نشریه علمی - پژوهشی
علـوم باغبـانی
(علوم و صنایع کشاورزی)

شاپا: ۲۰۰۸-۴۷۳۰

دانشگاه فردوسی مشهد
Ferdowsi University of Mashhad

جلد ۳۲ شماره ۲
سال ۱۳۹۷

شماره پیاپی ۳۸

عنوان مقالات

مطالعه تأثیر کارواکرول، تیمول، بنزیل آدنین و نفتالین استیک اسید بر ریزازدیابی گل لاله واژگون ۱۸۵
اسماعیل چمنی- زهرا افتخاری- علیرضا قنبری- حمیدرضا حیدری- موسی ارشد

اثر ذرات دی اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو بر گلدهی و صفات مورفوفیزیولوژیک اطلسی ایرانی (*Petunia x hybrida*) تحت تنش شوری ۱۹۹
مریم کمالی- محمود شور- حسن فیضی

تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور بر صفات کمی وکیفی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک ۲۱۳
آرا علی‌نژاد الهشاه- حسین مرادی- حسین صادقