختلاف در تعداد، شکل و اندازه (ساختار کاربوتیبی) و رفتار کروموزوم‌ها هنگام تقسیم سلولی می‌تواند بیانگر اختلاف ژنتیکی باشد (Azizian and Bakhshi-Khaniki, 2002). به طور کلی، تحقیقات سیتوتاکسونومی، علاوه بر مشخص کردن ارتباط و قرابت بین جمعیت‌ها و تنوع بین آنها، می‌تواند اطلاعات با ارزشی در مورد خزانه ژنی موجود در کشور به منظور بهره‌گیری در

بانک ژن فراهم آورد. بنابراین انجام مطالعات سیتوژنتیکی در گونه‌های گیاهی و همچنین جمعیت‌های متعلق به آنها، خصوصاً گیاهان وحشی و بومی، به دلیل فراهم نمودن اطلاعات کمی روی تاریخچه تکاملی گیاه، تعیین قرابت‌های بین گونه‌ای، تعیین مشخصات کاربوتیبی و غیره، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است (Funamoto et al., 2008). در این مطالعه ویژگی‌های سیتوژنتیکی برخی گونه‌های آویشن متعلق به بخش *Serpyllum* و زیر بخش *Kotschyani* جهت کاربرد در اهداف اصلاحی و تاکسونومی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق بذر پنج جمعیت آویشن خراسانی از مناطق مختلف (جدول ۲) جمع‌آوری شد. شناسایی نمونه‌ها با استفاده از فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982) در هرباریوم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران صورت گرفت. ابتدا بذرها با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت سه دقیقه ضدعفونی شدند. جهت جوانه‌زنی، بذرها در ظروف پتری‌دیش استریل حاوی کاغذ صافی قرار داده شدند و سپس به ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۰ ساعت روشنایی و ۱۴ ساعت تاریکی انتقال داده شدند. جوانه‌زنی پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت آغاز شد. زمانی که طول ریشه‌چه‌ها به ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی متر رسید توسط اسکالپل ریشه‌چه‌ها از گیاهچه جدا گردید و سپس در محلول پیش‌تیمار به مدت چهار ساعت قرار داده شدند. در این مطالعه از پیش‌تیمار ۸- هیدروکسی کوئینولین استفاده شد، پس از این مدت ریشه‌چه‌ها در محلول تثبیت کننده محلول کارنوی-۱ به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. جهت هیدرولیز از اسید کلریدریک یک نرمال به مدت هفت دقیقه استفاده شد. ریشه‌های هیدرولیز شده پس از شستشو و آبگیری در داخل ظروف پلاستیکی کوچک حاوی یک یا دو میلی‌لیتر رنگ اورسین قرار داده شدند و سپس به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. پس از رنگ‌آمیزی، ریشه‌چه‌ها از محلول رنگ خارج شدند و روی یک لام تمیز قرار گرفتند. پس از حذف کلاهک، در حدود دو میلی‌متر از انتهای ریشه‌چه (منطقه مریستمی) با اسکالپل قطع نموده و سپس یک قطره اسید استیک ۴۵ درصد به منظور نرم کردن بافت، رنگ‌پذیری بهتر، تورم سلول‌ها و خشی کردن اثر اتانول روی آن ریخته شد و سپس یک لامل روی نمونه قرار داده شد و عمل اسکواش انجام شد. بعد از انجام اسکواش، اسلایدها با استفاده از میکروسکوپ نوری ZEISS Axiophot. Germany ۱۰۰۰x مورد بررسی قرار گرفتند. ۱۰ سلول متافازی از هر جمعیت برای ارزیابی و اندازه‌گیری پارامترهای کروموزومی و کاربوتیبی با استفاده از نرم افزار Micro Measure ver. 3.3 انتخاب شد (Safari et al., 2008; Martonfi and Martonfiova, 1996;) سپس

دیپلوئید و تعداد کروموزوم $2n=30$ ، در حالی که جمعیت رثین به صورت تتراپلوئید و تعداد کروموزوم $2n=60$ مشاهده شد. از لحاظ کلاس استبیز در بین جمعیت‌ها دو حالت مشاهده شد، بدین صورت که جمعیت رثین در کلاس ۲A و بقیه جمعیت‌ها در کلاس ۱A قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصل از روش استبیز (Stebbins, 1971)، در بین جمعیت‌های مورد بررسی جمعیت رثین دارای کاریوتیپ نامتقارن تر نسبت به بقیه جمعیت‌ها می‌باشد. از نظر شاخص‌های کاریوتیپی درون کروموزومی (A_1 , TF%) جمعیت رثین نامتقارن‌ترین کاریوتیپ و جمعیت گلمخاران متقارن‌ترین کاریوتیپ و از نظر شاخص‌های تقارن بین کروموزومی (A_2) جمعیت پاکتل دارای نامتقارن‌ترین کاریوتیپ بود. بررسی مطالعات کروموزومی و کاریوتیپی سایر گونه‌های آویشن متعلق به زیر بخش *kotschyanii* بر اساس تحقیقات انجام شده (جدول ۵) نشان داد در اکثر گونه‌های این زیر بخش عدد پایه کروموزومی $x=15$ و دو سطح پلوئیدی دیپلوئید و تتراپلوئید با تعداد کروموزوم ۶۰ و $2n=30$ مشاهده شد. تنها در گونه *T. migricus* عدد پایه کروموزومی $x=14$ با دو سطح پلوئیدی دیپلوئید و تتراپلوئید و عدد کروموزومی ۵۶ و $2n=28$ گزارش شد.

مطالعه کاریوتیپی پنج جمعیت از گونه *T. migricus* نشان داد که تعداد کروموزوم پایه جمعیت‌های مورد مطالعه در این گونه $x=14$ می‌باشد. وجود ۲۸ کروموزوم در جمعیت‌های هریس، نازلو و بند و ۵۶ کروموزوم در جمعیت جلفا و قوشچی مربوط به سطوح دیپلوئیدی ($2n=2x=28$) و تتراپلوئیدی ($2n=4x=60$) است. اندازه کروموزوم‌های میتوزی بسیار کوچک بود و طول متوسط آن از ۰/۶۹ تا ۱/۴۲ میکرومتر متغیر بود. کوچکترین کروموزوم‌ها در جمعیت قوشچی و بزرگترین آنها در جمعیت هریس مشاهده شد. در همه جمعیت‌ها، کروموزوم‌های متاسنتریک متداول‌ترین بودند در حالی که کروموزوم‌های ساب متاسنتریک نادر بودند. شاخص‌های کاریوتیپی به دست آمده برای پنج جمعیت نشان داد که کاریوتیپ‌ها کمی نامتقارن هستند.

طول کل کروموزوم (TL)، طول بازوی بلند (L)، طول بازوی کوتاه (S)، نسبت بازوها (AR)، شاخص سانترومری (CI)، شاخص عدم تقارن درون کروموزومی (A_1)، شاخص عدم تقارن بین کروموزومی (A_2)، درصد شکل کلی کاریوتیپ (TF%) محاسبه گردید. در این بررسی برای تعیین وضعیت تکاملی و مطالعه تقارن کاریوتیپی از جدول دو طرفه Stebbins استفاده شد. به منظور تجزیه آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات کروموزومی، تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) انجام شد. اطلاعات مربوط به خصوصیات کروموزومی و کاریوتیپی سایر گونه‌های آویشن متعلق به بخش *Serpyllum* و زیر بخش *Kotschyanii* از منابع علمی مختلف استخراج و مورد مطالعه قرار گرفت. موقعیت جغرافیایی جمعیت‌های مختلف سایر گونه‌های آویشن مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج و بحث

سلول‌های متافازی، کاریوتیپ و ایدیوگرام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است. این مطالعه تعداد کروموزوم و رفتار میتوزی ۳۱ جمعیت از ۸ گونه آویشن متعلق به زیر بخش *Kotschyanii* در ایران را گزارش می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای ویژگی‌های کروموزومی جمعیت‌های آویشن خراسانی (جدول ۴) نشان داد که در بین جمعیت‌ها از نظر صفاتی مانند طول کروموزوم، طول بازوی بلند، طول بازوی کوتاه، نسبت بازوی بلند به کوتاه و شاخص سانترومری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در این مطالعه برای هر پنج جمعیت، عدد پایه کروموزومی $x=15$ و دو سطح پلوئیدی دیپلوئید و تتراپلوئید تعیین شد. کروموزوم‌ها در اکثر جمعیت‌ها، به صورت متاسنتریک بودند و در جمعیت رثین کروموزوم‌های ساب متاسنتریک نیز مشاهده شد. به طور کلی جمعیت‌های تیوان، گلمخاران، پاکتل و هیکوه به صورت

جدول ۱- گونه‌های مختلف جنس *Thymus* متعلق به زیر بخش *Kotschyanii* در ایران

Table 1- Different species of *Thymus* genus belong to subsection *Kotschyanii* in Iran

بخش Section	زیر بخش Subsection	گونه Species
Serpyllum (Miller) Benth.	Kotschyanii (Klokov.) Jalas	<i>T. armeniacus</i>
		<i>T. carmanicus</i> Jalas
		<i>T. daenaensis</i> Celak
		<i>T. ericalyx</i> (Ronniger) Jalas
		<i>T. fallax</i> Fisch. & C. A. Mey
		<i>T. fedtschenkoi</i> Ronninger
		<i>T. kotschyanus</i> Boiss. & Hohen.
		<i>T. Lancifolius</i> Celak
		<i>T. migricus</i> Klokov & Schost
		<i>T. pubescens</i> Boiss. & Kotschy ex Celak
		<i>T. transcaspicus</i> Klokov
		<i>T. transcaucasicus</i> Ronninger
		<i>T. trautevetteri</i> Klokov

جدول ۲- موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی جمعیت‌های مختلف آویشن خراسانی

Table 2- Geographic location and climatic conditions of studied *Thymus transcaspicus* Klokov populations

استان Province	رویشگاه Location	ارتفاع Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude (E)	عرض جغرافیایی Latitude (N)	میانگین دمای سالانه Average annual temperature (C°)	میانگین بارندگی سالانه Average annual rainfall (mm)	کاربری زمین Land use
خراسان رضوی Razavi khorasan	تیوان Tiwan	2300	E58° 35' 18"	N37° 27' 13"	13.9	310	مرتع Grassland
خراسان رضوی Razavi khorasan	گلمخاران Gomakharan	2454	E58° 23' 14"	N36° 57' 17"	11.9	337.9	زراعی Farming
خراسان شمالی Khorasan North	رئین Reiin	2150	E57° 03' 10"	N37° 23' 53"	13.5	270	چراگاه Pasture
خراسان شمالی Khorasan North	پاکتل Pakotal	2049	E57° 27' 47"	N37° 16' 18"	12.7	253	زراعی Farming
سمنان Semnan	هیکه Hiq	2026	E53° 27' 48"	N36° 01' 5"	11.2	267.9	چراگاه Pasture

درون کروموزومی، گونه *T. daenensis subsp daenensi* از نامتقارن‌ترین و در عین حال کامل‌ترین کاریوتیپ نسبت به دو گونه دیگر بود. درحالی که گونه *T. pubescens* متقارن‌ترین و ابتدایی‌ترین کاریوتیپ را نشان داد (Daftari and Safarnejad, 2012). در مطالعه جواد و همکاران (Javadi et al., 2009) خصوصیات کاریوتیپی شش جمعیت از دو گونه آویشن شامل (*T. kotschyanus*, *T. daenensis*) از این زیر بخش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشانگر آن بود که تعداد کروموزوم پایه $x=15$ و کروموزوم ها در اکثر جمعیت‌ها از نوع متاسانتریک و در تعداد کمی از نوع ساب متاسانتریک بودند. سطح پلوئیدی مختلفی در بین جمعیت‌های *T. kotschyanus* و *T. daenensis* مشاهده شد (دیپلوئید و تتراپلوئید). جمعیت‌های *T. daenensis* (T16) و *T. kotschyanus* (T20) تتراپلوئید ($2n=4x=60$) و بقیه جمعیت‌ها دیپلوئید بودند ($2n=2x=30$). جمعیت *T. kotschyanus* (T20) کمترین مقدار A_1 و بیشترین مقدار TF را داشت، بنابراین به عنوان متقارن‌ترین کاریوتایپ معرفی شد. در جمعیت *T. daenensis* (T17) حداکثر شاخص A_2 مشاهده شد، بنابراین کاریوتیپ آن از سایر جمعیت‌ها نامتقارن‌تر بود.

بررسی ویژگی‌های کاریوتیپی ده جمعیت از گونه *T. eriocalyx* بیانگر دو سطح پلوئیدی (دیپلوئید و تتراپلوئید) در این جمعیت‌ها بود. عدد پایه کروموزومی در جمعیت‌های این گونه $x=15$ و تعداد کروموزوم $2n=30$ و $2n=60$ تعیین شد.

شاخص A_1 از 0.49 تا 0.64 و شاخص عدم تقارن بین کروموزومی (A_2) بین 0.02 تا 0.1 متغیر بودند. در میان جمعیت‌های دیپلوئید، جمعیت هریس را می‌توان از جمعیت نازلو و بند با برخی ویژگی‌های کاریولوژیکی مانند بلندترین و کوتاه‌ترین بازوهای کروموزوم‌ها و طول کل کروموزوم‌ها تشخیص داد. جمعیت بند دارای کاریوتیپ نامتقارن بود. این به معنای تفاوت بین طول بازوی کوتاه و بلند است، همانطور که توسط A_1 بزرگتر نشان داده شده است. با این حال، جمعیت هریس جمعیتی با کاریوتیپ نامتقارن‌تر بود و به معنای تغییرات طول در بین کروموزوم‌ها ($A_2=0.102$). از طرف دیگر، جمعیت نازلو با داشتن کاریوتیپ بسیار متقارن با دو جمعیت دیپلوئید دیگر متفاوت بود ($A_1=0.492$ و $A_2=0.020$). در بین دو جمعیت تتراپلوئید، جمعیت جلفا دارای کاریوتیپ نامتقارن بود ($A_1=0.64$ و $A_2=0.07$). به طور کلی جمعیت هریس و جلفا نشان دهنده سطوح بالاتر ناهمگنی کاریوتیپی بودند (Yavari et al., 2010). بررسی کاریوتیپی پنج جمعیت از گونه‌های *T. lancifolius*, *T. daenensis subsp daenensis*, *T. pubescens*، *T. fedtschenkoi*، *T. daenensis* متعلق به زیر بخش *kotschyani* نشان داد که عدد کروموزوم پایه در تمامی گونه های مورد مطالعه $x=15$ می‌باشد. از لحاظ سطح پلوئیدی گونه *T. lancifolius* با فرمول کاریوتیپی $25m+5sm$ ، دو جمعیت گونه *T. daenensis subsp daenensis* به ترتیب با فرمول کاریوتیپی $22m+8sm$ و $30m$ ، گونه *T. fedtschenkoi* با فرمول کاریوتیپی $23m+7sm$ و گونه *T. pubescens* با فرمول کاریوتیپی $30m$ ، دیپلوئید ($2n=2x=30$) بودند. براساس جدول دوطرفه استبیز گونه ها در ۲ کلاس A و B قرار گرفتند. با توجه به شاخص تقارن

جدول ۳- موقعیت جغرافیایی جمعیت‌های مختلف آویشن مورد مطالعه متعلق به زیر بخش *Kotschyani*

Table 3- Geographic location of different populations of studied *Thymus* belonging to *Kotschyani* subsection

منبع Reference	گونه Species	محل نمونه برداری Location
کلوندی و همکاران، ۲۰۱۲ Kalvandi et al., 2012	<i>T. eriocalyx</i>	لرستان -ازنا-سفید کوه Lorestan, Azna, Sefid kooh
	<i>T. eriocalyx</i>	لرستان -ازنا- دره تخت- اشترانکوه Lorestan Province, Azna, Dare Takht, Oshtoran kooh
	<i>T. eriocalyx</i>	لرستان-دورود-گهر رود-سراوند Lorestan Province, Doroud, Gahar Road, Saravand village
	<i>T. eriocalyx</i>	مرکزی-شازند- سورانه-کوه راسوند Markazi Province, Arak Shazand, Souraneh village, Rasvand mountain
	<i>T. eriocalyx</i>	مرکزی- اراک کوه ابسر Markazi Province, Arak, Qom Road Latehdar village, Absar Mountain
	<i>T. eriocalyx</i>	همدان- ملایر- منطقه حفاظت شده لشگردر Hamadan Province, Malayer, Conservation area of Lashkardar
	<i>T. eriocalyx</i>	همدان-تویسرکان-منطقه حفاظت شده خانگرمز Hamadan Province, Toysderkan, Tormeyanak village, Khangormaz mountain
	<i>T. eriocalyx</i>	کرمانشاه- سنقر-روستای احمد اباد-کوه دالاخانی Kermanshah Province, 11 km Riad of Songhor to Bistoon, Ahmadabad village, Dalakhani mountain
	<i>T. eriocalyx</i>	کردستان-جاده قدیم سندج به مریوان-آریز گرجی Kurdistan Province, Sanandaj Marivan old Road, Ariz gorge
	<i>T. eriocalyx</i>	کردستان-سقز Kurdistan Province, Saghez
جوادی و همکاران، ۲۰۰۹ Javadi et al., 2009	<i>T. daenensis</i>	قزوین-گاگازان Gazvin- Gagazan
	<i>T. daenensis</i>	قزوین- آبگرم Gazvin- Abgarm
	<i>T. daenensis</i>	زنجان- کینوار Zanjan- Kinevars
	<i>T. daenensis</i>	زنجان-ریمان Zanjan- Riman
	<i>T. kotschyanus</i>	قزوین- الموت Gazvin- Alamut
	<i>T. kotschyanus</i>	زنجان- ابهر Zanjan- Abhar
یاوری و همکاران، ۲۰۱۰ Yavari et al., 2010	<i>T. migricus</i>	آذربایجان شرقی- هریس East Azerbaijan, Heris
	<i>T. migricus</i>	آذربایجان شرقی- جلفا East Azerbaijan, Jolfa
	<i>T. migricus</i>	آذربایجان غربی- قوشچی West Azerbaijan, Ghushchi
	<i>T. migricus</i>	آذربایجان غربی- نازلو West Azerbaijan, Nazloo
	<i>T. migricus</i>	آذربایجان غربی- بند West Azerbaijan, Band
دفتاری و همکاران، ۱۳۹۰ Daftari et al., 2012	<i>T. lancifolius</i>	خراسان رضوی Razavi Khorasan Province
	<i>T. fedtschenkoi</i>	خراسان رضوی Razavi Khorasan Province
	<i>T. pubescens</i>	خراسان رضوی Razavi Khorasan Province
	<i>T. daenensis</i>	خراسان رضوی Razavi Khorasan Province
	<i>T. daenensis</i>	خراسان رضوی Razavi Khorasan Province

جدول ۴- تجزیه واریانس ویژگی‌های کروموزومی در برخی جمعیت‌های آویشن خراسانی

Table 4- of the ANOVA for the chromosomal traits in some populations of *Thymus transcaspicus* Klokov

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		طول کل کروموزوم Total Length of Chromosome (TL)	طول بازوی بلند Long arm (LA)	طول بازوی کوتاه Short arm (SA)	نسبت بازوها Arm ratio (AR)	شاخص سانترومیری Centromic index (CI)
جمعیت Populations	4	0.139**	0.039**	0.25**	0.016**	0.0003**
خطا Error	45	0.002	0.009	0.004	0.003	0.008

** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

**: significant at 1% of probability level.

جدول ۵- جزئیات کاربوتیپی گونه/ جمعیت‌های مختلف آویشن

Table 5- Karyotypic details of *Thymus* species/populations

گونه‌ها/جمعیت‌ها Species/ Populations	X	2n	سطح پلوئیدی Ploidy level	TL	SC	A ₁	A ₂	TF%	KF
<i>T. transcaspicus</i> (T1)	15	30	2x	1.12	1A	0.21	0.13	43.86	30m
<i>T. transcaspicus</i> (T2)	15	60	4x	1.24	2A	0.23	0.14	43.17	58m + 2sm
<i>T. transcaspicus</i> (T3)	15	30	2x	1.35	1A	0.20	0.14	43.97	30 m
<i>T. transcaspicus</i> (T4)	15	30	2x	1.42	1A	0.19	0.12	44.68	30m
<i>T. transcaspicus</i> (T5)	15	30	2x	1.22	1A	0.18	0.13	44.87	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T6)	15	30	2x	1.54	1A	0.16	0.14	45.65	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T7)	15	30	2x	1.27	1B	0.12	0.19	46.96	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T8)	15	30	2x	1.74	1A	0.15	0.15	45.88	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T9)	15	30	2x	1.61	1A	0.12	0.17	46.84	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T10)	15	30	2x	1.32	1A	0.14	0.12	46.37	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T11)	15	30	2x	1.30	1A	0.15	0.12	45.70	2M+28m
<i>T. eriocalyx</i> (T12)	15	60	4x	1.39	1B	0.15	0.18	45.90	60m
<i>T. eriocalyx</i> (T13)	15	30	2x	2.37	1B	0.17	0.18	45.03	30m
<i>T. eriocalyx</i> (T14)	15	60	4x	1.02	1A	0.17	0.13	45.14	2M+58m
<i>T. eriocalyx</i> (T15)	15	60	4x	1.09	1A	0.12	0.17	46.58	60m
<i>T. daenensis</i> (T16)	15	60	4x	1.56	1A	0.32	0.12	40.4	45m+6sm
<i>T. daenensis</i> (T17)	15	30	2x	1.51	1B	0.29	0.17	40.94	28m+2sm
<i>T. daenensis</i> (T18)	15	30	2x	1.51	1A	0.32	0.13	40.33	30m
<i>T. daenensis</i> (T19)	15	30	2x	1.38	1A	0.29	0.14	41.15	30m
<i>T. kotschyanus</i> (T20)	15	60	4x	1.16	1A	0.26	0.14	42.11	56m+4sm
<i>T. kotschyanus</i> (T21)	15	30	2x	1.15	1A	0.28	0.13	41.45	30m
<i>T. migricus</i> (T22)	14	28	2x	1.42	-	0.57	0.1	-	28m
<i>T. migricus</i> (T23)	14	56	4x	0.86	-	0.64	0.07	-	52m+4sm
<i>T. migricus</i> (T24)	14	56	4x	0.69	-	0.52	0.05	-	56m
<i>T. migricus</i> (T25)	14	28	2x	0.77	-	0.49	0.02	-	26m+2sm
<i>T. migricus</i> (T26)	14	28	2x	0.87	-	0.58	0.03	-	26m+2sm
<i>T. lancifolius</i> (T27)	15	30	2x	3.36	2B	0.37	0.15	38.24	25m+5sm
<i>T. fedtschenkoi</i> (T28)	15	30	2x	2.92	3A	0.36	0.13	38.71	23m+7sm
<i>T. pubescens</i> (T29)	15	30	2x	3.22	3A	0.29	0.09	41.05	30m
<i>T. daenensis</i> (T30)	15	30	2x	3.28	2B	0.42	0.16	36.32	22m+8sm
<i>T. daenensis</i> (T31)	15	30	2x	3.28	3A	0.28	0.12	41.53	30m

TL: طول کل کروموزوم، A₁: شاخص عدم تقارن درون کروموزومی، A₂: شاخص عدم تقارن بین کروموزومی، TF%: درصد شکل کلی کاربوتیپ، KF: فرمول کاربوتیپی
 TL: total length of chromosome, A₁: intrachromosome asymmetry index, A₂: interchromosome asymmetry index, TF%: total form percentage, KF: karyotype formula

است. با توجه به رابطه عکس A_1 با درصد TF، جمعیتی که دارای بیشترین مقدار A_1 و کمترین مقدار درصد TF باشد نامتقارن تر و جمعیتی که دارای کمترین مقدار A_1 و بیشترین مقدار TF باشد دارای کاریوتیپ متقارن تری است. در میان گونه‌های مختلف آویشن با عدد پایه $x=15$ بیشترین مقدار شاخص TF و کمترین مقدار شاخص A_1 در جمعیت‌های متعلق به *T. eriocalyx* (T7, T9) مشاهده شد و نشان‌دهنده این است که این گونه دارای متقارن‌ترین و ابتدایی‌ترین کاریوتیپ در میان گونه‌های این زیر بخش می‌باشد. کمترین مقدار شاخص TF و بیشترین مقدار شاخص A_1 در جمعیت‌های گونه‌های *T. lancifolius* (T27) و *T. fedtschenkoi* (T28) مشاهده شد و بیانگر این است که این گونه‌ها دارای کاریوتیپ نامتقارن تر می‌باشند. در گونه *T. eriocalyx* (T7) بیشترین مقدار شاخص A_2 مشاهده شد، بدین ترتیب در این جمعیت بیشترین عدم تقارن بین کروموزوم‌ها و هتروژنی از نظر طول کروموزوم‌ها وجود دارد.

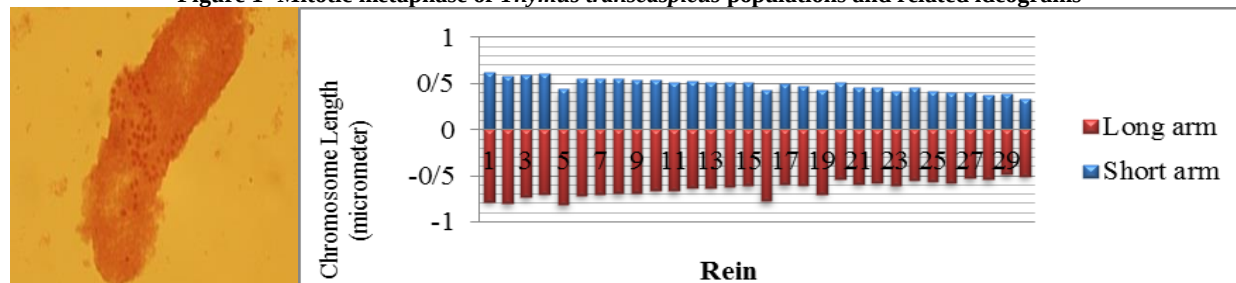
نتیجه‌گیری

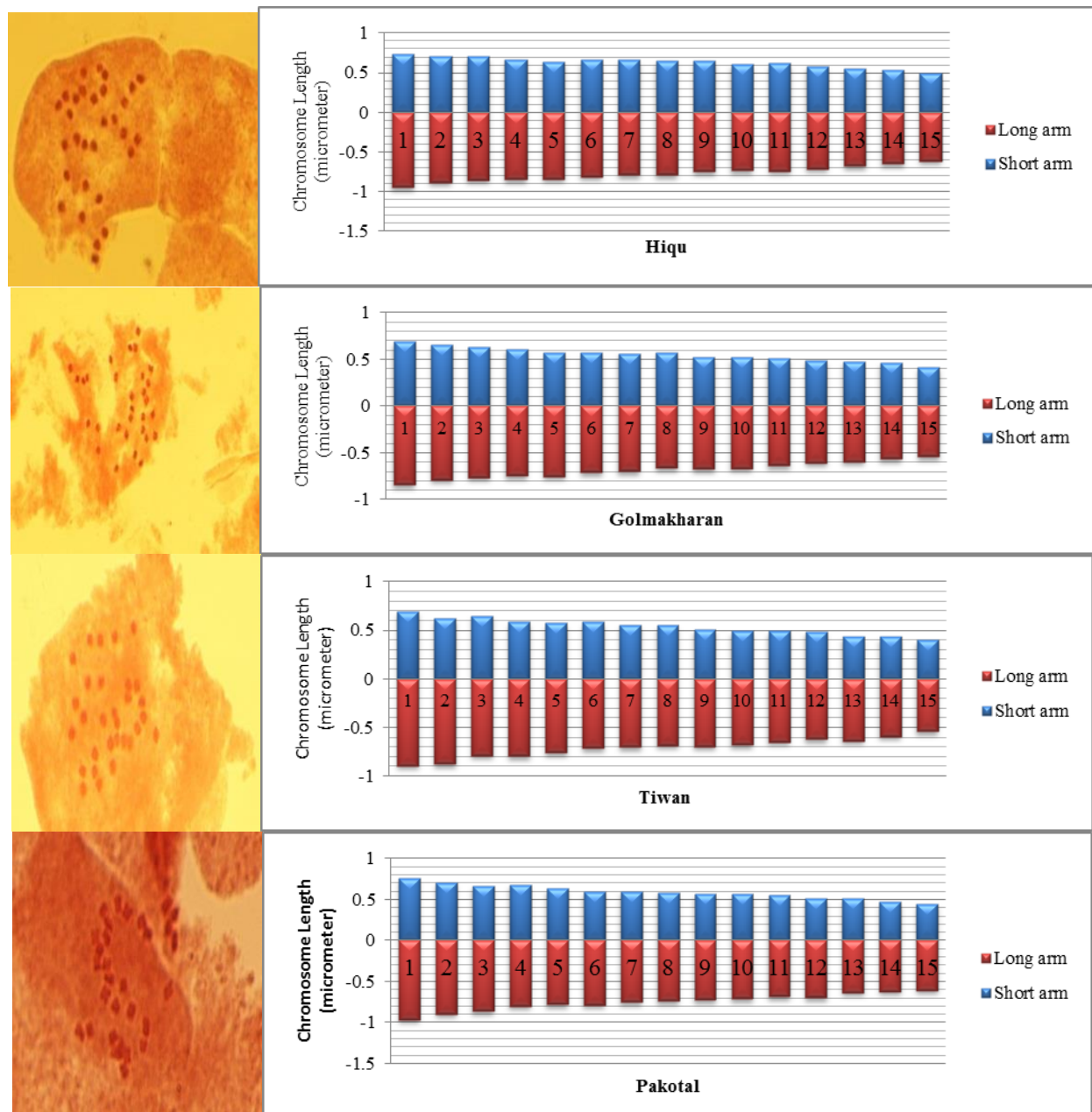
به طور کلی از تحقیقات گذشته و یافته‌های این تحقیق می‌توان استنباط کرد که در سطح پلوئیدی و تعداد کروموزوم گونه‌های مختلف آویشن ناپایداری وجود دارد که احتمالاً ناشی از تغییرات عوامل محیطی، هیبریداسیون بین گونه‌ای و پلی‌پلوئیدی (آنیوپلوئیدی) می‌باشد، این ناپایداری باعث می‌شود که تشخیص و تعیین منشأ تاکسونومی گونه‌های آویشن به دشواری انجام شود. در پایان، نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند برای درک بهتر جایگاه تاکسونومیکی و برنامه‌های اصلاح و اهلی‌سازی این گونه‌ها مفید باشد.

بر اساس شاخص تقارن درون کروموزومی جمعیت‌های *T. eriocalyx* (T13, T14) نامتقارن‌ترین و تکامل یافته‌ترین و جمعیت‌های *T. eriocalyx* (T7, T9, T15) متقارن‌ترین کاریوتیپ را در بین جمعیت‌ها دارا بودند (Kalvandi et al., 2012). از نظر ویژگی‌های کروموزومی در بین گونه‌های مختلف زیر بخش *kotschyanii* کوچکترین کروموزوم (۰/۶۹ میکرومتر) و بزرگترین کروموزوم (۳/۳۶ میکرومتر) به ترتیب در گونه‌های *T. migricus* (T24) و *T. lancifolius* (T27) مشاهده شد که نشان‌دهنده این است که گونه‌های مختلف آویشن دارای کروموزوم‌های بسیار کوچک می‌باشند، مهدوی و کریم زاده (Mahdavi and Karimzade, 2010) با مطالعه روی خصوصیات کاریولوژیکی چند گونه آویشن گزارش کردند که کروموزوم‌ها در گونه‌های مختلف جنس آویشن کوچک هستند. به طور کلی مطالعات سیتولوژیکی در گونه‌های مختلف جنس آویشن به دلیل اندازه بسیار کوچک کروموزوم‌های آنها بسیار مشکل است (Funamoto et al., 2008). بر اساس جدول دوطرفه استیمنز اکثر جمعیت‌ها در کلاس A و ۱B قرار گرفتند ولی در جمعیت‌های گونه *T. lancifolius* کلاس A و ۲A و ۳B نیز مشاهده شد در نتیجه بر اساس این پارامتر در بین گونه‌های مورد مطالعه این گونه دارای کاریوتیپ نامتقارن تر و کامل تری نسبت به کاریوتیپ بقیه گونه‌ها می‌باشد. طبق نظر هوزیوارا (Huziwarra, 1962)، درصد شکل کلی کاریوتیپ (TF%) شاخصی برای بیان وضعیت تقارن کاریوتیپ است. هرچه درصد TF به ۵۰ نزدیک تر باشد دلیل بر قرار گرفتن سانترومر در وسط کروموزوم‌ها و کاریوتیپ متقارن و هرچه از ۵۰ کمتر باشد نشان‌دهنده وجود کروموزوم‌های با سانترومرهای انتهایی و کاریوتیپ نامتقارن است. وجود کروموزوم‌های ساب متاسانتریک و ساب تلوسانتریک نیز دلیل بر عدم تقارن کاریوتیپ

شکل ۱- نمایی از کروموزوم‌های متافازی و آیدیوگرام آویشن خراسانی

Figure 1- Mitotic metaphase of *Thymus transcaspicus* populations and related ideograms





منابع

- 1- Azizian, D., & Bakhshi-Khanik, Gh. (2002). *Principles and Methods of plant classification*, Tehran, Payamenoor, 141 pp.
- 2- Daftari, Z., & Safarnejad, A. (2012). Karyotypic study of four *Thymus* species (*T. pubescens*, *T. fedtschenkoi*, *T. daenensis*, *T. lancifolius*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* 19(2): 241-250.
- 3- Funamoto, T., Kondo, K., Smirnov, V.S., Tatarenko, V.I., Motohashi, T., & Damdinsuren, O. (2008). A comparison of chromosome characters in tree species of *Thymus* (Lamiaceae) collected in Russia and Mongolia Altai. *Chromosome Botany* 3: 1-6.
- 4- Hornok, L. (1991). Effect of envirmetal factors on the production of some essential oil plants. *Horticultural* 23: 30-57.
- 5- Huziwara, Y. (1962). Karyotype analysis in some genera of compositae, futher studies on the chromosome of Aster. *American Journal of Botany* 49: 116-119.

- 6- Jalas, J. (1982). *Thymus* in: Rechinger, K.H Flora Iranica no. 150. Graz. pp 532-551
- 7- Jalas, J. (1971). Notes on *Thymus* L. (Labiatae) in Europe supraspecific classification and nomenclature. Botanical journal of the Linnean Society. 64. pp. 199-235.
- 8- Jamzad, Z. (2009). *Thymus and Satureja species of Iran*, publication of Research Institute of Forests and Rangelands, 171 pp.
- 9- Javadi, H., Hesamzadeh Hejazi, S.M., & Babayev, M. (2009). Karyotypic studies of three *Thymus* (Lamiaceae) species and population in Iran. *Caryologia* 62(4): 316-325. <https://doi.org/10.1080/00087114.2004.10589697>.
- 10- Kalvandi, R., Hesamzadeh Hejazi, S.M., Atri, M., Mirza, M., Zamzad, Z., & Safikhani, K. (2012). Karyotype analysis among 10 populations of *Thymus eriocalyx* (Ronniger) Jalas species in Iran, *Annals of Biological Research* 3(8): 3916-3925.
- 11- Levan, A., Fredga, K., & Sanberge, AA. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220. <http://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x>.
- 12- Lewis, H.L. (1980). Polyploidy in species. In: W.H. Lewis (ed.) Polyploidy, *Basic Life Science* 13: 103-144.
- 13- Leung, A.Y., & Foster, S. (1996). *Encyclopedia of common natural ingredient: used in food, drugs and cosmetics*. A Wiley Interscience Publication-John Wiley&Sons Inc. 649 pp.
- 14- Mahdavi, S., & Karimzade, G. (2010). Karyological and nuclear DNA content variation in some Iranian endemic *Thymus* species (Lamiaceae). *Journal of Agricultural Science and Technology* 12(4): 447-458.
- 15- Martonfi, P., & Martonfiova, L. (1996). *Thymus* chromosome numbers from Carpathians and Pannonia. *Thaiszia Journal of Botany Kosice* 6: 25-38.
- 16- Mehrpur, S., Mirzaie-Nodoushan, H., Majd, A., & Sefidkon, F. (2002). Karyotypic studies of two *Thymus* species. *Cytologia* 67: 343-346.
- 17- Mewes, S., Kruger, H., & Pank, F. (2008). Physiological, morphological, chemical and genomic diversities of different origins of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Genetic Resource Crop Evolution* 55: 1303-1311.
- 18- Morales, R. (2002). *The history, botany and taxonomy of the genus Thymus*. In: Stahl-Biskup, E. and Saez, F. Thyme, The genus *Thymus*. Taylor and Francies Group. 332pp.
- 19- Rechinger, K.H. (1982). *Flora Iranica*. Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt.
- 20- Romero Zarco, C. (1986). A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxonomy* 35: 526-530.
- 21- Safari, H., Hesamzade, M., Jalilian, N., & Ziaeenasab, M. (2008). Investigation of karyotypic variation in three species of *Sophora* sp. *Iranian Journal of Forest and Rangeland's Plant Breeding and Genetic Researches* 16: 27-37.
- 22- Stebbins, GL. (1971). *Chromosomal evolution in higher plants*. Edward, Arnold. London. 216 pp.
- 23- Yavari, A., Nazeri, V., Sefidkon, F., & Hassani, M.E. (2010). Karyotypic study on some populations of *Thymus migricus* Klovov & Desj-Shost. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 51(2):101-105.
- 24- Ziaei Nasab, M., Hesamzadeh Hejazi, S.M., Bihamta, M.R., Mirza, M., & Naderi-shahab, M.A. (2012). Assessment of karyotypical variation among 16 populations of *Thymus daenensis* Celak and *Thymus kotschyanus* Boiss. species in Iran. *African Journal of Biotechnology* 11: 1028-1036. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2441>.



Determining the Efficiency of Silicon Fertilizer and Branch Pruning on Greenhouse Eggplant Yield and Post-harvest Shelf Life

H. Zakeri¹, Z. Roudbari^{2*}

Received: 14-09-2021

Revised: 10-12-2021

Accepted: 11-12-2021

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Zakeri, H., & Roudbari, Z. (2023). Determining the Efficiency of Silicon Fertilizer and Branch Pruning on Greenhouse Eggplant Yield and Post-harvest Shelf Life. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 869-883. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2021.72451.1090](https://doi.org/10.22067/jhs.2021.72451.1090)

Introduction

Silicon (Si) is not an essential element for the growth of plants, but its role in improving the yield by reducing the environmental stresses and crop durability is very important. Despite the abundance of Si in the soil, the amount of dissolved Si available for herbal absorption might be limited. Therefore, using this useful element through foliar application can be effective in the growth of the plants such as eggplant. On the other hand, profitability is dependent on the high yield and quality per unit area in producing greenhouse vegetables.

Materials and Methods

To study the effect of foliar application of Si fertilizer from the source of Khazra Chelated Silicon (commercial brand, contains 2% chelated silicon for plant at pH 3 to 11 and no silicate in the form of salt) in different stages of the growth of eggplant and bush pruning in hybrid eggplant, a greenhouse experiment was conducted in a soil environment as a split-plot in a randomized complete block design with 3 replications in Minab region. In this experiment, the consumption of Si fertilizer as the main factor at 4 levels (0 and 2 per thousand in the vegetative phase, 2 per thousand in the reproductive phase and 2 per thousand at the two vegetative and reproductive phases) and the type of pruning as a sub-factor in 4 levels (two-branch training system, three-branch training system, four-branch training system and no training system) were applied. Eggplant seeds were transplanted in an environment containing sphagnum in November and then at four-leaf stage they were transferred to the main field in December. The distance between the rows was one meter and the distance between the plants in the row was 45 cm. After positioning the plant in the greenhouse and reaching the appropriate growth, pruning and foliar application of Si fertilizer began and in the treatment without fertilizer, spraying with pure water was used. Silicon fertilizer was sprayed on the eggplant leaves according to the instructions recommended by the manufacturer every eight days. Once the eggplants reached a suitable reproductive growth and started fruiting, fruit thickness, fruit length, the weight of each fruit, the number of the fruits on each plant, and finally the yield of each plant were recorded in each pick. To evaluate the effect of Si on the durability of eggplant after picking, 3 fruits harvested from each treatment were first weighed by a digital scale, and then kept at room temperature for 2 weeks and after two weeks, the weight of each fruit was measured again. Based on two recorded weights, the percentage of fruit weight loss was calculated. Furthermore, to evaluate the effect of silicon fertilizer and plant pruning on resistance to fungal diseases, scores, from 1 to 9, were given to the plants in each treatment. Plants without any fungal infection were assigned a score of 1, and completely infected plants were assigned a score of 9.

Results and Discussion

The results showed that pruning improved the fruit length, the plant height, the fruit weight in each plant, and the plant yield and reduced the percentage of fungal infection in the plant. Moreover, the silicon foliar application positively affected the number of the fruits in each plant and increased the durability of fruits after

1- M.Sc Student of Horticultural Sciences, Islamic Azad University, Jiroft Branch, Jiroft

2- Assistant Professor of Plant Breeding, Department of Crop and Horticultural Science Research, Southern Kerman, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran

(* - Corresponding Author Email: z.roudbari@areeo.ac.ir)

harvesting. Silicon foliar application in the two vegetative and reproductive stages together and plant pruning in a four-branch way resulted in maximum plant yield, improved crop quality, and improved greenhouse management. The intensity of fungal infection was affected by different levels of silicon, plant pruning, and the interaction of the two factors at a probability level of five percent. Comparison of interaction averages showed that pruning and foliar application in vegetative and reproductive stages together significantly reduced fungal infection in the greenhouse. The highest intensity of fungal infection was related to plants without pruning and lack of silicon. Pruning improves airflow and modulates humidity in the plant canopy and as a result eliminates the proper conditions for fungal growth. Silicon also prevents fungal penetration into plant cells by depositing in the plant cell wall and strengthening plant tissue, and as a result inhibits fungal growth in the plant. Marschner (2012) reported that silicon would increase resistance to fungal and bacterial diseases and pests. Plant diseases are a major threat to agricultural production because they cause a serious loss of yield and quality of the crop. Numerous studies have reported that Si is effective in controlling diseases caused by fungal and bacterial pathogens in various plant species. Furthermore, given that one of the challenges for producers to deliver high-quality crops to the target market is their durability after harvesting, it seems that silicon foliar application at the two vegetative and reproductive stages might be effective to overcome such a challenge. Choosing a training system depends to a large extent on the ease of work in the greenhouse, the production system, and the superiority of the production rate. On the other hand, a significant increase in yield and crop quality was reported for barley, rice, sugarcane, tomato, cucumber, soybean, and bamboo due to Si consumption during the growth. Another important feature of silicon is that it increases plant damage under biological and non-biological stress conditions as well as resistance against stress.

Conclusion

According to the results, four-branch training system of eggplant and also silicon foliar application in the two vegetative and reproductive phases of greenhouse eggplant improved the yield components and increased the durability after harvesting. Pruning the plant into four branches also improved yields. Therefore, using silicon with four-branch training system is recommended, especially in traditional greenhouses without proper ventilation systems.

Keywords: Branch pruning, Greenhouse vegetables, Post-harvest shelf life, Useful elements

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۸۳-۸۶۹

تعیین کارایی کود سیلیسیم و تربیت بوته بر عملکرد بادمجان (*Solanum melongena*) گلخانه‌ای رقم 'دنيس' و ماندگاری پس از برداشت میوه

حسین ذاکری^۱ - زهرا رودباری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰

چکیده

سیلیسیم عنصری ضروری برای رشد گیاه نیست اما نقش آن در بهبود عملکرد به واسطه کاهش تنش‌های محیطی و ماندگاری محصول بسیار حائز اهمیت است. از سویی در تولید سبزیجات گلخانه‌ای، سودآوری وابسته به عملکرد بالا و میزان کیفیت در واحد سطح می‌باشد که می‌تواند با مدیریت صحیح هرس ساقه افزایش یابد. لذا به منظور بررسی اثر محلول پاشی کود سیلیسیم از منبع کلات سیلیسیم در مراحل مختلف رشد گیاه و تربیت بوته در گیاه بادمجان، آزمایشی گلخانه‌ای در محیط خاکی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در منطقه میناب اجرا شد. در این آزمایش، مصرف کود سیلیسیم به عنوان فاکتور اصلی در ۴ سطح (صفر و ۲ در هزار در فاز رویشی، ۲ در هزار در فاز زایشی و ۲ در هزار در دو فاز رویشی و زایشی) و نوع هرس به عنوان فاکتور فرعی نیز در ۴ سطح (بدون هرس، هرس دوشاخه، هرس سه شاخه و هرس چهارشاخه) اعمال شد. نتایج نشان داد که شیوه تربیت بوته با تاثیر مثبت بر طول میوه، ارتفاع بوته، وزن میوه منجر به افزایش متوسط عملکرد بوته از ۷۲۰ گرم به ۱۳۰۰ گرم در هر چین شد. همچنین محلول پاشی سیلیسیم از طریق افزایش غلظت سیلیسیم موجود در گیاه و تاثیر مثبت بر تعداد میوه در بوته سبب افزایش ۶۴ درصدی عملکرد بوته نسبت به عدم محلول پاشی سیلیسیم شد. درصد افت وزن میوه نیز از ۱۰ درصد در شرایط بدون دریافت سیلیسیم به ۱ درصد کاهش معنی داری یافت. اثر متقابل محلول پاشی با سیلیسیم در دو مرحله رویشی و زایشی و تربیت بوته به صورت چهار شاخه کاهش درصد آلودگی قارچی را به دنبال داشت. لذا مصرف سیلیسیم در دو مرحله رویشی و زایشی به ویژه در گلخانه‌های سنتی فاقد سیستم‌های تهویه مناسب همراه با هرس چهار شاخه قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: افت وزن میوه، سبزیجات گلخانه‌ای، عناصر مفید، هرس شاخه

مقدمه

یکی از راهکارهای بهبود امنیت غذایی جمعیت رو به افزایش جهان، افزایش مقدار تولید در واحد سطح می‌باشد. مهم‌ترین

عامل مرتبط با تولید محصول، تغذیه صحیح گیاهان است که نقش قابل ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد دارد. در همین ارتباط، نقش برخی عناصر نظیر سیلیسیم مورد توجه برخی متخصصان تغذیه گیاه قرار گرفته است (Rodrigues and Datnof, 2015). سیلیسیم یکی از عناصر غذایی مفید است که بر رشد و سلامت گیاه تاثیر دارد. بسیاری از گیاهان قادر به جذب سیلیسیم بوده و مقدار جذب بر اساس نوع گونه گیاهی بین ۱۰-۰/۱ درصد زیست‌توده گیاهی متغیر است (Mohaghegh et al., 2010). تحقیقات متعدد نشان داده اند افزایش جذب سیلیسیم نوعی اثر سودمند بر رشد و نمو گیاه به واسطه کاهش تنش‌های زیستی و غیر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت،

جیرفت

۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ایران

(Email: z.roudbari@areeo.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhs.2021.72451.1090

زیستی برجای می‌گذارد (Dasgan et al., Alam et al., 2021)؛ این موارد شامل تنش شوری، تنش خشکی، سمیت فلزی، عدم تعادل عناصر غذایی، خسارت تشعشع، دمای بالا و یخ زدگی همچنین تحمل به بیماری‌های گیاهی و حمله آفات می‌باشد (Wu et al., 2013). به‌رغم فراوانی سیلیسیم در خاک‌ها، مقدار سیلیسیم محلول قابل دسترسی برای جذب گیاهی ممکن است محدود باشد. چراکه سیلیسیم می‌تواند با فلزات سنگین کمپلکس شود اما به‌ندرت با مواد آلی محلول کمپلکس تشکیل می‌دهد. لذا مصرف این عنصر مفید می‌تواند از طریق محلول‌پاشی بر رشد گیاهان مؤثر باشد (Crucicol et al., 2009).

در حالی محدودیت منابع آبی کشور به‌نوعی کشت برخی از محصولات کشاورزی را با مشکل مواجه کرده است که بسیاری معتقدند با کشت گلخانه‌ای می‌توان بخش قابل توجهی از منابع آبی را مدیریت کرده و محصولات موردنیاز مصرف کنندگان را با کمترین میزان برداشت از منابع آبی تأمین کرد. با توجه به شرایط جوی کشور نقش توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در افزایش محصول، کاهش مصرف آب و حفاظت محصولات در برابر شرایط اقلیمی در کشور بسیار حائز اهمیت است (Roudbari, and Khoshkam, 2020). به دلیل سرعت رشد بیشتر گیاه در شرایط گلخانه، بوته‌ها نیاز مراقبت بیشتری نسبت به گیاهان فضای باز دارند (Thakur et al., 2018). تربیت و هرس بوته یکی از مهم‌ترین اقدامات انجام‌شده در گلخانه جهت دستیابی به حداکثر بهره‌وری در محصولات گلخانه‌ای است. سیستم هرس نقش اساسی در استفاده کارآمد از محیط تولید در گلخانه‌های تولید سبزی و صیفی دارد (Alsadon et al., 2013).

بادمجان (*Solanum melongena* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده سولاناسه بوده و سطح زیر کشت گلخانه‌ای آن در ایران ۲۸۳ هکتار و متوسط عملکرد آن ۱۵۶/۵۷ تن در هکتار است (Anonymous, 2019). میوه‌ها و سبزیجات بدون شک دارای سهم مهم و در حقیقت ضروری در تأمین عناصر معدنی موردنیاز بدن انسان بوده (Dias, 2012) و بخصوص در تأمین کلسیم و آهن که کمبود آن‌ها در موارد زیادی مشاهده شده است، نقش دارند.

افزایش معنی دار عملکرد و بهبود کیفیت محصول با کاربرد سیلیسیم در محصولات مختلفی نظیر جو، برنج، چغندر قند، گوجه‌فرنگی، خیار، بادمجان گزارش شده است (Dasgan et al., 2016). مصرف ۱ میلی‌مولار سیلیسیم در گلخانه هیدروپونیک کدوسبز منجر به افزایش رشد گیاه، بهبود عملکرد و افزایش مقاومت به پودری می‌شود (Savvas et al., 2009). محلول‌پاشی سیلیسیم بر برگ‌های لوبیا با غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام از منبع سیلیکات پتاسیم در ۳۰، ۶۰ و ۸۰ روز بعد از کشت منجر به افزایش عملکرد دانه شد (Abou-Baker and Abbas, 2011). همچنین مصرف

سیلیسیم در گوجه گیلاسی در شرایط گلخانه‌ای افزایش عملکرد میوه را به میزان ۴/۸-۲ درصد به دنبال داشت (Toresano-Sanchez et al., 2012). سیلیسیم علاوه بر بهبود جذب سایر عناصر و افزایش راندمان مصرف کودها، سبب افزایش متابولیسم گیاهی و بهبود رشد در آن‌ها می‌شود (Alam et al., 2021). به گزارش این محققین مصرف خاکی سیلیسیم سبب حصول بیشترین ضخامت گوشت و بریکس میوه طالبی و کاهش اثرات تنش خشکی شد. محلول‌پاشی سیلیسیم در گیاهان خانواده کوکوریتاسه سبب تجمع سیلیسیم در گوشت و سطح بیرونی میوه شده و علاوه برافزایش کیفیت میوه سبب بهبود ماندگاری پس از برداشت می‌شود (Mitani et al., 2011). محلول‌پاشی گوجه گیلاسی با سیلیسیم و بور در مرحله قبل از رنگ گیری کامل، منجر به افزایش سفتی بافت میوه، افزایش ویتامین ث و بهبود ماندگاری پس از برداشت شد. به گزارش آن‌ها، میوه‌های محلول‌پاشی شده با سیلیسیم به‌تنهایی و یا در ترکیب با بور، کمترین افت وزن میوه را در دمای ۵ و ۱۱ درجه سانتی‌گراد نشان دادند (Islam et al., 2018).

ایجاد شرایط مطلوب برای استفاده از نور خورشید به‌منظور تولید بهتر مواد فتوسنتزی از عوامل مؤثر برای دستیابی به عملکرد بالا در کشت‌های گلخانه‌ای محسوب می‌شود. عرب سلمانی و همکاران (Arab Salmani et al., 2021) گزارش نمودند در صورتی که هدف از هرس و تربیت بوته تولید محصول زودرس بادمجان باشد، استفاده از شیوه‌ی هرس دوشاخه‌ای و در صورتی که هدف تولید کل محصول باشد، هرس چهار شاخه‌ای برای رقم مورد نظر قابل توصیه است. به گزارش امبراشچک و همکاران (Ambroszczyk et al., 2007)، هرس بصورت دو شاخه با تأثیر بر بهبود فتوسنتز تأثیر مثبتی بر تشکیل میوه و رشد آن در بادمجان دارد. بهبود کیفیت و زودرسی میوه بادمجان با هرس بوته و حفظ دو یا چهار شاخه، توسط محقق دیگری (Buczowska, 2010) نیز گزارش شده است.

در این تحقیق تلاش شده است تا کارایی محلول‌پاشی کود سیلیسیم به‌عنوان یک عنصر مفید همراه با شیوه صحیح تربیت بوته از طریق هرس شاخه بر کمیت و کیفیت محصول بادمجان در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کود سیلیسیم از منبع کلات سیلیسیم (حاوی ۲ درصد سیلیسیم کلات‌شده برای گیاه در pH ۳ تا ۱۱ و فاقد سیلیکات به شکل نمک) در مراحل مختلف رشد گیاه و شیوه تربیت بوته در گیاه بادمجان هیبرید 'دنيس' (دل‌های لامپی شکل)، آزمایشی گلخانه‌ای در محیط خاکی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در منطقه میناب اجرا شد.

نمونه برداری انجام و یک نمونه مرکب خاک به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. براساس نتایج تجزیه خاک و قبل از انتقال نشاء به محیط گلخانه، بستر کشت با کود پلیت مرغی، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم آماده شد. فاصله بین ردیف‌های کشت از همدیگر ۱ متر و فاصله هر بوته از هم در روی ردیف ۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از استقرار کامل بوته در گلخانه و رسیدن به رشد مناسب، تربیت بوته و محلول‌پاشی کود سیلیسیم آغاز گردید و در تیمار بدون کود از محلول‌پاشی با آب استفاده شد. همچنین در طول دوره رشد، تغذیه کودی گیاه بر اساس نتایج تجزیه خاک گلخانه در تمامی تیمارها به‌طور یکسان اعمال شد. شرایط محیطی گلخانه در طول دوره رشد در جدول ۲ آورده شده است.

در این آزمایش، مصرف کود سیلیسیم به‌عنوان فاکتور اصلی در ۴ سطح (صفر و ۲ در هزار در فاز رویشی، ۲ در هزار در فاز زایشی و ۲ در هزار در دو فاز رویشی و زایشی) و شیوه تربیت بوته به‌عنوان فاکتور فرعی نیز در ۴ سطح (دوشاخه، سه‌شاخه، چهار شاخه و بدون هرس) اعمال شد. مصرف کود سیلیسیم طبق دستور روی جلد شرکت تولیدکننده (با غلظت ۲ در هزار) و بافاصله هر ۸ روز یک‌بار در گلخانه محلول‌پاشی شد.

بدون در اوایل آبان‌ماه در سینی مخصوص تولید نشاء با بستر حاوی پیت‌ماس کشت شده و پس از مرحله ۴ برگی در اواسط آذرماه به گلخانه انتقال داده شد. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلخانه، قبل از انتقال نشاء، از ۵ نقطه از خاک به‌طور تصادفی

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل گلخانه اجرای پژوهش

Table 1- Results of soil analysis of the greenhouse

Table 1- Results of soil analysis of the greenhouse													
عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	pH	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر	پتاسیم	شن Sand	رس Clay	سیلیت Silt	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn
					قابل جذب P	قابل جذب K							
					(mg.kg ⁻¹)								
0-30	2.04	7.31	1.06	0.09	12.38	152	42	46	12	4.11	0.56	0.14	4.21

جدول ۲- شرایط محیطی گلخانه در طول دوره اجرای پژوهش

Table 2- Greenhouse environmental conditions during the research period

	آذرماه December	دی‌ماه January	بهمن‌ماه February	اسفندماه March	فروردین‌ماه April
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	17	12	12	20	25
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	35	30	30	40	47
متوسط درصد رطوبت نسبی Average percentage of relative humidity	55	65	67	50	48

تیمار انجام شد. به این صورت که بوته‌های بدون هر گونه آلودگی قارچی نمره ۱ و به بوته‌های کاملاً آلوده نمره ۹ اختصاص یافت (جدول ۳).

بعد از رسیدن بوته‌های بادمجان به رشد زایشی و آغاز باردهی در هر چین صفات قطر میوه، طول میوه، وزن تک میوه، تعداد میوه در هر بوته و نهایتاً عملکرد هر بوته در هر چین یادداشت شد. این یادداشت‌برداری در چهار چین اواخر اسفندماه تا اواسط فروردین‌ماه انجام شد. دلیل انتخاب این بازه زمانی، بررسی تاثیر تیمارهای بکار رفته در شرایط نامساعد پرورش بادمجان گلخانه‌ای در منطقه میناب بود. ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری قطر و طول میوه، کولیس و برای وزن میوه‌ها ترازوی دیجیتالی بود. همچنین در پایان برداشت ارتفاع نهایی هر بوته با متر نواری اندازه‌گیری و یادداشت شد.

به‌منظور ارزیابی اثر کود سیلیسیم و شیوه تربیت بوته بر مقاومت به بیماری‌های قارچی، نمره دهی از ۱ تا ۹ به بوته‌های موجود در هر

جدول ۳- مقیاس مورد استفاده برای سنجش شدت (شاخص) آلودگی قارچی (سفیدک سطحی)

Table 3- Scale used to measure the severity (index) of fungi contamination (Powdery mildew)

وضعیت آلودگی Pollution status	نمره بیماری Disease score
بوته سالم Healthy plants	1
حدود یک درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است About one percent of the leaf area is covered with fungal spores	2
حدود یک تا ۵ درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است One to five percent of leaf area covered with fungal spores	3
۵ تا ۱۰ درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است Five to 10% of leaf area covered with fungal spores	4
۱۰ تا ۲۵ درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است 10 to 25% of leaf area covered with fungal spores	5
۲۵ تا ۵۰ درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است 25 to 50% of leaf area covered with fungal spores	6
۵۰ تا ۷۵ درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است 50 to 75% of leaf area covered with fungal spores	7
بیش از ۷۵ درصد سطح برگ از اسپور قارچ پوشیده شده است More than 75% of the leaf area is covered with fungal spores	8
مرگ بوته Dead plant	9

گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سیستم تربیت بوته منجر به افزایش طول میوه شد. به طوری که طول میوه از ۱۶ سانتی‌متر در بوته‌های بدون هرس به ۲۱ سانتی‌متر در بوته‌های هرس شده افزایش یافت و تفاوت معنی‌داری بین طول میوه در سه سطح دیگر هرس مشاهده نشد (شکل ۱). صیفی و همکاران (Seifi et al., 2011) نیز گزارش نمودند که هرس فلفل دلمه‌ای منجر به افزایش طول میوه در مقایسه با بوته‌های هرس نشده می‌گردد. شیر احمدی و همکاران (Shirahmadi et al., 2016) نیز گزارش نمودند که سیستم تربیت بوته تأثیری بر قطر میوه خیار نداشت اما طول میوه را تحت تأثیر قرار داد. مطالعات نشان داده که قطر میوه‌ها بیشتر به وسیله فاکتورهای محیطی کنترل می‌شود، درحالی که طول میوه به عنوان یک فاکتور متغیر در برخی از سبزی‌های میوه‌ای مانند خیار و فلفل دلمه‌ای تحت تأثیر سیستم تربیت بوته است. بیان شده که قطر میوه‌ها از سیستم‌های مختلف تربیت تأثیر نمی‌پذیرد و سیستم‌های تربیت بوته فقط روی طول میوه تأثیر دارند (Chandima et al., 2006).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، نوع سیستم تربیت بوته بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سیستم تربیت بوته منجر به افزایش ارتفاع بوته شده به طوری که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به هرس دوشاخه و سه شاخه به ترتیب با ارتفاع ۱۷۰ و ۱۶۷ سانتی‌متر و کمترین آن در بوته‌های بدون هرس با ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر مشاهده

به منظور ارزیابی اثر تیمارهای اعمال شده بر ماندگاری پس از برداشت بادمجان، ۳ میوه برداشتی از هر تیمار ابتدا به وسیله ترازوی دیجیتال وزن شده و سپس به مدت ۲ هفته در دمای اتاق (با متوسط دمای ۲۴ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۵۰ درصد و فاقد نور) نگهداری شده و بعد از گذشت دو هفته مجدد وزن هر کدام از میوه‌ها اندازه‌گیری شد. بر اساس دو وزن ثبت‌شده درصد افت وزن میوه محاسبه شد.

همچنین به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سیلیسیم بر افزایش غلظت این عنصر در گیاه، در هر تیمار از برگ‌های بالایی توسعه یافته بوته پس از آخرین محلول‌پاشی، نمونه برگ‌گی تهیه شد و غلظت سیلیسیم به روش چاپمن و پرات (Chapman and Pratt, 1961) سنجش گردید.

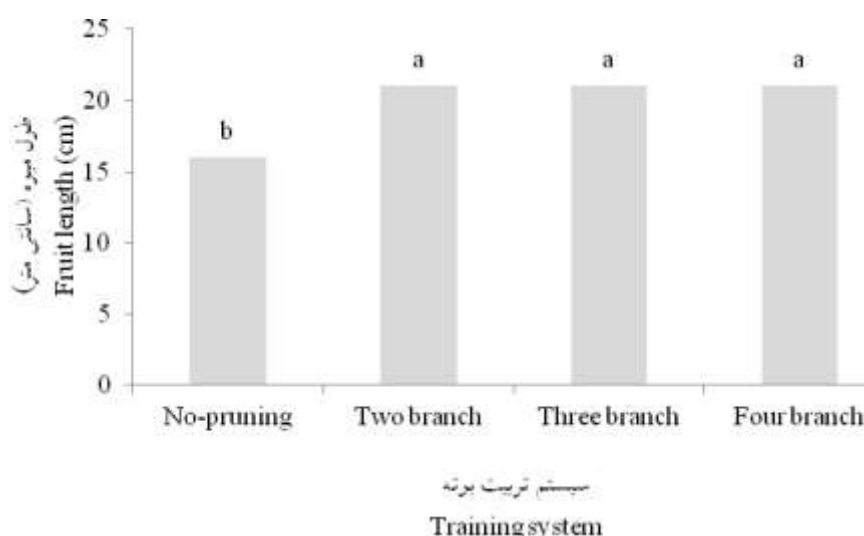
نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات و پارامترهای مختلف در قالب طرح کرت‌های خردشده به وسیله نرم‌افزارهای مربوطه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. ابتدا تجزیه واریانس همه صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین در سطح احتمال ۵ درصد به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTAT-C صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که طول میوه تنها تحت تأثیر سیستم تربیت بوته در سطح احتمال یک درصد قرار

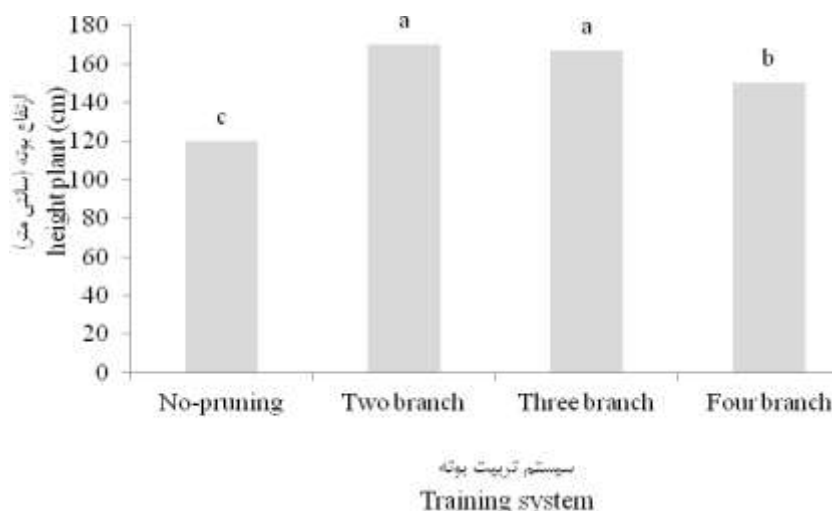
با شاخه کمتر ارتفاع بیشتری دارند. یکی از دلایل ارتفاع کم ساقه در بوته‌های با تعداد ساقه بیشتر را می‌توان این‌گونه بیان کرد که در گیاهان با تعداد ساقه بیشتر، به دلیل وجود تعداد میوه بیشتر، مواد آسمیلاته تمایل بیشتری به انتقال به این ساختارهای زایشی دارند که این امر باعث کاهش رشد ساقه‌ها می‌گردد. همچنین، افزایش تعداد گره با کاهش تعداد ساقه، به دلیل کاهش رقابت بین اندام‌های زایشی و رویشی می‌باشد که مواد فتوسنتزی تولیدشده بیشتری صرف رشد رویشی گیاه و افزایش ارتفاع بوته شده است (Shirahmadi et al., 2016).

شد. هرچند بوته‌های با هرس چهار شاخه دارای ارتفاع بیشتری نسبت به بوته‌های بدون هرس بودند، اما این ارتفاع در مقایسه با بوته‌های با هرس دو و سه شاخه کمتر بود (شکل ۲). آرا و همکاران (Ara et al., 2007) گزارش دادند که بوته گوجه‌فرنگی با هرس تک‌شاخه بلندترین ارتفاع گیاه نسبت به بوته بدون هرس تولید کرد. همچنین جوویسیچ و همکاران (Jovicich et al., 1998) نیز بیان کردند، بوته‌های فلفل با تیمار تعداد شاخه کمتر ارتفاع بوته بلندتر است. در گیاهان با تعداد شاخه بیشتر به دلیل وجود تعداد میوه بیشتر مواد اسمیلات‌ها تمایل بیشتری به انتقال به این ساختارهای زایشی دارند که این امر سبب کاهش رشد ساقه‌ها می‌شود و بنابراین، گیاهان



شکل ۱- اثر سیستم تربیت بوته بر طول میوه بادمجان در شرایط گلخانه

Figure 1- The effect of plant training system on fruit length of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- اثر سیستم تربیت بوته بر ارتفاع بوته بادمجان در شرایط گلخانه

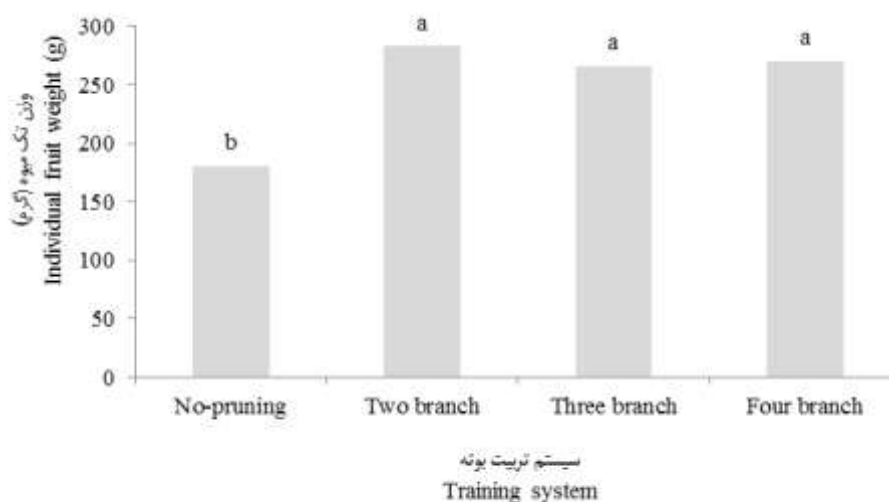
Figure 2- The effect of plant training system on plant height of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی با سیلیسیم و سیستم تربیت بوته بر صفات کمی و کیفی بادمجان گلخانه‌ای
Table 4- Analysis of variance of the effect silicon foliar application and plant training system on quantitative and qualitative traits of greenhouse eggplant

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	ارتفاع بوته Plant height	وزن تک میوه Fruit weight	میانگین مربعات Mean squares		متوسط عملکرد در چین Fruit yield/harvest	افت وزن میوه Fruit weight loss	آلودگی قارچی بوته Fungal contamination	غلظت سیلیسیم برگ Silicon concentration of leaf
						تعداد میوه در چین Number of fruits/harvest	چین Fruit yield/harvest				
تکرار Replication	2	8.54 ^{ns}	4.92 ^{ns}	1777.75 [*]	6251.52 ^{ns}	0.08 ^{ns}	203987.75 [*]	950.22 [*]	3.86 [*]		0.31 ^{ns}
سیلیسیم Si	3	7.22 ^{ns}	5.27 ^{ns}	220.02 ^{ns}	4561.07 ^{ns}	20.57 ^{**}	268612.11 [*]	2606.16 ^{**}	6.87 [*]		1.08 [*]
خطای a Error a	6	2.08	3.05	121.11	2113.90	0.47	39215.27	178.01	0.75		0.22
سیستم تربیت بوته Training system	3	41.04 ^{**}	5.19 ^{ns}	951.19 ^{**}	13883.74 [*]	8.68 ^{**}	919106.22 ^{**}	127.26 ^{ns}	25.25 [*]		0.23 ^{ns}
سیلیسیم × سیستم Si × Training system	9	4.38 ^{ns}	5.05 ^{ns}	183.36 ^{ns}	2537.57 ^{ns}	0.28 ^{ns}	66439.77 ^{ns}	255.75 ^{ns}	27.35 [*]		0.98 ^{ns}
خطای b Error b	24	2.36	6.88	150.63	4324.28	0.65	57971.53	258.45	3.88		0.50
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.55	10.60	7.76	24.30	9.98	18.13	12.39	10.42		3.06

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
^{ns}، * and ** ; non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

در تیمار هرس، به دلیل حذف ساقه‌ها و کاهش تعداد میوه در بوته، مواد غذایی بیشتری به میوه‌های باقیمانده اختصاص می‌یابد. چون میوه بادمجان یک مخزن (Sink) بسیار قوی است، بنابراین باعث افزایش میانگین وزن میوه در این تیمار می‌شود. محدود کردن تعداد ساقه بر وزن میوه تأثیرگذار است و هرچه تعداد ساقه کمتر باشد، وزن میوه بیشتر است (Seifi et al., 2011).



شکل ۳- اثر سیستم تربیت بوته بر وزن تک میوه بادمجان در شرایط گلخانه

Figure 3- The effect of plant training system on individual fruit weight of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

فتوستتزر گردیده و کاهش عملکرد تحت تنش گرمایی (۴۰ درجه سانتی‌گراد) را به حداقل رسانده است (Hu et al., 2020). سیلیسیم با کاهش اثرات تنش گرمایی از طریق خنک شدن برگ‌ها، بهبود فتوستتزر و انجام گرده‌افشانی مناسب (Hartley et al., 2012) منجر به افزایش تعداد میوه گردیده است.

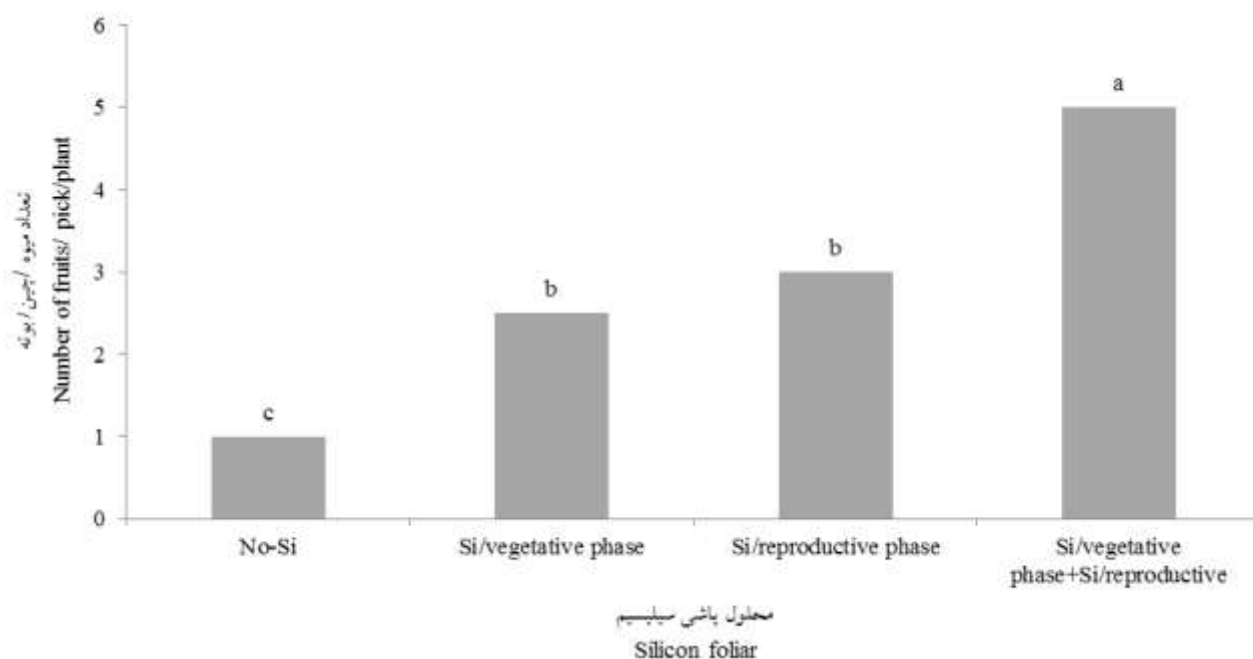
همچنین مقایسه میانگین سیستم تربیت بوته بر تعداد میوه قابل‌برداشت در هر چین (شکل ۵) نشان داد که بیشترین تعداد میوه از بوته‌های هرس نشده و بوته‌های با ۴ شاخه حاصل شد. تعداد میوه در این دو تیمار ۴ میوه بوده درحالی‌که در بوته‌های با دو و سه شاخه به ترتیب ۱/۵ و ۲ میوه در بوته قابل‌برداشت بود. تفاوت نوع هرس را می‌توان به میزان نورگیری و تعداد برگ‌های هر بوته نسبت داد که هرچه میزان نور دریافتی و تعداد برگ بیشتر باشد بوته قدرت تولید تعداد میوه بیشتر دارد. در بوته‌های با تعداد شاخه بیشتر تعداد میوه بیشتر است در نتیجه مواد آسمیلاته بایستی در تعداد میوه بیشتر تقسیم شود در نتیجه به هر میوه مواد فتوستتتری کمتری می‌رسد و وزن تک-میوه در بوته‌های با شاخه بیشتر کاهش نشان می‌دهد. لذا لازم است

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، سیستم تربیت بوته بر وزن تک میوه در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سیستم تربیت بوته منجر به افزایش وزن میوه شده به‌طوری‌که وزن میوه از ۱۸۰ گرم در بوته‌های بدون هرس به ۲۸۳، ۲۶۵ و ۲۷۰ گرم به ترتیب در بوته‌های هرس شده به‌صورت دو، سه و چهار شاخه افزایش یافت. تفاوت معنی‌داری بین وزن میوه در سه سطح دیگر هرس انجام‌شده مشاهده نشد (شکل ۳).

تعداد میوه قابل‌برداشت در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی سیلیسیم و سیستم تربیت بوته در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴) تعداد میوه در بوته تحت تأثیر مثبت محلول‌پاشی سیلیسیم قرار گرفت. به‌طوری‌که تعداد میوه قابل‌برداشت در بوته در تیمار عدم مصرف سیلیسیم از یک میوه در بوته به پنج میوه در تیمار مصرف سیلیسیم در مرحله رویشی و زایشی افزایش معنی‌داری یافت. یکی از مشکلات موجود در گلخانه‌های منطقه میناب، نبود سیستم خنک‌کننده در گلخانه می‌باشد که منجر به افزایش دما در گلخانه می‌شود. اختلاف حداقل و حداکثر دمای طی شبانه‌روز در اواخر زمستان و فصل بهار سبب ریزش گل‌ها می‌شود. به‌طوری‌که دما به ترتیب از ۴۰ و ۴۷ درجه سانتی‌گراد در ساعات گرم روز به ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شب کاهش می‌یابد. با توجه با افزایش غلظت سیلیسیم در برگ در اثر محلول‌پاشی (شکل ۱۰) بنظر می‌رسد در گیاهان قرارگرفته در معرض تنش گرمایی، تیمار سیلیسیم از طریق محلول‌پاشی منجر به حفظ باز بودن روزنه‌ها تحت تنش و انجام

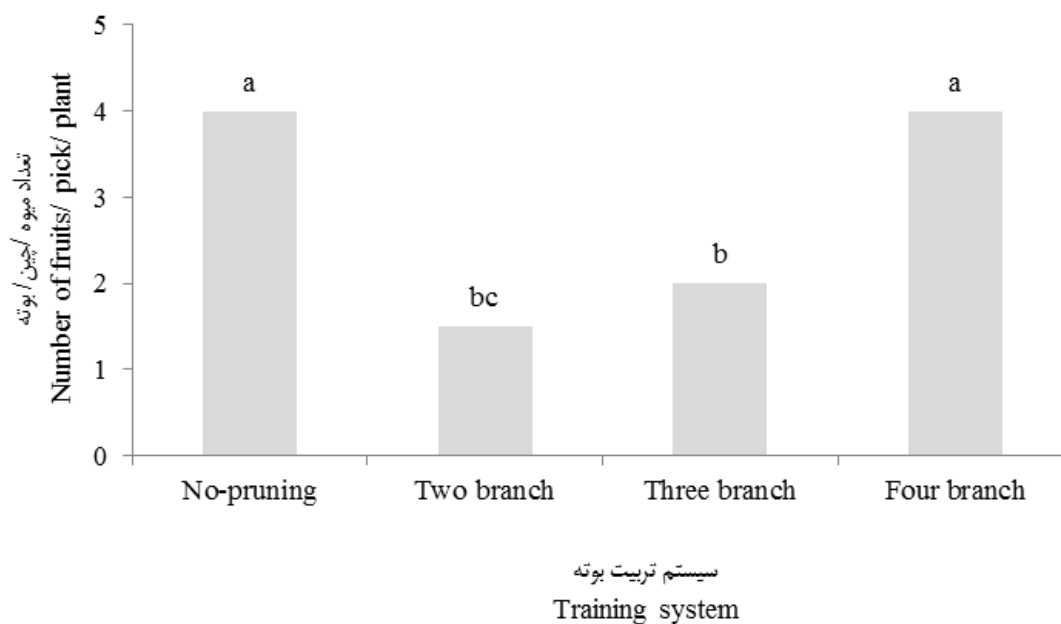
چراکه این بوته‌ها با تولید تعداد میوه زیاد که هر یک در مراحل مختلفی از رشد بوده و با ایجاد رقابت بر سر جذب مواد فتوسنتزی، کاهش وزن در میوه‌های قابل برداشت را نشان می‌دهند.

بین میزان فتوسنتز و تعداد میوه تولیدی تعادل برقرار باشد تا وجود میوه زیاد مانع از افزایش وزن میوه نگردد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد (شکل ۳) کمترین وزن میوه مربوط به بوته‌های بدون هرس بود



شکل ۴- اثر محلول پاشی با سیلیسیم در مراحل مختلف رشد بر تعداد میوه قابل برداشت /چین بادمجان در شرایط گلخانه

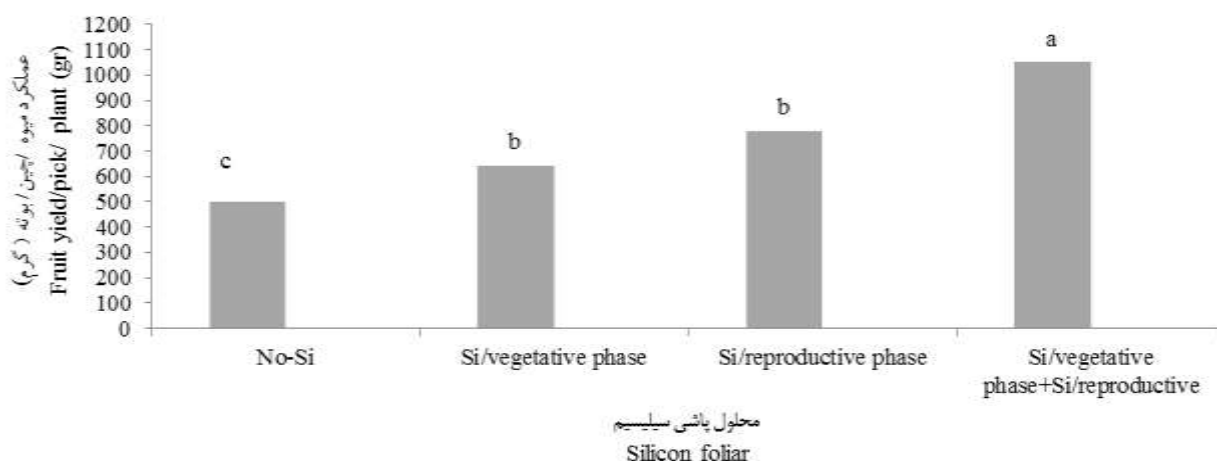
Figure 4- The effect silicon foliar application at different stages of growth on number of fruit/ pick of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۵- اثر سیستم تربیت بوته بر تعداد میوه قابل برداشت/چین/ بوته در بادمجان گلخانه‌ای

Figure 5- The effect of plant training system on number of fruit/ pick/ plant of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

سیلیسیم به ۱۰۵۰ گرم در بوته‌های با دریافت سیلیسیم در دو فاز رویشی و زایشی افزایش یافت. محلول پاشی سیلیسیم افزایش عملکرد میوه در بوته‌های محلول پاشی شده با سیلیسیم تنها در یک مرحله رویشی یا زایشی را نیز افزایش داد. عملکرد میوه در این بوته‌ها به ترتیب ۶۵۰ و ۷۸۰ گرم میوه در بوته در هر چین بود.



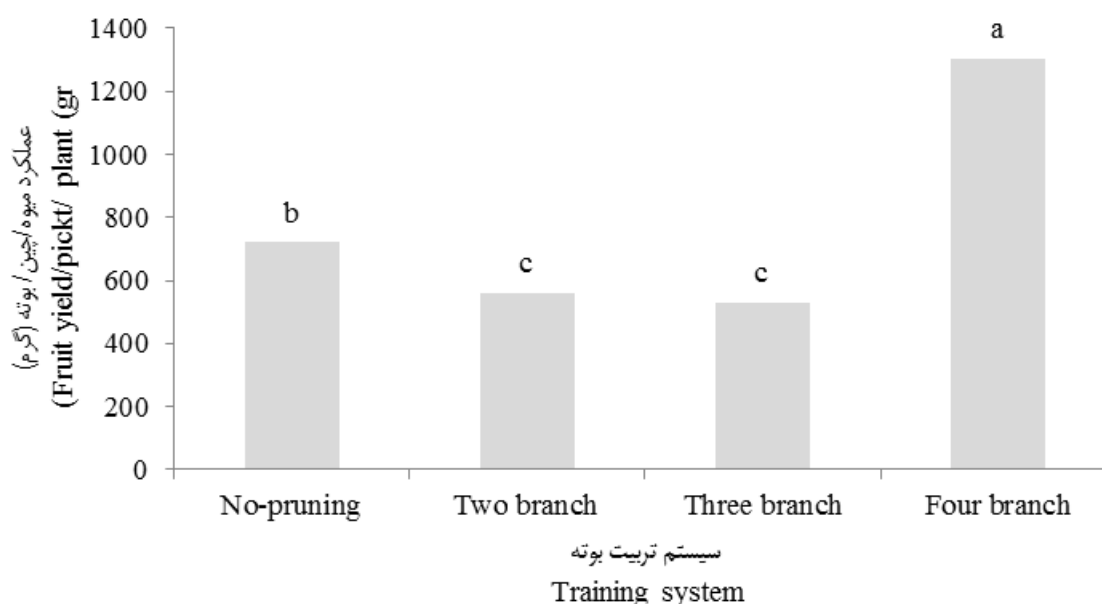
شکل ۶- اثر محلول پاشی با سیلیسیم در مراحل مختلف رشد بر عملکرد میوه/چین/ بوته بادمجان در شرایط گلخانه
Figure 6- The effect of Silicon foliar application at different stages of growth on fruit yield/pick/ plant of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

انبارمانی متأثر از محلول پاشی سیلیسیم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفته است (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، محلول پاشی سیلیسیم در مرحله زایشی و همچنین در مرحله رویشی و زایشی به‌طور توأم، سبب کاهش درصد افت وزن میوه پس از برداشت و در شرایط انبار شد. باین وجود کمترین افت وزن از اعمال محلول پاشی در دو مرحله رشد حاصل شد. درصد افت وزن میوه در بوته‌هایی که سیلیسیم را دریافت نکرده بودند، ۱۰ درصد بوده که به یک درصد در شرایط محلول پاشی سیلیسیم در دو مرحله رویشی و زایشی به ۱ درصد کاهش معنی‌داری یافته است (شکل ۸). تأثیر مثبت محلول پاشی سیلیسیم را بر بهبود ماندگاری گوجه گیلاسی را پس از برداشت در مدت انبارمانی نیز گزارش شده است (Islam et al., 2018). باینی و همکاران (Babini et al., 2012) نیز گزارش نمودند سیلیسیم منجر به بهبود ماندگاری توت‌فرنگی پس از برداشت می‌شود.

عملکرد میوه در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی سیلیسیم و سیستم تربیت بوته به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۶) عملکرد میوه در بوته تحت تأثیر مثبت محلول پاشی سیلیسیم قرار گرفت. به‌طوری که عملکرد از ۵۰۰ گرم در بوته‌های بدون دریافت

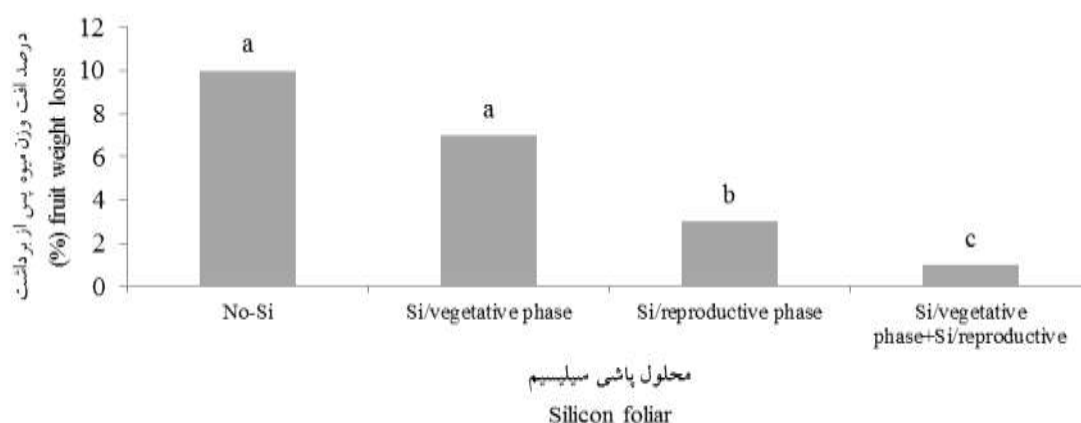
سیستم تربیت بوته با حفظ چهار شاخه سبب بهبود عملکرد میوه شد (شکل ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مقایسه با بوته‌های بدون هرس، تنها هرس چهارشاخه سبب بهبود عملکرد شد. چراکه با حذف شاخه‌ها، تعداد میوه کاهش می‌یابد. باوجوداینکه با انجام هرس وزن میوه افزایش می‌یابد اما این افزایش جبران تعداد میوه را نکرده و عملکرد کاهش یافت؛ اما در بوته‌های هرس نشده باوجود بالا بودن تعداد میوه، به دلیل رقابت بین میوه‌ها، میوه‌های با وزن کمتری تولید شده و کاهش عملکرد در بوته اتفاق افتاده است. از آنجایی که بوته با تعداد شاخه بیشتر واجد تعداد برگ و گره بیشتری خواهد بود، اگر شرایط برای فتوسنتز و تولید مناسب باشد، با افزایش تعداد شاخه انتظار می‌رود تعداد میوه و در نهایت عملکرد افزایش یابد. افزایش عملکرد در هرس چهار شاخه در بادمجان گلخانه‌ای توسط عرب-سلمانی و همکاران (Arab Salmani et al., 2021) نیز گزارش شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد افت وزن میوه در طی



شکل ۷- اثر سیستم تربیت بوته بر عملکرد میوه/چین/ بوته بادمجان در شرایط گلخانه

Figure 7- The effect of plant training system on fruit yield/pick of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

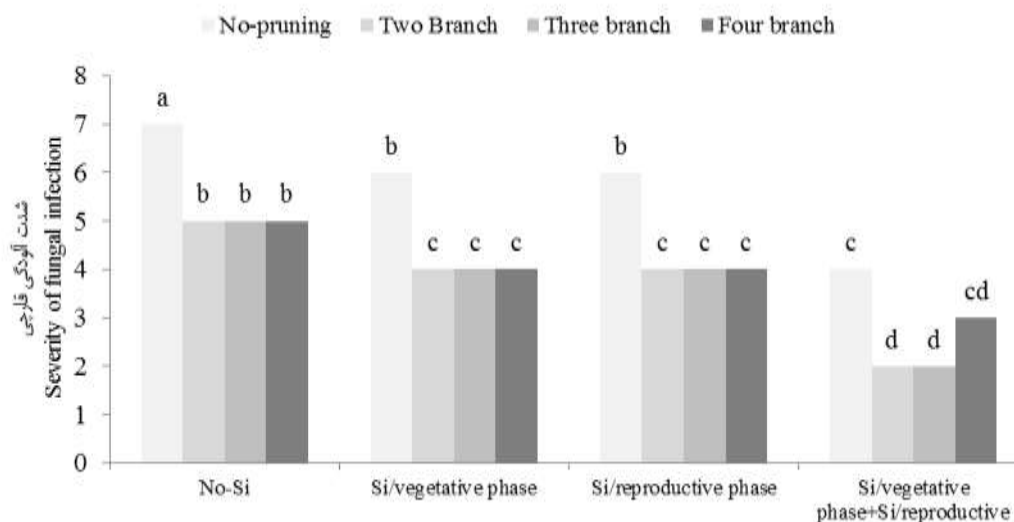


شکل ۸- اثر محلول پاشی با سیلیسیم در مراحل مختلف رشد بر درصد افت وزن میوه طی انبارمانی بادمجان

Figure 8- The effect of Silicon foliar application at different growth stages of eggplant on percentage of fruit weight loss during storage (DMRT, $p \leq 0.05$)

استحکام بافت گیاه، مانع از نفوذ قارچ در سلول‌های گیاهی شده و در نتیجه از رشد قارچ در گیاه جلوگیری می‌کند. سیلیسیم سبب افزایش مقاومت به بیماری‌های قارچی، باکتریایی و آفات خواهد شد (Marschner, 2012). بیماری‌های گیاهی تهدید عمده‌ای برای تولید محصولات کشاورزی هستند زیرا باعث از دست رفتن جدی عملکرد و کیفیت محصول می‌شوند. مطالعات متعدد گزارش کرده‌اند که Si در کنترل بیماری‌های ناشی از عوامل بیماری‌زای قارچی و باکتریایی در گونه‌های مختلف گیاهی مؤثر است (Rodrigues and Datnof, 2015).

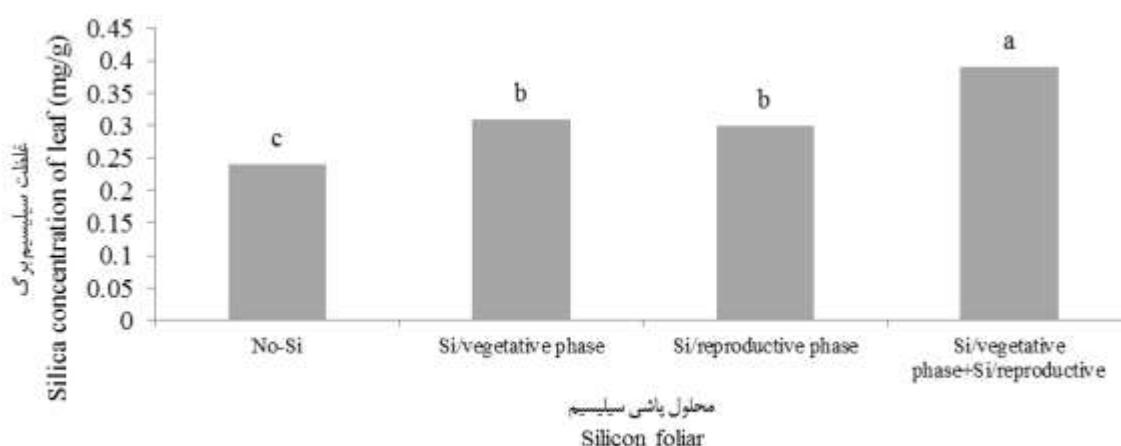
شدت آلودگی قارچی تحت تأثیر سطوح مختلف سیلیسیم، سیستم تربیت بوته و اثر متقابل دو فاکتور در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که انجام هرس و محلول پاشی در دو مرحله رویشی و زایشی به‌طور توأم سبب کاهش معنی‌دار آلودگی قارچی در گلخانه شد. بیشترین شدت آلودگی قارچی مربوط به بوته‌های بدون هرس و عدم مصرف سیلیسیم بود (شکل ۹). انجام هرس سبب بهبود جریان هوا و تعدیل رطوبت در کانوپی گیاه شده و در نتیجه شرایط مناسب برای رشد قارچ از بین می‌رود. همچنین سیلیسیم با رسوب در دیواره سلول گیاهی و



شکل ۹- اثر متقابل محلول پاشی با سیلیسیم × سیستم تربیت بوته بر شدت آلودگی قارچی بوته بادمجان گلخانه‌ای
Figure 9- The interaction effect of silicon foliar application × plant training system on fungal contamination of eggplant in greenhouse conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

سیلیسیم در بوته های بدون محلول پاشی این عنصر ۰/۲۴ میلی گرم/گرم بوده که به ۰/۳۹ میلی گرم/گرم افزایش معنی داری یافت. حصول این نتیجه تاییدی بر اثرات مثبت سیلیسیم در جهت بهبود صفات مورد ارزیابی است. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2019) نیز گزارش نمودند که محلول پاشی سیلیکات پتاسیم سبب افزایش معنی دار سیلیسیم در برگ توت فرنگی شد.

غلظت سیلیسیم در گیاه نیز تحت تاثیر سطوح مختلف محلول پاشی سیلیسیم در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت و اثر سیستم تربیت بوته و اثر متقابل دو فاکتور بر این صفت از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۴). براساس مقایسه میانگین ها مشخص شد که محلول پاشی سیلیسیم سبب افزایش معنی دار غلظت سیلیسیم در بافت برگ گیاه شده و بیشترین غلظت آن از محلول پاشی در دو مرحله رویشی و زایشی به طور توأم حاصل شد (شکل ۱۰). غلظت



شکل ۱۰- اثر محلول پاشی با سیلیسیم در مراحل مختلف رشد بر غلظت سیلیسیم برگ در بادمجان
Figure 10- The effect of silicon foliar application at different growth stages of eggplant on leaf silicon concentration (DMRT, $p \leq 0.05$)

عملکرد بوته و کاهش درصد آلودگی قارچی در بوته شد. همچنین محلول پاشی سیلیسیم تأثیر مثبتی بر تعداد میوه در بوته، افزایش ماندگاری محصول پس از برداشت داشت. محلول پاشی سیلیسیم در دو مرحله رویشی و زایشی به طور توأم و انجام سیستم تربیت بوته به صورت چهارشاخه منجر به حصول بیشترین عملکرد بوته، بهبود کیفیت محصول و بهبود مدیریت گلخانه شد. همچنین ماندگاری پس از برداشت به عنوان یکی از چالش های تولیدکنندگان برای رساندن محصول باکیفیت به بازار هدف با محلول پاشی سیلیسیم، مرتفع گردید. لذا مصرف سیلیسیم به ویژه در گلخانه های سنتی فاقد سیستم های تهویه مناسب همراه با هرس چهار شاخه قابل توصیه است.

یکی از تکنیک های موثر در جهت صرفه جویی انرژی جهت تولید بادمجان در شرایط گلخانه سیستم تربیت بوته (Ambroszczyk et al., 2007) می باشد. انتخاب یک سیستم تربیت به میزان زیادی به آسانی کار در گلخانه، سیستم تولید و برتری میزان تولید وابسته است (Ambroszczyk et al., 2008). از سویی مصرف سیلیسیم در سبزیجات گلخانه ای منجر به کاهش آسیب در گیاه تحت شرایط تنش زیستی و غیرزیستی شده و مقاومت در برابر تنش را افزایش می دهد (Dasgan et al., 2016). نتایج این مطالعه که باهدف بررسی اثر محلول پاشی سیلیسیم و سیستم تربیت بوته بر عملکرد و ماندگاری میوه بادمجان گلخانه ای انجام شد، نشان داد که سیستم تربیت بوته سبب بهبود طول میوه، ارتفاع بوته، وزن میوه در بوته،

منابع

1. Abou-Baker, N., & Abbas, M. (2011). Use of silicate and different cultivation practices in alleviating salt stress effect on bean plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(9): 769-78.
2. Alsadon, A., Wahb-Allah, M., Abdei-Razzak, H., & Ibrahim, A. (2013). Effects of pruning systems on growth, fruit yield and quality traits of three greenhouse-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Australian Journal of Crop Science* 7(9): 1309-1316.
3. Alam, A., Hariyanto, B., Ullah, H., Salin, K., & Datta, A. (2021). Effects of silicon on growth, yield and fruit quality of cantaloupe under drought stress. *Silicon* 13: 3153–3162. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00673-1>.
4. Ambroszczyk, A.M., Cubula, S., & Sekara, A. (2007). The effect of plant pruning on yield and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse cultivation. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 48(5): 277-285. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0109>.
5. Ambroszczyk, A.M., Cubula, S., & Sekara, A. (2008). The effect of shoot training on yield, fruit quality and leaf chemical composition of eggplant in greenhouse cultivation. *Folia Horticulturae* 20(2): 3-15. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0109>.
6. Anonymous. (2019). *Statistics of agricultural products*. Volume 3. Publications of the Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian)
7. Ara, A., Bashar, M.K., Begum, S., & Kakon, S.S. (2007). Effect of spacing and stem pruning on the growth and yield of tomato. *International Journal Sustainability Crop Production* 2(3): 35-39.
8. Arab Salmani, K., Jalali, A.H., & Jafari, P. (2021). Study of the effect of plant pruning on eggplant yield (*Solanum elongena*, Bellen cultivar) in greenhouse conditions. *Journal of Horticultural Science Online population*. (In Persian with English abstract)
9. Babini, E., Marconi, S., Cozzolino, S., Ritota, M., Taglienti, A., Sequi, P., & Valentini, M. (2012). Bio-available silicon fertilization effects on strawberry shelf-life. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010)* 934: 815-818. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.107>.
10. Buczkowska, H. (2010). Effect of plant pruning and topping on yielding of eggplant in unheated foil tunnel. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 9(3): 105-115.
11. Chandima, T.M., Weerakkody, W.A.P., Weerasinghe, K.W.L.K., & Wahundeniya, K.B. (2006). *Growth and yield performances of salad (green) cucumber (Cucumis sativus)*. Idaho Center for Sustainable Agriculture 18 p.
12. Chapman, H.D., & Pratt, P.F. (1961). *Methods of analysis for soils, plants and water*. University California, Berkeley, CA, USA.
13. Crucicol, C.A.C., Pulz, A.L., Lemos, L.B., Soratto, R.P., & Lima, G.P.P. (2009). Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop Physiology and Metabolism* 49: 949-954. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.04.0233>.
14. Dasgan, H.Y., Akhoundnejad, Y., & Caglayangil, H. (2016). Selenium and silicon fertilization in soilless grown eggplant. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 5(3): 417-421.
15. Dias, J.S. (2012). Nutritional quality and health benefits of vegetables: A review. *Food and Nutrition Sciences* 3: 1354-1374. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.310179>.
16. Ghasemi, K., Ghajar Sepanlou, M., & Haddadinejad, M. (2019). Effect of silicon on nutrient concentration, photosynthetic pigments and fruit quality of strawberry cv. Camarosa. *Horticultural Plants Nutrition* 2(1): 85-98.

- (In Persian with English abstract)
17. Hartley, A., Mclachlan, H., Hetherington, A., & Franklin, K. (2012). High temperature exposure increases plant cooling capacity. *Current Biology* 22(10): 396-397. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.03.044>.
 18. Hu, S., Ding, Y., & Zhu, C. (2020). Sensitivity and Responses of Chloroplasts to Heat Stress in Plants. *Frontiers in Plant Science* 11: 375. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00375>.
 19. Islam, M.Z., Mele, M.A., & Choi, K.Y. (2018). The effect of silicon and boron foliar application on the quality and shelf life of cherry tomatoes. *Zemdirbyste* 105: 159–164.
 20. Jovicich, E., Cantliffe, D.J., & Hochmuth, G.J. (1998). Plant density and shoot pruning on fruit yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in Northcentral Florida. *Horticultural Science* 28: 184-190.
 21. Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press.
 22. Mitani, N., Yamaji, N., Ago, Y., Iwasaki, K., & Ma, J.F. (2011). Isolation and functional characterization of an influx silicon transporter in two pumpkins cultivars contrasting in silicon accumulation. *Plant Journal* 66: 231–240. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2011.04483.x>.
 23. Mohaghegh, P.F., Shrivani, M., & Ghasemi, S. (2010). The effect of silicon application on growth and yield of two cucumber cultivars in hydroponic system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 1(1): 39-35. (In Persian)
 24. Rodrigues, F.A., & Datnof, L.E.(2015). *Silicon and plant diseases*. Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22930-0>.
 25. Roudbari, Z., & Khoshkam, S. (2020). Pruning of plants in greenhouse vegetables. *Scientific Journal of Greenhouse Vegetable Extension* 3(1): 19-11. (In Persian)
 26. Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., & Patakioutas, G. (2009). Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. *Environmental and Experimental Botany* 65: 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.07.004>.
 27. Seifi, S., Nemati, S.H., Shoor, M., & Abedi, B. (2011). Effect of plant density and shoot pruning on fruit quality characteristics of two cultivars of sweet pepper. *Journal of Horticultural Science* 25(2): 194-200. (In Persian with English abstract)
 28. Shirahmadi, S., Barzegar, X., & Ghahremani, Z. (2016). The effect of different plant breeding systems on growth, yield and quality of greenhouse cucumber of Gohar cultivar. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 7(28): 24-13. (In Persian with English abstract)
 29. Thakur, O., Kumar, V., & Singh, J. (2018). Review on advances in pruning to vegetable crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(2): 3556-5365. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.422>.
 30. Toresano-Sanchez, F., Valverde, A., & Camacho-Ferre, F. (2012). Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. *Journal of Plant Nutrition* 35(4): 567-590. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.644375>.
 31. Wu, J.W., Shi, Y., Zhu, Y.X., Wang, Y.C., & Gong, H.J. (2013). Mechanisms of enhanced heavy metal tolerance in plants by silicon: a review. *Pedosphere* 23: 815–825. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60073-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60073-9).



Improvement of Postharvest Traits of Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa* L. cv. Hayward) by Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) Application

M. Ghafouri¹, F. Razavi^{2*}, M. Arghavani³, E. Abedi Gheslaghi⁴

Received: 20-10-2021

Revised: 30-01-2022

Accepted: 31-01-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Ghafouri, M., Razavi, F., Arghavani, M., & Abedi Gheslaghi, E. (2023). Improvement of Postharvest Traits of Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa* L. cv. Hayward) by Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) Application. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 885-901. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2022.73178.1100](https://doi.org/10.22067/jhs.2022.73178.1100)

Introduction

Nowadays, the application of chemical compounds is limited due to their harmful effects on human and the environment health. The benefits of seaweeds as sources of organic matter and fertilizer nutrients have been known to agriculture for centuries, especially in coastal areas extracts of these seaweeds have been used for decades as foliar- and soil-applied treatments in crop production systems due to the presence of a number of plant growth-stimulating compounds. Unlike chemical fertilizers, extracts derived from seaweeds are biodegradable, non-toxic and non-hazardous to humans, animals and birds. Therefore, it is required to find a safe compound that is utilized in the postharvest technology of fruit and vegetables. Pre-harvest application of nutrient solutions such as seaweed increases the quality and quantity of crop and also enhance their storage life and marketability. Various researchers reported that aqueous extracts of seaweed increased the yield and quality of tangerine and orange, strawberry, grape, apple, and watermelon fruit. Thus, the aim of the current study was to investigate the effect of pre-harvest foliar application of Seaweed extract on quality and quantity values, antioxidant properties, and storage life of kiwifruits.

Material and Methods

This experiment was carried out on 10-year-old kiwifruit vines, in a commercial orchard located in Gilan Province. Vines were selected with uniform size in terms of growth, yield and fruit load, then sprayed with seaweed extract at four levels of 0, 1, 2 and 3 g.l⁻¹ as a foliar spray and control vines only received water. Foliar spraying was performed in three stages, (110, 125 and 140 days after full bloom stage) and Tween 20 was used as a surfactant. This experiment was designed as factorial based on randomized complete block design with three replications. The fruits were harvested in November with soluble solids content (TSS) of 6.5-6.2% and then transferred to the post-harvest physiology laboratory of the University of Zanjan. The treated fruits were stored for 90 days at 1 °C with 90% RH. Sampling was done at harvest time and after 30, 60 and 90 days of storage and some quantity and quality traits such as weight loss, tissue firmness, TSS, ascorbic acid, total phenol and flavonoids, antioxidant capacity and the activity of superoxide dismutase (SOD) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) enzymes were evaluated.

Results and Discussion

The ANOVA results showed that seaweed extract, storage time, and interaction of seaweed extract × storage time had a significant effect ($p \leq 0.01$) on evaluated traits. All treatments maintained the antioxidant capacity, total phenol and flavonoids content and PAL activity at a higher level compared with control. The amount of fruit tissue firmness, TA and ascorbic acid decreased by increasing the storage time, and at the third month of storage, the lowest amount was observed in the control fruit. Also, comparing the interaction of the mean of

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Associate Professors, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)

4- Assistant Professor of Horticulture Crops Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran

treatments and storage time showed that pH, weight loss, TA, TSS, antioxidant capacity, total phenol, flavonoids and PAL enzyme activity increased by increasing the storage time. At the end of the storage time, the highest level of TSS, weight loss and pH were observed in the control fruit. The lowest antioxidant capacity (48.14 %) was observed in the control treatment at harvest time and the highest antioxidant capacity was observed in 3 levels of brown algae extract treatment at the end of storage period. Comparison of means showed that at the first 30 days of storage, the highest PAL enzyme activity was observed in the treatment of 3 g / l of brown algae. PAL enzyme activity significantly increased after the experiment. At the end of storage period, the lowest PAL enzyme activity was observed in control fruit. Treatment of 3 g / l brown algae had higher PAL activity. PAL, as a key enzyme in phenylpropanoid metabolism, catalyzes the conversion of phenylalanine to trans-cinnamic acid, which is the first step in the biosynthesis of phenylpropanoids and leads to the production of secondary metabolites such as lignin, phytoalexins, and flavonoids. The direct and positive relationship of this enzyme with the synthesis of phenols and flavonoids has been discovered in the fruits of blood orange, strawberry and blueberry. The results of the comparison of the mean showed that the total phenol and flavonoids increased by increasing the storage time. The lowest phenol (23 mg GAE.100 g⁻¹ FW) was observed in control fruit at harvest and the highest (8.88 mg GAE.100 g⁻¹ FW) content of total phenol was observed in 3 levels of brown algae extract at the third month of storage. Plants release phenolic compounds in response to some messenger compounds that play an important defense role. Studies show that there is a positive relationship between total phenol content and their antioxidant activity. Flavonoids are also polyphenolic compounds and are the most important secondary compounds of plants. Under oxidative stress, in plants, the activity of propanoid pathway increases, especially the pathway of flavonoids biosynthesis. Flavonoid compounds are abundant in plants and show antioxidant activity. Seaweed extract enhances the antioxidant capacity of the fruit and thereby inhibits oxygen-free radicals. Treatment of 3 g/l seaweed extract had the best effect among the treatments applied in maintaining firmness, fruit weight loss, TA, antioxidant capacity, total phenol and flavonoids and PAL enzyme activity. All three levels of seaweed extract increased the amount of total phenol, flavonoids and antioxidant capacity all over the storage time, but no significant difference was observed among the treatments levels. Based on the results, the application of 3 g/l seaweed extract effectively increased the antioxidant capacity and PAL enzyme activity during 90 days of storage time. As a result, seaweed extract treatment had positive effects on maintaining the quality and increasing the shelf life of kiwifruit during 90 days of storage.

Conclusion

Seaweed extract is one of the natural compounds and compatible with human health and nature has medicinal and nutritional value that can increase the shelf life and maintain fruit quality in the postharvest period. In summary, foliar application of seaweed extract has a significant effect on fruit firmness, total soluble solids, total acid, vitamin C, phenol and total flavonoids, total antioxidant activity and the enzyme phenylalanine ammonia-lyase. The appropriate treatment for kiwifruit cultivar 'Hayward' is introduced. Among the applied treatments, 3 g/l of seaweed extract had the best effect on firmness (40.40%), fruit weight loss percentage (41.87%), titratable acid (25.37%), vitamin C (33.26%), antioxidant capacity (26.70%), total phenol (81.17%), total flavonoids (103.67%) and PAL enzyme activity (153.75%) compared to the control in 90 days of storage.

Keywords: Antioxidant capacity, Foliar spraying, Phenylalanine ammonia-lyase enzyme, Total phenol and flavonoids

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۸۵-۹۰۱

بهبود خصوصیات پس از برداشت میوه کیوی رقم 'هایوارد' با کاربرد قبل از برداشت جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*)

مهشید غفوری^۱ - فرهنگ رضوی^{۲*} - مسعود ارغوانی^۳ - ابراهیم عابدی قشلاقی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

چکیده

جلبک قهوه‌ای جزو زیست محرک‌هایی است که بدون اثرات مخرب زیست محیطی در تولید محصولات باغی و زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمار جلبک قهوه‌ای به صورت محلول‌پاشی بر روی شاخه، برگ و میوه بر برخی خصوصیات کیفی و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه کیوی رقم 'هایوارد' به صورت فاکتوریل (فاکتور اول: محلول‌پاشی جلبک قهوه‌ای در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) در سه زمان ۱۱۰، ۱۲۵ و ۱۴۰ بعد از مرحله تمام گل؛ فاکتور دوم: زمان انبارمانی در ۴ سطح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از انبارمانی) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. میوه‌های تیمار شده به مدت ۹۰ روز در شرایط انباری با دمای ۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند و به صورت ماهیانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای بر صفات مورد ارزیابی بود. تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای موجب حفظ سفتی بافت میوه، ویتامین ث، ظرفیت آنتی اکسیدانی، فنل، فلاونوئید کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالایز (PAL) در مقایسه با تیمار شاهد شدند. تیمار ۳ گرم در لیتر جلبک قهوه‌ای بهترین تأثیر را در بین تیمارهای اعمال شده در حفظ سفتی (۴۰/۴۰ درصد)، درصد کاهش وزن میوه (۴۱/۸۷ درصد)، اسید قابل تیتراسیون (۲۵/۳۷ درصد)، ویتامین ث (۳۳/۲۶ درصد) ظرفیت آنتی اکسیدانی (۲۶/۷۰ درصد)، فنل کل (۸۱/۱۷)، فلاونوئید کل (۱۰۳/۶۷ درصد) و فعالیت آنزیم PAL (۱۵۳/۷۵ درصد) نسبت به شاهد در ۹۰ روز انبارمانی داشت. با توجه به اثرات مثبت تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای بر حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه کیوی در طی دوره انبارداری، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد این ترکیب در مقیاس وسیع به عنوان یک راهکار مناسب جهت افزایش کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم فنیل آلانین آمونیالایز، ظرفیت آنتی اکسیدانی، فلاونوئید و فنل کل، محلول‌پاشی

مقدمه

(et al., 2009). این میوه به علت داشتن ویتامین C و مواد معدنی می تواند به عنوان یک عامل ضد سرطان نیز عمل کند و همچنین به خاطر دارا بودن طعم و عطر مطلوب، ارزش غذایی و دارویی فراوان، یکی از محبوب‌ترین میوه‌ها در جهان به‌شمار می‌آید (Ferguson and Ferguson, 2003). طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۹، میزان تولید کیوی فروت در جهان بیش از چهار میلیون تن بوده است که ایران با تولید ۳۴۴ هزار تن در رتبه چهارم تولید جهانی قرار گرفته است (FAO, 2019). این مقدار با رعایت اصول باغداری و یافته‌های تحقیقاتی کاربردی، تا حدود دو برابر قابل افزایش است. عملیات مختلف کشاورزی، عوامل ژنتیکی، شرایط قبل و پس از برداشت بر ترکیبات شیمیایی و عمر انباری کیوی فروت تأثیر می‌گذارند

کیوی فروت (*Actinidia deliciosa*) سرشار از ویتامین C و دارای ترکیبات مختلف دیگر از جمله ویتامین E، پلی‌فنل‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آلی و رنگرزه‌ها است (Hunter et al., 2011; Du

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
(*) - نویسنده مسئول: (Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)

۴ - استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

فروت رقم 'هایوارد' بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک باغ تجاری واقع در شهرستان آستارا با موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه ۲۲ دقیقه و ۴۷/۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه ۵۱ دقیقه و ۱۳/۳ ثانیه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۲۲+ متر در بهار و تابستان ۱۳۹۹ انجام شد. در پنج سال اخیر بیشترین دمای ثبت شده در این شهرستان ۳۶/۶ درجه سلسیوس (مرداد ماه) و کمترین دما ۷/۶- درجه سلسیوس (بهمن ماه) گزارش شده است. متوسط بارندگی سالانه ۱۳۸۱ میلی‌متر است. درختان کیوی فروت رقم هایوارد با سیستم تربیت تی بار و با فاصله $3/5 \times 4/5$ کشت شده بودند. تاک های کیوی فروت ۱۰ ساله هم اندازه و یکنواخت از لحاظ رشد و میزان محصول جهت محلول‌پاشی انتخاب شدند. تیمار جلبک قهوه‌ای به‌صورت محلول‌پاشی بر روی شاخه، برگ و میوه در قالب آزمایش فاکتوریل شامل فاکتور اول: غلظت جلبک قهوه‌ای در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) و فاکتور دوم: زمان انبارمانی در ۴ سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از انبارمانی) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. جلبک قهوه‌ای مصرفی تولید شرکت Acadian Seaplants کانادا به صورت پودری و با قابلیت حل آسان در آب بود که محتوی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم ۹۳/۵ درصد، نیتروژن کل ۰/۷ درصد، فسفر قابل استفاده ۰/۲ درصد، پتاسیم محلول در آب ۱۷ درصد، مواد آلی ۴۵ درصد می باشند. محلول‌پاشی در سه مرحله ۱۱۰، ۱۲۵ و ۱۴۰ روز بعد از تمام گل صورت گرفت. میوه‌ها در آبان ماه با میزان مواد جامد محلول ۶/۲-۶/۵ درصد برداشت شده و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه باغبانی دانشگاه زنجان منتقل شدند. میوه‌های تیمار شده به سردخانه با دمای ۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل شدند و در فواصل زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین به منظور ایجاد شرایطی مشابه با عمرقه‌ای معمول، قبل از اندازه‌گیری صفات، میوه‌ها به مدت ۳ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

صفات مورد ارزیابی

اندازه‌گیری صفات در ۴ زمان صفر (قبل از انبارمانی)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ (روز بعد از انبارمانی) انجام شد. وزن میوه‌ها قبل از شروع انبارداری و پس از خروج از انبار با استفاده از ترازوی دیجیتالی مدل (MAHAK) ساخت کشور ایران اندازه‌گیری و درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه گردید. سفتی بافت میوه با استفاده از نفوذ سنج دستی مدل (OSK 1618) ساخت کشور ژاپن با قطر پروب ۸ میلی‌متر بر روی ۳ عدد میوه در هر تکرار از سه جهت و بعد از برداشتن پوست

(Ferguson and Ferguson, 2003). تغذیه صحیح درختان از عوامل قبل از برداشت است که در افزایش عمر پس از برداشت کیوی فروت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. اخیراً استفاده از انواع ترکیبات آلی به صورت محلول‌پاشی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته (Tahir et al., 2011) و کشاورزی ارگانیک نیز به یکی از بخش‌های مهم تبدیل شده است (Connell et al., 2012) زیرا مصرف غذاهای ارگانیک در طی ده سال گذشته به طور گسترده در سراسر جهان افزایش چشم‌گیری داشته است (Rana and Paul, 2017).

جلبک دریایی (اسکوفیلوم نودوسوم^۱) دارای محرک‌های رشد، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای ارگانیک، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کلسیم و هورمون‌های گیاهی می‌باشد (Hernández-Herrera et al., 2014). استفاده از محلول‌های غذایی قبل از برداشت همانند جلبک دریایی از جمله راه‌کارهایی است که باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول تولیدی در باغ شده که در نتیجه باعث افزایش خصوصیات انباری، پس از برداشت و بازار پسندی آن می‌گردد. پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند که استفاده از عصاره آبی جلبک دریایی باعث افزایش عملکرد و کیفیت میوه در نارنگی و پرتقال (Fornes et al., 2002)، توت فرنگی (Masny et al., 2004)، انگور و سیب (Gény et al., 2007) و هندوانه (Abdel-Mawgoud et al., 2010) شده است که به دلیل وجود مواد افزایش‌دهنده متابولیسم سلولی مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله اکسین، جیبرلین و سائیتوکینین و نیز اسمولیت‌های آلی مانند بتائین، اسیدهای آمینه، عنصرهای معدنی، پلی‌ساکاریدها و ویتامین‌ها در عصاره این کود زیستی می‌باشد (Gény et al., 2007; Khan et al., 2009; Zodape et al., 2001). محلول‌پاشی عصاره تجاری آسکوفیلوم نودوسوم ۷ و ۱۴ روز قبل از برداشت در اسفناج باعث افزایش سنتز فلاونوئیدها و کیفیت تغذیه‌ای برگ اسفناج شده و عمر انباری آن را بهبود بخشید (Fan et al., 2011; Fan et al., 2013). جدا از عملکرد و کیفیت، استفاده از عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش عمر پس از برداشت آووکادو و گلابی گردید (Blunden et al., 1978; Kamel et al., 2014). کاربرد عصاره آسکوفیلوم نودوسوم در مزرعه کلم، سیب‌زمینی و پیاز به میزان ۳ و ۱۰ لیتر در هکتار یک‌بار در ماه باعث افزایش قابل توجه ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها شد (Lola-Luz et al., 2014). با توجه به اهمیت میوه‌های ارگانیک و عاری از سموم شیمیایی استفاده از ترکیبات طبیعی مانند عصاره جلبک قهوه‌ای یکی از روش‌های افزایش کیفیت میوه است. لذا هدف این پژوهش بررسی محلول‌پاشی برگ جلبک قهوه‌ای بر خصوصیات کیفی و کمی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کیوی

بافر بورات سدیم با ۵۰۰ میکرولیتر محلول فنیل آلانین ۲۰ میلی مولار داخل لوله آزمایش ریخته و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. فعالیت آنزیم با اندازه‌گیری میزان جذب محلول در طول موج ۲۹۰ نانومتر تعیین و بر حسب یونیت بر گرم وزن تر میوه ($U \cdot g^{-1} FW$) گزارش شد.

طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول: غلظت جلبک قهوه‌ای در چهار سطح؛ فاکتور دوم: زمان انبارمانی در چهار سطح) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار حاوی یک درخت) طراحی و اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و ترسیم نمودارها به کمک نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت جلبک قهوه‌ای و مدت زمان انبارداری و اثر برهمکنش بین غلظت جلبک قهوه‌ای و مدت زمان انبارداری بر سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، اسیدیته آب‌میوه، درصد کاهش وزن، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، فلاونوئید و فنل کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیاایز از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

سفتی بافت میوه

مطابق نتایج مقایسه میانگین، با افزایش مدت زمان انبارمانی سفتی بافت میوه کاهش یافت و در زمان برداشت و ۳۰ روز پس از انبارمانی بیشترین میزان سفتی در تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای ۳ گرم در لیتر و کمترین میزان سفتی بافت در تیمار شاهد مشاهده شد و در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف جلبک قهوه‌ای، بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر، بطور معنی‌داری دارای سفتی بیشتر نسبت به شاهد بودند (شکل ۱). این کاهش سفتی بافت میوه در نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی نظیر پلی‌گالاکتوروناز، پکتین متیل استراز و بتاگلوکوزیداز است که همه این آنزیم‌ها پکتین را مورد هدف قرار می‌دهند (Perkin-Veazie, 1995). تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای به‌طور مؤثری موجب کند شدن فرآیند نرم شدن بافت میوه نسبت به تیمار شاهد در طی دوره انبارمانی شد. محتوی عصاره جلبک دریایی حاوی ۹۳/۵ درصد از جلبک آسکوفیلوم نودوزوم است. جلبک قهوه‌ای به عنوان یک ماده خام حاوی طیف متنوعی از ترکیبات آلی و غیر آلی هستند. عناصر معدنی عصاره آسکوفیلوم نودوزوم شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم،

میوه انجام شد و برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیان شد (Meng et al., 2007).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دیجیتال مدل Atago-ATC-20(E) انجام و به‌صورت درصد بریکس بیان گردید. اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (بر اساس غالبیت اسید سیتریک) با استفاده از تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال انجام گرفت. اسیدیته آب میوه با استفاده از pH متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد (Rabiei et al., 2013).

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) با استفاده از ماده رنگی ۲،۶-دی‌کلروفنول‌اندوفنل انجام گرفت و برحسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (Bor et al., 2006).

برای اندازه‌گیری میزان فنل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از عصاره متانولی میوه، سانتریفیوژ شده به مدت ده دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد. محتوای فلاونوئید کل عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط کاجو و همکاران (Kaijv et al., 2006) اندازه‌گیری شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد. به‌طوری که غلظت‌های مختلف آن به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر مدل (SAFAS MONACO RS 232) ساخت کشور فرانسه در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد و در نهایت مقدار فلاونوئید کل بر حسب میلی گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر (mg Q.100 g⁻¹ FW) بیان گردید. محتوای فنل کل با استفاده از واکنش گر فوین سیکالتو اندازه‌گیری شد جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون غلظت‌های مختلف گالیک اسید به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد و نتایج مطابق با میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg GAE.100 g⁻¹ FW) بیان شد (Singleton et al., 1965).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید. مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفیوژ شده را به ۱۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH با غلظت ۰/۱ میلی مولار اضافه گردیده و سپس به سرعت هم‌زده شد و در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی تا رسیدن محلول به حالت یکنواخت نگهداری گردید کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید (Dehghan et al., 2012).

سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاایز (PAL) با استفاده از روش زاگر (Zucker, 1968) انجام شد. ابتدا ۲ گرم از بافت میوه با ۱۰ میلی لیتر بافر بورات سدیم با $pH = 8/8$ کوبیده شد. سپس محلول تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفیوژ شده، ۲ سی‌سی

کلسیم، آهن، منیزیم، روی، سدیم و گوگرد هستند (Rayorath et al., 2009). که محلول پاشی تاج درخت باعث جذب عناصر توسط گیاه می شود که به بافت ها و میوه ها منتقل می شود. لذا سفتی بیشتر بافت میوه های تیمار شده با جلبک قهوه ای احتمالاً به دلیل به دلیل در دسترس بودن کلسیم موجود در خود عصاره جلبک قهوه ای باشد و از طریق افزایش جذب کلسیم و انتقال آن به میوه ها باعث سفتی و استحکام بافت میوه شود (GhaffariZadeh et al., 2015). سفتی بافت میوه یکی از شاخصه های مهم در عمر انباری میوه، فراوری میوه و بازارپسندی محصول می باشد که بر پذیرش مصرف کننده تأثیر می گذارد. بافت میوه توسط ترکیب دیواره سلولی، فشار سلولی، آناتومی سلولی و محتوای آب سلولی تعیین می شود (Olivas et al., 2009). نرم شدن بافت میوه می تواند به دلیل افزایش فعالیت درونی آنزیم ها و در نهایت تخریب دیواره سلولی باشد (Zivanovic et al., 2009). کلسیم در ساخت لایه میانی سلولی که از جنس پکتات کلسیم است نقش اساسی دارد و به عنوان یک عامل متصل کننده بین ملکولی در تثبیت کمپلکس پکتین-پروتئین تیغه میانی شناخته شده است. کلسیم با جلوگیری از فرآیند حلالیت و کاهش آن باعث کاهش میزان نرمی بافت می گردد. این عنصر با استقرار در دیواره سلولی به عنوان اتصال دهنده بین ملکولی که به ترکیبات تیغه میانی ثبات می بخشد، ساختمان دیواره سلولی رو حفظ می کند. از سویی کلسیم ساختار و وظایف غشای سلولی را تحت تأثیر قرار می دهد و با متصل کردن پروتئین های دارای نقش آنزیمی و غیر آنزیمی به فسفولیپیدهای غشاء

سلولی ایفای نقش کرده بدین ترتیب از فعالیت آنزیم های تولید کننده اتیلن که ساختار پروتئینی داشته و به غشای سلولی متصل هستند، می کاهد. در نهایت با تولید کمتر اتیلن، که تحریک کننده فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده دیواره یاخته ای است دیواره سلولی کمتر تخریب شده و میوه های حاوی کلسیم سفت باقی می ماند. بنابراین کلسیم با قرار گرفتن در دیواره سلولی و نیز کاهش تولید اتیلن در حفظ سفتی بافت میوه نقش خود را ایفا می کند (Babalar et al., 1999). نتایج مطالعه حاضر با نتایج آزمایش (Sridhar et al., 2010) درباره تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در افزایش سفتی بافت و کیفیت میوه در بادام زمینی و همچنین با نتایج آزمایش (Melo et al., 2018) در بررسی تأثیر محلول پاشی میوه انبه با عصاره *A. nodosum* که باعث افزایش سفتی و کیفیت بافت میوه های انبه در مدت انبارمانی شد، مطابقت داشت.

مواد جامد محلول کل

اثر متقابل محلول پاشی جلبک قهوه ای × مدت انبارمانی نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان مواد جامد محلول کل افزایش یافت (شکل ۲). بیشترین میزان مواد جامد محلول (۱۳/۲۶ درصد بریکس) در میوه های تیمار شده با عصاره جلبک قهوه ای ۳ گرم در لیتر در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین مقدار (۶/۳ درصد بریکس) در میوه های تیمار شده با شاهد در زمان برداشت مشاهده گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر عصاره جلبک قهوه ای بر صفات ارزیابی شده میوه کیوی رقم 'هایوارد' طی دوره انبارمانی
Table 1- The ANOVA for the effect of seaweed (*Ascopylum nodosum*) extract on evaluated characteristics of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		مواد جامد محلول کل TSS	اسید قابل تیتراسیون TA	سفتی بافت Firmness	کاهش وزن Weight loss	اسیدیته pH
Block بلوک	2	0.081 ^{ns}	0.082 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.004 ^{ns}
غلظت جلبک قهوه ای Concentration of brown algae (CBA)	3	60.137**	0.222**	1.911**	74.83**	0.162**
زمان انبارمانی Storage time (ST)	3	9.047**	0.200**	1.827**	4.181**	0.052**
CBA×ST	9	0.340**	0.003**	0.083**	1.92**	0.002**
خطا Error	32	0.081	0.004	0.005	0.001	0.001
ضریب تغییرات C.V (%)		48.1	3.85	1.89	0.01	0.84

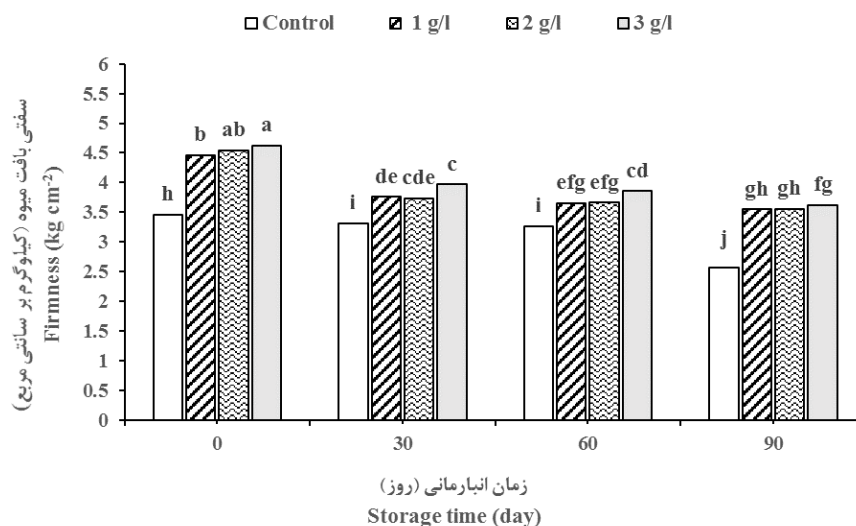
ns و * به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

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

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر صفات ارزیابی شده میوه کیوی رقم 'هایوارد' طی دوره انبارمانی
Continued Table 1- The ANOVA for the effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on evaluated characteristics of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		ویتامین ث Vitamin C	فلاونوئید کل Total flavonoid	آنتی اکسیدان کل Antioxidant capacity	فنل کل Total phenol	آنزیم فنیل آلانین آمونیاپالاز PAL
Block	2	2.75 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.004 ^{ns}	1.266 ^{ns}	5.548 ^{ns}
غلظت جلبک قهوه‌ای Concentration of brown algae (CBA)	3	1981.34**	29.96**	615.13**	1502.61**	639.28**
زمان انبارمانی Storage time (ST)	3	1255.36**	23.22**	1587.33**	635.33**	2832.03**
CBA×ST	9	74.62**	1.95**	8.15**	92.67**	23.34**
خطا Error	32	3.10	0.014	0.03	4.49	4.42
ضریب تغییرات C.V (%)		2.83	2.02	0.22	5.31	5.77

ns و * به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد
ns: Non-Significant, ** and *: significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively

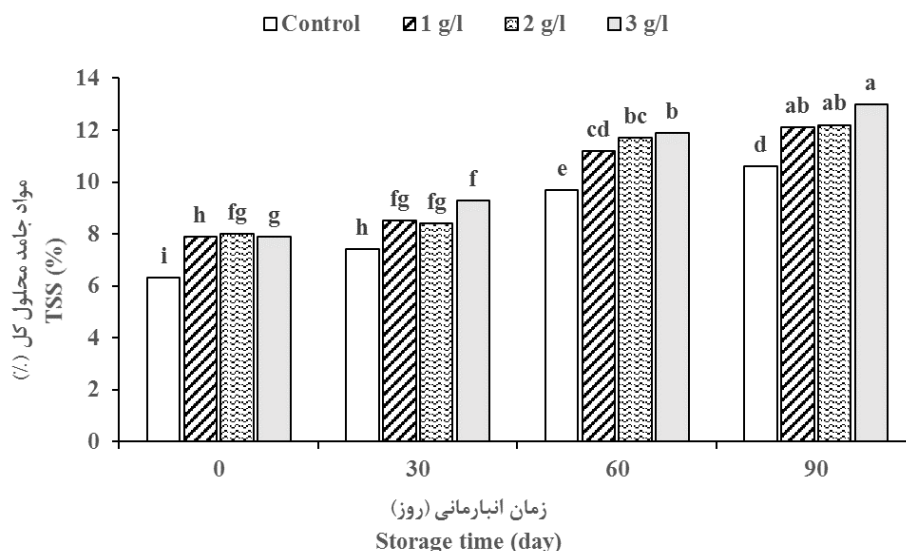


شکل ۱- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر سفتی بافت میوه کیوی رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 1- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on firmness of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

ساکاریدها و غلیظ شدن عصاره میوه (Vargas et al., 2008) و افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز (SPS) در بیوسنتز ساکاروز باعث افزایش مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های کیوی تیمار شده می‌باشد (Tavarini et al., 2008) می‌شود. نتایج این آزمایش با نتایج (Javanmardi et al., 2013) بر روی گوجه گیلانی که بیان کردند محلول پاشی میوه با عصاره جلبک دریایی باعث افزایش میزان مواد جامد محلول کل بافت میوه شد، مطابقت دارد.

میزان مواد جامد محلول در میوه از فاکتورهای مهم و تعیین کننده کیفیت میوه‌ها، به‌ویژه کیوی فروت است. افزایش میزان مواد جامد محلول کل به دلیل افزایش جذب عنصر پتاسیم و نیتروژن است که این عناصر پتاسیم و نیتروژن نقش مهمی در افزایش فتوسنتز و همچنین افزایش کربوهیدرات ذخیره‌ای برگ و انتقال به میوه است که هنگام انبارمانی به دلیل تنفس و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی (Rahemi et al., 2008)، تسریع در روند تجزیه پلی



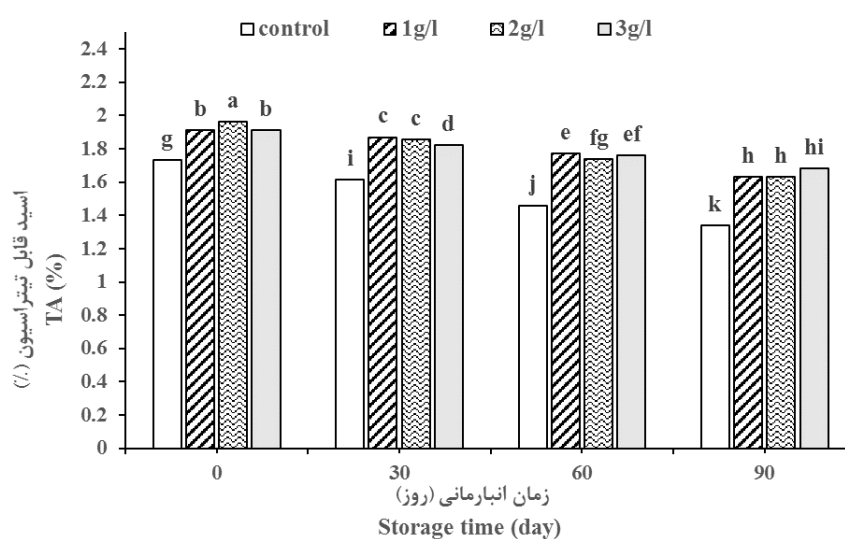
شکل ۲- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر مواد جامد محلول کل میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 2- The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on fruit total soluble solid of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

قهوه‌ای با غلظت ۲ گرم در لیتر در در زمان برداشت و کمترین مقدار (۱/۳۴ درصد) در پایان ۹۰ روز انبارمانی در تیمار شاهد بود. تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای با تأثیر مثبت بر روی میوه‌های تیمار شده مانع از افزایش تنفس سلولی و تأثیر بر چرخه کربس مانع کاهش اسید سیتریک می‌شود که اسید غالب میوه کیوی است (Kamel, 2014).

اسید قابل تیتراسیون

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش مدت انبارمانی میزان اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت که بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون در ابتدای انبارمانی اندازه‌گیری شد اما پس از ۹۰ روز انبارمانی، میزان اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت (شکل ۳). بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون (۱/۹۶ درصد) در تیمار جلبک



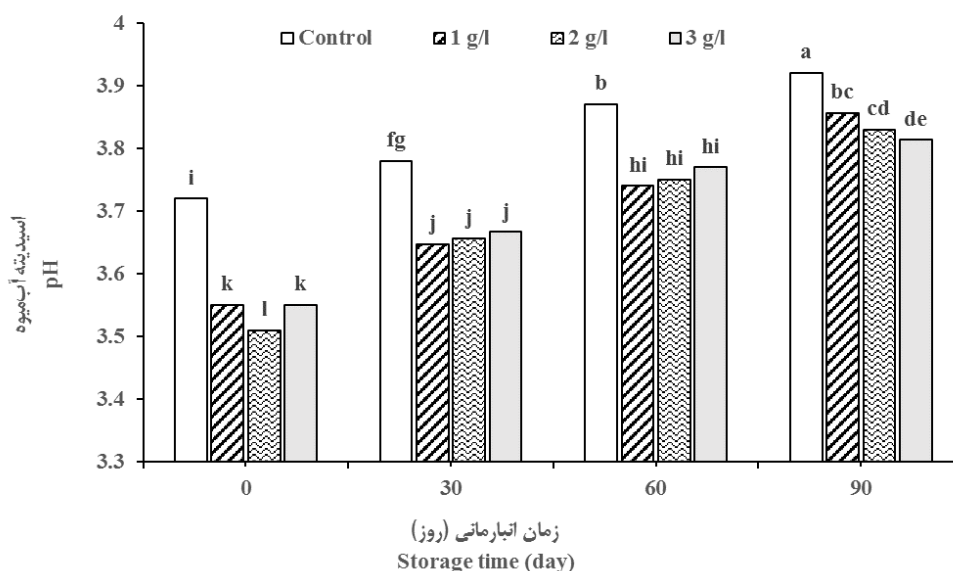
شکل ۳- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر درصد اسید قابل تیتراسیون میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 3- The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on fruit titratable acid of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

اسیدیته آب میوه

مطابق با نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش مدت انبارمانی pH میوه افزایش یافت. در تیمار شاهد به دلیل افزایش سرعت تنفس مقدار افزایش pH بیشتر بود. بیشترین مقدار pH (۳/۹۲) در تیمار شاهد در پایان ۹۰ روز انبارمانی و کمترین مقدار pH (۳/۵۱) در تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای ۲ گرم در لیتر در زمان برداشت میوه مشاهده شد (شکل ۴). کاهش pH باعث تجمع غلظت‌های بالای اسید سیتریک در میوه می‌شود. پس از طی دوره‌ی نمو میوه و در طول دوره‌ی انبارمانی که کمی هم شرایط بی‌هوایی در میوه حاکم می‌شود، خروج یون سیترات با سه بار منفی از واکوئل همراه با ورود سه یون هیدروژن، باعث بیشتر اسیدی شدن واکوئل گردد، اما افزایش pH مشاهده شده، نشان می‌دهد که یک دفع کننده یون هیدروژن از واکوئل در میوه‌های بالغ در طول دوره‌ی زندگی پس از برداشت آنها وجود دارد. پمپ V-ATPase با انتشار یون هیدروژن به بیرون باعث افزایش pH عصاره میوه می‌شود (Taiz et al, 2015)

کاهش اسید قابل تیتراسیون در طول دوره انبارداری مربوط به استفاده از اسیدهای آلی به عنوان مواد اولیه سوخت و ساز و افزایش درصد مواد جامد محلول در طی انبارداری مرتبط است (Martinez, Romero et al., 2002). به نظر می‌رسد افزایش شدید تنفس در میوه‌های تیمار نشده باعث مصرف اسیدهای آلی میوه و کاهش اسید قابل تیتراسیون می‌شود. مقدار اسیدهای آلی در طول دوره برداشت میوه به مواد جامد قابل حل و همچنین سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد. تجزیه اسیدهای آلی در طی رسیدن میوه به سرعت تنفس وابسته می‌باشد، چون این اسیدها در فعالیت آنزیمی تنفس به کار می‌روند (Nafussi et al., 2001). از آنجا که اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌روند، انتظار می‌رود طی دوره پس از برداشت اسید قابل تیتراسیون میوه کاهش و مقدار pH آن افزایش یابد (Qadir and Hashinaga, 2001). مطابق با نتایج پژوهش‌های پیشین، کاهش در میزان اسیدهای آلی در اثر تیمار جلبک دریایی در گوجه‌فرنگی گلخانه‌های مشاهده شد (Javanmardi et al, 2013).



شکل ۴- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر اسیدیته آب میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 4- The effect of seaweed (*Ascoplyum nodosum*) extract on fruit juice acidity of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

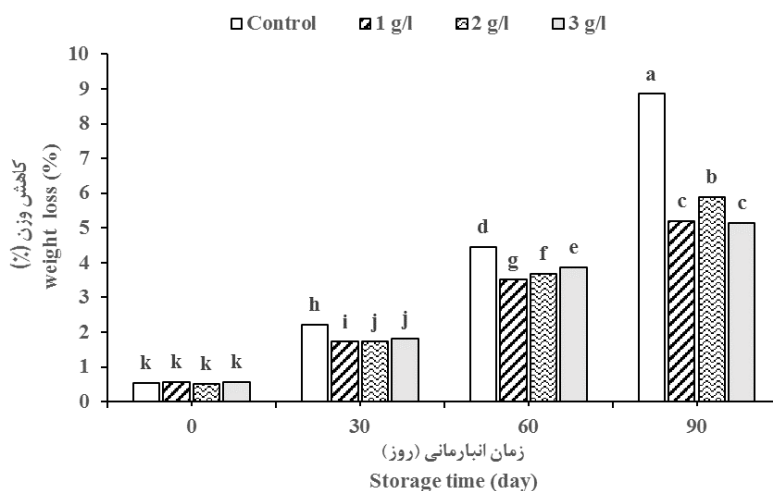
اسیدیته در عصاره میوه گوجه فرنگی شود (Lai et al, 2007). پیش از این (Javanmardi et al., 2007) تأثیر عصاره جلبک دریایی را در افزایش اسیدیته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم چری گزارش نمودند که نتایج این آزمایش با نتایج آنها مطابقت داشت.

به نظر می‌رسد افزایش pH در طول مدت انبارمانی به واسطه شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس باشد. نتایج تأثیر عصاره جلبک دریایی بر صفت اسیدیته عصاره گوجه فرنگی نشان داد که این زیست محرک می‌تواند باعث افزایش میزان

درصد کاهش وزن

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش زمان انبارمانی درصد کاهش وزن افزایش یافت. پس از ۹۰ روز نگهداری میوه در انبار کمترین درصد کاهش وزن (۵/۱۹ و ۵/۱۵ درصد) به ترتیب در تیمار ۱ و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک قهوه‌ای و بیشترین درصد کاهش وزن (۸/۸۶ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۵). وزن یکی از پارامترهای کیفی مهم در طی انبارداری میوه‌ها و سبزی‌های تازه می باشد. کاهش وزن یکی از پارامترهای نامطلوب پس از برداشت بوده که تأثیر زیادی در کاهش کیفیت و ارزش اقتصادی محصولات تازه انباری دارد. هرچه میزان کاهش وزن در انبار کمتر باشد از لحاظ اقتصادی نگهداری میوه‌ها مقرون به صرفه می باشد. کاهش وزن عمدتاً به دلیل از دست دادن آب و تنفس بالای میوه می باشد. میوه هایی که آب خود را بیش از حد از دست دهند از بازارپسندی و مشتری پسندی کمتری برخوردار هستند از این رو تلاش برای حفظ خصوصیات اولیه میوه‌ها در انبارها و سردخانه‌ها از موارد مهم می باشد (Zarbakhsh et al, 2017). گزارش‌ها نشان می دهد از آن جایی که کاهش وزن عمدتاً به دلیل تخییر آب از سطح بافت گیاه بر اثر تعرق و تنفس میوه است، در نتیجه هر عاملی که بتواند از تنفس و

تعرق جلوگیری کند، سبب کاهش از دست دادن وزن میوه می شود. سرعت از دست‌دهی آب بافت میوه به اختلاف فشار بخار بین بافت میوه و اتمسفر هوای محیط و دمای محیط بستگی دارد. از دست دادن آب میوه در اثر تعرق در طی انبارمانی می باشد که بستگی زیادی به طول دوره انبارمانی و دمای انبار دارد (Rab et al., 2015). کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث جلوگیری از کاهش وزن میوه کیوی در طی انبارمانی در مقایسه با شاهد گردید. مشابه این نتایج را عمر و همکاران (Omar et al., 2014) و فان و همکاران (Fan et al., 2013) گزارش کردند که عصاره جلبک‌های قرمز و سبز به صورت یک ترکیب طبیعی ضد تعرق مانع از خروج آب و در نتیجه منجر به جلوگیری از کاهش وزن میوه در مدت انبارمانی و حفظ کیفیت میوه می شود. از ترکیبات اصلی جلبک قهوه‌ای آلزینات است. آلزینات نمک آلزینیک اسید بوده و پلی ساکارید ساختاری و اصلی جلبک‌های قهوه ای می باشد. این صمغ کوپلمری خطی از D- مانورونیک اسید و L- گولورونیک اسید است (Guerreiro et al., 2014; Khan et al., 2009). آلزینات به خوبی به سطح محصول چسبیده و یک لایه نیمه نفوذپذیر ایجاد می کند و تعرق میوه را کاهش می دهد (Ghasemi et al., 2016).



شکل ۵- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر درصد کاهش وزن میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 5- The effect of seaweed (*Ascopylum nodosum*) extract on fruit weight loss of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

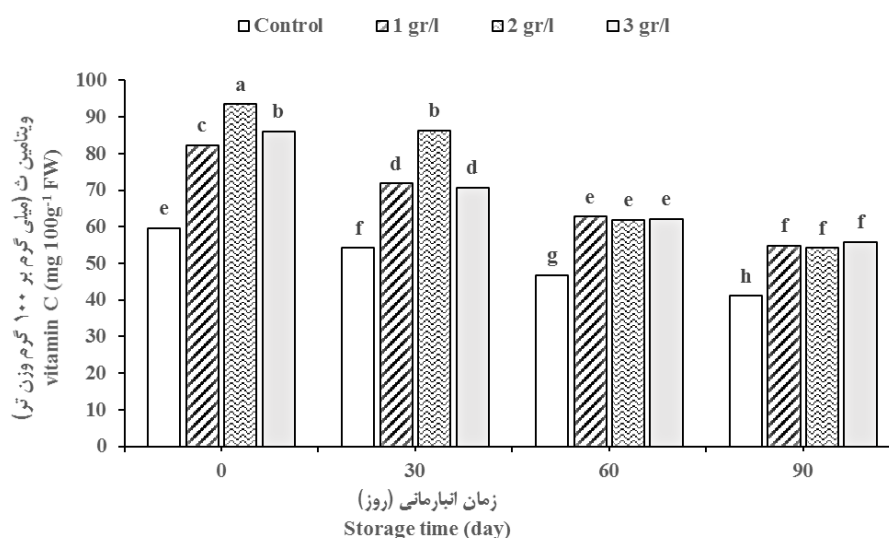
ویتامین ث

با افزایش مدت انبارمانی مقدار ویتامین ث کاهش یافت. تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای از کاهش بیشتر ویتامین ث به طور مؤثری جلوگیری کرد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد کمترین ویتامین ث (۴۱/۰۹ میلی گرم بر صد گرم وزن تر) در تیمار شاهد در ۹۰ روز پس

از انبارمانی و بیشترین ویتامین ث (۹۳/۴۷ میلی گرم بر صد گرم وزن تر) در تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای در غلظت ۲ میلی گرم بر لیتر در زمان برداشت مشاهده شد و در این غلظت میزان ویتامین ث میوه در طی یک ماه دوره انبارمانی در بالاترین حد بود (شکل ۶). ویتامین ث ترکیبی زیست فعال (بیواکتیو) است که خواص پاداکسندگی دارد (Latta, 2002) و به طور عمده به عنوان شاخص

به سرعت در واکنش تنفسی مصرف می‌شود. ویتامین ث ترکیبی ناپایداری است که در طی انبارمانی با توجه به شرایط نگهداری مانند اکسیژن، نور و همچنین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز کاهش می‌یابد (Plaza et al., 2011; Plaza et al., 2011). نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش کاربرد عصاره جلبک دریایی بر روی گوجه فرنگی که میزان ویتامین ث را افزایش داد یکسان بود (Javanmardi et al., 2013).

کیفیت تغذیه‌ای میوه شناخته می‌شود. کاهش میزان ویتامین ث احتمالاً به علت اکسیداسیون برگشت ناپذیر دی هیدرو اسکوربیک اسید به ۲، ۳ دی کتوگلوئیک اسید می‌باشد. دماهای پایین به طور غیرمستقیم از طریق سنتز قندهای احیا کننده و غیر احیا کننده موجب تحریک سنتز ویتامین ث می‌شود (Jahangir et al., 2009). به طوری که در این شرایط آزاد شدن گلوکز، گالاکتوز و گالاکتورونیک اسید (پیش نیازهای سنتز اسید اسکوربیک) باعث حفظ یا افزایش اسید اسکوربیک در میوه می‌شود (Barata-Soares et al., 2004). ویتامین ث به عنوان یک نوع اسید آلی در میوه‌ها با آغاز فرایند پیری



شکل ۶- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر میزان ویتامین ث میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 6- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit vitamin C content of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

عواملی مانند تنش‌ها و پیری باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند که سلول‌های میوه برای حذف رادیکال‌های آزاد از آنتی‌اکسیدان‌ها کمک می‌گیرند. افزایش اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد در طی فرایند رسیدن میوه‌ها در اثر تنفس سلولی، متابولیسم اکسیداتیو که در میوه‌ها به خصوص میوه‌های فرازگرا صورت می‌گیرد می‌تواند موجب ایجاد خسارت به غشاهای زیستی گردد.

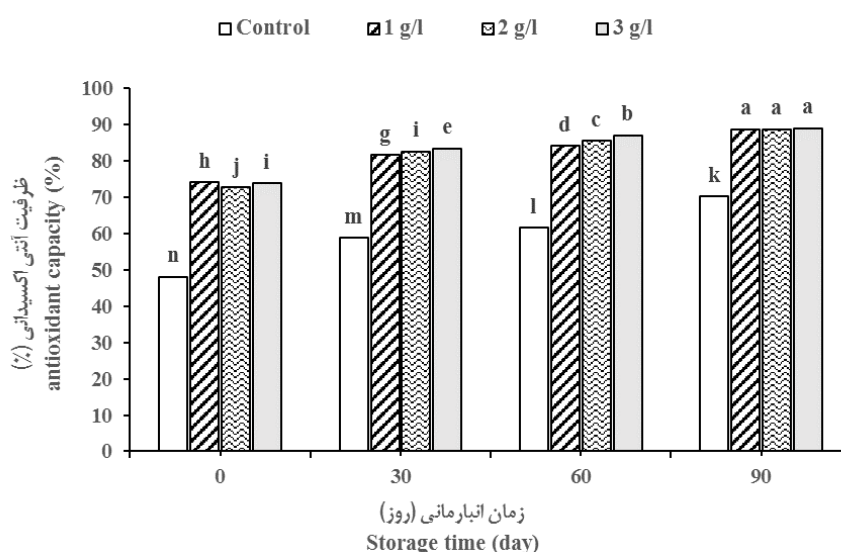
برای جلوگیری از ایجاد خسارت توسط رادیکال‌های آزاد، سلول‌ها از استراتژی جالبی بهره می‌گیرند که توسط سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Spinardi, 2005). مشابه این آزمایش Soleimani و همکاران (Soleiman et al., 2016) نشان دادند که عصاره موجود در جلبک دریایی و غلظت آنها، تأثیر معنی‌داری بر روی مهار رادیکال آزاد DPPH داشتند. زانگ و همکاران (Zhang et al., 2011) بیان داشتند که، DPPH یک رادیکال آزاد پایدار است که به طور گسترده‌ای به عنوان ابزاری جهت تخمین مهار رادیکال آزاد

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مدت انبارمانی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه افزایش یافت. کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۴۸/۱۴ درصد) در تیمار شاهد در زمان برداشت و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۸۸/۸۱، ۸۸/۷۳ و ۸۹/۰۲ درصد) در ۹۰ روز پس از انبارمانی در تمام غلظت‌های عصاره جلبک قهوه‌ای مشاهده شد (شکل ۷). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها به خاطر وجود ترکیبات آنزیمی مثل آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و همچنین ترکیبات غیر آنزیمی شامل ویتامین ث، ترکیبات فنلی و کارتنوئیدها می‌باشد و سیستم آنتی‌اکسیدانی باعث جلوگیری از اثرات پیر خطر رادیکال‌های آزاد می‌شود (Zhaoliang et al., 1998).

تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند کیتیناز و گلوکاناز بر روی سیستم دفاعی گیاهان اثر مثبتی می‌گذارد که در این مورد می‌توان محافظت از گیاه را از نقش‌های مهم عصاره جلبک دریایی دانست (Cai et al., 2006). محققین بیان کردند که ماکروجلبک‌های دریایی (جلبک‌های قرمز، قهوه‌ای و سبز) نیز به عنوان منابع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های مختلف مثل پلی‌فنل هستند که می‌توانند نقش مهمی در پیشگیری از اکسیداسیون به عمل آورند (Cho et al., 2011)

توسط ضد اکسیدان‌ها به کار برده می‌شود. فیتوالکسین از ترکیبات مهم موجود در عصاره جلبک شناخته شده که می‌توان به آثار ضد سرطانی و آنتی‌اکسیدانی و نقش آنها در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اشاره کرد (Zodape, 2001). مطالعات نشان می‌دهد که پلی ساکاریدهای سولفات‌ها در جلبک‌های دریایی قابلیت آنتی‌اکسیدانی قابل ملاحظه‌ای دارند. این ترکیبات باعث القا پاسخ‌های دفاعی در گیاهان می‌شود. لامینارین موجود در عصاره جلبک دریایی به دلیل تحریک تولید تنظیم کننده مهم رشد و ترکیبات ضد قارچی فیتوالکسین و



شکل ۷- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت

Figure 7- The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on fruit antioxidant capacity (%) of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

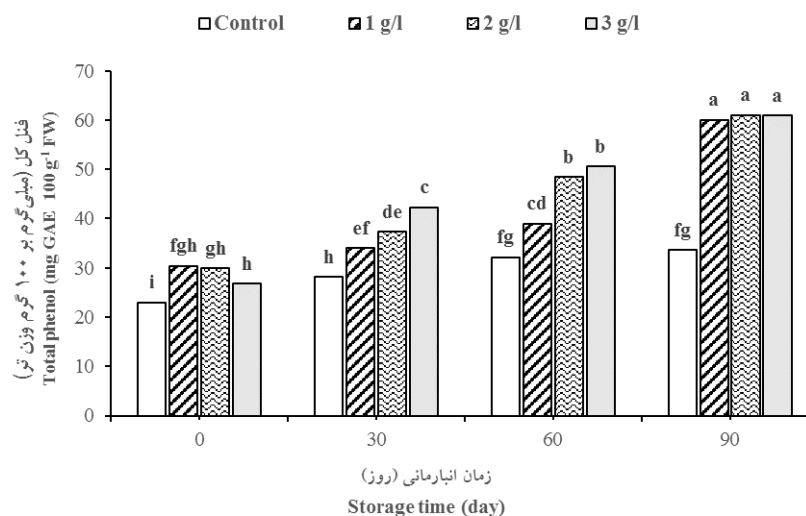
با تأثیر بر دیواره سلولی کیوی فروت مانع از فعالیت رادیکال‌های آزاد در میوه‌های تیمار شده گردد. نتایج این آزمایش با نتایج مطالعه (Fan et al., 2011) درباره تأثیر کاربرد قبل از برداشت عصاره (*Ascophyllum nodosum*) در افزایش میزان فنل و فلاونوئید کل در گیاه اسفناج مطابقت داشت.

آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز

نتایج مقایسه میانگین حاصل از اندازه‌گیری داده‌ها، روند افزایشی را در میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز طی دوره انبارمانی کیوی فروت نشان داد. کمترین میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز در تیمار شاهد (۶/۸۳ یونیت بر گرم وزن تر) و بیشترین میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز در تیمار ۳ گرم در لیتر جلبک قهوه‌ای (۵۹/۵۳ یونیت بر گرم وزن تر) پس از ۹۰ روز پس انبارمانی مشاهده شد. تیمار ۳ گرم در لیتر جلبک قهوه‌ای دارای میزان فعالیت بالاتری نسبت به سایر غلظت‌ها بود (شکل ۱۰).

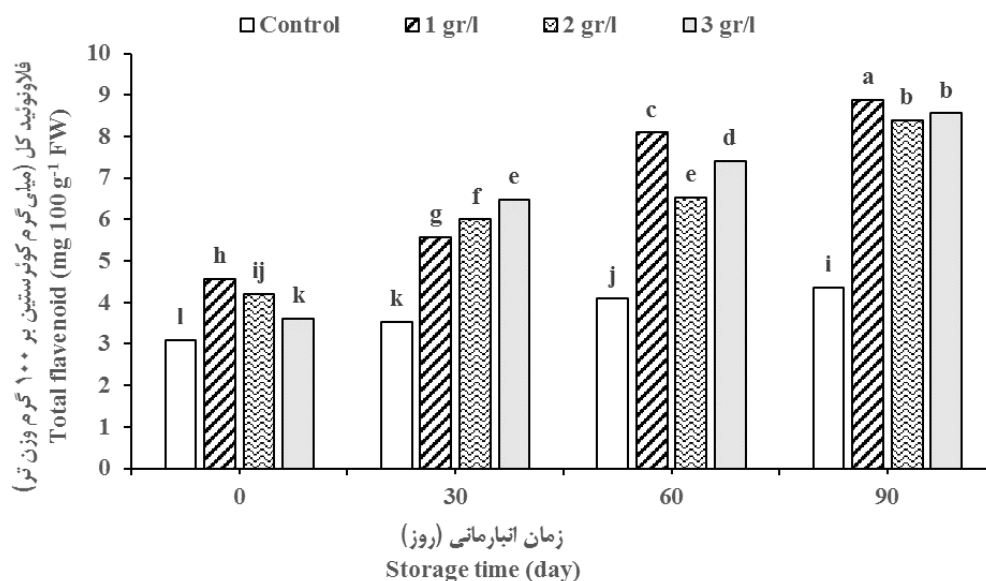
فنل و فلاونوئید کل

مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش مدت انبارمانی میزان فنل و فلاونوئید کل افزایش یافت. کمترین میزان فنل (۲۳ میلی گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) در تیمار شاهد در زمان برداشت و بیشترین فنل کل در ۳ سطح تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای در ۹۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد (شکل ۸). کمترین میزان فلاونوئید (۳/۰۹ میلی گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) در تیمار شاهد در زمان برداشت و بیشترین میزان فلاونوئید در تیمار ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک قهوه‌ای (۸/۸۸ میلی گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) در ۹۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد (شکل ۹). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی به طور گسترده در گیاهان وجود دارند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند. جلبک قهوه‌ای باعث تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه می‌شود و از این طریق رادیکال‌های آزاد اکسیژن را مهار می‌کند (Awad et al., 2017). از آنجا که عصاره جلبک قهوه‌ای سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است می‌تواند



شکل ۸- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر محتوی فنل کل میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 8- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit total phenol of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۹- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر محتوی فلاونوئید کل میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 9- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit total flavonoid content of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

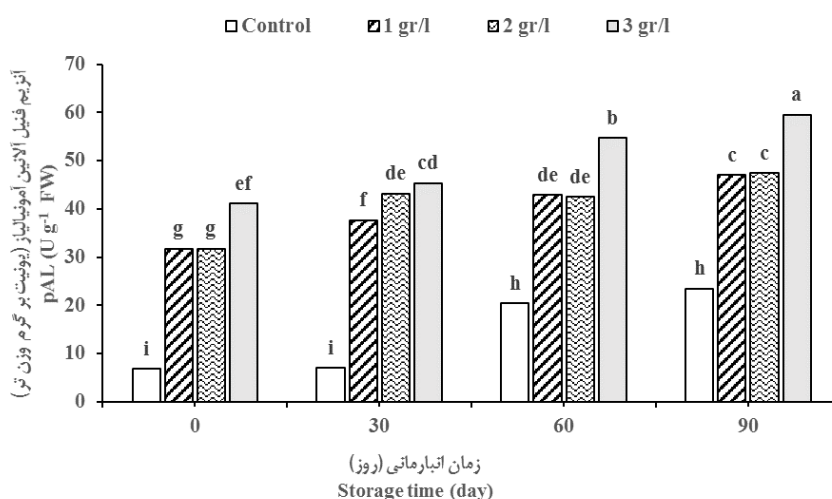
پروپانویید) محسوب می‌گردد (Dixon and Paiva, 1995; Strack, 1997). ارتباط مستقیم و مثبت میزان این آنزیم با سنتز فنل‌ها و فلاونوئیدها در میوه‌های پرتقال خونی، توت‌فرنگی (Olsson et al., 2004) و بلوبری (Wang et al., 2009) گزارش شده است.

مشابه با یافته‌های این پژوهش افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز سنتز و تجمع ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد که این

آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز به عنوان آنزیم کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانویید تبدیل فنیل آلانین به ترانس سینامیک اسید را کاتالیز می‌نماید که اولین مرحله در بیوسنتز فنیل پروپانوییدها بوده و منجر به تولید متابولیت‌های ثانویه مانند لیگنین، فیتوالکسین‌ها و فلاونوئیدها می‌گردد. در واقع آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز به عنوان آنزیم حدواسط متابولیسم اولیه (مسیر اسید شیکمیک) و متابولیسم ثانویه (مسیر فنیل

واکنش‌های سلولی (Curie et al., 2008) است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در سه مرحله باعث افزایش جذب آهن و در نتیجه جذب آهن باعث افزایش چشمگیر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز گردید که به دنبال آن تولید و تجمع متابولیت‌هایی نظیر فلاونوئیدها و فنل‌ها نیز تحت تأثیر فعالیت این آنزیم افزایش یافتند.

ترکیبات با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، گیاهان را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده مقاوم می‌کند (Eraslan et al., 2007). نکته جالب توجه در این پژوهش شبیه بودن روند تغییرات میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز و سنتز فلاونوئیدها بود. از آنجایی که آهن کوفاکتور یا جز ساختاری بسیاری از آنزیم‌های دخیل در متابولیسم سلولی، بیوستر، پیوندشدگی و یا تجزیه شدن در مسیرهای مختلف



شکل ۱۰- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز میوه کیوی فروت در طول مدت انبارمانی

Figure 10- The effect of seaweed (*Ascopylum nodosum*) extract on fruit PAL activity of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

شده داشتند و تغییراتی از قبیل کاهش آسکوربیک اسید، سفتی و اسید کل را که در طی دوره انبارمانی کیوی فروت مطرح هستند، تقلیل دادند. از بین غلظت‌های مورد استفاده در این آزمایش غلظت ۳ گرم در لیتر بیشترین تأثیر را در میزان اسیدهای کل، ویتامین ث، سفتی میوه و مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، فنل و فلاونوئیدها کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز داشتند بنابراین به‌عنوان تیمار مناسب برای کیوی رقم هاپوارد معرفی می‌گردد. با توجه به افزایش عمر انبارمانی و افزایش کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی فروت، محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

جلبک قهوه‌ای یکی از ترکیبات طبیعی و سازگار با سلامت انسان و طبیعت دارای ارزش دارویی و غذایی است که می‌تواند موجب افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه در پس‌از برداشت شود. به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای اثر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه، مقدار مواد جامد محلول کل، اسید کل، ویتامین ث، فنل و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز داشت. به‌طور کلی، تیمارهای محلول‌پاشی شده با عصاره جلبک قهوه‌ای اثرات مثبتی بر صفات اندازه‌گیری

منابع

1. Abdel-Mawgoud, A.M.R., Tantaway, A.S., Magda, M.H., & Hoda, A.M. (2010). Seaweed extract improves growth, yield and quality of different watermelon hybrids. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6(2): 161-168.
2. Awad, M.A., Al-Qurashi, A.D., Mohamed, S.A., & Elsayed, M.I. (2017). Postharvest chitosan, trans-resveratrol and glycine betaine dipping affect quality, antioxidant compounds, free radical scavenging capacity and enzymes activities of 'Sukkari'bananas during shelf life. *Scientia Horticulturae* 219: 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.046>.
3. Babalar, M., Dolati Baneh, A., & Honorable, D. (1999). Investigation of post-harvest effect of calcium chloride on

- storage quality of two cultivars of seedless Keshmeshi and Shahroodi. *Seed and Plant Journal* 15(1): 31-40.
4. Barata-Soares, A.D., Gomez, M.L., Mesquita, C.H.D., & Lajolo, F.M. (2004). Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 16(3): 147-154. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202004000300004>.
5. Blunden, G., Jones, E.M., & Passam, J.C. (1978). Effects of postharvest treatment of fruit and vegetables with cytokinin-active seaweed extract and kinetin solutions. *Journal of Botanica Marina* 21(4): 237-240. <https://doi.org/10.1515/botm.1978.21.4.237>.
6. Bor, J.Y., Chen, H.Y., & Yen, G.C.H. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 1680-1686. <https://doi.org/10.1021/jf0527448>.
7. Cai, Y.Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., & Corke, H. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science* 28: 72-88. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.11.004>.
8. Cho, M., Lee H.S., Kang, I.J., Won, M.H., & You, S. (2011). Antioxidant properties of extract and fractions from *Enteromorpha prolifera*, a type of green seaweed. *Food Chemistry* 127: 999-1006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.072>.
9. Connell, S., Rivard, C., Peet, M., Harlow, C., & Louws, F. (2012). High tunnel and field production of organic heirloom tomatoes: yield, fruit quality, disease, and microclimate. *Horticulture Science* 47: 1283- 1290. <https://doi.org/10.21273>.
10. Curie, C., Cassin, G., Couch, D., Divol, F., Higuchi, K., Le Jean, M., Misson, J., Schikora, A., Czernic, P., & Mari, S. (2008). Metal movement within the plant: contribution of nicotine and yellow stripe 1-like transporters. *Annals of Botany* 103(1): 1-11. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn207>.
11. Dehghan, G., & Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. *Food Chemistry* 131: 422-426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.074>.
12. Dixon, R.A., & Paiva, N.L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism, *The Plant Cell* 7(7): 1085. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1085>.
13. Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry* 113: 557-562. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.025>.
14. Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., & Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 113: 120-128. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.012>.
15. Fan, D., Hodges, D.M., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2013). A commercial extract of brown macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44(12): 1873-1884. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.790404>.
16. Fan, D., Hodges, D.M., Zhang, J., Kirby, C.W., Ji X., Locke, S.J., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2011). Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. *Journal of Agriculture Food Chemical* 124: 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.008>.
17. FAO. (2019). FAOSTAT, FAO Statistical Databases. <http://faostat.fao.org>.
18. Ferguson, A.R., & Ferguson, L.R. (2003). Are kiwifruit really good for you?, *Acta Horticulturae* 610: 131-138. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.610.16>.
19. Fornes, F., Sanchez-Perales, M. & Guardiola, J.L. (2002). Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' Clementine mandarin and Navelina orange. *Botanica Marina* 45(5): 486-489. <https://doi.org/10.1515/BOT.2002.051>.
20. Geny, L., Bernardon Mery, A., & Larrive, G. (2007). A physiological pathway source of agronomic progress: The activation of flowering hormones. An algae filtrate acts on grapevines and apple trees. *Physio Activator Technology* 609: 37-40.
21. GhaffariZadeh, A., Seyed Nejad, S.M., & Gilani, A. (2015). The effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on physiological traits and grain yield. *Crop Physiology Journal* 7(27): 69-83.
22. Ghasemi, M., Ramin, A.A., & Amini, F. (2016). The Effect of coating containing chitosan on quality and Increase post-harvest life cucumber cv zomorod. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening* 5(15): 189-198. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.15.189>.
23. Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G., & Antunes, M.D. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 110: 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.019>.
24. Hernández-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M.A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology* 26(1): 619-628. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0078-4>.
25. Hunter, D.C., Greenwood, J., Zhang J., & Skinner, M.A. (2011). Antioxidant and 'natural protective' properties of

- kiwifruit. *Current Topics in Medicinal Chemistry* 11(14): 1811-1820. <https://doi.org/10.2174/156802611796235134>.
26. Jahangir, M., Abdel-Farid, I.B., Kim, H.K., Choi, Y.H., & Verpoorte, R. (2009). Healthy and unhealthy plants: The effect of stress on the metabolism of Brassicaceae. *Environmental and Experimental Botany* 67(1): 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.007>.
27. Javanmardi, J., & Azadi, H. (2013). Effects of Foliar Spray of Seaweed Extract on Growth, Yield and Qualitative Characteristics of Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme). *Journal of Horticultural Science and Technology* 13(3): 283-290. <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.2.07>.
28. Kaijv, M., Sheng, L., & Chao C. (2006). Antioxidation of flavonoids of Rhizome. *Food Science* 27: 110-115.
29. Kamel, H.M. (2014). Impact of garlic oil, seaweed extract and imazalil on keeping quality of Valencia orange fruits during cold storage. *Journal of Horticulture, Science Ornamental Plants* 6: 116-125. <https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2014.6.3.1145>.
30. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386-399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>.
31. Lai, A., Santangelo, E., Soressi G.P., & Fantoni, R. (2007). Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques. *Postharvest Biology and Technology* 43: 355- 342. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.016>.
32. Lata, B., & Przeradzka, M., (2002). Changes of antioxidant content in fruit peel and flesh of selected apple cultivars during storage. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 10: 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.016>.
33. Lola-Luz, T., Hennequart, F., & Gaffney M. (2014). Effect on yield total phenolic, total flavonoid and total isothiocyanate content of two broccoli cultivars (*Brassica oleraceae* var italica) following the application of a commercial brown seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 23: 28-37. <https://doi.org/10.23986/afsci.8832>.
34. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F., & Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science* 67(5): 1706-1712. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08710.x>.
35. Masny, A., Basak, A., & Zurawicz, E. (2004). Effect of foliar application of Kelpak and Goemar BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 23-27.
36. Melo, T.A.D., Serra, I.M.R.S.D., Sousa, A.A., Sousa, T.Y.O., & Pascholati, S.F. (2018). Effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract on post-harvest 'Tommy Atkins' mangoes. *Scientific Electronic Library Online, Brasil* 40(3). 1-6. <http://doi.org/10.1590/0100-29452018621>.
37. Meng, X., Li, B., Liu, J., & Tian, S. (2007). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan pre-harvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501-508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012>.
38. Nafussi, B., Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Peretz, J., Ozer, B.K., & D'hallewin G. (2001). Mode of action of hot-water dip in reducing decay of lemon fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(1): 107-113. <https://doi.org/10.1021/jf000700n>.
39. Olivas, G.I., Mattinson, D.S., & Barbosa-Cánovas, G.V. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology* 45(1): 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.018>.
40. Olsson, M.E., Ekvall, J.M., Gustavsson, K., Nilsson, J., Pillai, D., Sjöholm, I., Svensson, U., Akesson, B., & Nyman, M. (2004). Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberry (*Fragaria x ananassa*): effects of cultivar, ripening, and storage. *Agriculture Food Chemistry* 52: 2490-2498. <https://doi.org/10.1021/jf030461e>.
41. Omar, A.E.D.K. (2014). Use of seaweed extract as a promising postharvest treatment on Washington Navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Biological Agriculture and Horticulture* 30(3): 198-210. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.890543>.
42. Perkin-Veazie, P. (1995). Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17: 267-297. <https://doi.org/10.1002/9780470650585.ch8>.
43. Plaza, L., Crespo, I., de Pascual-Teresa, S., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Muñoz, M., & Cano, M.P. (2011). Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. *Food Chemistry* 124(2): 646-651. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.089>.
44. Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., & Cano M.P. (2011). Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *LWT-Food Science and Technology* 44(4): 834-839. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.013>.

45. Qadir, A., & Hashinaga, F. (2001). Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. *Postharvest Biology and Technology* 22(3): 279-283. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00087-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00087-4).
46. Rab, A., Najia, Sajid M., Bibi, F., Jan, I., Nabi, G., & Nawab, K. (2015). Quality changes in heat treated sweet orange fruit during storage at low temperature. *Journal of Animal and Plant Sciences* 25(3): 661-668.
47. Rabiei, V., & Joz.Ghasemi, S. (2013). *The laboratory applied methods in agronomy and horticultural sciences*, Jahad-e Daneshgahi Press, Urmia. 265 pages.
48. Rahemi, M. (2008). *Postharvest Physiology*. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits, Vegetables, and Ornamental, Shiraz University Press.
49. Rana, J., & Paul, J. (2017). Consumer behavior and purchase intention for organic food: A review and research agenda, *Journal of Retailing and Consumer Services* 38: 157-165. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.06.004>.
50. Rayorath, P., Benkel, B., Hodges, D.M., Allan-Wojtas, P., MacKinnon, S., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2009). Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta* 230: 135-147. <https://doi.org/10.1007/s00425-009-0920-8>.
51. Singleton, V L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.
52. Soleimani, S., Yousef Zadi, M., Moein, S., Amrollahi Biuki, N., Keshavarz, M., & Asliyan, H. (2016). Evaluation of antioxidant activity and determination of polyphenolic content of marine tetra Echinometra mathaei in Persian Gulf. *Journal of Biotechnology* 6(2): 1-8.
53. Spinardi, A.M. (2005). Effect of harvest date and storage on antioxidant system in pears. *Acta Horticulturae, V International Postharvest Symposium* 682: 135-140. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.11>.
54. Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2010). Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. *Recent Research in Science and Technology* 2(5): 73-80.
55. Strack, D. (1997). *Phenolic metabolism*. In: Dey P.M. and Harborne J.B. (Eds.). *Plant Biochemistry*. Academic Press, San Diego 387-416.
56. Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z, Abbasi, M.K., & Kazmi, M.H. (2011). Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere* 21: 124-131. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60087-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60087-2).
57. Taiz, L., Zeiger, L. E, Moller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Murphy, Angus. 6th ed. Sinauer Associates, 2015. 761 p.
58. Tavarini, S., Innocenti, E.D., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry* 107: 282-288. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.015>.
59. Vargas, R.C., Defilippi, B.G., Valdes, G.H., Robledo, M.P., & Prieto, E.H. (2008). Effect of harvest time and Lcysteine as an antioxidant on flesh browning of fresh-cut cherimoya (*Annona cherimola* MiLL). *Journal of Agriculture Research* 68: 217-227. <http://doi.org/10.4067/S0718-58392008000300001>.
60. Wang, K., Jin, P., Cao, S., Shang, H., Yang, Z., & Zheng, Y. (2009). Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in chine bay berries. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 57: 5809-5815. <https://doi.org/10.1021/jf900914a>.
61. Zarbakhsh, S., & Rastegar, S. (2017). The Effect of Salicylic Acid and Gum Arabic on Some Qualitative and Quantitative Characteristics of *Ziziphus mauritiana* Lam During Storage. *Journal of Food Technology and Nutrition* 14(2): 78-98.
62. Zhang, Y., Shi, S., Wang, Y., & Huang, K. (2011). Target-guided isolation and purification of antioxidants from *Selaginella sinensis* by offline coupling of DPPH-HPLC and HSCCC experiments. *Journal of Chromatography B* 879: 191-196. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jchromb.2010.12.004>.
63. Zhaoliang, L., Youngbing, Y., Chenglian, L., Zongxun, C., & Tsunghsum, T. (1998). Regulation of antioxidant enzymes by salicylic acid in cucumber leaves. *Acta Botanica Sinica* 40(4): 356-361.
64. Zivanovic, S., Buescher, R.W., & Kim, K.S. (2000). Textural changes in mushroom (*Agaricus bisporus*) associated tissue ultrastructure and composition. *Journal of Food Science* 65: 1404-1408. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10621.x>.
65. Zodape, S.T. (2001). Seaweeds as a biofertilizer. *Journal of Scientific and Industrial Research* 60(5): 378-382.
66. Zucker, M. (1968). Sequential induction of phenylalanine ammonia-lyase and a lyase-inactivating system in potato tuber disks. *Plant Physiology* 43: 365-374. <https://doi.org/10.1104/pp.43.3.365>.



The Application of Different Levels of Ammonium Nitrate in the Form of Fertilization on some Morpho-Physiological Traits of Spider plant (*Chlorophytum comosum*)

M. Osku¹, A. Khandan-Mirkohi^{2*}, R. Naderi³

Received: 04-11-2021

Revised: 12-01-2022

Accepted: 01-02-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Osku, M., Khandan-Mirkohi, A., & Naderi, R. (2023). The Application of Different Levels of Ammonium Nitrate in the Form of Fertilization on some Morpho-Physiological Traits of Spider plant (*Chlorophytum comosum*). *Journal of Horticultural Science* 36(4): 903-915. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2022.73430.1103](https://doi.org/10.22067/jhs.2022.73430.1103)

Introduction

The genus *Chlorophytum* (also known as spider plant) which is mainly cultivated as an ornamental plant for its slash and colored leaves, specifically distributed in the pantropic regions. It is a perennial rhizomatous plant with often short and indistinct rhizomes, while with thicker or slightly fleshy roots. The roots of these species are considered as one of the important phytochemical components. This plant is a soil conditioner and can absorb lead, cadmium, Se and As while its leaves accumulate mercury. It is also able to absorb toxic organic pollutants such as formaldehyde and benzene and is also able to retain CO₂. Leaf surface morphology has been shown to affect the ability of a particular plant to retain contaminants. *Chlorophytum comosum* introduced as a plant that requires high nitrogen. Nitrogen is an essential macro element for the growth and development of plants which involved in many physiological reactions and it is one of the elements that plants need in all their activities. The effect of N form on plant growth depends on plant species and nitrogen level of the soil. Plants absorb both ammonium (NH₄⁺) and nitrate (NO₃⁻) from soil solution, and these two mineral forms are their most important sources of nitrogen to supply the plant demand. Absorption of ammonium by plants requires less energy than absorption of nitrate. It seems that most plants have the best performance in a certain ratio of nitrate to ammonium (NO₃⁻/NH₄⁺ ratio). This ratio seems to regulate the distribution of absorbed nitrogen between the branches and roots. It may also vary between species. The optimal ratio may also depend on the environmental conditions such as pH, light intensity, and root zone temperature. This study was performed to determine the effect of different levels of ammonium nitrate on growth, yield factors and ornamental aspects of the spider plant as a desired ornamental product. The use of ammonium nitrate to meet the houseplants demand considering the supply of both types of nitrogen sources, increases the yield and quality of these plant. However, despite the importance of the nitrogen in the performance of this ornamental plant (*Chlorophytum comosum*), the desired amount of nitrogen for its growth and quality has not yet been reported. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of different levels of ammonium nitrate on the growth and physiological characteristics of spider plant to find the best level of application of ammonium nitrate fertilizer as an easily available source to increase the growth and visual quality of this plant.

Materials and Methods

This research was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with four treatments and three replications. Treatments include four levels of ammonium nitrate of 100 (control), 200, 400, 600 mg⁻¹ kg of soil. Treatments applied first at the substrate preparation process and then was applied in the one third depth of each pot, monthly. Desired factors such as morphological characteristics (plant height, leaf number, stolon

1- Ph.D. Candidate, Department of Horticulture, Aburaihan College of Agricultural Technology, University of Tehran, Tehran, Iran

2 and 3- Assistant Professor and Professor University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: khandan.mirkohi@ut.ac.ir)

number, fresh weight, dry weight, root fresh weight, root dry weight, root volume, root depth, root length, pot weight, leaf area) and physiological characteristics (total chlorophyll, total protein, texture nitrate and proline) were evaluated. Also soil analysis was performed before starting of the experiment. Statistical analyses of the data for examined traits were performed using SAS software and comparisons of means using Duncan's multiple range test, at 5% probability level.

Result and Discussion

The results indicated that the application of ammonium nitrate fertilizer significantly improved most of the studied traits. Supplying ammonium nitrate fertilizer at desired level meet the nitrogen demand of Spider plant during the growth and improved production of biomass. The plant height, leaf number, fresh weight, dry weight, root fresh weight, root dry weight, and leaf area were increased by increasing ammonium nitrate level. Nitrogen fertilizers play an important role for increasing plant yield by expanding shoots and producing sufficient carbohydrates. In addition to plant growth, they also affect plant morphology. Maximum amount of protein, nitrate of tissue and total chlorophyll observed in 400 mg⁻¹kg of ammonium nitrate level. Nitrogen is one of the essential elements that plays an important role in the production of chlorophyll and protein, therefore the use of nitrogen fertilizers leads to synthesis of chlorophyll and protein at higher level. The highest amount of proline (11.20 µg⁻¹ mL) was measured at 600 mg⁻¹kg of ammonium nitrate level and the lowest (3.57 µg⁻¹ mL) in the control, because with high consumption of nitrate, the plant needs more water and nitrogen is a structural component of proline. Accumulation of proline helps the plant to survive and recover after drought stress.

Conclusion

According to the results of our experiment, application of nitrogen fertilizer had a positive effect on growth, and consequently led to increase the plant vegetative yield. Treatment of 400 mg⁻¹kg of ammonium nitrate level increased growth and yield factors and the ornamental aspect of Spider plant as a desired ornamental crop. Application of 400 mg⁻¹kg of ammonium nitrate level are recommended to access an acceptable quantitative and qualitative yield in this plant.

Keywords: Chlorophyll, Growth traits, Protein, Yield

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۹۱۵-۹۰۳

کاربرد مقادیر مختلف نیترات آمونیوم به صورت کوددهی پایه بر برخی صفات مورفو- فیزیولوژیکی گیاه سجافی (*Chlorophytum comosum*)

مژده اسکو^۱ - عزیزاله خندان میرکوهی^{۲*} - روح انگیز نادری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲

چکیده

جهت ارزیابی تاثیر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه سجافی (*Chlorophytum comosum*) آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار به اجرا درآمد. از چهار سطح مختلف نیترات آمونیوم (۱۰۰ (به عنوان شاهد)، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) استفاده شد. تیمارها، ماهانه و به صورت چالکود اعمال گردید. صفات مورد بررسی شامل صفات مورفولوژیک (ارتفاع، تعداد برگ، تعداد دستک، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، عمق ریشه، طول ریشه، وزن گلدان، سطح برگ) و صفات فیزیولوژیک (کلروفیل کل، مقدار پروتئین کل، مقدار نیترات موجود در بافت و میزان پرولین) بود و همچنین آنالیز بسترکشت قبل از شروع آزمایش انجام شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر همه صفات مورد ارزیابی به جز وزن گلدان، عمق ریشه، طول ریشه و حجم ریشه معنی دار بود. با افزایش سطوح مختلف تیمار، ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و سطح برگ افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل، پروتئین و نیترات بافت در تیمار ۴۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم مشاهده شد و با افزایش کاربرد نیترات آمونیوم مقدار آنها کاهش یافت. بیشترین مقدار پرولین (۱۱/۲۰ میکروگرم بر میلی لیتر) در تیمار ۶۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم و کمترین مقدار (۳/۵۷ میکروگرم بر میلی لیتر) در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج بدست آمده تیمار ۴۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم موجب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد و افزایش جنبه زینتی گیاه سجافی به عنوان یک گیاه برگ زینتی گردید.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، شاخص‌های رشد، عملکرد، کلروفیل

مقدمه

گیاه زینتی و دارویی مورد استفاده است (Hutchings et al., 1996). عقیده بر این است که این گیاه قادر به پالایش آلاینده‌ها از هوا از جمله فرمالدئید و بنزن و جذب کادمیوم، سرب و جیوه از خاک می باشد (Li et al., 2021; Fermo et al., 2021). این گیاه در بین گیاهان زینتی دیگر با این ویژگی جزو گیاهان ارزان قیمت و آسان تکثیر می باشد، بنابراین بهینه سازی رشد مطلوب با ویژگی دیداری مناسب می تواند کاربرد این گیاه در مقایسه با گیاهان گران قیمت را افزایش دهد. از طرف دیگر، از آنجایی که این گیاه دارای رشد رویشی زیادی است و شادابی برگ‌ها از جمله ویژگی زینتی مهم این گیاه محسوب می شود، بنابراین به عنوان یک گیاه پرنیاز به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن تلقی می شود و در بسیاری از فعالیت‌های خود به این عنصر نیاز دارد و کمبود آن می تواند در رشد کمی و کیفی گیاه اختلال

گیاه سجافی یا گندمی (*Chlorophytum comosum*) یکی از گیاهان متعلق به تیره لیلیاسه است که حدود ۳۸ گونه از آن در آفریقا و اروپا می روید (Germishuizen and Meyer, 2003). این گیاه دارای برگ‌های نواری شکل و آویزان می باشد که جنبه زینتی به این گیاه داده است. سجافی یکی از قدیمی ترین گیاهانی است که به عنوان

۱- دانشجوی دکتری دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲ و ۳- به ترتیب استادیار و استاد دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: khandan.mirkohi@ut.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2022.73430.1103

کود نیترات آمونیوم، به عنوان منبع تامین در دسترس، برای افزایش کیفیت رشد و کیفیت دیداری این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با ۴ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به اجرا درآمد. در این آزمایش از چهار سطح مختلف نیترات آمونیوم، (۱۰۰) (شاهد)، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) محصول شرکت مرک (Merck) استفاده گردید. به منظور تهیه بستر کشت، از خاک مزرعه با بافت لومی به نسبت ۵۰ درصد حجمی، بقیه ترکیبی از پیت، پرلیت و کوکوپیت با نسبت حجمی مساوی استفاده شد و سپس به هر کیلوگرم بستر کشت ۴۰۸ میلی گرم سوپرفسفات تریپل و ۴۴۴ میلی گرم سولفات پتاسیم اضافه شد. به منظور اعمال تیمار، نیترات آمونیوم با بستر کشت تهیه شده ترکیب و همگن شد. گیاهان سجافی مورد استفاده حاصل ازدیاد، در گلخانه‌های پردیس بود و به صورت یکدست، با ارتفاع ۱۶-۱۴ سانتی متر و دارای ۱۰-۱۲ عدد برگ انتخاب شدند. بعد از آماده سازی بستر کشت، در گلدان‌هایی به قطر دهانه ۱۲ سانتی متر و ارتفاع ۱۱ سانتی متر منتقل شدند. آزمایش ۵ ماه به طول انجامید. و مقادیر مورد اشاره بر اساس وزن خاک هر گلدان (هر گلدان حاوی ۲ کیلوگرم خاک بود) هر ماه ۱۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم بر کیلوگرم خاک به عنوان شاهد و ۲۰۰ و ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم بر کیلوگرم خاک به صورت چالکود به گلدان‌ها اضافه شد. نیاز آبی گیاهان بر مبنای اندازه گیری رطوبت وزنی خاک تا رسیدن رطوبت آن به حد ظرفیت زراعی مزرعه تعیین شد. به این منظور بعد از غروب آفتاب که تبخیر و تعرق متوقف شد، گلدان‌ها آبیاری شدند و اجازه داده شد تا آب زهکش خارج گردد و گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی برسند در این مرحله وزن گلدان اندازه گیری شد. سپس هر دو روز یکبار گلدان‌ها در یک ساعت معین مجدداً وزن می شدند. کاهش وزن در دو مرحله به عنوان تبخیر و تعرق گیاه تعیین شد. همواره همای آب کم شده به گلدان برگردانده شد. دمای گلخانه ۲۰-۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت محیط ۵۰-۴۰ درصد ثبت شد. در طی این مدت هر سه هفته یک بار آبشویی از بستر کشت انجام می شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت در ابتدای آزمایش بر اساس روش‌های استاندارد و بافت خاک به روش هیدرومتری بررسی شد. اساس روش هیدرومتری، اندازه گیری چگالی سوسپانسیون آب و خاک می باشد که بر اثر رسوب مواد، کاهش پیدا می کند. اعداد قرائت شده متناسب با حجم مایع جابه جا شد (Bouyoucos, 1962). قابلیت هدایت الکتریکی و اسیدیته به ترتیب با استفاده از دستگاه EC متر و pH متر اندازه گیری شد (Haluschak, 2006). درصد کربن آلی با روش اکسیداسیون مرطوب

ایجاد نموده و کمبود این عنصر از رشد و بهره‌وری این گیاه می‌کاهد (Yan et al., 2019; Dhanasekaran et al., 2020). کودهای نیتروژنی از طریق گسترش اندام‌های هوایی و تولید ماده کربوهیدراتی در افزایش عملکرد گیاهان نقش مهمی دارند و نه تنها بر رشد گیاه بلکه بر ریخت‌شناسی گیاهی نیز تاثیر دارند (Ghasemi et al., 2012). با افزایش کودهای نیتروژنی، آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت کننده در چرخه فتوسنتزی نظیر سائتوکروم‌ها، فلدوکسین‌ها، پلاستوسیانین و آنزیم روییسکو افزایش می‌یابد (Dordas and Prsa et al., 2007; Sioulas, 2008). همچنین، نیتروژن نقش مهمی در ساختار کلروفیل و افزایش کارایی فتوسنتز دارد (Khalid, 2013) و مصرف بهینه آن با تاثیر بر کاهش نسبت آبسزیک اسید بر جیبرلین، باعث افزایش رشد رویشی می‌گردد (Marschner, 2012). مقادیر متفاوتی از نیاز به نیتروژن برای گیاهان مختلف بیان شده است و این میزان از ۲۰ تا ۷۵۰ میلی گرم در لیتر در محلول غذایی (Reed, 1996) و از ۲ تا ۱۲ میلی مولار در محلول خاک و از ۱۲ تا ۲۴ میلی مولار در محلول بسترهای کشت متغیر است (Sonneveld and Voogt, 2009). گیاهان نیاز نیتروژن خود را در دو شکل مهم نیتراتی و آمونیومی تامین می‌کنند. نیترات به عنوان بخش مهم نیاز نیتروژنی در تغذیه گیاهان به‌ویژه در کشت‌های هیدروپونیک مطرح است (Marschner, 1995). توجه به نسبت نیتروژن نیتراتی به آمونیومی با توجه به نوع گیاه در کشت‌های گلخانه‌ای دارای اهمیت است (Li et al., 2021). از طرف دیگر نسبت مساوی بین دو شکل تامین نیتروژن، در مقابله با تنش سرما می‌تواند مورد توجه باشد (Liu and Li, 2017) چون جذب آمونیوم توسط گیاهان در مقایسه با نیترات به انرژی کمتری نیاز دارد (Liu and Li, Li et al., 2021). استفاده از نیترات به منظور تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه، تخصیص زیست توده به اندام‌های هوایی را افزایش می‌دهد در حالیکه کاربرد محدود آمونیوم می‌تواند موجب افزایش رشد ریشه‌ها شود (Liu and Li, 2017). مقدار جذب نیتروژن در گیاهانی که هر دو نوع نیتروژن آمونیومی و نیتراتی دریافت می‌کنند، بیشتر از گیاهانی است که تنها نیتروژن نیتراتی را دریافت می‌کنند (Moshrefi Araghi et al., 2013). اکثر گیاهان زمانی به بهترین عملکرد خود دست می‌یابند که از هر دو منبع کودهای نیتروژن نیتراتی و آمونیومی استفاده کنند (Yan et al., 2019). استفاده از نیترات آمونیوم برای تامین نیاز گیاهان آپارتمانی با توجه به تامین هر دو نوع منبع نیتروژنی موجب افزایش عملکرد و کیفیت این گیاهان می‌گردد (Liu and Li, 2017; Yan et al., 2019). با اینحال علی‌رغم اهمیت عنصر نیتروژن در عملکرد گیاه زینتی سجافی (گندمی)، هنوز مقادیر مطلوب نیتروژن برای رشد این گیاه گزارش نشده است. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه سجافی برای یافتن بهترین سطح کاربرد

و بر اساس آن اعداد قرائت شده نمونه‌ها از دستگاه محاسبه شد. غلظت آهن قابل جذب به روش عصاره‌گیری با DTPA اندازه‌گیری شد (Olsen et al., 1954). برای اندازه‌گیری آهن، معادل ۵۰ گرم خاک خشک در ظروف پلی اتیلنی ریخته شد و ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA اضافه شد. جهت جلوگیری از فعالیت احتمالی میکروبی ۱۰ قطره تولوئن نیز افزوده شد و در اتاقک تاریک در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تکان داده شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عصاره‌گیری شد. میزان آهن عصاره توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، صفات مختلف شامل ارتفاع (از محل طوقه تا بالاترین نقطه مماس نوک یا انحنای برگ با خط افقی)، تعداد دستک، تعداد برگ، وزن گلدان، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، عمق ریشه، حجم ریشه، طول ریشه (Khandan-Mirkohi et al., 2015)، سطح برگ (توسط دستگاه Leaf Area Meter)، کلروفیل کل (Arnon, 1967)، مقدار پروتئین موجود در بافت (Bradford, 1976)، مقدار نیترات موجود در بافت (Cataldo et al., 1975) و میزان پرولین (Bates, 1973) اندازه‌گیری شدند. همچنین مقدار هدایت الکتریکی و نیترات زهاب (Cataldo et al., 1975) هر ۳ هفته یکبار برای مشاهده روند تغییرات اندازه‌گیری شدند. در پایان آزمایش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

(Tumbare and Nikam, 2004) و نیتروژن کل با دستگاه کج‌لدال اندازه‌گیری شد (Bremner, 1996). مقدار فسفر قابل جذب با استفاده از روش اولسن اندازه‌گیری شد (Olsen et al., 1954). برای این منظور ابتدا محلول‌های لازم شامل محلول استخراج کننده، اسید کلرومولیبدیک و محلول رنگ‌آمیزی کلرور استانو تهیه شد. سپس مقدار ۵ گرم خاک به دقت وزن و داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با افزودن مقدار ۵۰ میلی‌لیتر محلول استخراج کننده و تکان دادن به مدت ۵ دقیقه، با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک، عصاره‌گیری شد. سپس میزان ۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۵ میلی‌لیتر محلول اسید کلرومولیبدیک به آن اضافه شد و تا حجم ۴۰ میلی‌لیتر رقیق شد. در نهایت یک میلی‌لیتر محلول رنگ‌آمیزی اضافه و سپس به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. شدت رنگ آبی تشکیل شده در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین و میزان فسفر با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد. مقدار پتاسیم نیز با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتری تعیین شد (Olsen et al., 1954). برای اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب ابتدا عصاره خاک تهیه شد. برای این منظور ۵ گرم خاک در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۱۰۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم یک نرمال به آن اضافه و بعد از تکان دادن برای تبادل آمونیوم و پتاسیم ۲۴ ساعت در محیط تاریک نگهداری شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عصاره‌گیری شد. در ادامه پس از تهیه استاندارد صفر تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و کالیبره کردن دستگاه فلیوم فتومتر، منحنی استاندارد تنظیم

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some physical and chemical properties of the soil

کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	آهن Fe (mg.kg ⁻¹)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	بافت خاکی Soil texture
4.00	0.150	366	11.3	7.5	1.40	لوم Loam

آمونیم به ۶۰۰ میلی‌گرم، ارتفاع گیاه کاهش یافت و ارتفاع گیاه در سطح ۶۰۰ میلی‌گرم، با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم، برابری داشت (شکل ۱ الف). از نظر تعداد دستک نیز روندی مشابه با ارتفاع مشاهده شد. بیشترین تعداد دستک مربوط به تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم (۷ عدد در هر گیاه) و کمترین (۱ عدد در هر گیاه) مربوط به تیمار شاهد بود و بین تیمار ۲۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم، اختلاف، معنی‌دار نبود (شکل ۱ ب). نیتروژن به طور مستقیم و یا غیر مستقیم در بزرگ شدن و تقسیم سلولی نقش دارد و زمانی که مقدار نیتروژن در خاک به اندازه کافی باشد، رشد گیاه بیشتر و ارتفاع افزایش می‌یابد (Singh et al., 2016).

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

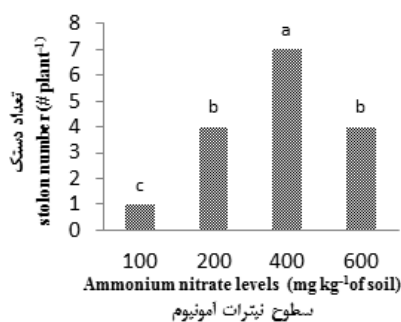
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر صفات ارتفاع، تعداد برگ، تعداد دستک، وزن خشک ریشه، وزن تر ریشه و سطح برگ در سطح ۱ درصد و برای صفات وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، در حالی که برای صفات وزن گلدان، عمق ریشه و طول ریشه و حجم ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع (۲۶/۸۶ سانتی‌متر) در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم و کمترین ارتفاع (۱۷ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم (شاهد) مشاهده شد. با افزایش سطح نیترات

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر نیترات آمونیوم بر شاخص های مورفولوژیک گیاه سجافی
Table 2- The ANOVA results for the morphological characteristics of *Chlorophytum comosum*

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد برگ Leaf number	وزن گلدان Pot weight	تعداد دستک Stolon number	وزن تر بخش هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	عمق ریشه Root depth	حجم ریشه Root volume	طول ریشه Root length	سطح برگ Leaf area
بلوک Block	2	0.08 ^{ns}	40.00 ^{ns}	0.56 ^{**}	4.32 ^{ns}	5.33 ^{ns}	3.25 ^{ns}	3.75 ^{ns}	6.58 ^{ns}	1.93 ^{ns}	51.2 ^{ns}	1096666.8 ^{ns}	28388.8 ^{ns}
تیمار Treatment	3	54.65 ^{**}	2131.4 ^{**}	0.11 ^{ns}	9.27 ^{**}	1104.32 [*]	6.63 [*]	22226.97 ^{**}	13.55 ^{**}	876 ^{ns}	4509.55 ^{ns}	3.72751.3 ^{ns}	2595496.3 ^{**}
خطا Error	6	3.41	6.91	0.028	0.66	9.66	1.13	28.97	4.80	13.17	50.25	1465688.24	181286.6
ضرب تغییرات C.V (%)		7.35	3.97	9.37	12.02	1.25	5.37	8.38	14.39	11.22	2.82	12.24	10.44

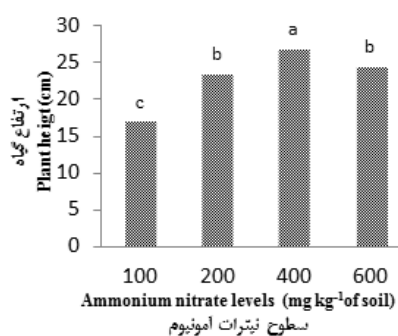
*, **, ns: Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.
به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

تعداد برگ اختلاف، معنی دار نبود (شکل ۲ الف). کودهای نیتروژنه با افزایش فتوسنتز و افزایش رشد، منجر به افزایش شمار شاخه در بوته می گردند. این نتیجه با نتایج پژوهشگران دیگر همخوانی دارد (Darzi et al., 2006). افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه باعث ایجاد شرایط مناسب رشد شده و افزایش ساقه، برگ و افزایش زیست توده را به همراه دارد (Salehi et al., 201). محققان عنوان کرده اند که افزایش کودهای نیتروژن موجب افزایش شاخه و برگ های جوان می شود که همانند مخزن قوی عمل می کنند و مواد غذایی سنتز شده در فتوسنتز را به سمت خود می کشند و موجب افزایش تعداد برگ و سرشاخه ها می شوند (Kermani Poorbaghai et al., 2014).



B

بررسی ها نشان می دهد، ارتفاع گیاه تحت تاثیر کودهای نیتروژنی قرار می گیرد (Walkley and Black, 1934). بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به بیشترین ذخیره نیتراتی است و از آنجایی که نیتروژن باعث افزایش ارتفاع گیاه می شود، هر چه نیتروژن بیشتر، ذخیره نیتراتی بیشتر، و ارتفاع گیاه نیز افزایش می یابد (Robin et al., 2001). پژوهشگران افزایش عملکرد سرشاخه ها را از همخوانی بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه می دانند (Tumbare and Nikam, 2004). بیشترین تعداد برگ (۷۶ عدد) در تیمار ۶۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم و کمترین تعداد برگ (۵۳ عدد) در تیمار ۱۰۰ میلی گرم (شاهد) مشاهده شد و بین تیمار ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم از نظر



A

شکل ۱- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر ارتفاع (A) و تعداد دستک (B) گیاه سجافی

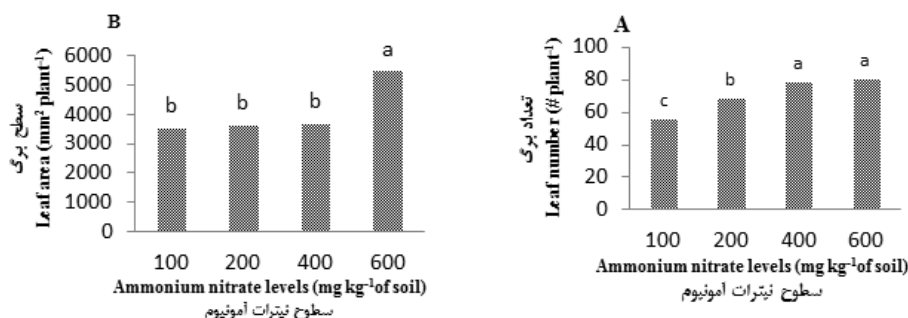
Figure 1- The effect of different levels of ammonium nitrate on the height (A) and stolon number (B) per plant of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p \leq 0.05$)

مربوط به گیاه شاهد بود (شکل ۳ ب). افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه باعث ایجاد شرایط مناسب تر رشد شده که خود باعث افزایش درصد ساقه و برگ و در نهایت افزایش عملکرد زیست توده می گردد (Salehi et al., 2011). تغذیه مناسب باعث افزایش فتوسنتز و رشد گیاه و افزایش شمار شاخه و برگ می گردد و در نهایت موجب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی می شود (Darzi et al., 2006). افزایش غلظت نیتروژن موجب افزایش وزن خشک گیاه می گردد. اما اگر غلظت آن از آستانه تحمل گیاه بیشتر شود، تغییری در وزن خشک حاصل نخواهد شد و گاهی حتی، منجر به کاهش وزن خشک گیاه خواهد شد (Tumbare and Nikam, 2004). در پژوهش حاضر، با افزایش سطوح نیترات آمونیوم از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی گرم، وزن خشک افزایش یافت، اما با افزایش بیشتر سطوح نیترات آمونیوم تغییری در وزن خشک حاصل نشد و وزن خشک آنها با گیاهانی که با ۲۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم تیمار شدند برابر بود. در سجافی با افزایش سطوح نیترات آمونیوم وزن تر ریشه کاهش یافت. بیشترین وزن تر (۳۴۷/۶۷ گرم) و کمترین (۱۵۰/۶۴ گرم) به ترتیب در شاهد و سطح ۶۰۰ میلی گرم مشاهده شد

در تحقیقی که بر روی گیاه ریحان انجام شد مشخص گردید که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم موجب افزایش عملکرد سرشاخه ها و تعداد برگ و شاخص سطح برگ شد (Anwar et al., 2005). از نظر سطح برگ بین تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما گیاهانی که با ۶۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم، تیمار شدند، دارای بیشترین سطح برگ بودند (شکل ۲ ب). نیتروژن با تاثیر روی فتوسنتز موجب افزایش در جذب عناصر می شود. در نتیجه موجب افزایش تعداد برگ در گیاه می گردد. سطح برگ نیز تابعی از تعداد برگ می باشد و با افزایش تعداد برگ انتظار می رود سطح برگ نیز افزایش یابد (Hugar, 1986). با افزایش سطوح نیترات آمونیوم، وزن تر اندام هوایی افزایش یافت و با شاهد تفاوت معنی داری داشت به طوری که بیشترین وزن تر در گندمی (۲۷۱/۶۶ گرم) و کمترین (۲۱۱ گرم) به ترتیب در سطوح ۶۰۰ میلی گرم و شاهد (۱۰۰ میلی گرم) مشاهده شد (شکل ۳ الف). اما از لحاظ وزن خشک اندام هوایی نتایج متفاوت از وزن تر بود و بین تیمار ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم اختلاف معنی داری وجود نداشت، اما این گیاهان با شاهد تفاوت داشتند و کمترین وزن خشک

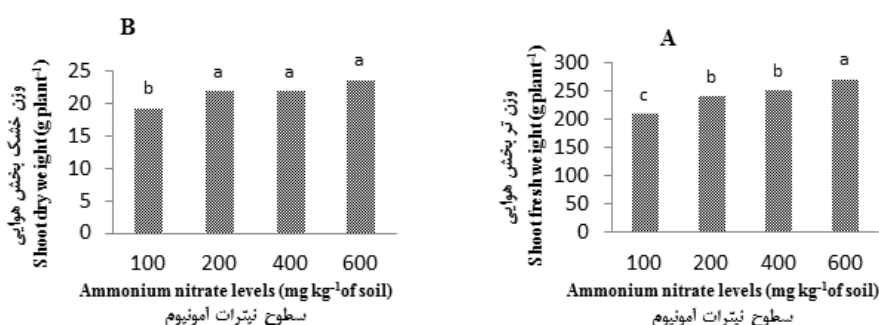
(شکل ۴ الف). از نظر وزن خشک ریشه نیز روندی مشابه با وزن تر ریشه مشاهده شد با افزایش سطوح نترات آمونیوم وزن خشک ریشه

کاهش یافت و شاهد بیشترین مقدار وزن خشک را دارا بود (شکل ۴ ب).



شکل ۲- اثر سطوح مختلف نترات آمونیوم بر تعداد برگ (A) و سطح برگ (B) گیاه سجافی

Figure 2- The effect of different levels of ammonium nitrate on the leaf number (A) and leaf area (B) per plant of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۳- اثر سطوح مختلف نترات آمونیوم بر وزن تر (A) و وزن خشک (B) اندام هوایی بوته گیاه سجافی

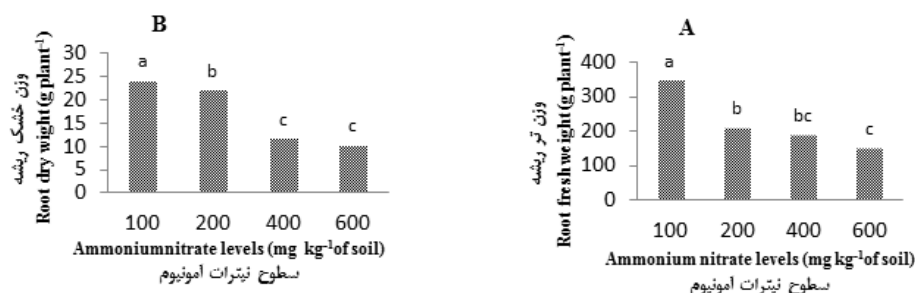
Figure 3- The effect of different levels of ammonium nitrate on the plant fresh (A) and dry (B) weight of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p \leq 0.05$)

2021). کودهای نیتروژنه به عنوان منبع تامین نیتروژن، وزن تر اندام هوایی را افزایش می دهند (Martin et al., 2004). کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، موجب افزایش غلظت نیتروژن در برگ های داوودی و افزایش زیست توده ی بخش های هوایی گردید (Polara et al., 2015).

صفات فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف نترات بر شاخص های اندازه گیری شده شامل: کلروفیل کل، پروتئین کل، نترات بافت و پرولین بافت در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳).

بررسی ها نشان می دهند که افزایش مصرف نترات آمونیوم منجر به افزایش رشد رویشی و افزایش جذب مواد معدنی می گردد و وزن خشک و تر ریشه را نیز افزایش می دهد (Hole et al., 1987). کودهای نیتروژنه، دارای اهمیت بالایی در واکنش های فتوسنتزی می باشند و موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه می گردند (Sajid and Amin, 2014). نتایج پژوهش حاضر، با نتایج بدست آمده توسط محققان دیگر مغایرت دارد. با افزایش سطوح نترات آمونیوم، وزن تر و خشک ریشه در این مطالعه کاهش یافت. به نظر می رسد، گیاه سجافی بیشتر نترات و آمونیوم مصرفی را به اندام هوایی تخصیص داده است. در نتیجه وزن تر و خشک ریشه کاهش یافته و به وزن تر و خشک اندام هوایی افزوده شده است (Li et al.,



شکل ۴- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر وزن تر (A) و خشک (B) ریشه گیاه سجافی

 Figure 4- The effect of different levels of ammonium nitrate on the root fresh (A) and dry (B) weight per plant of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p \leq 0.05$)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر نیترات آمونیوم بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه سجافی

 Table 3- The ANOVA results for the ammonium nitrate effect on the physiological characteristics of *Chlorophytum comosum*

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		کلروفیل کل Total chlorophyll	پروتئین کل Total protein	پرولین Proline	نیترات بافت Texture nitrate
بلوک Block	2	0.078 ^{ns}	7.12 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.418 ^{ns}
تیمار Treatment	4	9.95 ^{**}	233.33 ^{**}	17.22 ^{**}	20.02 ^{**}
خطا Error	8	0.30	14.02	0.117	0.572
ضریب تغییرات C.V (%)		10.64	8.40	7.55	9.58

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

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

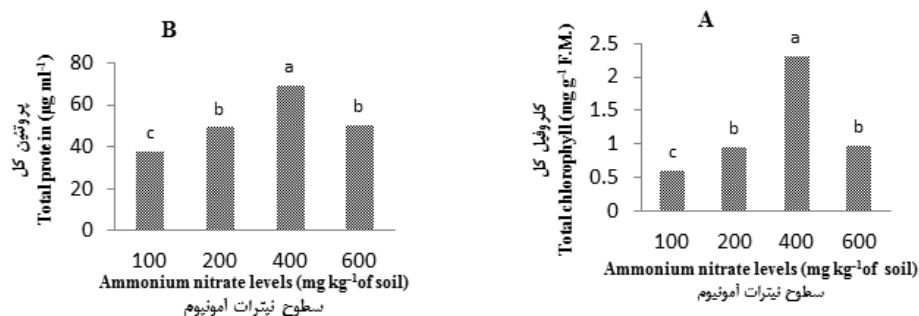
داد.

از لحاظ پروتئین موجود در بافت نیز روندی مشابه با کلروفیل مشاهده شد. بیشترین مقدار پروتئین در تیمار ۴۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم (۶۸/۸۶ میکروگرم بر میلی لیتر) و کمترین (۳۷/۲۳ میکروگرم بر میلی لیتر) در شاهد مشاهده گردید (شکل ۵ ب). افزایش کودهای نیتروژنه موجب افزایش انواع پروتئین‌ها بویژه پروتئین‌های دخیل در چرخه فتوسنتزی مانند روپیسکو می‌گردد (Cechin and Fátima, 2004). نیتروژن در ساختار مولکول پروتئین‌های گوناگون، آنزیم‌ها، کوانزیم‌ها و اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. بنابراین افزایش در میزان نیتروژن تا حد نیاز گیاه موجب افزایش مقدار پروتئین می‌شود (Hasegawa et al., 2008). نیتروژن با اثر بر روی فتوسنتز موجب افزایش جذب عناصر و افزایش سنتز پروتئین می‌شود (Belorkar et al., 1992). از نظر نیترات موجود در بافت، با افزایش سطوح نیترات آمونیوم مقدار نیترات موجود در بافت افزایش یافت. اما بین تیمار ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم از لحاظ مقدار نیترات تفاوت

با افزایش سطوح نیترات آمونیوم، مقدار کلروفیل کل، افزایش یافت. بیشترین مقدار به تیمار ۴۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم (۲/۳۰۹ میکروگرم بر میلی لیتر) و کمترین مقدار کلروفیل به تیمار شاهد (۰/۶۰۱ میکروگرم بر میلی لیتر) اختصاص داشت. با افزایش سطح نیترات آمونیوم به ۶۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، میزان کلروفیل کل کاهش یافت و با تیمار ۲۰۰ میلی گرم برابری می‌کرد (شکل ۵ الف). با توجه به اینکه نیتروژن از جمله عناصر ضروری تشکیل دهنده کلروفیل محسوب می‌شود، در نتیجه افزایش در میزان آن در محیط رشد گیاه موجب افزایش در میزان کلروفیل می‌گردد (Gross, 2012). نیتروژن به عنوان یک عنصر پرنیاز ضروری در تشکیل سبزینه‌ها نقش دارد (Fageria, 1992). افزایش میزان سطح نیتروژن در خاک، میزان کلروفیل در واحد سطح برگ را افزایش می‌دهد، که منجر به تقویت فتوسنتز ۱ و ۲ می‌گردد (Cechin and Fátima, 2004). مشاهدات عینی این آزمایش نیز تفاوت رنگ ظاهری برگ در گیاهان تیمار شده با مقادیر مختلف نیترات را نشان

(et al., 201) با افزایش سطوح نیتروژن تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار مقدار نیتروژن موجود در بافت گیاه داوودی افزایش یافت (Anuradha et al., 1988).

معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶ الف). این نتایج با پژوهشی که پروسبا در سال ۱۹۹۶ انجام داد همخوانی دارد (Prosba, 1996). بیشترین مقدار نیتروژن در بافت سیب زمینی در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح پایین‌تر بدست آمد (Ghasemi

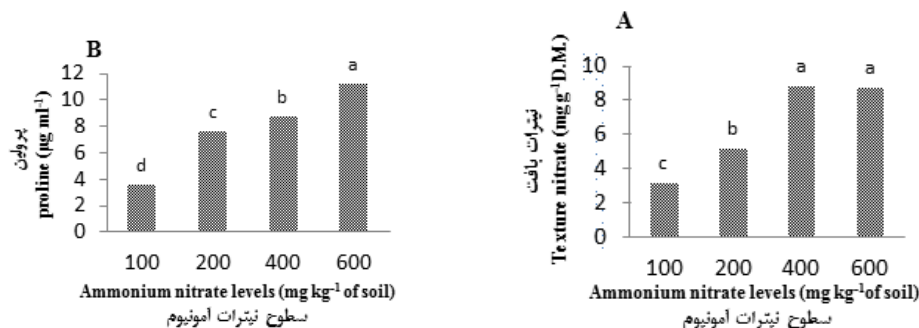


شکل ۵- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر کلروفیل کل (A) و پروتئین کل (B) گیاه سجافی

Figure 5- The effect of different levels of ammonium nitrate on the total chlorophyll (A) and total protein (B) of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p \leq 0.05$)

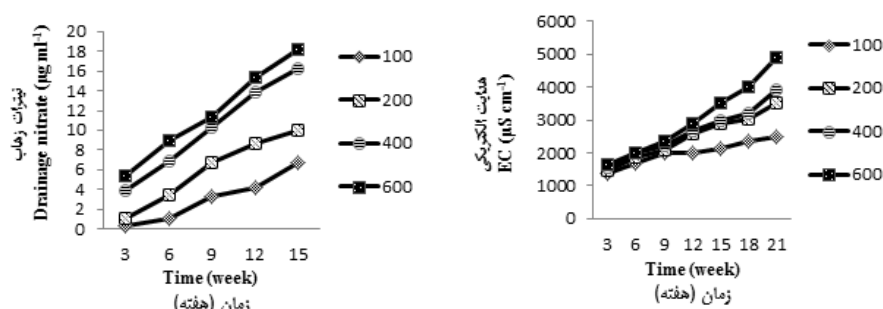
پرویلین افزایش یافت کمترین مقدار پرویلین در شاهد (۳/۵۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و بیشترین (۱۱/۲۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم نیترات آمونیوم، مشاهده شد (شکل ۶ ب). این امر شاید به این دلیل بوده که هم مصرف نیترات بالا موجب افزایش نیاز گیاه به آب می‌شود و هم اینکه نیتروژن جزء تشکیل دهنده پرویلین به شمار می‌رود. تجمع پرویلین به گیاه کمک می‌کند که یک دوره کوتاهی بعد از خشکی زنده بماند تا گیاه بتواند بعد از رفع تنش خود را بازیابی کند. در نتیجه بر روی عملکرد گیاه اثر مثبت دارد اما در تنش طولانی مدت نه تنها اثر مثبت ندارد بلکه تجمع آن اثر منفی روی عملکرد خواهد داشت. زیرا منابع فتوسنتزی را به سمت و سویی دیگر منحرف خواهد کرد (Hailu et al., Sanchez-Sánchez et al., 2002).

همچنین با افزایش سطح نیتروژن به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار غلظت نیتروژن در برگ گل جعفری افزایش یافت (Jamod, 2001). ترکیبات نیترا ته به آسانی توسط گیاه جذب می‌شوند. اگر بلافاصله به پروتئین تبدیل نشوند به شکل نیترات در سلول‌ها ذخیره می‌شوند. در اکثر گیاهان، احیای نیترات تقریباً مساوی با کل نیتروژن جذب شده است، و در شیر خام آثاری از نیترات باقی نمی‌ماند. که علت آن پایین بودن مقدار نیترات موجود در خاک است. ولی اگر در محلول غذایی مقدار نیترات، مازاد بر ظرفیت توان ریشه افزایش یابد، آنگاه همگی نیترات وارد سلول شده و اگر همگی آنزیم‌ها با هم، وارد عمل شوند، گویی باز هم مقداری نیترات اضافه خواهد آمد که با کمک پتاسیم به اندام هوایی منتقل شده و در بافت تجمع می‌یابد (Marschner, 1995). از لحاظ پرویلین نیز با افزایش سطوح نیترات آمونیوم مقدار



شکل ۶- اثر سطوح مختلف نیترات آمونیوم بر محتوی نیترات موجود در بافت (A) و پرویلین (B) گیاه سجافی

Figure 6- The effect of different levels of ammonium nitrate on the texture nitrate (A) and proline content (B) of *Chlorophytum comosum* (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۷- روند تغییرات نیترات زهاب (A) و هدایت الکتریکی (B) در طول زمان
Figure 7- The trend of drainage nitrate (A) and EC (A) changes by the time

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد نیترات آمونیوم بر بسیاری از صفات رویشی و زینتی گیاه سجافی موثر بود. با توجه به تاثیر مثبت نیترات آمونیوم در اغلب ویژگی های رشدی و فیزیولوژیکی، مخصوصا در سطوح بالاتر، به نظر می رسد کاربرد ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، نیترات آمونیوم، می تواند باعث بهبود رشد و افزایش جنبه زینتی این گیاه گردد. به علت تحمل بالای این گیاه به سطوح بالای نیترات، شاید بتوان از این گیاه برای پالایش آلاینده نیترات، بویژه در خروجی زهاب گلخانه هایی که دارای سیستم هیدروپونیک باز هستند استفاده کرد.

روند تغییرات هدایت الکتریکی و نیترات زهاب در اثر اعمال تیمارهای مختلف نیترات در طول زمان نشان می دهد که با گذشت زمان مقدار هدایت الکتریکی و نیترات زهاب در همه ی تیمارها افزایش یافت و بیشترین هدایت الکتریکی برای هر تیمار در ۲۱ هفته بعد از کاشت و برای نیترات موجود در زهاب ۱۵ هفته بعد از کاشت مشاهده شد. همچنین روند تغییرات نشان می دهد کمترین هدایت الکتریکی و نیترات مربوط به شاهد و در ۳ هفته بعد از شروع آزمایش و بیشترین مقدار در تیمار ۶۰۰ میلی گرم نیترات آمونیوم مشاهده گردید. نیترات دارای بار منفی است و نمی تواند روی کلئید خاک تثبیت شود. به همین دلیل یا جذب می شود و یا از دسترس گیاه خارج می گردد (Marschner, 1995). در این آزمایش افزایش سطوح نیترات آمونیوم منجر به افزایش مقدار نیترات موجود در زهاب شد. و در نهایت، موجب افزایش هدایت الکتریکی زهاب گردید.

منابع

- Anuradha, K., Pampapathy, K., & Narayana, N. (1988). Effect of N and P₂O₅ on the nutrient composition and uptake by marigold (*Tagetes erecta* L.). *South Indian Horticulture* 36(4): 209-211.
- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., & Khanuja, S.P.S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil *Communicaions in soil. Science and Plant Analysis* 36(13-14): 1737-1746. <https://doi.org/10.1081/CSS-200062434>.
- Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23(1): 112-121.
- Baloch, P.A., Riaz, U., Nizamani, F.K., Solangi, A.H., & Siddiqui, A.A. (2014). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on growth and yield characteristics of radish (*Raphinus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 14(6): 565-569. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.06.12350>.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil Journal* 39(1): 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
- Belorkar, P.V., Patel, B.N., Golliwar, V.J., & Kothare, A.J. (1992). Effect of nitrogen and spacing on growth, flowering and yield of African marigold. *Journal of Soils and Crops* 2: 62-64.
- Bouyoucos, C.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal* 54: 464-465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Journal of Analytical Biochemistry* 72(1-2): 248-254. <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>.
- Bremner, J.M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical Methods* 5: 1085-1121.

- <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37>.
10. Cataldo, D.A., Maroon, M., Schrader, L.E., & Youngs, V.L. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6(1): 71-80. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>.
 11. Cechin, I., & Fátima Fumis, T. (2004). Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *Journal of Plant Science* 166: 1379-1385. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.01.020>.
 12. Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., & Sefidkon, F. (2006). Effects of biofertilizers application on yield and yield components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 22(4): 276-292. (In Persian)
 13. Dhanasekaran, D., Ramya, K., & Sathappan, C. (2020). Performance of spider plant (*Chlorophytum comosum*) in modular vertical green walls under various media and nutrients. *Annals of Plant and Soil Research* 22(4): 410-414. <https://doi.org/10.47815/apsr.2020.10013>.
 14. Dordas, C.A., & Sioulas, C. (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products* 27: 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.020>.
 15. Fageria, N.K. (1992). *Maximizing crop yields*. CRC Press.
 16. Fermo, P., Masiero, S., Rosa, M., Labella, G., & Comite, V. (2021). *Chlorophytum comosum*: A Bio-Indicator for assessing the accumulation of heavy metals present in the aerosol particulate matter (PM). *Applied Sciences* 11(10): 43-48. <https://doi.org/10.3390/app11104348>.
 17. Germishuizen, G., & Meyer, N. (2003). Plants of southern Africa: an annotated checklist. Pretoria: *National Botanical Institute* 14: 186.
 18. Ghasemi, E., Tookaloo, M.R., & Zabihi, H.R. (2012). Effect of nitrogen and potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(1): 39-56. (In Persian)
 19. Gross, J. (2012). *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2033-7>.
 20. Hailu, S., Seyoum, T., & Dechassa, N. (2008). Effect of Combined application of Organic-P and Inorganic-N fertilizers on yield of Carrot. *African Journal of Biotechnology* 1: 27-34.
 21. Haluschak, P. (2006). Laboratory methods of soil analysis. *Canada-Manitoba Soil Survey* 3: 133.
 22. Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., da Silva, V.N., Schammas, E.A., Reis, T.A., & Corrêa, B. (2008). Influence of macro-and micronutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Journal of Food Control* 19(1): 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.01.006>.
 23. Hole, C.C., Morris, G.E.L., & Cowper, A.S. (1987). Distribution of dry matter between shoot and storage root of field-grown carrots. II. Relationship between initiation of leaves and storage roots in different cultivars. *Journal of Horticultural Science* 62(3): 343-349. <https://doi.org/10.1080/14620316.1987.11515790>.
 24. Hugar, A.H. (1986). Studies on time of pruning and nutrition on growth and flower yield of *Jasminum auriculatum* Vahl. M.Sc. (Agri.) Thesis, University of Agricultural Science, Dharwad. (India)
 25. Hutchings, G.J., Mirzaei, A.A., Joyner, R.W., Siddiqui, M.R.H., & Taylor, S.H. (1996). Ambient temperature CO oxidation using copper manganese oxide catalysts prepared by coprecipitation: effect of ageing on catalyst performance. *Catalysis Letters* 42(1): 21-24. <https://doi.org/10.1007/BF00814462>.
 26. Jamod, P.P. (2001). *Influence of plant population and levels of nitrogen on growth and yield of African marigold (Tagetes erecta L.) cv. Local Orange*. M.Sc. (Agri.) Thesis, Gujarat Agricultural University, Sardar Krushinagar.
 27. Kermani Poorbaghai, S.S., Pouryousef, M., Jamshidi, K.H., & Azimi, M.R. (2014). Effects of plant density and main stem pruning on yield and its components of pumpkin (*Cucurbita pepo* con var. pepo var. styriaca). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 30 (1): 1-9. <http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2014.5260>.
 28. Khalid, K.A. (2013). Effect of nitrogen fertilization on morphological and biochemical traits of some Apiaceae crops under arid region conditions in Egypt. *Nusantara Bioscience* 5(1): 15-21. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n050103>.
 29. Khandan-Mirkohi, A., Zafar-Farrokh, F., Taheri, M.R., & Rejali, F. (2015). The effect of Mycorrhizal symbiosis on water uptake efficiency and some growth traits of *Osteospermum* (*Osteospermum hybrida* 'Passion Mix'). *Iranian Journal of Horticultural Science* 45(4): 361-375. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.53486>.
 30. Li, J., Zhong, J., Liu, Q., Yang, H., Wang, Z., Li, Y., ... & Agranovski, I. (2021). Indoor formaldehyde removal by three species of *Chlorophytum comosum* under dynamic fumigation system: Part 2—plant recovery. *Environmental Science and Pollution Research* 28(7): 8453-8465. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11167-3>.
 31. Liu, G., Du, Q., & Li, J. (2017). Interactive effects of nitrate-ammonium ratios and temperatures on growth, photosynthesis, and nitrogen metabolism of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae* 214: 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.006>.
 32. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. (2nd Ed). Academic Press Ltd., London, U.K. (Pp. 889.).
 33. Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*, Third Edition, Academic Press, London.

- <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>.
34. Martin, N., Greet-jan, V., & Arne, V.B. (2004). *Parameter for carrot quality and the development of inner quality concept*. Louis Blok Institute, (In Netherlands).
 35. Moshrefi Aragi, A.R., Naderi, R., Babalar, M., & Taheri M.R. (2013). Effect of ammonium to total nitrogen different ratios on vegetative growth and flowering of potted plant of *Euphorbia pulcherrima*. *Journal of Agricultural Improvement* 15: 39-51. (In Persian)
 36. Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., & Dean, L. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circular No 939, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.
 37. Polara, N.D., Gajipara, N.N., & Barad, A.V. (2015). Effect of nitrogen and phosphorus on nutrient content and uptake in different varieties of African marigold (*Tagetes erecta* L.). *Journal of Applied Horticulture* 17(1): 44-47.
 38. Prosba, B.U. (1996). The effects of nitrogen rates and planting dates on nitrate content in potato tubers. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka* 46: 73-81.
 39. Prsa, I., Stampar, F., Vodnik, D. & Veberic, R. (2007). Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of 'Golden Delicious' apple. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 57(3): 283-289. <https://doi.org/10.1080/09064710600982878>.
 40. Reed, D.Wm. (1996). *A Grower's Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops*. (1st Ed.). Ball Publishing, Batavia, Illinois 60510 USA.
 41. Robin, L.W., Burns, L.G., & Moorby, J. (2001). Responses of plant growth rate to nitrogen supply: a comparison of relative addition and N interruption treatments. *Journal of Experimental Botany* 52(355): 309-317. <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.355.309>.
 42. Sajid, M., & Amin, N. (2014). Effect of various combinations of nitrogen, phosphorus and potash on enhancing the flowering time in Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *International Journal of Biosciences* 4(10): 99-108. <https://doi.org/10.12692/ijb/4.10.99-108>.
 43. Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., & Asgharzade, A. (2011). The effect of Zeolite, PGPR and vermicompost application on NPK concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 27(2): 188-201. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6394>.
 44. Sanchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J., & Bermúdez, D. (2002). Humic substances and aminoacids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2433-2442. <https://doi.org/10.1081/PLN-120014705>.
 45. Singh, M., Masroor, M., Khan, A., & Naeem, M. (2016). Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 15(2): 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.11.002>.
 46. Sonneveld, C., & Voogt, W. (2009). *Plant nutrition of greenhouse crops*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
 47. Tumbare, A.D., & Nikam, D.R. (2004). Effect of planting and fertigation on growth and yield of green chilli (*Capsicum annuum*). *Indian Journal of Agricultural Science* 74(5): 242-245.
 48. Vazques, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., & Bashan, Y. (2000). Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biology Fertility of Soils* 30: 460-468. <https://doi.org/10.1007/s003740050024>.
 49. Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Journal of Soil Science* 37(1): 29-38.
 50. Yan, L., Xu, X., & Xia, J. (2019). Different impacts of external ammonium and nitrate addition on plant growth in terrestrial ecosystems: A meta-analysis. *Science of the Total Environment* 686: 1010-1018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.448>.



The Effect of Foliar Application of Salicylic Acid, Spermidine and Sodium Nitroprusside on some Growth and Flowering Characteristics, Photosynthetic Pigments and Vase Life of Lisianthus ‘Mariachi Blue’

M. Piri¹- Z. Jabbarzadeh^{2*}

Received: 23-12-2021

Revised: 07-03-2022

Accepted: 15-03-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Piri, M., & Jabbarzadeh, Z. (2023). The Effect of Foliar Application of Salicylic Acid, Spermidine and Sodium Nitroprusside on some Growth and Flowering Characteristics, Photosynthetic Pigments and Vase Life of Lisianthus ‘Mariachi Blue’. *Journal of Horticultural Science* 36(4): 917-936. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2022.74334.1118](https://doi.org/10.22067/jhs.2022.74334.1118)

Introduction

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) from Gentianaceae family is from wild flowers of north and west America. Lisianthus, a relatively new floral crop to the international market, quickly ranked in the top ten cut flowers worldwide due to its rose-like and blue flowers. It is also widely used as a flowering potted and bedding plant. Lisianthus ‘Mariachi Blue’ is cultivated as a cut flower. Salicylates have very beneficial effects on plant growth and development. The effect of phenolic compounds in many biochemical and physiological processes including photosynthesis, ion adsorption, membrane permeability, enzyme activity, flowering, stimulation of plant resistance systems, heat production and plant development has been proven. The most famous member of this group is salicylic acid, which as a simple phenolic compound, is naturally produced by plants. Salicylic acid (SA) is considered to be plant signal molecule that plays a key role in plant growth, development, and defense responses. Polyamines (PAs) are ubiquitous and biogenic amines that have been implicated in cellular functions in living organisms. In plants they have been implicated in a wide range of biological processes including cell division, cell elongation, senescence, embryogenesis, root formation, floral initiation and development, fruit development and ripening, pollen tube growth and plant responses to biotic and abiotic stress. Sodium nitroprusside is a nitric oxide releasing agent. Nitric oxide is a gaseous free radical that can disperse very rapidly through cell membranes due to its gaseous nature and medium shelf life, without a carrier. Nitric oxide (NO) is an unstable environmentally-friendly gas radical that is used to protect the postharvest longevity of different horticultural crops. In addition to controlling harvested crop senescence, NO is involved in many plant processes, e.g., germination, growth and development, photosynthesis, pigment synthesis, defensive system, and many others. In the present study, we investigated the effects of foliar application of salicylic acid, spermidine and sodium nitroprusside on some morpho-physiological characteristics and vase life of lisianthus flowers ‘Mariachi Blue’.

Materials and Methods

This study was conducted based on a completely randomized design with 10 treatments, 4 replications which each replication containing 2 pots. The treatments were included spermidine at concentrations of 0.5, 1 and 2 mM, salicylic acid at concentrations of 0.5, 1 and 1.5 mM, sodium nitroprusside at concentrations of 50, 100 and 200 µM and control (without any application of growth regulators) as foliar application at intervals of 15 days for 2 months. Plant characteristics including leaf area, stem length, fresh and dry weight of leaves and flower, number of buds, flowers’ length and diameter, photosynthetic pigments and vase life were assayed. To perform analysis of variance and compare the mean of the studied traits, SAS software version 9.1 was used. The means were compared using the Tukey multi-domain method at a probability level of 1%. Also, Excel (2016) software was used to draw the chart.

1 and 2- M.Sc. Graduated Student of Ornamental Plants and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir)

Results and Discussion

The results obtained from analysis of variance in this study showed that the effect of growth regulators used in the study was significant at the level of 1% probability on all morphological traits measured, photosynthetic pigments and vase life of lisianthus flowers. Mean comparison graphs showed that salicylic acid, spermidine and sodium nitroprusside had a positive effect on some morphological traits, photosynthetic pigments and vase life compared to control. It can be concluded that, salicylic acid caused to increase all parameters except the flowers' fresh weight compared to control. Spermidine increase stem length, leaf fresh weight, flowers' fresh and dry weight, length, and diameter, chlorophyll index, chlorophyll b, and carotenoid and vase life of flowers. Also, sodium nitroprusside had beneficial effects on all parameters in this research except leaf area, leaf dry weight, chlorophyll a and vase life of flowers. Salicylic acid plays an important role in regulating some physiological processes of plants such as growth and development, ion uptake and transport, stomatal conductivity, and membrane permeability, which is effective in plant photosynthesis and with increasing photosynthesis, plant growth rate increases. Polyamines such as spermidine are involved in a wide range of developmental stages including cell division, embryogenesis, root growth, and flowering. Sodium nitroprusside is involved in the most important plant processes such as photosynthesis, respiration, growth and cell division. Probably, these growth regulators, due to their effect on plant growth, flowering, as well as photosynthetic pigments, have caused the increment of plant biomass and vase life.

Conclusion

In the present study, the effect of salicylic acid, spermidine and sodium nitroprusside on some growth and flowering characteristics, photosynthetic pigment and vase life of *Eustoma grandiflorum* 'Mariachi Blue' was assayed. According to the results of the present study, it can be concluded that these growth regulators improved growth indices, flowering parameters, photosynthetic pigment and vase life of flowers. According to the results, the appropriate concentrations for salicylic acid were 1 mM, for spermidine, 1 mM and for sodium nitroprusside were also 50 and 100 μ M.

Keywords: Chlorophyll content, Flower diameter, Growth regulator, Nitric oxide, Polyamine

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۹۳۶-۹۱۷

تأثیر محلول پاشی برگی اسیدسالیسیلیک، اسپرمیدین و سدیم نیتروپروساید بر برخی ویژگی‌های رشدی، گل‌دهی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عمر گلجای لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

محدثه پیری^۱ - زهره جبارزاده^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴

چکیده

امروزه اهمیت اقتصادی و ارزش گیاهان زینتی به‌ویژه گل‌های شاخه‌بریده در جهان افزایش پیدا کرده است و ماندگاری گل‌ها یکی از موضوعات مهم در تجارت گل‌های شاخه‌بریده است، بنابراین ارائه راه‌کارهایی که باعث بهبود کیفیت گیاهان و افزایش ماندگاری آن‌ها شود امری ضروری است. به این منظور در پژوهش حاضر تأثیر اسپرمیدین، اسیدسالیسیلیک و سدیم نیتروپروساید بر رشد و کیفیت گل و همچنین عمر گلجای گیاه لیزیانتوس رقم 'Mariachi Blue'، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار که هر تکرار شامل ۲ گلدان بود در شرایط کشت بدون خاک، در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه بررسی شد. تیمارهای مورد بررسی شامل اسپرمیدین در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار، اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار، سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار و تیمار شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) بودند. نتایج به دست آمده نشان دادند که تیمارهای مورد استفاده موجب افزایش معنی‌دار برخی شاخص‌های مورفولوژیکی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عمر گلجای نسبت به شاهد شدند. با توجه به نتایج حاصل، اسیدسالیسیلیک باعث افزایش تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به غیر از وزن تر گل) نسبت به شاهد شد. اسپرمیدین، طول ساقه، وزن تر برگ، وزن تر و خشک گل، طول و قطر گل، شاخص کلروفیل، کلروفیل b، کاروتنوئید و عمر گلجای را نسبت به شاهد افزایش داد و سدیم نیتروپروساید نیز به غیر از سطح برگ، وزن خشک برگ، کلروفیل a و عمر گلجای در بقیه شاخص‌ها تأثیر مثبتی داشت. به طور کلی در این پژوهش، اسیدسالیسیلیک و اسپرمیدین در غلظت ۱ میلی‌مولار و سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار موثرترین تیمارها در بهبود شاخص‌های رشدی، گلدهی و عمر گلجای گل لیزیانتوس بودند.

واژه‌های کلیدی: پلی‌آمین، تنظیم‌کننده رشد، قطر گل، میزان کلروفیل، نیتریک اکسید

مقدمه

همچنین دارا بودن رنگ گل آبی، به سرعت در میان مردم محبوبیت پیدا کرد و جزء ۱۰ گل شاخه‌بریده برتر دنیا شناخته شد. همچنین به‌عنوان گل گلدانی و باغچه‌ای نیز بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر رنگ آبی، دارای طیف گسترده‌ای از سایر رنگ‌ها نیز می‌باشد (Miri et al., 2016). رقم ماریاچی بلو^۴ دارای گل‌های پرپر با گلبرگ‌های تا حدودی برگشته است که در هنگام شکوفایی ظاهر جذابی به آن می‌بخشد. رشد و گل‌دهی خوب آن در طول تابستان این رقم را به‌عنوان بهترین و مناسب‌ترین رقم لیزیانتوس برای تولید تابستانه معرفی نموده است (Edrisi, 2006). پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌هایی آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و

لیزیانتوس با نام علمی *Eustoma grandiflorum* از تیره Gentianaceae می‌باشد که به‌عنوان گل شاخه‌بریده کشت می‌شود (Hohn et al., 2019). عمر پس از برداشت این گل زیاد نیست، و در بین ارقام مختلف، متفاوت است (Shimizu and Ichimura, 2010). این گیاه، به دلیل شباهت زیاد گل‌های آن به گل رز^۳ و

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد گیاهان زینتی و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(*)- نویسنده مسئول: (Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2022.74334.1118

3- Rose

دارای زنجیره راست ۱۵-۳ کربنه و دو گروه آمینه انتهایی هستند که در بسیاری از موارد دارای یک یا چند گروه آمینه هستند (Asna Ashari and Zokai Khosroshahi, 2008). دی آمین پوترسین، تری آمین اسپرمیدین و تترا آمین اسپرمین شناخته شده ترین پلی آمین های یافته شده در موجودات عالی می باشند (Alcazar and Tiburcio, 2018). پلی آمین ها گروهی از تنظیم کننده های رشد گیاهی هستند که در گیاهان زینتی در فرایندهای فیزیولوژیکی مختلفی نظیر گل آزاری، تمایز جوانه گل، بهبود کیفیت گل و افزایش عمر گلجای نقش دارند (Chen et al., 2019). در پژوهش صورت گرفته در مورد تاثیر محلول پاشی پوترسین، اسپرمیدین (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و اسیدسالیسیلیک (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) روی ژبربا^۱، نتایج نشان داد که پلی آمین ها (اسپرمیدین و پوترسین) به همراه اسیدسالیسیلیک، تاثیر مثبتی بر شاخص های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژبربا نسبت به شاهد داشتند و موجب افزایش تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره، افزایش کلروفیل، قند محلول در برگ ها و عمر گلجای ژبربا شدند که بیشترین تاثیر مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسپرمیدین همراه با ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک بود (Mohammad Saeed et al., 2019). در پژوهشی دیگر که تاثیر محلول پاشی برگی پلی آمین ها (صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی مولار) روی رز بررسی شد، نتایج نشان داد که غلظت های ۱ و ۲ میلی مولار پلی آمین ها بر میزان رنگیزه های فتوسنتزی و عمر گل تاثیر معنی داری داشتند (Yousefi et al., 2019).

سدیم نیتروپروساید ماده آزاد کننده نیتریک اکسید است. نیتریک اکسید یک رادیکال آزاد گازی شکل است که دارای خواص لیپوفیلی (چربی دوست) است. در نتیجه، برای عبور از غشاهای سلولی و رسیدن به یک هدف خاص درون سلول، نیازی به حامل خاصی ندارد، زیرا به دلیل ماهیت گازی و ماندگاری متوسط، می تواند بسیار سریع پراکنده شود (Gupta et al., 2019). نیتریک اکسید به عنوان یک فیتوهورمون و یک مولکول پیام رسان مهم در ارتباط با بسیاری از فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان است که ممکن است به عنوان یک تنظیم کننده رشد درونی گازی شکل و یا تنظیم کننده رشد گیاهی غیر کلاسیک عمل کند. نیتروژن مونوکسید یا نیتریک اکسید در گیاهان در فعالیت های گیاهی نظیر فتوسنتز، تنفس، رشد، تحریک تولید سایر هورمون های گیاهی و بازدارندگی از تولید برخی هورمون ها و همچنین در فرایندهای پیری و بلوغ شرکت می کند (Asghari, 2015). در پژوهشی، تاثیر کاربرد سدیم نیتروپروساید در غلظت ۱۵۰ میکرومولار همراه با اسیدآبسیزیک روی گل رز شاخه بریده به صورت محلول پاشی بررسی شد و مشاهده گردید که سدیم نیتروپروساید با بستن روزنه های برگ ها موجب افزایش جذب آب،

کاهش تعرق و افزایش فتوسنتز و نیز باعث افزایش میزان کلروفیل شد (Deng et al., 2019). همچنین در بررسی تاثیر استفاده از سدیم نیتروپروساید در گونه ای اکومیس (گل آناناسی)^۲، نتایج نشان داد که سدیم نیتروپروساید، طول، وزن، قطر گل آذین و تعداد گل را افزایش داد و همچنین باعث کاهش مدت زمان گلدهی شد (Salachna and Zawadzinska, 2018).

سالیسیلات ها گروه جدیدی از هورمون ها و تنظیم کننده های رشد گیاهی هستند که اثرات بسیار سودمندی در فعالیت رشد و نمو گیاهان بر عهده دارند. این ترکیبات به گروه وسیع ترکیبات فنلی تعلق دارند که از مسیر فنیل پروپانویید و در نتیجه فعال شدن آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایاز تولید می شوند. تاثیر ترکیبات فنلی در بسیاری از فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، جذب یون ها، نفوذپذیری غشاء، فعالیت آنزیم ها، گلدهی، تحریک سیستم های مقاومت گیاهان، تولید گرما و رشد و نمو گیاهان به اثبات رسیده است. معروف ترین عضو این گروه، اسیدسالیسیلیک است که به عنوان یک ترکیب فنلی ساده، به طور طبیعی توسط گیاهان تولید می شود (Asghari, 2015). همچنین اسیدسالیسیلیک در بیوسنتز اتیلن تاثیر داشته و از پیری جلوگیری می کند و سبب افزایش عمر گلجای می شود (Aelaei et al., 2017). در مطالعه ای، تاثیر کاربرد پیش و پس از برداشت اسیدسالیسیلیک روی گل شاخه بریده آلسترومریا^۳ بررسی شد، به این صورت که در دوره پیش از برداشت، غلظت ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر و در شرایط پس از برداشت، غلظت ۳۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر آن استفاده شد، نتایج نشان داد که کاربرد غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک باعث افزایش میزان کلروفیل قبل از برداشت و غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر آن باعث جلوگیری از تجزیه کلروفیل پس از برداشت می شود (Ershad Langroudi et al., 2020). در بررسی تاثیر اسیدسالیسیلیک بر رشد و گلدهی آهار^۴ در غلظت های صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، نتایج نشان داد که غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک موجب بهبود پارامترهای رشدی و گل دهی آهار شد و باعث افزایش تعداد گل، قطر گل، طول ساقه گلدهنده و ماندگاری گل روی بوته شده و همچنین باعث تسریع گل دهی در گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد شد (Zeb et al., 2017).

با توجه به اثرات مثبت مواد ذکر شده، هدف از این پژوهش، بررسی اثرات محلول پاشی اسپرمیدین، اسیدسالیسیلیک و سدیم نیتروپروساید بر ویژگی های رشدی، گلدهی، رنگیزه های فتوسنتزی و عمر گلجای گیاه لیزیانтус می باشد.

2- *Eucomis autumnalis*
3- *Alstroemeria hybrida*
4- *Zinnia elegans*

1- *Gerbera jamesonii*

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه‌های پژوهشی و تولیدی دانشگاه ارومیه و آزمایشگاه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی انجام شد. به‌منظور انجام این آزمایش، رقم ماریاچی بلو 'Mariachi Blue' لیزیانتوس استفاده شد. بذور F1 لیزیانتوس از شرکت Sakata (Japan) خریداری شدند و در سینی‌های کشت تویی در دمای ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد و به دور از تابش مستقیم آفتاب کشت شدند. حدود چهار ماه پس از کشت بذر، نشاها به گلدان اصلی منتقل شدند و در گلدان‌های سایز ۲۰ (حجم ۷ لیتر، ارتفاع و قطر گلدان به ترتیب ۱۹ و ۲۴ سانتی‌متر) در شرایط بدون خاک کشت شدند. محیط کشت

جدول ۱- برنامه غذایی مورد استفاده در لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو' برای ۱۰۰۰ لیتر محلول

Table 1- Nutrition program used for Lisianthus cv. 'Mariachi Blue' in 1000 L solution

5Ca (NO ₃) ₂ -NH ₄ NO ₃ . 10H ₂ O	Fe chelate 6%	NH ₄ PO ₄	KNO ₃	MgSO ₄
75 g	20 g	15 g	80 g	40 g

(PJ300) و با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. برای تعیین وزن خشک برگ و گل، نمونه‌ها پس از قرارگیری در پاکت کاغذی، در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون، مجدداً به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند.

تعیین سطح برگ گیاه

برای مقایسه سطح برگ گیاه شاهد با گیاهان تحت تیمار، در پایان دوره رشد از هر گلدان به طور تصادفی ۳ برگ بالغ از قسمت‌های میانی انتخاب و سطح آنها توسط دستگاه سطح‌سنج (Leaf Area Meter, AM, 200)، اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل

در کلیه تیمارها و از هر گلدان میزان شاخص کلروفیل سه برگ (از پهنک برگ‌های توسعه یافته‌ی قسمت‌های بالا، وسط و پایین گیاه) با دستگاه سنجش شاخص کلروفیل (SPAD) MINOLTA (502, Osaka Japan) اندازه‌گیری گردید و سپس از آن‌ها میانگین گرفته شد.

اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید

این اندازه‌گیری به روش لیچنتنالر و بوشمن (Lichtenthaler and Buschmann, 2001) انجام گرفت. بدین صورت که ۰/۱ گرم از بافت برگی (برگ‌های کاملاً توسعه یافته) با قیچی خرد شده و در یک هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر استون ۱۰۰ درصد سائیده تا به صورت توده یکنواختی درآید (عمل سائیدن و له کردن بافت برگی در محیط

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار به صورت محلول‌پاشی و ۴ تکرار و در هر تکرار ۲ گلدان استفاده شد. تیمارهای این پژوهش شامل شاهد (بدون محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشد)، اسپرمیدین در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار، اسید-سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار، سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار بود که دو هفته پس از انتقال نشاء، به‌صورت محلول‌پاشی برگی با فواصل ۱۵ روز یکبار و به‌مدت ۲ ماه اعمال شد. دو هفته پس از اتمام تیمارها، نمونه‌برداری از برگ‌ها و گل‌ها به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی انجام گرفت.

اندازه‌گیری طول ساقه، قطر و طول گل و تعداد غنچه

در این پژوهش طول ساقه به وسیله خط‌کش از محل طوقه تا انتهای‌ترین قسمت گیاه به‌عنوان شاخص ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد و به سانتی‌متر بیان گردید. قطر گل پس از باز شدن کامل گل از دو طرف (از بیرونی‌ترین گلبرگ تا بیرونی‌ترین گلبرگ روبه روی آن) توسط خط کش اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد و داده‌ها به عنوان شاخص قطر گل و بر حسب سانتی‌متر بیان شدند. طول گل نیز (از ابتدای دم‌گل تا انتهای نوک گلبرگ‌ها) توسط خط‌کش اندازه‌گیری شده و به‌عنوان شاخص طول گل و به سانتی‌متر بیان شد. تعداد غنچه نیز با شمارش اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ و گل

جهت اندازه‌گیری وزن تر، پس از برداشت سه برگ و سه گل از هر گلدان، بلافاصله توسط ترازوی دیجیتالی METTLER،

تامین شده با نور فلورسنت منتقل شدند و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. طول عمر گل‌ها از زمان جدا شدن از گیاه مادری تا زمان پژمردگی مورد محاسبه قرار گرفت. زمانی که ۵۰ درصد گلچه‌ها پژمرده شدند، عمر ماندگاری گل لیزیانتوس خاتمه یافت (Choi et al., 2001).

تجزیه آماری داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد انجام گرفت. همچنین، برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel (2016) استفاده گردید.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده در پژوهش، در سطح احتمال ۱ درصد بر تمام صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده گیاه لیزیانتوس معنی‌دار بود (جدول ۲).

خنک و در نور کم انجام گرفت. سپس در دستگاه سانتیفریوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد و عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتیفریوژ به لوله شیشه‌ای انتقال داده شد. جهت تنظیم دستگاه اسپکتروفتومتر از استون استفاده گردید. در پایان، مقداری از نمونه‌های داخل لوله در سل اسپکتروفتومتر ریخته شد و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۲ و ۴۷۰ نانومتر مورد قرائت قرار گرفت. در نهایت با استفاده از معادله‌های زیر، میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه‌ها محاسبه شد (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

$$\text{Conc. Chla} = (11.75 \times A_{662} - 2.350 \times A_{645}) \quad (1)$$

$$\text{Conc. Chlb} = (18.61 \times A_{645} - 3.960 \times A_{662}) \quad (2)$$

$$\text{Total Chl} = \text{Chla} + \text{Chlb} \quad (3)$$

$$\text{Car} = 1000 \times A_{470} - 2.27 \times \text{Chla} - 81.4 \times \text{Chlb} / 227 \quad (4)$$

اندازه‌گیری عمر گلجای

پس از باز شدن کامل ۳ غنچه از گل‌ها، شاخه‌های گل لیزیانتوس از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از بوته جدا شدند و در ظروف حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر آب قرار گرفتند و به اتاقک رشد با دمای 19 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۵ درصد، طول روز ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی و شدت نور ۱۵ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به تاثیر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر برخی شاخص‌های رشدی لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'
Table 2- The ANOVA results for the effect of foliar application of growth regulators on some growth indicators of *Lisianthus* cv. 'Mariachi Blue'

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares							قطر گل Flower Diameter	تعداد غنچه Number of Buds
		سطح برگ Leaf Area	طول ساقه Stem Length	وزن تر برگ Leaf Fresh Weight	وزن خشک برگ Leaf Dry Weight	وزن تر گل Flower Fresh Weight	وزن خشک گل Flower Dry Weight	طول گل Flower Length		
تیمار Treatment	9	325644.913**	47.63**	0.03**	0.0004**	0.93**	0.02**	31.6**	11114.94**	41.51**
خطای آزمایشی Error	30	71843	7.50	0.003	0.00004	0.09	0.003	2.86	10.87	1.98
ضریب تغییرات C.V (%)	-	12.46	7.33	10	10.74	9.39	11.18	4.41	7.07	13.87

***: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد
**: Significant at 1% of probability level

سطح برگ

مربع) بود. لازم به ذکر است که تیمار ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک با تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده می‌شود که تنها تیمار اسیدسالیسیلیک ۱ میلی‌مولار از لحاظ آماری نسبت به شاهد، اختلاف معنی‌دار نشان داد و دارای بیشترین سطح برگ (۲۸۶۶/۲) میلی‌متر

طول ساقه

مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است که به غیر از تیمارهای اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و سدیم نیتروپروساید ۲۰۰ میکرومولار، سایر تیمارها باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه در لیزیانتوس نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل ۲).

وزن خشک برگ

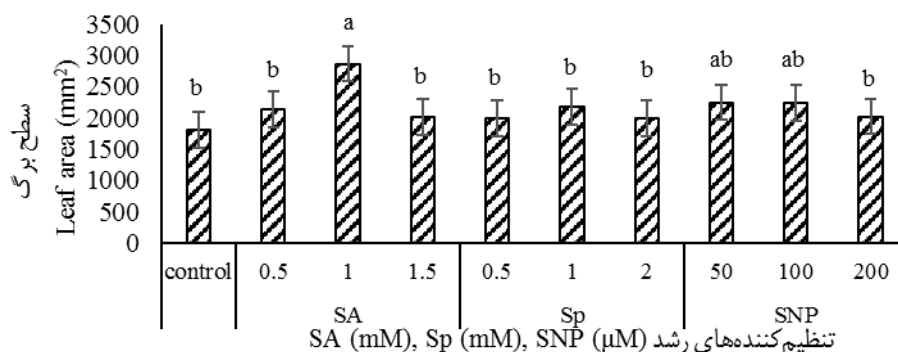
مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است که تمامی غلظت‌های اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ نسبت به شاهد شدند، سایر تیمارها تاثیر چندانی در وزن خشک برگ نداشتند (شکل ۴).

وزن تر برگ

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که تمامی تیمارهای به کار برده شده در پژوهش، باعث افزایش معنی‌دار وزن تر برگ نسبت به شاهد شدند. بیشترین وزن تر برگ مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بود که افزایش تقریباً دوبرابری نسبت به شاهد داشت (شکل ۳).

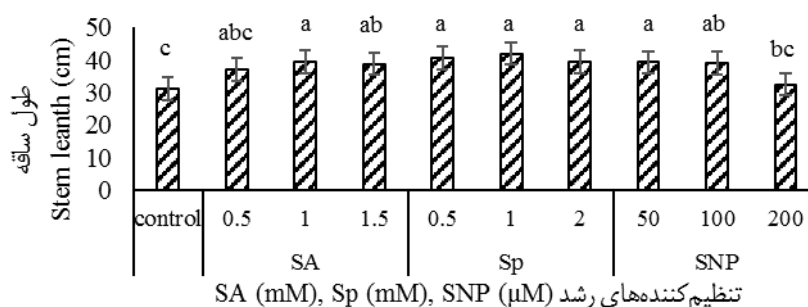
وزن تر گل

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که از بین تیمارهای به کار رفته در پژوهش، غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین و نیز غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید، وزن تر گل را به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش دادند، البته تفاوت این تیمارها با تمامی غلظت‌های اسید سالیسیلیک معنی‌دار نبود (شکل ۵).



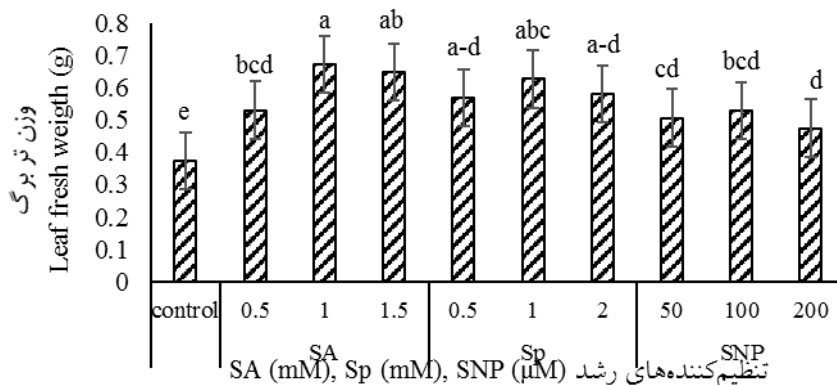
شکل ۱- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر سطح برگ لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 1- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the leaf area of lisanthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



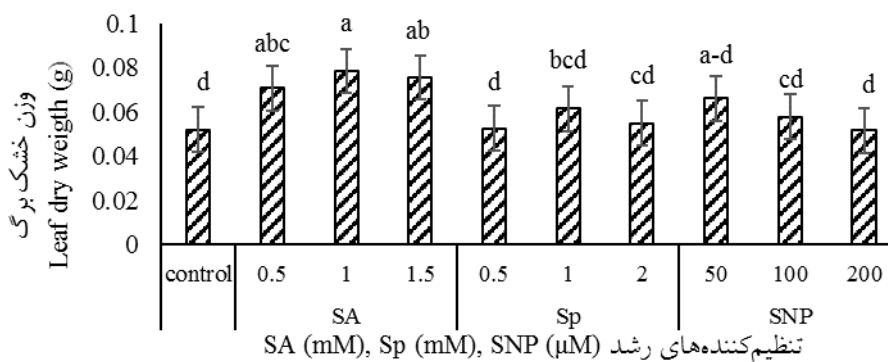
شکل ۲- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر طول ساقه لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 2- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the stem length of lisanthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



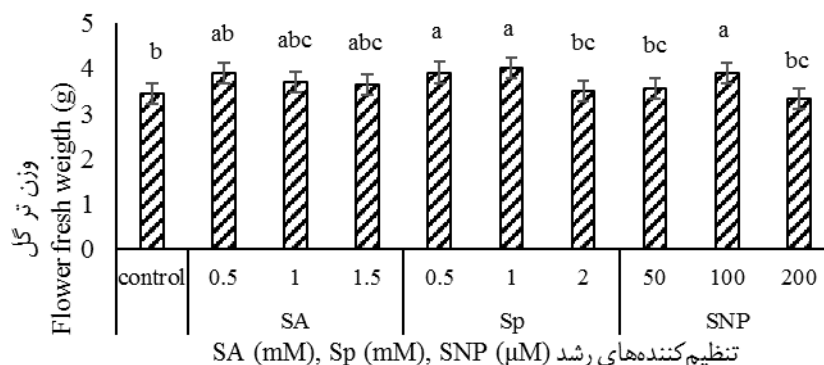
شکل ۳- تاثیر تنظیم کننده های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر وزن تر برگ لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 3- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the leaf fresh weight of Lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۴- تاثیر تنظیم کننده های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر وزن خشک برگ لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

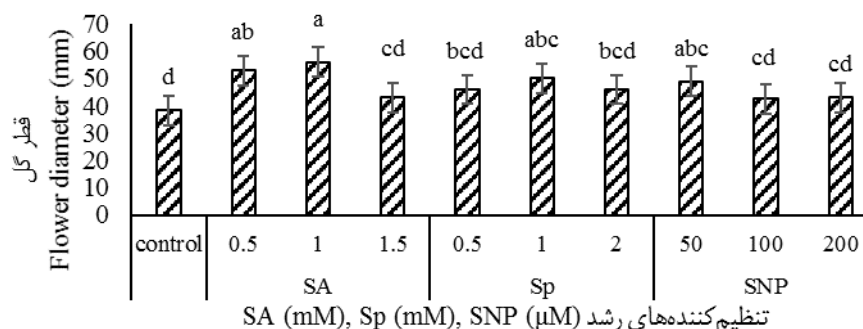
Figure 4- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the leaf dry weight of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۵- تاثیر تنظیم کننده های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر وزن تر گل لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

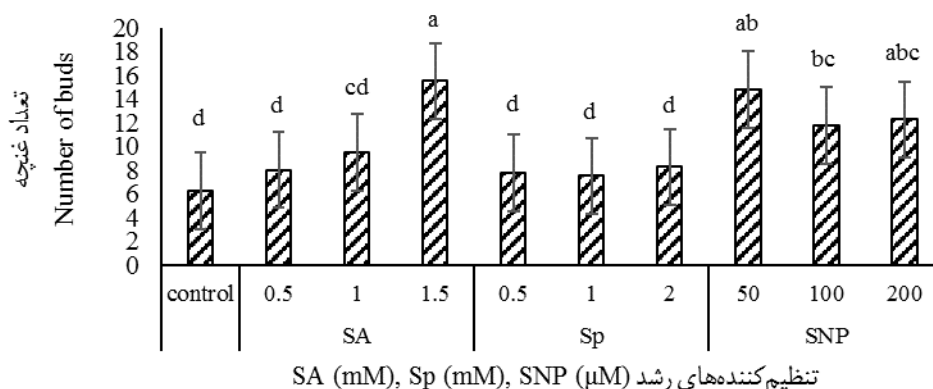
Figure 5- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the flower fresh weight of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)

Figure 7- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the flower length of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۸- تاثیر تنظیم کننده های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر قطر گل لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 8- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the flower diameter of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۹- تاثیر تنظیم کننده های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر تعداد غنچه لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 9- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the number of buds lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)

تعداد غنچه

انجام می شود. عوامل محیطی با اثر بر برگ ها و ریشه های گیاه و با افزایش فتوسنتز و جذب مواد غذایی از طریق ریشه ها بر مریستم اثر گذاشته و منجر به تغییر فرآیندهای رشدی و تغییر اندام های گل می شوند. همچنین هورمون ها و تنظیم کننده های رشد گیاهی مثل اسید آبسزیک، اسیدسالیسیلیک، سایتوکینین، پلی آمین ها و اتیلن و در نهایت نیتریک اکسید نقش مهمی در فرآیندهای رشد، نمو و گلدهی ایفا می کنند (Alcazar and Tiburcio, 2018).

اسیدسالیسیلیک نقش مهمی در تنظیم برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان مانند رشد و نمو، جذب و انتقال یون، فعالیت روزنه ها و نفوذپذیری غشاء ایفا می کند که در فتوسنتز گیاه موثر بوده و با افزایش فتوسنتز، میزان رشد گیاه به واسطه تامین کربوهیدرات در گیاه افزایش پیدا می کند. فتوسنتز عامل اصلی تولید ماده خشک در گیاهان است (Ghilavizadeh et al., 2019). همچنین مشخص

با توجه به نمودارهای مقایسه میانگین مشاهده می شود که تمامی غلظت های سدیم نیتروپروساید و نیز غلظت ۱/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک باعث افزایش معنی دار تعداد غنچه نسبت به شاهد شدند. لازم به ذکر است که از بین تیمارهای موثر، غلظت ۱/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک با افزایش بیش از دو برابری بیشترین تاثیر را بر تعداد غنچه های لیزیانتوس داشت (شکل ۹).

با توجه به جدول تجزیه واریانس و نمودارهای مقایسه میانگین، مشاهده شد که تنظیم کننده های رشد اسیدسالیسیلیک، اسپرمیدین و سدیم نیتروپروساید، نسبت به شاهد باعث بهبود بعضی شاخص های مورفولوژیکی لیزیانتوس شدند.

رشد و نمو گیاهان و انتقال از فاز رویشی به زایشی، توسط عوامل محیطی مثل طول روز، دما، مواد غذایی و همچنین عوامل درونی گیاه

(Khazaei and Estaji, 2019, Azooz and Youssef, 2010, Loutfy et al., 2012, Shahmoradi and Naderi, 2018).

اسپرمیدین که یکی از پلی آمین‌های مهم در گیاهان محسوب می‌شود در این پژوهش، تاثیر مثبتی بر برخی صفات رشدی لیزیان‌توس داشت. پلی آمین‌ها در طیف گسترده‌ای از مراحل رشد و نمو از جمله تقسیم سلولی، جنین‌زایی، رشد ریشه، گل‌دهی، رشد میوه و پیری برگ نقش دارند و با تقسیم سلولی و تاثیر بر فعالیت سیتوکین موجب افزایش سطح و ضخامت برگ و قطر ساقه می‌شوند (Setia and Setia, 2018). مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که پلی آمین‌ها با اکسین و جیبرلین ارتباط مستقیم دارند (Asna Ashari and Zokai Khosroshahi, 2008)، همچنین با توجه به مطالعات متعدد، مشخص شده است که اکسین و جیبرلین باعث بزرگ شدن سلول و افزایش طول ساقه می‌شوند (Kusano and Suzuki, 2015)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل تاثیر اسپرمیدین بر طول ساقه لیزیان‌توس در این پژوهش، احتمالاً از طریق ارتباط آن با هورمون‌های جیبرلین و اکسین باشد. همچنین اسپرمیدین با تاثیر بر افزایش سطح و طول برگ و ارتباط با سایر هورمون‌های گیاهی باعث افزایش زیست توده گیاه از جمله وزن تر و خشک برگ می‌شود. مطابق با نتایج به دست آمده از این پژوهش، در بررسی محلول پاشی برگی پلی آمین‌ها به همراه سولفات کلسیم بر رز، مشاهده گردید که پلی آمین‌ها به همراه سولفات کلسیم باعث افزایش صفاتی همچون طول ساقه، قطر ساقه گل‌دهنده، وزن تر و خشک برگ و ساقه و افزایش سطح برگ شدند و بیشترین تاثیر اسپرمیدین در بین غلظت‌های ۰،۵/۱ و ۱/۵ میلی مولار، غلظت ۰/۵ و ۱ میلی مولار آن بود (Hosseini Farahi and Aboutalebi, 2018). همچنین نتایج پژوهشی دیگر که در مورد تاثیر محلول پاشی برگی پلی آمین‌ها (۱، ۲ و ۴ میلی مولار) روی رز صورت گرفت، نشان داد که غلظت ۱ میلی مولار پلی آمین‌ها، بهترین تاثیر را در رشد و فتوسنتز رز داشت و اسپرمیدین عملکرد بهتری نسبت به سایر پلی آمین‌ها در رشد ریشه داشت (Yousefi et al., 2019). اسپرمیدین در پژوهش حاضر باعث افزایش کیفیت گل لیزیان‌توس نیز شد. همانطور که می‌دانیم رشد گیاه توسط منبع کربن حمایت می‌شود که می‌تواند سرعت رشد گیاه را تعیین کند در حالی که جهت و مسیر رشد گیاه توسط تنظیم‌کننده‌های رشد تعیین می‌گردد. تاثیر پلی آمین‌ها در رشد به دلیل تامین کربن و نیتروژن گیاه است. همچنین پلی آمین‌ها مولکول‌های کاتیونی با بار مثبت هستند که با ایجاد فشار سلولی، نقش مفیدی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند. استفاده از محلول پاشی برگی پلی آمین‌ها موجب افزایش رشد رویشی و زایشی در گیاهان می‌شود و باعث تولید گل با کیفیت می‌گردد (Abbasi et al., 2017). همچنین گزارش شده است که پلی آمین‌ها میزان آبسازیک اسید درونی را افزایش می‌دهند. افزایش پروموتورهای آبسازیک اسید

شده است که هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد می‌توانند عملکرد فیزیولوژیکی گیاهان مانند فتوسنتز را بهبود بخشیده و انتقال مواد جذب کننده از منبع به مخزن را افزایش دهند (Zarei et al., 2013). به احتمال زیاد یکی از دلایل تاثیر مثبت اسیدسالیسیلیک در فرآیند رشد لیزیان‌توس و افزایش وزن تر و خشک برگ و سطح برگ در این پژوهش، تاثیر آن بر فتوسنتز و فعالیت روزنه‌ها در برگ و در نهایت کنترل تبخیر و تعرق در گیاه و جذب بیشتر CO₂ از محیط برای انجام فتوسنتز می‌باشد. تاثیر اسیدسالیسیلیک بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان به غلظت، نوع گیاه، مرحله رشد گیاه و شرایط محیطی بستگی دارد (Ghilavizadeh et al., 2019). همانطور که گفته شد، اسیدسالیسیلیک، سیستم فتوسنتزی گیاهان را تقویت می‌کند و این امر مستقیماً روی رشد رویشی، گلدهی و زیست توده گیاهان تاثیرگذار می‌باشد. همچنین در تنظیم فرآیندهای رشد گیاهی نقش دارد. اسیدسالیسیلیک در گیاهان زینتی موجب تشکیل ریشه، جوانه‌زنی و تحریک گلدهی در شاخه‌های جوان می‌شود. همچنین باعث افزایش جذب مواد معدنی، جذب CO₂ و بر این اساس افزایش میزان فتوسنتز می‌شود. همچنین این ماده، نقشی اساسی در تعادل اکسین، سیتوکینین و آبسازیک اسید دارد (Gad et al., 2016). پس با توجه به نقش‌های اسیدسالیسیلیک در فرآیند رشد رویشی و افزایش فتوسنتز احتمالاً موجب افزایش رشد زایشی لیزیان‌توس در پژوهش حاضر گردیده و با افزایش ذخیره کربوهیدرات و تاثیر بر فعالیت هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و آبسازیک اسید، موجب بهبود کیفیت گل (افزایش قطر و طول گل) شده، همچنین با افزایش رشد رویشی باعث تولید تعداد بیشتر شاخه گل‌دهنده و تولید غنچه و گل بیشتر شده است. مطابق با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در سایر بررسی‌ها نیز، اسیدسالیسیلیک موجب افزایش قطر ساقه، غنچه و گل در گل کوکب شد و همچنین تعداد شاخه‌های گل را نیز افزایش داد (Nabigol et al., 2016). همچنین در پژوهشی دیگر، میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک باعث افزایش طول ساقه گل‌دهنده و قطر گل شاخه‌بریده لیلیوم شد، اما با افزایش میزان اسیدسالیسیلیک، افزایش طول ساقه گل‌دهنده متوقف شد (Seyed Hajizadeh and Aliloo, 2013).

در رابطه با اسیدسالیسیلیک و تاثیر آن بر رشد و نمو و گل‌دهی لیزیان‌توس در پژوهش حاضر، مشاهده می‌شود که تقریباً غلظت ۱ میلی مولار، غلظت مناسبی بود اگرچه سایر غلظت‌ها نیز تاثیر مثبتی، نسبت به شاهد داشتند. نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهشگران در رابطه با تاثیر محلول پاشی برگی اسیدسالیسیلیک روی گیاهان، هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط معمولی مطابقت داشت، که محدوده غلظت مناسب در این پژوهش در آنها نیز موجب افزایش پارامترهای رشد گیاه مانند حجم ریشه، سطح برگ، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، زیست توده گیاه، رشد زایشی و ... شد

موجب افزایش انتقال کربوهیدرات از قسمت ساقه به قسمت‌های زایشی گیاه می‌شود (Kahrobaiyan et al., 2019). بنابراین اسپرمیدین به‌عنوان پلی‌آمین، احتمالاً کربن مورد نیاز برای لیزیانتوس را از طریق فعالیت‌های فتوسنتزی و تاثیر بر فعالیت سایر هورمون‌ها تامین کرده و همچنین انتقال کربوهیدرات به قسمت زایشی باعث تولید غنچه درشت و در نهایت گل با کیفیت شده است. در تایید نتایج به دست آمده از این پژوهش، در محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها روی گلابول مشاهده شد که پلی‌آمین‌ها موجب افزایش تعداد گل در بوته و افزایش وزن تر و خشک گل نسبت به شاهد شدند (Jabbar et al., 2018). همچنین در پژوهشی دیگر تاثیر محلول‌پاشی برگ‌ی پلی‌آمین‌ها به‌همراه سولفات کلسیم روی رز بررسی شد و مشاهده شد که پلی‌آمین‌ها به‌همراه سولفات کلسیم باعث افزایش تعداد ساقه گل‌دهنده و افزایش کیفیت گل شدند و بیشترین تاثیر را اسپرمیدین در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار داشت (Hosseini Farahi and Aboutalebi, 2018).

در پژوهش حاضر، سدیم‌نیتروپروساید باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه و زیست‌توده لیزیانتوس نسبت به شاهد شد و اگرچه باعث افزایش سطح برگ نیز شد ولی این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. مطالعات صورت گرفته در رابطه با نیتریک اکسید نشان داده است که این تنظیم‌کننده رشد در مهم‌ترین فرایندهای گیاهی نظیر فتوسنتز، تنفس، رشد و تقسیم سلول‌ها دخالت دارد و یکی از دلایل تاثیر نیتریک اکسید می‌تواند به دلیل ارتباط آن در سنتز و فعالیت هورمون‌های سیتوکینین و اکسین باشد که این هورمون‌های گیاهی نقش عمده در افزایش سرعت تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول دارند که در نهایت باعث افزایش رشد رویشی از طریق تقسیم سلولی و افزایش طول سلول، فتوسنتز، میزان کربوهیدرات، رشد زایشی و در نهایت بهبود کیفیت و عملکرد در گیاهان می‌شوند. همچنین نیتریک اکسید در اثر تغییرات سطح هورمونی که در گیاه هنگام فرایند رشد تولید می‌شود، باعث سیگنال‌دهی و تغییر اندازه سلول‌ها می‌شود (Arun et al., 2017). بنابراین سدیم‌نیتروپروساید نیز همانند اسپرمیدین با تاثیر بر هورمون‌های رشد گیاهی، موجب افزایش طول ساقه (با تاثیر بر هورمون‌های اکسین و جیبرلین) و وزن تر و خشک برگ در لیزیانتوس شد و بهترین تاثیر آن نیز در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار بود و با افزایش غلظت به ۲۰۰ میکرومولار از تاثیر آن کاسته شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌های صورت گرفته مطابقت داشت. در محلول‌پاشی برگ‌ی سدیم‌نیتروپروساید روی گل جعفری، مشاهده شد که سدیم‌نیتروپروساید در غلظت ۱۰۰ میکرومولار، بیشترین رشد را در اندام‌های هوایی گیاه باعث شد و با افزایش غلظت، از تاثیر آن کاسته شده است (Hosseini and Rezaiejad, 2016). همچنین در نتایج به دست آمده که روی همیشه بهار صورت گرفت، مشاهده شد

که سدیم‌نیتروپروساید باعث افزایش رشد و بهبود شاخص‌های مورفولوژیکی در گیاه همیشه بهار شد (Jabbarzadeh et al., 2015). در بررسی دیگر، مشاهده شد که نیتریک اکسید روی ماش در شرایط بدون تنش تاثیر بر سطح برگ ندارد (Nahar et al., 2016). سدیم‌نیتروپروساید نیز مانند پلی‌آمین‌ها و اسیدسالیسیک، بسته به نوع گیاه، شرایط محیط و رقم در غلظت‌های متفاوت، تاثیرهای متفاوتی نشان می‌دهد. نیتریک اکسید عامل اصلی در تنظیم تولید و فعالیت آنزیم سلولاز است که این آنزیم به واسطه سست نمودن دیواره اولیه به عنوان محرک اصلی در بزرگ شدن سلول به حساب می‌آید. همچنین نیتریک اکسید باعث تحریک تولید اکسین در شرایط عادی و طبیعی رشد گیاه و به ویژه در نقاط مریستمی می‌شود (Asghari, 2015). به احتمال قوی، تاثیر سدیم‌نیتروپروساید بر افزایش تعداد غنچه و گل و همچنین تولید گل با کیفیت در لیزیانتوس در پژوهش حاضر به دلیل تاثیر در فرایند رشد رویشی و زایشی و تاثیر بر فعالیت هورمون‌های رشد بوده است و همانطور که مشاهده می‌شود در تاثیر سدیم‌نیتروپروساید بر کیفیت گل، غلظت ۵۰ میکرومولار تاثیر بهتری نسبت به ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار داشت و با افزایش غلظت، تاثیر آن کاهش یافت. در تایید نتایج به دست آمده، در گونه‌ای اکومیس و سوسن شرقی، غلظت‌های کم سدیم‌نیتروپروساید باعث افزایش تعداد شاخه گل، طول و قطر گل شده که با افزایش غلظت، قطر گل و طول گل کاهش یافت (Salachna and Wang et al., 2015; Zawadzinska, 2018).

صفات فیزیولوژیکی و عمر گلجای

صفات فیزیولوژیکی که در این پژوهش مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفتند شامل: شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) و کاروتنوئید بود. همچنین عمر گلجای لیزیانتوس نیز بعد از جدا کردن شاخه گل از بوته اندازه‌گیری شد که نتایج مربوط به آن‌ها در جدول ۳ آمده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده در پژوهش، در سطح احتمال ۱ درصد بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عمر گلجای گل لیزیانتوس معنی‌دار بود.

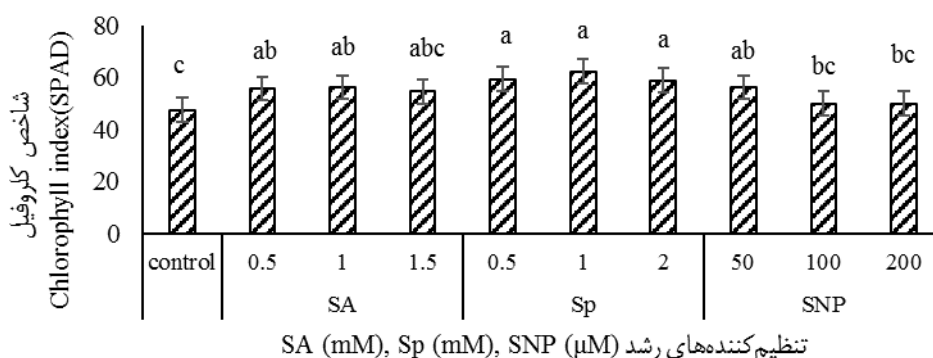
شاخص کلروفیل

با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده می‌شود که تمامی غلظت‌های اسپرمیدین، غلظت‌های ۵/۰ و ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیک و غلظت ۵۰ میکرومولار سدیم‌نیتروپروساید باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل نسبت به شاهد شدند. در این پژوهش، کمترین شاخص کلروفیل (SPAD ۴۷/۵) مربوط به شاهد بود (شکل ۱۰).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عمر گلجای لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'
Table 3- The ANOVA results for the effect of growth regulators on some physiological traits and vase life of lisianthus cv. 'Mariachi Blue'

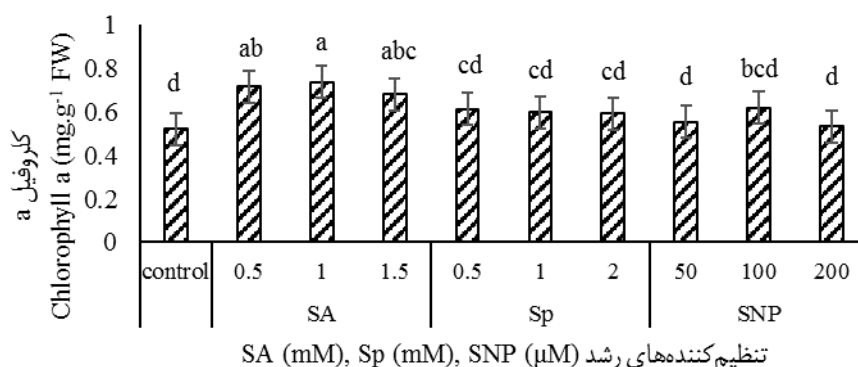
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					عمر گلجای Vase life
		شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	
تنظیم‌کننده‌های رشد Growth regulators	9	86.6**	0.02**	0.0123**	0.053**	0.023**	24.78**
خطای آزمایشی Error	30	10.95	0.002	0.0008	0.003	0.0006	2.5
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6.01	6.68	10	6	4	13.18

***: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد
***: Significant at 1% of probability level



شکل ۱۰- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر شاخص کلروفیل لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 10- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the chlorophyll index of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۱۱- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر میزان کلروفیل a لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 11 - The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the chlorophyll a content of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)

کلروفیل a

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که از بین تیمارهای به کار برده شده در پژوهش حاضر، تنها اسیدسالیسیلیک (در تمامی غلظت‌های مورد آزمایش) باعث افزایش معنی دار کلروفیل a نسبت به شاهد شد (شکل ۱۱).

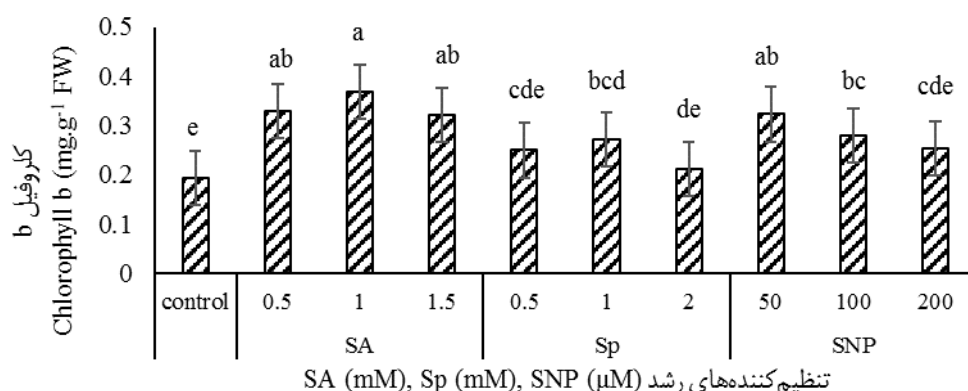
کلروفیل b

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده می‌شود تنظیم‌کننده‌های رشد بر میزان کلروفیل b نیز تاثیر افزایشی و مثبت داشتند و به غیر از غلظت‌های ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و نیز تیمار ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید، بقیه تیمارها تاثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان کلروفیل b نسبت به شاهد داشتند. بیشترین

میزان کلروفیل b در غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد که افزایش تقریباً دوبرابری نسبت به شاهد نشان داد و کمترین میزان کلروفیل b نیز در شاهد مشاهده شد (شکل ۱۲).

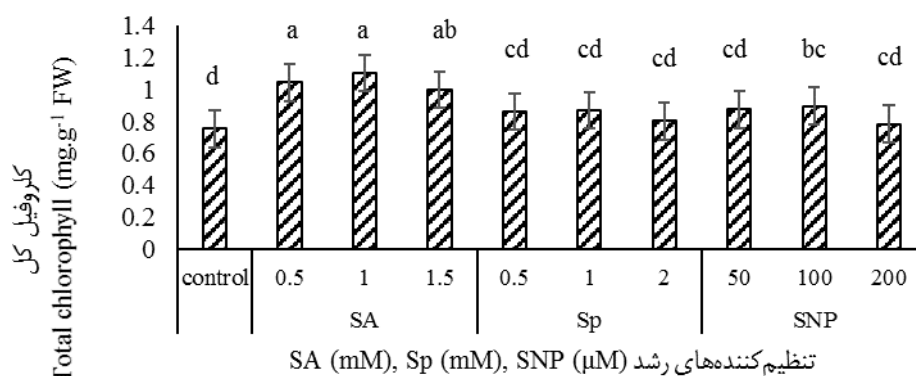
کلروفیل کل

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که تمامی غلظت‌های اسیدسالیسیلیک و نیز غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل کل نسبت به شاهد شدند، بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد در میزان کلروفیل کل نداشتند (شکل ۱۳).



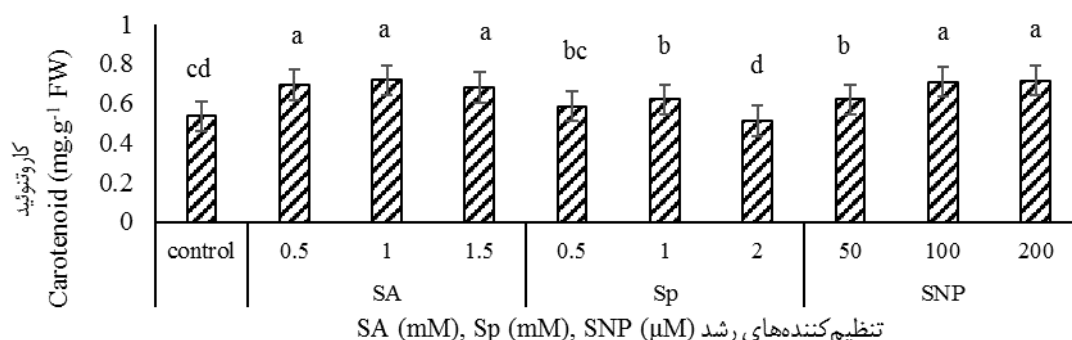
شکل ۱۲- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر میزان کلروفیل b لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 12- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the chlorophyll b content of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۱۳- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر میزان کلروفیل کل لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 13- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on total chlorophyll content of lisianthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)



شکل ۱۴- تاثیر تنظیم کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر میزان کاروتنوئید لی‌یانثوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 14- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the carotenoid content of lisanthus cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)

کاروتنوئید

با توجه به نمودار مقایسه میانگین، تمامی غلظت‌های اسیدسالیسیلیک و سدیم نیتروپروساید و نیز غلظت ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار کاروتنوئید نسبت به شاهد شدند (شکل ۱۴).

فتوستنتز یکی از مهم‌ترین فرایندهای گیاهی تلقی می‌شود که کربوهیدرات لازم برای رشد گیاه را تامین می‌کند. از طرفی، هر چه مقدار رنگیزه‌های فتوستنتزی در گیاهان بیشتر باشد باعث افزایش کیفیت ظاهری گیاه و همچنین سرسبزی آن می‌شوند. مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که افزایش محتوای کلروفیل موجب افزایش فتوستنتز و افزایش مقدار کربوهیدرات‌ها می‌شود (Kafi et al., 2013). از طرف دیگر نیز محتوای کلروفیل تحت تاثیر مدیریت تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه نیتروژن می‌باشد، کمبود نیتروژن می‌تواند مانع تشکیل کلروفیل برگ شود و میزان آن را در برگ کاهش دهد (Najm et al., 2012). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اسیدسالیسیلیک در قسمت‌های مختلف گیاهی توزیع پیدا می‌کند و با تنظیم کننده‌های رشد گیاهی ارتباط دارد. همچنین گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک در رابطه با جذب عناصر غذایی در گیاهان تاثیر گذار است و به‌عنوان مولکول سیگنالی در گیاهان عمل می‌کند و مکانیسم‌های رشد گیاهان را تحت کنترل دارد (Janda et al., 2020). اسیدسالیسیلیک میزان جذب CO₂ را در گیاهان افزایش می‌دهد و موجب افزایش فتوستنتز می‌گردد. افزایش فتوستنتز در گیاهان موجب افزایش میزان جذب نسبی آب در برگ می‌گردد و رشد گیاهان افزایش می‌یابد. L-TRP^۱ یک هورمون گیاهی درونی است که رشد گیاهان را تحریک می‌کند و میزان آن در سلول با افزایش مقدار آب، افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش جذب CO₂ توسط اسیدسالیسیلیک، میزان فتوستنتز در گیاهان افزایش پیدا می‌کند و

میزان جذب نسبی آب به دنبال آن افزایش پیدا می‌کند و با افزایش جذب آب در سلول‌های گیاهی، میزان هورمون رشد L-TRP افزایش پیدا می‌کند و موجب افزایش رشد در گیاهان می‌شود (Vazirimehr and Rigi, 2014). همچنین اسیدسالیسیلیک موجب تنظیم فعالیت روزنه‌های گیاهان می‌شود. در کل محلول پاشی اسیدسالیسیلیک به رقم و ژنوتیپ گیاه وابسته می‌باشد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اسیدسالیسیلیک نقش مثبتی در افزایش میزان فتوستنتز با تاثیر بر عمل روزنه‌ها، رنگدانه‌ها، ساختار کلروپلاست‌ها و آنزیم‌های درگیر در فرآیند فتوستنتز دارد (Poor et al., 2011, Khan et al., 2010). همانطور که گفته شد اسیدسالیسیلیک با تاثیر بر جذب CO₂، کنترل فعالیت روزنه‌ای، تاثیر بر تنظیم کننده‌های رشد و جلوگیری از تخریب کلروفیل باعث افزایش فتوستنتز در گیاهان می‌شود. احتمالاً در پژوهش حاضر نیز با تاثیرات خود بر رنگیزه‌های فتوستنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) و نیز کنترل میزان آب (تبخیر و تعرق) از طریق فعالیت روزنه‌ها در برگ موجب افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ لی‌یانثوس شده است. کاروتنوئید جزء رنگیزه‌هایی است که در تمام برگ‌های سبز گیاه و حتی قسمت‌های بدون سبزینه گیاهان یافت می‌شود. کاروتنوئید به‌همراه کلروفیل در کلروپلاست برگ حضور دارد ولی به‌دلیل غالبیت کلروفیل رنگ سبز نمایان می‌شود و رنگ‌های زرد و نارنجی پنهان می‌مانند (Khosh-khoui et al., 2010). در تایید نتایج به دست آمده، در مطالعات صورت گرفته در آلسترومریا، کاربرد اسیدسالیسیلیک به صورت محلول پاشی در مرحله قبل از برداشت باعث افزایش میزان کلروفیل شد و در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمارهای مربوط به اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد بیشترین میزان کلروفیل را داشتند (Ershad Langroudi et al., 2020). همچنین در پژوهش‌های صورت گرفته مشاهده شد که اسیدسالیسیلیک موجب افزایش محتوای کلروفیل، افزایش سنتز کاروتنوئید و فتوستنتز در ذرت، خیار و سایر محصولات باغبانی گردید (Vazirimehr and

1- L-Triptophan

همچنین افزایش سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی موجب افزایش محتوای کلروفیل و کارتنوئید در پژوهش حاضر شد. در تایید نتایج به دست آمده در سایر مطالعات صورت گرفته روی گونه‌ای اکومیس (گل آناسی) و سوسن شرقی مشاهده شد که سدیم‌نیتروپروپوساید در غلظت های مناسب، تاثیر مثبت و افزایشی روی محتوای کلروفیل و کارتنوئید دارد (Wang et al., Salachna and Zawadzińska, 2018). همچنین در پژوهشی دیگر روی پسته، نتایج نشان داد که سدیم‌نیتروپروپوساید در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار باعث افزایش کلروفیل a و b در برگ‌ها شد (Eslami et al., 2019).

عمر گلجای

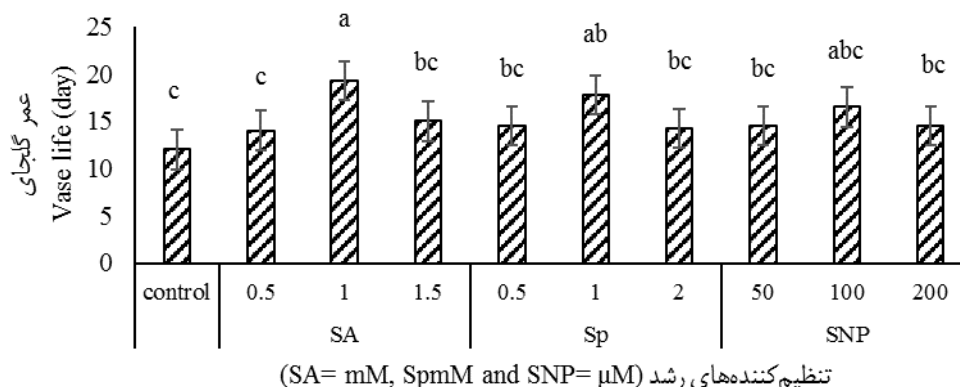
مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در بین تیمارهای به کار برده شده در پژوهش، فقط تیمار ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار باعث افزایش معنی دار عمر گلجای نسبت به شاهد شدند. اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار بیشترین عمر گلجای (۱۹/۲۵ روز) را داشت و کمترین عمر گلجای مربوط به شاهد بود که بعد از گذشت ۱۲ روز شادابی خود را از دست داد (شکل ۱۵).

مدت زمان عمر گل‌های بریدنی مربوط به عوامل ژنتیکی آن‌ها بوده و در میان رقم‌های یک گونه نیز به شدت متفاوت است. اختلاف در ماندگاری رقم‌های مختلف گل‌های شاخه بریده، با قطر و سفتی ساقه آن‌ها مرتبط است. هر چه ساقه‌های گل قطورتر باشد میزان خمیدگی و شکستگی شاخه گل کمتر است و ذخیره کافی برای تنفس گل‌ها دارند و در نتیجه عمر گلجای و ماندگاری آن‌ها بیشتر است. همچنین یکی از عوامل مهم و تعیین کننده در فرآیند فتوسنتز، شدت نور است که به طور مستقیم با میزان کربوهیدرات‌ها در ارتباط است. گل‌ها درجات مختلفی از حساسیت به اتیلن را دارا می‌باشند. پیری گل‌ها حساسیت آن‌ها را نسبت به اتیلن افزایش می‌دهد. زمانی که شاخه گل از بوته گیاه جدا می‌شود چون تمام مواد غذایی و آب خود را از طریق بوته (گیاه مادری) تامین می‌کند و این ارتباط قطع می‌شود در نتیجه سریعاً وارد مرحله پیری شده و با تخریب اجزای سلولی و از دست دادن آب، گیاه از بین می‌رود. اسیدسالیسیلیک می‌تواند رنج وسیعی از فعالیت‌های اکسیداتیو را کنترل کند و از تخریب دیواره سلولی جلوگیری کند که این امر باعث کاهش از دست دادن آب سلول می‌شود (Edrisi, 2006). اسیدسالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان شرکت می‌کند. باعث تحریک گل‌دهی در طیف وسیعی از گیاهان، افزایش عمر گل، کنترل جذب یون توسط ریشه‌ها و هدایت روزنه‌ای می‌شود (Vazirimehr and Rigi, 2014).

(Rigi, 2014). در بررسی مربوط به لوبیای سفید تحت تنش شوری، اسیدسالیسیلیک باعث کاهش اثر شوری بر گیاه و افزایش رنگدانه‌های گیاه و رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش رشد گیاه شد (Hadi et al., 2014). اسیدسالیسیلیک همچنین در فلفل و لوبیا چشم بلبلی نیز موجب افزایش چشمگیر در شاخص کلروفیل و محتوای کلروفیل شد (Khazaei and Estaji, 2019, Afshari et al., 2013).

در این پژوهش، اسپرمیدین موجب افزایش محتوای کلروفیل b و کارتنوئید در لیزبانتوس شد احتمالاً دلیل آن، تاثیر پلی‌آمین‌ها در کنترل فعالیت هورمون‌های رشد گیاهی، افزایش سطح برگ، تنظیم فشار اسمزی در گیاهان، کنترل فعالیت روزنه‌ای و تاثیرات بی‌شمار پلی‌آمین‌ها در گیاهان باشد. گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها جذب و تجمع نیتروژن را در گیاهان افزایش می‌دهند. پلی‌آمین‌ها باعث افزایش فتوسنتز و تخلیه ریشه می‌شوند که این کار به جذب بهتر عناصر غذایی به وسیله ریشه گیاهان کمک می‌کند. افزایش جذب بعضی از عناصر توسط پلی‌آمین‌ها مثل پتاسیم که نقش مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند و تاثیر مستقیم روی افزایش رشد گیاه، رنگیزه‌های فتوسنتزی و جذب CO₂ ایفا می‌کند از دیگر دلایل افزایش محتوای کلروفیل و کارتنوئید می‌باشد (Hosseini Farahi and Aboutalebi Jahroomi, 2018). پلی‌آمین‌ها منبع نیتروژن نیز محسوب می‌شوند بنابراین نیتروژن که یکی از فاکتورهای لازم برای فتوسنتز و تشکیل کلروفیل است با تامین آن توسط اسپرمیدین در این پژوهش، احتمالاً موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتز و محتوای کلروفیل در لیزبانتوس شده است (Kusano and Suzuki, 2015). مطابق با پژوهش صورت گرفته، در پژوهشی که روی رز انجام شد کاربرد پلی‌آمین‌ها در غلظت‌های ۲ و ۴ میلی‌مولار به همراه اسید هیومیک موجب افزایش شاخص کلروفیل شد که علت آن را نقش‌های حیاتی پلی‌آمین‌ها در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاهان و همچنین نقش شبه هورمونی اسید هیومیک در گسترش ریشه همراه با پلی‌آمین‌ها بیان کرده‌اند (Dastyaran and Hosseini, 2014). در پژوهش دیگری نیز استفاده از پلی‌آمین‌ها به دلیل تاثیر آن در تغذیه گیاه موجب افزایش محتوای کلروفیل و کارتنوئید برگ شد (Wu et al., 2012).

نیتریک اکسید در فرآیندهایی مثل تقسیم سلولی، فتوسنتز و افزایش میزان کلروفیل کل دخالت دارد که این افزایش کلروفیل توسط نیتریک اکسید می‌تواند با اثر بر قابلیت جذب آهن توسط گیاه باشد، که در حضور نیتریک اکسید دسترسی به آهن بیشتر می‌شود و با اثر بر متابولیسم کلروفیل باعث افزایش سنتز کلروفیل و مانع از تخریب آن می‌شود و همچنین نیتریک اکسید به دلیل خاصیت آنتی اکسیدانی خود باعث حفظ کلروفیل در گیاه می‌شود (Fan et al., 2014). بنابراین سدیم‌نیتروپروپوساید نیز مانند اسیدسالیسیلیک و اسپرمیدین، با تاثیر بر فرآیند رشد گیاهی و افزایش سطح برگ و



شکل ۱۵- تاثیر تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید سالیسیلیک (SA)، اسپرمیدین (Sp) و سدیم نیتروپروساید (SNP)) بر عمر گلجای گل شاخه بریده لیزیانتوس رقم 'ماریاچی بلو'

Figure 15- The effect of growth regulators (salicylic acid (SA), spermidine (Sp) and sodium nitroprusside (SNP)) on the vase life of cut flowers of *Lisianthus* cv. 'Mariachi Blue' (Tukey, $p \leq 0.01$)

سلولی را تثبیت می‌کنند. پلی‌آمین‌ها همچنین با مهار انتقال رادیکال‌های آزاد در سیستم‌های مختلف، نقش مهمی در پراکسیداسیون لیپیدها و مهار انتقال ACC به اتیلن دارند (Setia and Setia, 2018). مطابق با نتایج حاصل شده از اثر اسپرمیدین بر عمر گلجای لیزیانتوس، در مطالعاتی که روی پلی‌آمین‌ها صورت گرفت نتایج نشان دادند که پلی‌آمین‌ها موجب افزایش عمر گل‌های شاخه‌بریده سوسن، ژربرا و میخک می‌شوند (Amorim et al., 2017). در آزمایشی دیگر، پلی‌آمین‌ها به همراه بور باعث به تاخیر انداختن پیری در ژربرا شدند (Vieira et al., 2017). نیتریک اکسید توانایی ممانعت از تولید اتیلن را دارد و در نتیجه باعث کاهش سرعت تخریب و تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی شود. ترکیبات فنلی دارای اثرات بیولوژیکی چند گانه‌ای هستند که از جمله این اثرات می‌توان به فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها اشاره کرد. ترکیبات فنولی که در نتیجه فعال شدن آنزیم PAL و در اثر نیتریک اکسید تولید می‌شوند، دارای اثرات مهم آنتی‌اکسیدانی هستند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی به دلیل داشتن خصوصیات اکسایش و کاهش آن‌ها است. تولید گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسید هیدروژن طی نگهداری محصولات به میزان زیادی اتفاق می‌افتد. اگرچه گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند به عنوان سیگنال‌ها و پیام‌های ثانویه برای فعال شدن مکانیسم‌های دفاعی سلول‌ها در مقابل شرایط نامناسب عمل کنند، اما تجمع زیاد آن‌ها می‌تواند باعث افزایش اکسیداتیو در مولکول‌های زیستی و در نهایت موجب مرگ سلول شود. گفته می‌شود که نیتریک اکسید عامل تحریک تولید بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌ها در محصولات پس از برداشت است (Asghari, 2015). بنابراین سدیم نیتروپروساید نیز می‌تواند همانند اسیدسالیسیلیک و اسپرمیدین با تاثیر

همچنین گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک با کاهش نشت یونی و کاهش تجمع یون‌های سمی در سلول گیاهان باعث افزایش کیفیت و ماندگاری بیشتر گیاهان می‌شود (Zarei et al., 2013). بنابراین در پژوهش حاضر نیز احتمالاً اسیدسالیسیلیک در ابتدا با افزایش فتوسنتز و افزایش میزان کربوهیدرات در لیزیانتوس، منبع ذخیره برای گل شاخه بریده را تامین کرده و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود، کاهش نشت یونی، افزایش میزان جذب آب و افزایش محلول نسبی در گل بریدنی لیزیانتوس موجب افزایش عمر گلجای آن در این پژوهش شد. در تایید نتایج به دست آمده، در مطالعه‌ای مشاهده شد که اسید سالیسیلیک در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بهترین تاثیر را بر عمر گلجای گل‌بریده گلاب داشت (Jalili Marandi et al., 2011). مطالعات بی‌شمار دیگری صورت گرفته که نشان می‌دهند اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های مختلف موجب افزایش عمر گلجای گل‌بریده آلسترومیا می‌شود (Ershad Langroudi et al., 2020). در پژوهش حاضر، احتمالاً اسپرمیدین با تاثیر بر فتوسنتز و افزایش کربوهیدرات در گیاه و همچنین خاصیت ضد اتیلنی خود عمر گلجای لیزیانتوس را افزایش داد. با توجه به اینکه اثرات محلول پاشی پلی‌آمین‌ها مشابه با سیتوکینین است. به منظور توضیح نقش‌های مختلف فیزیولوژیکی پلی‌آمین‌ها در سطح مولکولی، مکانیسم‌های مختلفی ارائه شده است. پلی‌آمین‌ها که بطور طبیعی چندحلقه‌ای هستند، می‌توانند به محل‌های اسیدی زیست مولکول‌ها مانند اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و فسفولیپیدهای غشای سلولی و سایر ترکیبات آبیونی سلول متصل شوند. در pH فیزیولوژیک، پلی‌آمین‌ها عملکردهای فیزیولوژیکی زیادی را با اتصال به بارهای منفی DNA و فسفولیپیدها انجام می‌دهند و بدین ترتیب عملکرد هسته و غشای

نیتروپروپوساید نیز به غیر از سطح برگ و وزن خشک برگ در بقیه شاخص‌های مورفولوژیکی تاثیر مثبتی داشت. به طور تقریبی، غلظت‌های مناسب اسیدسالیسیلیک ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار، برای اسپرمیدین، ۱/۵ و ۱ میلی‌مولار و برای سدیم‌نیتروپروپوساید نیز ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار بود. در رابطه با شاخص‌های فیزیولوژیکی نیز هر سه تنظیم‌کننده رشد نسبت به شاهد موجب تاثیر مثبت بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئید شدند ولی اسیدسالیسیلیک نسبت به دو تیمار دیگر تاثیر بیشتری داشت و غلظت مناسب به طور تقریبی برای اسیدسالیسیلیک و اسپرمیدین ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و برای سدیم‌نیتروپروپوساید ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار بود. از بین تیمارهای مورد بررسی، تنها تیمار ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار عمر گلجای نسبت به شاهد شدند.

بر کربوهیدرات و همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود، بر عمر گلجای گیاهان موثر باشد (Salachna and Zawadzińska, 2018). Wang et al., Shabanian et al., 2018, Seyf et al., 2012 (2015).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل، در بین سه تنظیم‌کننده رشد، اسیدسالیسیلیک در بیشتر شاخص‌های مورفولوژیکی مورد بررسی (سطح برگ، طول ساقه، وزن تر و خشک برگ و گل، تعداد غنچه، طول و قطر گل) نسبت به سدیم‌نیتروپروپوساید و اسپرمیدین تاثیر بهتری داشت. اسپرمیدین، طول ساقه، وزن تر برگ، وزن تر و خشک گل، طول و قطر گل را نسبت به شاهد افزایش داد و سدیم

منابع

- Abbasi, N.A., Ali, I., Hafiz, I.A., & Khan, A.S. (2017). Application of polyamines in horticulture: A review. *International Journal of Biosciences* 10(5): 319-342. <https://doi.org/10.12692/ijb/10.5.319-342>.
- Afshari, M., Shekari, F., Azimkhani, R., Habibi, H., & Fotokian, M.H. (2013). Effects of foliar application of salicylic acid on growth and physiological attributes of cowpea under water stress conditions. *Iran Agricultural Research* 32(1): 55-70.
- Aelaei, M., Mirzaei Mashoud, M., & Mortazavi, S.N. (2017). Effect of postharvest salicylic acid treatment on physico-chemical attributes and vase-life of rose (*Rosa hybrida* cv. Hater Class) cut flowers. *Plant Production Technology* 17(1): 47-33. (In Persian with English abstract)
- Alcazar, R., & Tiburcio, A.F. (2018). *Polyamines*. Springer. 509 p.
- Amorim, T.L., Medeiros, D.C., Oliveira, A.S., Paes, A.R., Júnior, W.S., & Moreira, D.A. (2017). Gibberellin and polyamines in plant growth, development and postharvest senescence of ornamental plants – a review. *Amazonian Journal of Plant* 1: 1-13. <https://doi.org/10.26545/B00000X>.
- Arun, M., Naing, A.H., Jeon, S.M., Ai, T.N., Aye, T., & Kim, C.K. (2017). Sodium nitroprusside stimulates growth and shoot regeneration in chrysanthemum. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 58(1): 78-84. <https://doi.org/10.1007/s13580-017-0070-z>.
- Asghari, M.R. (2015). *Classic plant growth hormones and regulators*. University of Urmia, 352 p. (In Persian)
- Asna Ashari, M., & Zokai Khosroshahi, M. (2008). *Polyamines and horticultural sciences*. Bu Ali Sina University Press. 163 p. (In Persian)
- Azooz, M.M., & Youssef, M.M. (2010). Evaluation of heat shock and salicylic acid treatments as inducers of drought stress tolerance in Hassawi wheat. *American Journal of Plant Physiology* 5(2): 56-70. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2010.56.70>.
- Chen, D., Shao, Q., Yin, L., Younis, A., & Zheng, B. (2019). Polyamine function in plants: metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. *Frontiers in Plant Science* 9: 1945. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01945>.
- Cho, M.S., Celikel, F.G., Dodge, L., & Reid, M.S. (2001). Sucrose enhances the postharvest quality of cut flower of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) shinn. *Acta Horticulturae* 543: 304-315. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.543.37>.
- Dastyaran, M., & Hosseini Farahi, M. (2014). Effect of humic acid and putrescine on growth and flowering characteristics of roses in soilless system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Cultures* 20: 243-252. (In Persian)
- Deng, Y., Wang, C., Huo, J., Hu, W., & Liao, W. (2019). The involvement of NO in ABA-delayed the senescence of cut roses by maintaining water content and antioxidant enzymes activity. *Scientia Horticulturae* 247: 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.006>.
- Edrisi, B. (2006). *Lisianthus*. Publications of the Research Institute of Flowers and Ornamental Plants. 51 p. (In Persian)
- Ershad Langroudi, M., Hashemabadi, D., Kalate Jari, S., & Asadpour, L. (2020). Effects of pre- and postharvest applications of acid salicylic on the vase life of cut *Alstroemeria* flowers (*Alstroemeria hybrida*). *Journal of Horticulture and Postharvest Research* 3(1): 115-124. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2409.1053>.
- Eslami, M., Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, K., Khezri, M., & Oloumi, H. (2019). Effect of exogenous

- application of L-arginine and sodium nitroprusside on fruit abscission and physiological disorders of pistachio (*Pistacia vera* L.) Scions. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 6(1): 51-62. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2019.270762.265>.
17. Fan, H.F., Du, C.X., Ding, L., & Xu, Y.L. (2014). Exogenous nitric oxide promotes waterlogging tolerance as related to the activities of antioxidant enzymes in cucumber seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology* 61(3): 366-373. <https://doi.org/10.1134/S1021443714030042>.
18. Gad, M.M., Abdul-Hafeez, E.Y., & Ibrahim, O.H.M. (2016). Foliar application of salicylic acid and gibberellic acid enhances growth and flowering of *Ixora coccinea* L. plants. *International Journal of Plant Production* 7(1): 85-91. <https://doi.org/10.21608/jpp.2016.43477>.
19. Ghilavizadeh, A., Hadidi Masouleh, E., Zakerin, H.R., Valadabadi, S.A.R., Sayfzadeh, S., & Yousefi, M. (2019). Influence of salicylic acid on growth, yield and macro-elements absorption of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products* 1: 67-75.
20. Gupta, D.K., Palma, J.M., & Corpas, F.J. (2019). *Nitric oxide and hydrogen peroxide signaling in higher plants*. Springer, 275p.
21. Hadi, H., Najafabadi, A., & Amirnia, R. (2014). Comparison of different treatment methods of salicylic acid on some physiological traits of white bean under salinity stress. *Cercetari Agronomice in Moldova* 47(3): 97-105. <https://doi.org/10.2478/cerce-2014-0030>.
22. Hohn, D., Peil, R.M.N., Marchi, P.M., Grolli, P.R., Perin, L., & Rosa, D.S.B. (2019). Growth and quality of lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Shinn.)] cultivated in rice husk substrates in troughs with leaching recirculation. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas* 13(3): 458-465. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i3.9891>.
23. Hosseini Farahi, M., & Aboutalebi Jahroomi, A. (2018). Effect of pre-harvest foliar application of polyamines and calcium sulfate on vegetative characteristics and mineral nutrient uptake in *Rosa hybrida*. *Journal of Ornamental Plants* 8(4): 241-253.
24. Hosseini, H., & Rezaeinejad, A. (2016). The effect of foliar application of sodium nitroprusside on drought stress tolerance in marigold. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 17(3): 298-285. (In Persian with English abstract)
25. Jabbarzadeh, M., Tehraniifar, A., Amiri, J., & Abedi, B. (2015). Investigation of the protective role of nitric oxide in reducing damage caused by salinity stress in marigold (*Calendula officinalis* L. cv. Gitan Orange). *Agricultural Sciences and Industries* 30(2): 191-185. (In Persian with English abstract)
26. Jabbar, A., Tehranifar, A., Shour, M., & Nemati, H. (2018). Effect of putrescine and different media on vegetative growth, floret and some biochemical parameters of gladiolus under soilless conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7: 71-80.
27. Jalili Marandi, R., Hassani, A., Abdollahi, A., & Hanafi, S. (2011). Improvement of the vase life of cut gladiolus flowers by essential oils, salicylic acid and silver thiosulfate. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(20): 5039-5043.
28. Janda, T., Szalai, G., & Pál, P. (2020). Salicylic acid signaling in plants. *International Journal of Molecular Sciences* 21(2655): 1-6. <https://doi.org/10.3390/ijms21072655>.
29. Kafi, M., Daneshvar, N., Nikbakht, A., Hakimi, M., Rajali, F., & Daneshkhah, M. (2013). Effect of humic acid and mycorrhizal fungus on some characteristics of Lolium combination of white speed green. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Cultures* 4(13): 49-58. (In Persian with English abstract)
30. Kahrobaiyan, M., Nemati, S.H., Rahemi, M., Kholdebarin, B., & Teranifar, A. (2019). Morphological responses of ornamental sunflower to putrescine treatment under drought conditions. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(3): 6117-6127. https://doi.org/10.15666/aeer/1703_61176127.
31. Khan, N.A., Syeed, S., Masood, A., Nazar, R., & Iqbal, N. (2010). Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology* 1: 1-8. <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e1>.
32. Khazaei, Z., & Estaji, A. (2019). *Effects of foliar application of salicylic acid on some of morphological parameters pepper seedlings under drought stress conditions*. 2nd international & 6th national conference on organic and conventional agriculture, Ardabil, <https://civilica.com/doc/932166>.
33. Khosh-khoui, M., Sheibani, B., Rouhani, E., & Tafazzoli, A.A. (2010). *Principles of horticulture*. Shiraz University Press, 19th Edition, 596 p. (In Persian)
34. Kusano, T., & Suzuki, H. (2015). *Polyamines*. Springer, 336p.
35. Lichtenthaler, H.K., & Buschmann, C. (2001). Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* F4.2.1-F4.2.6. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0402s01>.
36. Loutfy, N., El-Tayeb, M.A., Hassanen, A.M., Moustafa, M.F., Sakuma, Y., & Inouhe, M. (2012). Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Plant Research* 125(1): 173-184. <https://doi.org/10.1007/s10265-011-0419-9>.
37. Miri, S.M., Savari, A., Behzad, K., & Mohajer Iravani, B. (2016). Promotion of callus initiation, shoot

- regeneration and proliferation in *Lisianthus*. *Iranian Journal of Plant Physiology* 6(4): 1855-1860. <https://doi.org/10.30495/ijpp.2016.532656>.
38. Mohammad Saeed, A.A.J., Abdulhadi, M.D., & Salih, S.M. (2019). Response of gerbera (*Gerbera jamesonii*) cv. 'Great Smoky Mountains' to foliar application of putrescine, spermidine and salicylic acid. *International Conference on Agricultural Sciences* 388: 1-11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/388/1/012067>.
39. Nabigol, A., Ghodsi, Sh., & Hadavi, E. (2016). *The effect of putrescine and salicylic acid on growth and flowering characteristics of Dahlia*. 1st International and 2nd National Ornamental Plants Congress, 23-25 August, Ferdowsi University, Mashhad, Iran, Pp. 1-5.
40. Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Alam, M.M., Rahman, A., Suzuki, T., & Fujita, M. (2016). Polyamine and nitric oxide crosstalk: antagonistic effects on cadmium toxicity in mung bean plants through upregulating the metal detoxification, antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 126: 245-255. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.026>.
41. Najm, A.A., Haj Seyed Hadi, M.R., Fazeli, F., Darzi, M.T., & Rahi, A. (2012). Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and Cattle manure on the leaf chlorophyll, yield and tuber glycoalkaloids of *Agria* potato. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43: 912-923. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.653027>.
42. Poor, P., Gémes, K., Horváth, F., Szepesi, A., Simon, M.L., & Tari, I. (2011). Salicylic acid treatment via the rooting medium interferes with stomatal response, CO₂ fixation rate and carbohydrate metabolism in tomato, and decreases harmful effects of subsequent salt stress. *Plant Biology* 13(1): 105-114. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2010.00344.x>.
43. Salachna, P., & Zawadzńska, A. (2018). *Effect of nitric oxide on growth, flowering and bulb yield of Eucomis autumnalis*. In VII International Conference on Managing Quality in Chains (MQUC2017) and II International Symposium on Ornamentals 1201: 635-640. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1201.85>.
44. Setia, N., & Setia, R.C. (2018). Polyamines: An overview and prospects in crop improvement. *Punjab Agricultural University* 21: 376-393.
45. Seyed Hajizadeh, H., & Aliloo, A.A. (2013). The effectiveness of pre-harvest salicylic acid application on physiological traits in liliun (*Lilium longiflorum* L.) cut flower. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences* 1(12): 344-350. <https://doi.org/10.12983/IJSRES-2013-P344-350>.
46. Seyf, M., Khalighi, A., Mostofi, Y., & Naderi, R. (2012). Effect of sodium nitroprusside on vase life and postharvest quality of a cut rose cultivar (*Rosa hybrida* Utopia). *Journal of Agricultural Science* 4(12): 174-181. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n12p174>.
47. Shabanian, S., Esfahani, M.N., Karamian, R., & Tran, L.S.P. (2018). Physiological and biochemical modifications by postharvest treatment with sodium nitroprusside extend vase life of cut flowers of two gerbera cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 137: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.009>.
48. Shahmoradi, H., & Naderi, D. (2018). Improving effects of salicylic acid on morphological, physiological and biochemical responses of salt-imposed Winter Jasmine. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 5(2): 219-230. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.259507.246>.
49. Shimizu, H., & Ichimura, K. (2010). Postharvest physiology and technology of cut eustoma flowers. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science* 79(3): 227-238. <https://doi.org/10.2503/jjshs1.79.227>.
50. Vazirimehr, M.R., & Rigi, Kh. (2014). Effect of salicylic acid in agriculture. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 4(2): 291-295.
51. Vieira, M.R.S., Moura, F.D., Simões, N.A., Souza, A.V., Santos, C.M.G., Paes, R.A., & Leal, H.Y. (2017). Application of polyamine and boron improves quality of potted gerbera cv. Kosak. *Journal of Applied Horticulture* 19(1): 1-5. <https://doi.org/10.37855/jah.2017.v19i01.15>.
52. Wang, M., Li, B., Zhu, Y.C., Niu, L.J., Jin, X., Xu, Q.Q., & Liao, W.B. (2015). Effect of exogenous nitric oxide on vegetative and reproductive growth of oriental lily 'Siberia'. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 56(5): 677-686. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0051-z>.
53. Wu, Q.S., Zou, Y.N., Liu M., & Cheng, K. (2012). Effects of exogenous putrescine on mycorrhiza, root system architecture, and physiological traits of *Glomus mosseae* colonized trifoliate orange seedlings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici ClujNapoca* 40(2): 80-85. <https://doi.org/10.15835/nbha4027926>.
54. Yousefi, F., Jabbarzadeh, Z., Amiri, J., & Rasouli-Sadaghiani, M.H. (2019). Response of roses (*Rosa hybrida* L. 'Herbert Stevens') to foliar application of polyamines on root development, flowering, photosynthetic pigments, antioxidant enzymes activity and NPK. *Scientific Reports* 9(16025): 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52547-1>.
55. Zarei, M., Sinaki, J.M., Rahbari, A., & Abbaspour, H. (2013). Effects of planting date and salicylic acid on physiological traits of forage maize hybrids. *Iranian Journal of Plant Physiology* 3(2): 687-693.
56. Zeb, A., Fazal Ullah, E., Syeda Leeda Gul, E., Maaz Khan, E., Zainub, B., Noman Khan, M., & Amin, N. (2017). Influence of salicylic acid on growth and flowering of *Zinnia* cultivars. *Science International (Lahore)* 29(6): 1329-1335.



The Effect of Different Concentrations of Uniconazole and Cycocel and their Application Method on Vegetative Growth and Biochemical Properties of *Lilium* Hybrids (*Longiflorum* × *Asiatic* cv. Eyeliner)

M. Karimi^{1*}, F. Salimi², A. Pakdin-Parizi³

Received: 01-02-2022

Revised: 23-04-2022

Accepted: 24-04-2022

Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:

Karimi, M., Salimi, F., & Pakdin-Parizi, A. (2023). The Effect of Different Concentrations of Uniconazole and Cycocel and their Application Method on Vegetative Growth and Biochemical Properties of *Lilium* Hybrids (*Longiflorum* × *Asiatic* cv. Eyeliner). *Journal of Horticultural Science* 36(4): 937-948. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/jhs.2022.75071.1133](https://doi.org/10.22067/jhs.2022.75071.1133)

Introduction

Plant size control is one of the most important factors in the production of ornamental plants. Plant size can be limited by a variety of methods, including genetic control, environmental conditions, and the use of plant growth retardants. Lily (*Lilium* sp.) is one of the most important cut flowers with different species and cultivars. Some lilies can grow up to one meter in height. Usually the appropriate height of the stem for pot use is 40-30 cm, which is achieved by using growth regulators. This study aimed to investigate the role of uniconazole and cycocel to control height, quantitative and qualitative characteristics of *Lilium*.

Materials and Methods

This study was carried out in a factorial experiment based on completely randomized design. Uniconazole (0, 5 and 10 mg L⁻¹) and cycocel (0, 1000 and 1500 mg L⁻¹) were the first factor and application methods of the above compounds (immersion application and foliar application) was the second factor. Disease-free bulbs (with a circumference of 15 cm) Lily (*Longiflorum* × *Asiatic* cv. Eyeliner) was purchased from Saei Gol Company in Tehran. To apply the immersion treatment, the bulbs were immersed in a solution of cycocel (CCC) and uniconazole (UN) for 7 minutes before planting. Then they were planted in plastic pots. In foliar spraying treatments, the bulbs were first planted in pots and when the stem height reached 10 cm, they were sprayed with CCC and UN. Water was used for control treatment. Leaf number, plant height, total chlorophyll, total phenol, flower diameter, enzyme activity (PPO, GPX or CAT) and time of budding were measured. Analysis of variance was performed using SAS software and mean comparisons were analyzed by the least significant difference test.

Results and Discussion

The effect of growth retardant, the application method and their interaction was significant on stem height. The shortest plants were observed in foliage application of 10 mg L⁻¹ UN which was not significantly different from the concentration of 10 mg L⁻¹ UN in immersion method. The mechanism of growth retardants is to inhibit the biosynthesis of gibberellins. Therefore, they act as anti-gibberellins to reduce plant height. Uniconazole inhibits the biosynthesis of gibberellins by blocking kaurene oxidase, a P450 enzyme. The largest diameter of lily flowers was observed in immersion application of 1500 mg L⁻¹ CCC however, there was no significant difference between flower diameter of mentioned treatment with immersion method of 1000 mg L⁻¹ CCC and foliar application of 10 mg L⁻¹ UN. Growth retardants increase endogenous cytokinin levels, resulting in increased cell division and improved flower growth and flower diameter. The effect of growth retardant on number of leaves was significant. The highest numbers of leaves were observed in 1000 and 1500 mg L⁻¹ CCC.

1 and 2- Assistant Professor and Master Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: karimi@sanru.ac.ir)

3- Assistant Professor of Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

The effect of growth retardant, the application method and their interaction was significant on chlorophyll and phenol contents. The highest chlorophyll content was observed in immersion application of 10 mg L⁻¹ UN. Growth retardants appear to increase chlorophyll content due to increased cytokines. The results of this study showed an increase in total phenol in plants treated with uniconazole 10 mg L⁻¹. Growth retardants have been reported to increase phenol content by increasing plant resistance to environmental stresses. Catalase enzyme activity was significantly affected by growth retardant. The highest activity of CAT enzyme was related to CCC at 1500 mg L⁻¹. The effect of growth retardant and their interaction was significant on GPX enzyme activity. The highest enzyme activity was obtained in plants sprayed with 1000 mg L⁻¹ CCC. Growth retardants have been reported to increase enzyme activity, causing plant resistance to environmental stresses and delaying lipid peroxidation and membrane degradation.

Conclusion

Considering that one of the most important goals in the present study was the production of dwarf lilium, it can be said that uniconazole 10 mg L⁻¹ (foliar application and immersion) had a significant effect in controlling stem height compared to other treatments. The effect of this treatment on other traits such as flower diameter, total chlorophyll and total phenol was also significant.

The time of budding, leaf number and activity of CAT and GPX enzymes was better in cycocel treatment with a concentration of 1500 mg L⁻¹. Therefore, the use of uniconazole can be recommended for the production of dwarf plants, considering that it works better in two important traits, including controlling stem height and increasing flower diameter. It is also suggested that since the cycocel treatment was effective in increasing enzymatic activity, the effect of this treatment on plant resistance to environmental stresses should be investigated.

Keywords: Chlorophyll, Enzyme activity, Flowering, Growth inhibitors, Plant height



مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۹۴۸-۹۳۷

ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف و روش کاربرد یونیکونازول و سایکوسل بر رشد رویشی و خصوصیات بیوشیمیایی دورگ لیلیوم (*Longiflorum* × *Asiatic* cv. *Eyelin*)

مهناز کریمی^{۱*} - فاطمه سلیمی^۲ - علی پاکدین پاریزی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۴

چکیده

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی اثر کندکننده‌های رشد و روش کاربرد آن‌ها در تولید گیاه پاکوتاه لیلیوم (رقم آیلاینر) انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل استفاده از کندکننده‌های رشد (سایکوسل؛ صفر، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر) و یونیکونازول؛ صفر، ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر) و نحوه کاربرد این مواد (محلول پاشی برگ و غوطه‌وری سوخ) انجام شد. با توجه به نتایج به دست آمده اثر تیمارها و نحوه کاربرد آن‌ها بر بیشتر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، به طوریکه کمترین ارتفاع ساقه با ۶۷ درصد کاهش نسبت به شاهد، در تیمار محلول پاشی یونیکونازول با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد. همچنین بیشترین کلروفیل کل در همین تیمار به روش غوطه‌وری ثبت شد. کوتاه‌ترین زمان تشکیل غنچه در تیمار سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. غوطه‌وری سوخ‌ها در کاهش زمان تشکیل غنچه در مقایسه با محلول پاشی موثرتر بود. قطر گل در تیمار ۱۵۰۰ سایکوسل به روش غوطه‌وری در حداکثر بود اما با تیمار ۱۰۰۰ سایکوسل به روش غوطه‌وری و تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر محلول پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت. فعالیت آنزیم کاتالاز نیز در گیاهان محلول پاشی شده بیشتر از تیمارهای غوطه‌وری بود. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم با ۵۴/۲۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در تیمار سایکوسل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. همچنین بیشترین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاهان محلول پاشی شده با ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۵۰۰ سایکوسل در روش غوطه‌وری نداشت. لذا با توجه به اینکه تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر تاثیر معنی‌داری در مقایسه با دیگر تیمارها در کاهش ارتفاع نشان داد، بنابراین استفاده یونیکونازول با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به صورت غوطه‌وری و محلول پاشی در تولید گیاه گلدانی لیلیوم توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، بازدارنده‌های رشد، فعالیت آنزیمی، گلدهی، کلروفیل

مقدمه

و رقم‌های مختلف است. ارتفاع برخی از گونه‌های این گیاه به یک متر نیز می‌رسد. سوسن‌ها دارای گل‌هایی با سه گلبرگ و کاسبرگ رنگی هستند که امروزه رقم‌های پرپر نیز از طریق به‌نژادی ایجاد شده است. معمولاً ارتفاع مناسب ساقه لیلیوم به منظور استفاده گلدانی ۴۰-۳۰ سانتی متر می‌باشد (Francescangeli et al., 2007). روش‌های شیمیایی و غیرشیمیایی می‌تواند در کنترل ارتفاع گیاهان موثر باشد. در روش‌های غیرشیمیایی از عوامل محیطی، استرس آبی و تغذیه‌ای تا سطحی که کیفیت گیاه را تحت تاثیر قرار ندهد، استفاده می‌شود. در روش شیمیایی از ترکیبات هورمونی به منظور کنترل ارتفاع استفاده

سوسن یا لیلیوم (*Lilium* sp.) گیاهی سوخ‌وار از خانواده سوسن‌سانان (*Liliaceae*) یکی از مهمترین گل‌های بریدنی با گونه‌ها

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*) نویسنده مسئول: Email: karimi@sanru.ac.ir

۳- استادیار گروه پژوهشی مرکبات و گیاهان دارویی، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
DOI: 10.22067/jhs.2022.75071.1133

می‌شود این مواد با کاهش تولید جیبرلین، رشد طولی سلول و در نتیجه رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Kamenetsky and Okubo, 2013; Francescangeli et al., 2007; Hwang et al., 2008).

سایکوسل و یونیکونازول از مهمترین بازدارنده‌های رشد می‌باشند این مواد در غلظت‌های مناسب، با ممانعت از سنتز جیبرلین باعث کنترل رشد رویشی، افزایش تعداد گل، افزایش دوره گل‌دهی، تسریع زمان گلدهی، افزایش میزان کلروفیل و مقاومت به تنش‌های محیطی می‌شوند (Miller, 2011). سایکوسل از گروه ترکیبات آنیومی بوده و از پرمصرف‌ترین کندکننده‌های رشد به‌ویژه در اروپا می‌باشد. این ماده برای کاهش خوابیدگی بوته و کنترل رشد رویشی گیاهان زینتی کاربرد فراوانی پیدا کرده است (Rabbi Angourani et al., 2013).

تریازول‌ها از فعال‌ترین بازدارنده‌های رشد به شمار می‌آیند. این مواد از رشد طولی گیاه جلوگیری می‌کنند و مهم‌ترین پاسخ گیاه در برابر این ترکیب‌ها، کاهش رشد میان‌گره‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه است. از مهم‌ترین تریازول‌ها می‌توان به یونیکونازول اشاره کرد (Magome et al., 2004; Fletcher et al., 2000). در یک بررسی استفاده از سایکوسل روی گیاه شمعدانی عطری باعث کاهش ارتفاع، افزایش درصد ماده خشک و نسبت برگ به ساقه و افزایش اسانس گردید (Rabbi Angourani et al., 2013). در پژوهشی دیگر، غوطه‌وری سوخ لاله به مدت ۱۰ دقیقه در غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول باعث کاهش ارتفاع در مقایسه با تیمار شاهد شد (Miller, 2002). کاربرد پاکلوبوترازول با غلظت‌های ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر نیز باعث کاهش ارتفاع، افزایش محتوای کلروفیل و کاهش قطر گل در رقم‌های مختلف زنبق گردیده است (Demir and Celikel, 2018b).

در گیاه اطلسی به‌منظور کنترل ارتفاع، غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول مورد استفاده قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست آمده کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار یونیکونازول در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است. مصرف خاکی این هورمون با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باعث تولید بیشترین تعداد گل و افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز گردید (Karimi and Ahmadi, 2019). در پژوهشی غوطه‌ور کردن سوخ لیلیوم رقم نل وایت^۱ به مدت ۱۵ دقیقه در غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول باعث کاهش ارتفاع گیاهان شد، این تیمار تاثیر معنی‌داری بر تعداد غنچه و زمان گلدهی نداشت (Currey and Lopez, 2010). برای کنترل ارتفاع در گیاه لاله، غلظت‌های ۵ تا ۸۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول استفاده شد. غوطه‌وری سوخ‌ها در غلظت‌های بالای ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش ارتفاع گردید (Krug et al., 2005). در آزمایشی دیگر

غلظت‌های صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اتفون روی گیاه نرگس رقم آیس فولیس مورد بررسی قرار گرفت. زمانی که گیاهان به ارتفاع ۷-۱۰ سانتی‌متر رسیدند با اتفون محلول‌پاشی شدند. تیمار اتفون باعث افزایش میزان کلروفیل برگ گردید، همچنین کمترین ارتفاع گیاه در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین محتوای کلروفیل در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد (Demir and Celikel, 2018a). کاربرد سایکوسل و یونیکونازول در کنترل ارتفاع گیاه آهار نیز توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته و طبق نتایج به‌دست آمده، ارتفاع ساقه در گیاهانی که در پای بوته آن‌ها یونیکونازول به میزان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شده بود در حدود ۱۷ سانتی‌متر و در گل‌های شاهد ۵۷ سانتی‌متر بود (Alami and Karimi, 2020).

به دلیل مقبولیت و بازارپسندی گیاه لیلیوم و باتوجه به اینکه بیشتر گونه‌ها و رقم‌های موجود در بازار به‌عنوان گل شاخه‌بریدنی تولید و عرضه می‌شوند، هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش یونیکونازول و سایکوسل در بهبود صفات رویشی و زایشی به‌منظور تولید گیاهان پاکوتاه لیلیوم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف سایکوسل (صفر، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، یونیکونازول (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و نحوه کاربرد این مواد (غوطه‌وری سوخ یا محلول‌پاشی برگ) بر رشد رویشی، گلدهی و برخی صفات بیوشیمیایی لیلیوم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت.

برای انجام آزمایش، سوخ‌های یک‌دست و سالم (با محیط ۱۵ سانتی‌متر) دو رگ لیلیوم (رقم آیلانتر^۲) از شرکت ساعی گل تهران خریداری شد. سوخ‌های خریداری شده در آبان ماه ۱۳۹۸، بلافاصله به مدت ۵ دقیقه در محلول قارچ‌کش بنومیل (یک در هزار) قرار گرفته و سپس تیمارهای مورد نظر اعمال شد. برای اعمال تیمار غوطه‌وری، سوخ‌ها قبل از کاشت، در داخل غلظت‌های مورد نظر سایکوسل و یونیکونازول به مدت ۷ دقیقه قرار گرفتند. سپس در عمق پنج سانتی‌متری گلدان‌های پلاستیکی حاوی بستر پیت ماس و پرلیت (۲ به ۱ حجمی) کشت شدند. در مورد تیمارهای محلول‌پاشی، حدود ۱۵ روز بعد از کاشت سوخ‌ها در گلدان (شرایط مشابه گلدان‌های غوطه‌وری)، زمانی که ارتفاع ساقه به ۱۰ سانتی‌متر رسید یک‌بار با محلول‌های سایکوسل و یونیکونازول، محلول‌پاشی شدند (میزان محلول مورد استفاده برای هر گلدان حدود ۴ تا ۵ میلی‌لیتر بود). قبل

از محلول پاشی سطح گلدان با پلاستیک پوشانده شده تا محلول به داخل بستر کشت نفوذ نکند. از آب به عنوان تیمار شاهد استفاده شد. دمای روز و شب گلخانه پرورش در طول رشد گیاه به ترتیب ۲۲ و ۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی در حدود ۷۰ درصد بود. از نور طبیعی خورشید در طی پرورش استفاده شد. در طول رشد گیاهان کلیه عملیات از جمله آبیاری، کوددهی و مبارزه با آفات و بیماری‌ها به صورت یکسان انجام گرفت. صفات مورد بررسی شامل زمان غنچه‌دهی، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، قطر گل، کلروفیل کل، فنل برگ، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی فنل اکسیداز و گایاکول پراکسیداز بود.

فاصله کاشت سوخ تا زمان ظهور غنچه، به عنوان مدت زمان تولید غنچه در نظر گرفته شد. زمانی که اولین غنچه باز شد، ارتفاع ساقه توسط خط‌کش اندازه‌گیری و ثبت شد. قطر بزرگ‌ترین گل نیز با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل، نیم گرم از وزن برگ تازه در پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده و سانتریفیوژ با ۱۳۰۰۰ دور بر دقیقه (در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه) صورت گرفت. مایع رویی جدا گردید و جذب نوری در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (سری UV-3600 Plus شیمادزو ژاپن) ثبت شد (Amon, 1994). ترکیبات فنلی با روش فولین سیوکالتو اندازه‌گیری شد. بدین منظور به ازای یک گرم نمونه ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد اضافه شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد. مقدار ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین به محلول فوق اضافه گردید. پس از ۵ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به محلول اضافه و نمونه‌ها بعد از هم زدن به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و در نهایت جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید (McDonald et al., 2001).

برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز کمپلکس واکنشی شامل یک و نیم میلی‌لیتر از بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار نیم میلی‌لیتر از پراکسید هیدروژن هفت و نیم میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر از محلول آنزیمی بود. حجم نمونه‌ها با اضافه کردن آب مقطر به سه میلی‌لیتر رسانده شد. با افزودن پراکسید هیدروژن واکنش آغاز و کاهش در جذب نمونه‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت گردید. فعالیت آنزیمی از محاسبه میزان پراکسید هیدروژن تجزیه شده توسط آنزیم محاسبه گردید (Aebi, 1983). برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، کمپلکس واکنشی (دو میلی‌لیتر) شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار، ۲۵۰ میکرولیتر از EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، یک میلی‌لیتر گایاکول پنج میلی‌مولار، یک میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر از محلول آنزیمی

استخراج شده بود. واکنش با اضافه کردن محلول آنزیمی شروع شده و افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت یک دقیقه ثبت شد. فعالیت آنزیمی براساس میزان تتراگایاکول تشکیل شده و با استفاده از ضریب خاموشی ۱/۳۳ میلی‌مولار بر سانتی‌متر به دست آمد (Tang et al., 2005). به منظور تعیین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز برای تهیه محلول بافر فسفات ۰/۱ مولار ۳/۴۰۳ گرم KH_2PO_4 را در آب حل کرده و اسیدیته با هیدروکسید پتاسیم تنظیم و به ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای تهیه کاتکول ۰/۵ مولار (۱۱۰/۱۱ گرم بر مول)، ۰/۵۵ گرم کاتکول را در ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۰۵ مولار حل شد. جذب در ۴۲۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز به عنوان یک واحد بر دقیقه بر گرم وزن تازه بیان شد (Soliva et al., 2001). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار با نرم افزار اکسل انجام گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس بسیاری از شاخص‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی و غوطه‌وری سایکوسل و یونیکونازول قرار گرفتند (جدول ۱ و ۳).

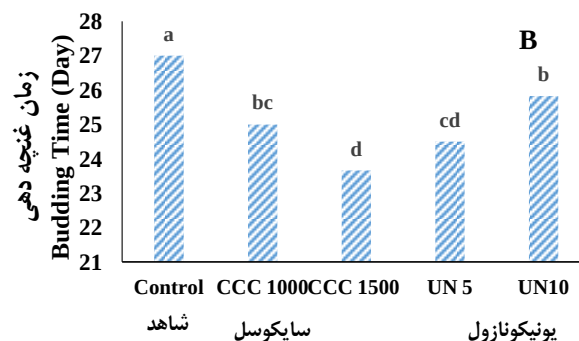
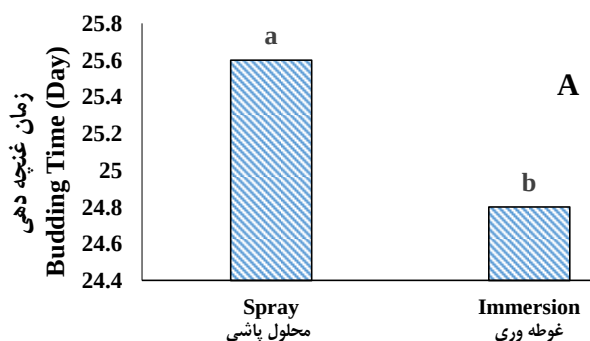
زمان ظهور غنچه: طبق جدول تجزیه واریانس اثر کندکننده‌های رشد در سطح احتمال یک درصد و اثر روش کاربرد در سطح احتمال پنج درصد بر زمان غنچه‌دهی لیلیوم معنی‌دار بود. غوطه‌وری سوخ‌ها در کاهش زمان تشکیل غنچه در مقایسه با محلول پاشی موثرتر بود. در بین کندکننده‌های رشد، کوتاه‌ترین زمان تشکیل غنچه در تیمار سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار یونیکونازول با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. طولانی‌ترین زمان تشکیل غنچه در تیمار شاهد ثبت شد که تفاوت آن با تمام تیمارها معنی‌دار بود (شکل ۱- A و B). تعدادی از کندکننده‌های رشد به دلیل خاصیت ضد جیبرلینی سبب تسریع گلدهی می‌شوند (Megersa et al., 2018). گزارش شده است سایکوسل با جلوگیری از سنتز جیبرلین در گیاه که اثر بازدارندگی بر گل‌آغازی دارد، سبب تسریع گل‌آغازی و در نتیجه زود گلدهی و افزایش طول دوره گلدهی در برخی گیاهان می‌شود (Armitage, 1986). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، کاربرد سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر گلدهی گیاه اطلسی رقم هان زیانگ^۱ را تسریع کرد (Karimi and Ahmadi, 2019). در

پژوهشی دیگر نیز، کاربرد غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل سبب تسریع گلدهی در گل آهار گردید (Alami and Karimi, 2020).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف کندکننده‌های رشد و روش کاربرد آن‌ها بر برخی صفات مورد بررسی در لیلیوم (رقم آیلانر)
Table 1- The ANOVA results for the effect of different concentrations of growth retardants and their application method on some measured properties of *Lilium* cv. Eyeliner

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		زمان ظهور غنچه Time of Budding	قطر گل Flower diameter	ارتفاع ساقه Stem height	تعداد برگ Number of Leaf	کلروفیل کل Total chlorophyll	فنل Phenol
کندکننده‌های رشد Growth retardant (A)	4	9.78**	3.28**	1693.46**	380.95**	3.11**	0.07**
روش کاربرد Application method (B)	1	4.80*	8.53**	97.20**	8.53 ^{ns}	0.10**	0.25**
A×B	4	1.05 ^{ns}	2.28**	16.03*	3.78 ^{ns}	0.23**	0.31**
خطا Error	20	0.83	0.60	5.30	6.06	0.0030	0.0004
ضریب تغییرات C.V (%)		3.62	4.25	5.16	2.14	0.20	1.20

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



شکل ۱- اثر روش کاربرد (A) و غلظت کندکننده‌های رشد سایکوسل و یونیکونازول (B) بر زمان تشکیل غنچه لیلیوم (رقم آیلانر)
Figure 1- The effect of application method (A) and different concentration of cycocel (CCC) and uniconazole (B)(UN) on the time of flowering in *Lilium* cv. Eyeliner (LSD, $p \leq 0.05$)

استفاده کندکننده‌ها، نحوه کاربرد، تعداد دفعات استفاده و شرایط محیطی بستگی دارد (Rossini pint et al., 2005). بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد با کاربرد کندکننده‌های رشد، هورمون سیتوکینین درونی افزایش می‌یابد که در نهایت سبب افزایش تقسیم سلولی، نمو و توسعه گل‌ها می‌شود. مطابق با یافته‌های حاضر، کاربرد سایکوسل و یونیکونازول در گیاه اطلسی سبب افزایش قطر گل گردید (Karimi and Ahmadi, 2019). در پژوهشی دیگر، محلول‌پاشی

قطر گل: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) برهمکنش کندکننده‌های رشد و روش کاربرد در سطح احتمال یک درصد بر قطر گل معنی‌دار بود. قطر گل در تیمار ۱۵۰۰ سایکوسل به روش غوطه‌وری در حداکثر بود (۲۰ سانتی‌متر)، اما با تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل به روش غوطه‌وری و تیمار محلول‌پاشی یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). تأثیر کندکننده‌های رشد بر قطر گل، به نوع گونه و رقم، غلظت مورد

۲۸۵ میلی گرم در لیتر سایکوسل سبب افزایش قطر گل در اوستوسپرموم شد (Olsen and Andersen, 1995).

ارتفاع ساقه: جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد برهمکنش کندکننده‌های رشد و نوع کاربرد در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع ساقه معنی‌دار است. کمترین ارتفاع ساقه (۲۳/۶۶ سانتی‌متر) در تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر به روش غوطه‌وری با میانگین ارتفاع ۲۴/۶۶ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در شکل ۲، تصاویر مربوط به کاربرد بازدارنده‌های رشد بر کنترل ارتفاع گیاهان نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارتفاع گیاهان تیمار شده با یونیکونازول و سایکوسل در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار بود. مکانیسم اثر بازدارنده‌های رشد در کاهش ارتفاع، جلوگیری از بیوسنتز جیبرلین است به‌طوری‌که این مواد به آنتی جیبرلین معروف‌اند. جیبرلین در تقسیم سلول و رشد طولی سلول‌ها نقش دارد (Chany, 2005; Jiang and Joyce, 2003). بنابراین می‌توان گفت که در تیمار شاهد به دلیل فراهمی هورمون جیبرلین، رشد طولی ساقه بیشتر از گل‌هایی بود که کندکننده رشد استفاده شده بود. در آزمایش حاضر بهترین تیمار در کاهش ارتفاع یونیکونازول بود. در پژوهشی بر روی گل آهار، تیمار یونیکونازول در مقایسه با سایکوسل در کاهش ارتفاع موثرتر بود (Alami and Karimi, 2020). در تحقیق انجام شده بر روی گیاه آسونیگا، سایکوسل و پاکلوبوتراوزل باعث تولید گیاهان پاکوتاه‌تر در مقایسه با شاهد گردیدند (Youssef and Abd El-Aal, 2013).

۲۰۱۳). در پژوهشی دیگر، غوطه‌وری سوخ‌های لاله در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر یونیکونازول سبب کاهش ارتفاع شد (Krug et al., 2005). همچنین، کاربرد سایکوسل در گیاه شمعدانی عطری ارتفاع گیاه را محدود کرده است (Rabbi Angourani et al., 2013).

تعداد برگ: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر ساده کندکننده‌های رشد بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تمام تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشته و بیشترین تعداد برگ با میانگین ۱۲۰ عدد در تیمارهای سایکوسل ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۳). گزارش شده است تاثیر ترکیبات تریازولی بر تولید برگ به غلظت این ترکیبات بستگی دارد به‌طوری‌که در مقادیر بالا تولید برگ کاهش می‌یابد و در مقادیر پایین بر تعداد برگ تاثیرگذار نیستند (Miller, 2002). گزارش‌ها نشان می‌دهد اثر کندکننده‌های رشد بر خصوصیات مورفولوژیکی از جمله تعداد برگ به نوع گونه و رقم بستگی دارد، به‌طوری‌که سایکوسل با غلظت ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم تاثیر بر تعداد برگ گیاه زنبق سیاه نداشت (Kamenetsky and AL-Khassawneh et al., 2006; Okubo, 2013). تیمار یونیکونازول با غلظت ۲۵ میلی گرم در لیتر باعث کاهش تعداد برگ در کالانکوه رقم گولد استایک در آزمایشی دیگر گردید (Hwang et al., 2008). در پژوهش انجام گرفته روی گل آهار بیشترین تعداد برگ در تیمار شاهد و کمترین آن در یونیکونازول با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر گزارش شد (Alami and Karimi, 2020).

۲۸۵ میلی گرم در لیتر سایکوسل سبب افزایش قطر گل در اوستوسپرموم شد (Olsen and Andersen, 1995).

ارتفاع ساقه: جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد برهمکنش کندکننده‌های رشد و نوع کاربرد در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع ساقه معنی‌دار است. کمترین ارتفاع ساقه (۲۳/۶۶ سانتی‌متر) در تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر به روش غوطه‌وری با میانگین ارتفاع ۲۴/۶۶ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در شکل ۲، تصاویر مربوط به کاربرد بازدارنده‌های رشد بر کنترل ارتفاع گیاهان نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارتفاع گیاهان تیمار شده با یونیکونازول و سایکوسل در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار بود. مکانیسم اثر بازدارنده‌های رشد در کاهش ارتفاع، جلوگیری از بیوسنتز جیبرلین است به‌طوری‌که این مواد به آنتی جیبرلین معروف‌اند. جیبرلین در تقسیم سلول و رشد طولی سلول‌ها نقش دارد (Chany, 2005; Jiang and Joyce, 2003). بنابراین می‌توان گفت که در تیمار شاهد به دلیل فراهمی هورمون جیبرلین، رشد طولی ساقه بیشتر از گل‌هایی بود که کندکننده رشد استفاده شده بود. در آزمایش حاضر بهترین تیمار در کاهش ارتفاع یونیکونازول بود. در پژوهشی بر روی گل آهار، تیمار یونیکونازول در مقایسه با سایکوسل در کاهش ارتفاع موثرتر بود (Alami and Karimi, 2020). در تحقیق انجام شده بر روی گیاه آسونیگا، سایکوسل و پاکلوبوتراوزل باعث تولید گیاهان پاکوتاه‌تر در مقایسه با شاهد گردیدند (Youssef and Abd El-Aal, 2013).

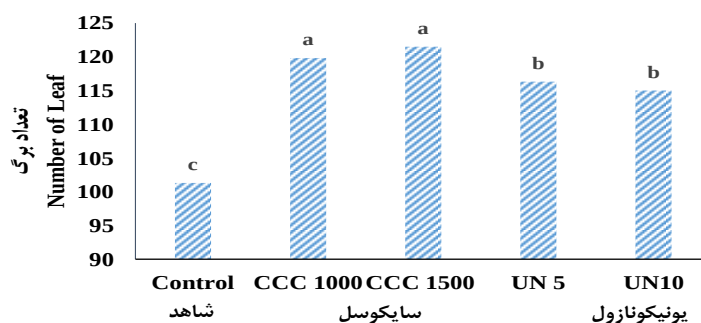


شکل ۲- تاثیر کندکننده‌های رشد سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر) و یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر) بر ارتفاع ساقه لیلیوم
Figure 2- The effect of cycocel (1000 and 1500 mg L⁻¹) and uniconazole (5 and 10 mg L⁻¹) on the *Lilium* stem height

جدول ۲- اثر کندکننده‌های رشد (سایکوسل و یونیکونازول) و نوع کاربرد آن‌ها بر برخی صفات مورد بررسی در لیلیوم رقم 'آی‌لاینر'
Table 2- The effect of different concentrations of growth retardant (Cycocel and Uniconazole) and their application method on some measured characteristics of *Lilium* cv. 'Eyeliner'

کندکننده‌های رشد Growth retardant (mg.L ⁻¹)	نوع کاربرد Application method	قطر گل Flower diameter (cm)	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)	فنل کل Phenol content (mg.g ⁻¹ Fw)
شاهد Control	محلول‌پاشی Foliage application	17.33 ^{cd}	65 ^a	5.14 ^h	1.41 ^h
سایکوسل ۱۰۰۰ 1000 Cycocel		17.66 ^{cd}	53.33 ^c	5.16 ^g	1.82 ^d
سایکوسل ۱۵۰۰ 1500 Cycocel		17.66 ^{cd}	41 ^e	6.90 ^a	1.87 ^c
یونیکونازول ۵ 5 Uniconazole		17 ^d	30.33 ^g	6.21 ^e	1.52 ^g
یونیکونازول ۱۰ 10 Uniconazole		19 ^{ab}	23.66 ^h	6.38 ^c	2.04 ^b
سایکوسل ۱۰۰۰ 1000 Cycocel	غوطه‌وری سبزه Bulb immersion	19.66 ^a	60.33 ^b	5.61 ^f	1.50 ^g
سایکوسل ۱۵۰۰ 1500 Cycocel		20 ^a	46 ^d	6.45 ^b	1.62 ^f
یونیکونازول ۵ 5 Uniconazole		18.33 ^{bc}	36 ^f	6.24 ^d	1.66 ^e
یونیکونازول ۱۰ 10 Uniconazole		18.33 ^{bc}	24.66 ^h	6.92 ^a	2.09 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک با یکدیگر تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند.
In each column, the means with similar letters have not significant difference based on LSD test at 5% of probability level.



شکل ۳- اثر کندکننده‌های رشد سایکوسل و یونیکونازول بر تعداد برگ لیلیوم (رقم 'آی‌لاینر')
Figure 3- The effect of cycocel (CCC) and uniconazole (UN) on the leaf number in *lilium* cv. Eyeliner (LSD, $p \leq 0.05$)

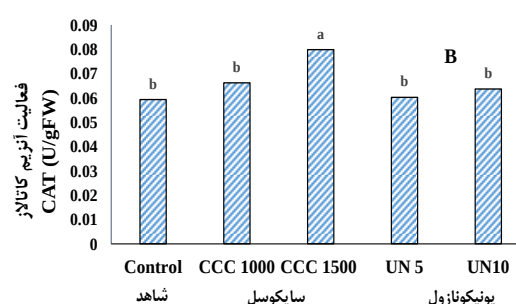
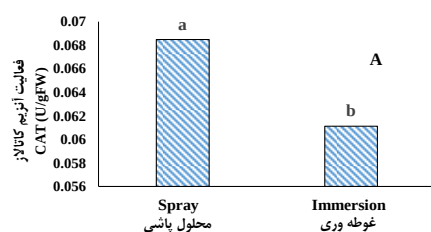
نشان داد (جدول ۲). گزارش شده است، سایتوکینین‌ها سنتز کلروفیل را تحریک می‌کنند. با توجه به نقش کندکننده‌ها در افزایش سایتوکینین، می‌توان تأثیر این ترکیبات در افزایش سنتز کلروفیل را مربوط به افزایش سطوح سایتوکینین دانست (Francescangeli et al., 2007) مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، بیشترین محتوای کلروفیل در گیاه آهار در یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر ثبت شد (Alami and Karimi, 2020).

کلروفیل کل: با توجه به نتایج به‌دست آمده اثر کندکننده‌های رشد، نوع کاربرد و برهمکنش آن‌ها بر محتوای کلروفیل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). حداکثر کلروفیل کل با میانگین ۶/۹۲ میلی گرم در گرم وزن تر برگ، در تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر به روش غوطه‌وری به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایکوسل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر به روش محلول‌پاشی نداشت. کمترین کلروفیل کل با میانگین ۵/۱۱ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار شاهد بود که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف کندکننده‌های رشد و روش کاربرد آن‌ها بر فعالیت آنزیمی در گیاه لیلیوم رقم 'آیلاینر'
Table 3- The ANOVA results for the effect of different growth retardant concentrations and their application method on the enzyme activity in *Lilium* cv. Eyeliner

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		کاتالاز CAT	پلی فنل اکسیداز PPO	گایاکول پراکسیداز GPX
کند کننده‌های رشد Growth retardant (A)	4	0.00037**	0.0023**	0.0107**
روش کاربرد Application method (B)	1	0.00048*	0.0004 ^{ns}	0.0000002 ^{ns}
A×B	4	0.00013 ^{ns}	0.00005 ^{ns}	0.00055**
خطا Error	20	0.00007	0.0001	0.0001
ضریب تغییرات C.V (%)		13.36	17.29	11.93

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



شکل ۴- اثر روش کاربرد (محلول پاشی و غوطه‌وری) (A) و غلظت سایکوسل و یونیکونازول (B) بر فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه لیلیوم (رقم 'آیلاینر')
Figure 4.-The effect of application method (A) and different concentration of cycocel (CCC) and uniconazole (UN) on the catalase activity in *Lilium* cv. Eyeliner (LSD, $p \leq 0.05$).

محیطی شوند (Zhang et al., Francescangeli et al., 2007). احتمالاً این ترکیبات در شرایط غیر تنش نیز با افزایش محتوای فنل مقاومت گیاهان را افزایش می‌دهند تا در صورت مواجه شدن با شرایط نامساعد محیطی بتوانند تنش در گیاه را تعدیل کنند. در گیاه اطلسی بیشترین فنل کل در یونیکونازول ۵ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (Karimi and Ahmadi, 2019). ترکیبات فنلی در گیاه آمورفوفالوس^۱ نیز با کاربرد تریازول‌ها افزایش داشته است.

فعالیت آنزیم کاتالاز: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر کندکننده‌های رشد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال یک درصد و روش کاربرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان محللول پاشی شده بیشتر از

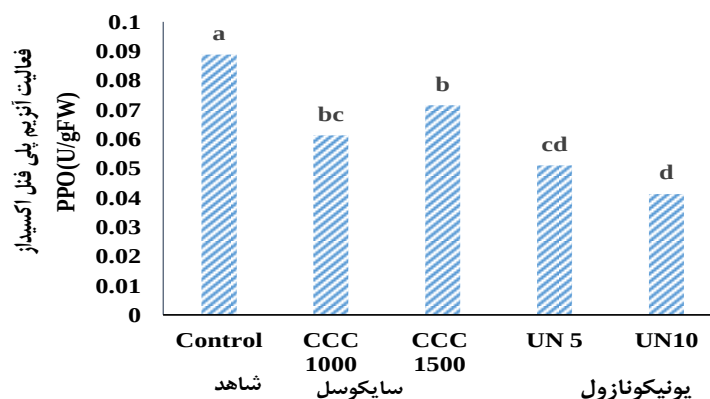
در پژوهشی دیگر، غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل به‌طور معنی‌داری کلروفیل برگ در کوکب کوهی را افزایش داد (Hojjati et al., 2010) اما در بررسی انجام شده روی گیاه اطلسی کندکننده‌های رشد سایکوسل و یونیکونازول تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل برگ نداشتند (Karimi and Ahmadi, 2019).

محتوای فنل: جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر کندکننده‌های رشد، نوع کاربرد و برهمکنش آن‌ها بر محتوای فنل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین فنل کل با ۵۸/۳۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر به روش غوطه‌وری سوخ مشاهده شد (با میانگین ۲/۰۹ میلی گرم در گرم وزن تر برگ)، تفاوت این تیمار و همچنین تیمار شاهد با سایر تیمارها معنی‌دار بود. کندکننده‌های رشد با افزایش ترکیبات فنلی می‌توانند سبب مقاومت گیاهان در برابر شرایط نامساعد

1- *Amorphophallus*

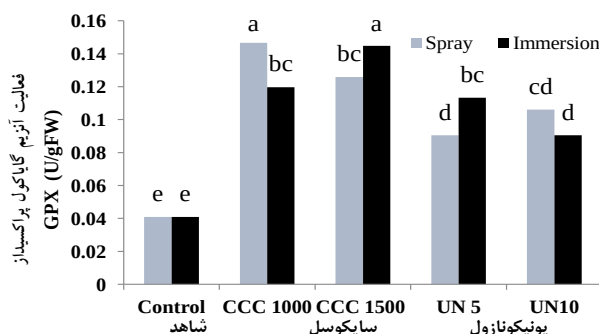
واریانس (جدول ۳) اثر ساده کندکننده‌های رشد بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر روش کاربرد، برهمکنش کندکننده‌ها و روش کاربرد بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار نبود. بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز با تفاوت معنی‌دار با سایر تیمارها، در تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۵).

تیمارهای غوطه‌وری بود (شکل ۴- A). در بین کندکننده‌های رشد، بیشترین میزان فعالیت آنزیم با ۵۴/۲۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در تیمار سایکوسل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر ثبت شد، بین سایر تیمارها و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴- B). فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز: با توجه به جدول تجزیه



شکل ۵- اثر کندکننده‌های رشد سایکوسل و یونیکونازول بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در گیاه لیلیوم (رقم 'ایلاینر')

Figure 5-The effect of cycocel (CCC) and uniconazole (UN) on the PPO activity in *Lilium* cv. Eyeliner (LSD, $p \leq 0.05$).



شکل ۶- برهمکنش سایکوسل و یونیکونازول و روش کاربرد بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاه لیلیوم (رقم 'ایلاینر')

Figure 6- The interaction effect of cycocel (CCC) and uniconazole (UN) and their application method on the GPX activity in *Lilium* cv. Eyeliner (LSD, $p \leq 0.05$).

(۶)

گزارش شده است کندکننده‌های رشد از جمله سایکوسل با افزایش تراکم بافت گیاه، افزایش غلظت شیره گیاهی و افزایش فعالیت آنزیمی، سبب پایداری غشاء سلولی و حفظ مکانیسم‌های تصفیه رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Jaana Zhou and Leul, 1999; et al., 2002). سایکوسل با اثر بر فعالیت آنزیمی، کاهش تجزیه پروتئین، افزایش اسیدهای آمینه، افزایش ضخامت برگ و کاهش تعداد روزنه در واحد سطح برگ، سبب کاهش از دست دادن آب

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز: اثر ساده کندکننده‌های رشد و برهمکنش کندکننده و روش کاربرد در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنزیم (با میانگین ۰/۱۴۶ واحد بر گرم وزن تر) در گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۵۰۰ سایکوسل در روش غوطه‌وری نداشت. کمترین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (با میانگین ۰/۰۴ واحد بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد ثبت شد (شکل

و فنل کل نیز معنی‌دار بود. در مورد زمان گلدهی، تعداد برگ و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز سایکوسل، سایکوسل با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بهتر عمل کرد. بنابراین می‌توان استفاده از یونیکونازول را با توجه به اینکه در دو صفت مهم، از جمله کنترل ارتفاع ساقه و افزایش قطر گل بهتر عمل کرد برای تولید گیاهان پاکوتاه توصیه نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه تیمار سایکوسل در افزایش فعالیت آنزیمی موثر بود اثر این تیمار در مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی و عمر گلدانی مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از تمام حمایت‌ها و مساعدت‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت فراهم آوردن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

می‌شود (Jaana et al., 2002) احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیمی، عمر گلدانی نیز می‌تواند افزایش یابد. در بررسی انجام شده روی گیاه آهار فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهان تیمار شده با سایکوسل و یونیکونازول بیشتر از گیاهان تیمار نشده بود (Alami and Karimi, 2020). در پژوهشی دیگر، کاربرد یونیکونازول به میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه سویا گردید (Zhang et al., 2007).

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در بررسی حاضر یکی از مهمترین اهداف تولید گیاه پاکوتاه لیلیوم بود می‌توان چنین بیان کرد که در بین تمامی تیمارهای مورد استفاده، یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر به صورت محلول پاشی و غوطه‌وری بهترین تاثیر را در کاهش ارتفاع گیاهان داشت. تاثیر این تیمار بر دیگر صفات از جمله قطر گل، کلروفیل کل

منابع

- Aebi, H. (1983). *Catalase*, In: bergmeyer, H (ed), methods of enzymatic analysis 3. Verlag Chemie, Weinheim, Germany 273-277.
- Alami, E., & Karimi, M. (2020). The effect of cycocel and uniconazole on some morphological and biochemical properties of zinnia. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 7(1): 81-91. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.285768.307>.
- AL-Khassawneh, N.M., Karam, N.S., & Shibli, R.A. (2006). Growth and flowering of black iris (*Iris nigricans* Dinsm.) following treatment with plant growth regulators. *Scientia Horticulture* 107: 187-193. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.10.003>.
- Armitage, A.M. (1986). Chlormequat-induced early flowering of hybrid geranium: the influence of gibberellic acid. *HortScience* 21: 116-11. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.21.1.116>.
- Arnon, D. (1994). Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24(1): 1-15.
- Chany, W.R. (2005). Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29: 1224-1236.
- Currey, C.J., & Lopez, R.G. (2010). Paclobutrazol pre-plant bulb dips effectively control height of 'Nellie White' Easter lily. *HortTechnology* 20: 357-360. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.2.357>.
- Demir, S., & Celikel, F.G. (2018a). The effects of ethephon foliar spray on plant height of Narcissus cv. 'Ice Follies' Anado. *The Journal of Agricultural Science* 33: 184-190.
- Demir, S., & Celikel, F.G. (2018b). A study on plant height control of iris flowers. *AGROFOR -International Journal* 3(3): 131-141.
- Fletcher, R.A., Gilley, A., Sankhla, N., & Davis, T.D. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews* 24: 55-138.
- Francescangeli, N., Marinangeli, P., & Curvetto, N. (2007). Short communication. Paclobutrazol for height control of two Lilium L.A. hybrids grown in pots. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5(3): 425-430.
- Hojjati, M., Etemadi, N., & Baninasab, B. (2010). Effect of paclobutrazol and Cycocel on vegetative growth and flowering of rudbeckia. *Journal of Horticultural Sciences* 24(2): 122-127.
- Hwang, S.J., Lee, Y.L., Sivanesan, I., & Jeong, B.R. (2008). Growth control of kalanchoe cultivars Rako and Gold Strike by application of paclobutrazol and uniconazole as soaking treatment of cuttings. *African Journal of Biotechnology* 7(22): 4212-4218.
- Jaana, L., Rikala, R., & Aphalo, P.J. (2002). Effect of CCC and daminozide on growth of silver birch containerseedlings during three years after spraying. *New Forests* 23: 71-80. <https://doi.org/10.1023/A:1015645228689>.
- Jiang, Y., & Joyce, D.C. (2003). ABA effects on ethylene production, PAL activity, anthocyanin and phenolic contents of strawberry fruit. *Plant Growth Regulator* 39: 171-174. <https://doi.org/10.1023/A:1022539901044>.

16. Kamenetsky, R., & Okubo, H. (2013). *Ornamental geophytes from basic science to sustainable Production*. Taylor & Francis Group. 533P
17. Karimi, M., & Ahmadi, M. (2019). The effect of inhibitory growth of cycocel and uniconazole on morphological and biochemical characteristics of petunia (*Petunia hybrida* L.). *Plant Process and Function* 8(32): 368-376. (In Persian with English abstract)
18. Krug, B.A., Whipker, B.E., McCall, I., & Dole, J.M. (2005). Comparison of flurprimidol to ancymidol, paclobutrazol, and uniconazole for tulip height control. *HortTechnology* 15: 370-373. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.2.0370>.
19. Magome, H., Yamaguchi, S., Hanada, A., Kamiya, Y., & Odadoi, K. (2004). Dwarf and delayed flowering, a novel Arabidopsis mutant deficient in gibberellins biosynthesis because of over expression of a putative AP2 transcription factor. *Plant Journal* 37: 720-729. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313x.2003.01998.x>.
20. McDonald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M., & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry* 73: 73-84. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00288-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00288-0).
21. Megersa, H.G., Lemma, D.T., & Banjawu, D.T. (2018). Effects of Plant Growth Retardants and Pot Sizes on the Height of Potting Ornamental Plants: A Short Review. *Journal Horticultura* 5(1): 1-5. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.100022>.
22. Miller, W.B. (2002). A primer on hydroponic cut tulips. *Greenhouse Product News* 12(8): 8-12.
23. Miller, W.B. (2011). *Website for the Flower Bulb Research Program*. Cornell University, Ithaca, NY, USA.
24. Olsen, W.W., & Andersen, A.S. (1995). The influence of five growth retardants on growth and post production qualities of *Osteospermum ecklonis* cv. calypso. *Scientia Horticulturae* 62: 263-270. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00769-P](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00769-P).
25. Rabbi Angourani, H., Mortazavi, S.N., Rabiei, V., & Zangahani, E. (2013). Effect of cycocel and naphthalene acetic acid on some vegetative characteristics and on essential oil yield in Rose - scented Geranium (*Pelargonium graveolens* L. cv. Bourbon). *Iranian Journal of Horticultural Science* 44(2): 209-216. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2013.35053>.
26. Rossini pint, A.C., Rodrigues, T.D., Leits, I.C., & Barbosa, J.C. (2005). Growth retardants on development and ornamental quality of potted *Zinnia elegans* 'Liliput'. *Scientia Agricola* 62: 337- 345. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400006>.
27. Soliva, R.C., Elez, P., Sebastián, M., & Martín, O. (2001). Evaluation of browning effect on avocado purée preserved by combined methods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 1: 261-268. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(00\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(00)00033-3).
28. Tang, W., & Newton, R.J. (2005). Peroxidase and catalase activities are involved in direct adventitious shoot formation induced by thidiazuron in eastern white pine (*Pinus scorba* L.) zygotic embryos. *Plant Physiology and Biochemistry* 43:760-769. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2005.05.008>.
29. Youssef, A.S.M., & Abd El-Aal, M.M.M. (2013). Effect of paclobutrazol and cycocel on growth, flowering, chemical composition and histological features of potted *Tabernaemontana coronaria* Stapf plant. *Journal of Applied Sciences Research* 9(11): 5953-5963.
30. Zhang, M., Liusheng, D., Tian, X., Zhongpei, H., Jianmin, L., Baomin, W., & Zhaohu, L. (2007). Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. *Journal of Plant Physiology* 164: 709-717. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.04.008>.
31. Zhou, W.J., & Leul, M. (1999). Uniconazole-induced tolerance of rape plants to heat stress in relation to changes in hormonal levels, enzyme activities and lipid peroxidation. *Plant Growth Regulation* 27: 99-104. <https://doi.org/10.1023/A:1006165603300>.

Contents

Investigation of the Effect of Tree Trunk Girdling Time on Severity of Splitting and Quantitative and Qualitative Characteristics of Two Pomegranate Fruit Cultivars	735
S.F. Motevalian, B. Abedy, Y. Selahvarzi, A. Tehranifar	
The Effect of Different Levels of Indole--butyric Acid (IBA) and Naphthaleneacetic acid (NAA) on the Rooting of Pear Stem Cutting	747
B. Kaviani, M. Jamali, M.R. Safari Motlagh, A.R. Eslam	
Morphological Attributes and Phytochemical Compounds of <i>Satureja hortensis</i> L. in Response to Poultry Pellet and Zinc Sulphate Applications	763
R. Raei, V. Akbarpour, M.A. Bahmanyar	
Maintaining the Postharvest Quality and Reducing the Browning of Narcissus cv. 'Shahla-e-Shiraz' Cut Flowers Using Sodium Nitroprusside	777
M. Shahabi, S. Rastegar	
Effect of Rootstock and Scion on Nutrient Uptake of Two Pomegranate Cultivars Rabab-e-Neyriz and Khafr-e-Jahrom	791
H.R. Karimi, N. Biniyaz, A.A. Mohammadi Mirik, M. Esmaeilzade, Z. Hatamean	
Effect of Different Light Spectra on Photosynthesis Yield of <i>Hypoestes phyllostachya</i>	803
D. Kazemi, M. Dehestani-Ardakani	
Effect of Meristem Size and Scion Origin on Micrografting of some Sweet Cherry Cultivars <i>in vitro</i>	817
M.E. Naddaf, E. Ganji Moghadam, Gh. Rabiei, A. Mohammadkhani	
Effect of Sucrose on Direct Somatic Embryogenesis of Octoploid Asparagus	829
Z. Toosi, S.J. Mousavizadeh, K. Mashayekhi, M. Alizadeh	
Effect of Acetic Acid on the pH of Iron Fertilizer Solution (Sequestrin and Nano) and Its Effect on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (<i>Fragaria ananassa</i> Duch.) cv. Diamant	843
M. Jafari, A.A. Shokouhian, E. Chamani, A. Gavidel	
Cytogenetic Study of the Genus <i>Thymus</i> (Lamiaceae) in Iran	857
M. Moradi, H. Nastari-Nasrabadi, K. Ghasemi-Bezdi	
Determining the Efficiency of Silicon Fertilizer and Branch Pruning on Greenhouse Eggplant Yield and Post-harvest Shelf Life	869
H. Zakeri, Z. Roudbari	
Improvement of Postharvest Traits of Kiwi Fruit (<i>Actinidia deliciosa</i> L. cv. Hayward) by Seaweed (<i>Ascophyllum nodosum</i>) Application	885
M. Ghafouri, F. Razavi, M. Arghavani, E. Abedi Gheshlaghi	
The Application of Different Levels of Ammonium Nitrate in the Form of Fertilization on some Morpho-Physiological Traits of Spider plant (<i>Chlorophytum comosum</i>)	903
M. Osku, A. Khandan-Mirkohi, R. Naderi	
The Effect of Foliar Application of Salicylic Acid, Spermidine and Sodium Nitroprusside on some Growth and Flowering Characteristics, Photosynthetic Pigments and Vase Life of Lisianthus 'Mariachi Blue'	917
M. Piri- Z. Jabbarzadeh	
The Effect of Different Concentrations of Uniconazole and Cycocel and their Application Method on Vegetative Growth and Biochemical Properties of Lilium Hybrids (<i>Longiflorum</i> × <i>Asiatic</i> cv. Eyeliner)	937
M. Karimi, F. Salimi, A. Pakdin-Parizi	

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 36

No. 4

2023

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Editor in charge: Valizadeh,R.(Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

General Chief Editor: Tehranifar,A. (Horticultural Sciences) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Editorial Board:

Tehraniyar,A.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Arouiee, H.	Horticultural Sciences	Asso.Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Khanizadeh,SH.	Research Scientist	Bioproducts and Bioprocesses, Agriculture and Agri-Food Canada.
Davarynejad, GH.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Haghighi, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Isfahan University of Technology.
Tavakkol Afshari, R.	Seed Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sharifani, M.M.	Horticultural Sciences	Asso.Prof. Gorgan University of Agricultural Science & Natural Resources.
Shoor, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Ebadi,A.	Horticultural Sciences	Prof .Tehran University.
Fallahi,E.	Horticultural Sciences	Department of Plant Sciences, University of Idaho.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Plant Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Zamani, Z.	Horticultural Sciences	Prof. University of Tehran, Iran

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 38804621

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: <https://jhs.um.ac.ir>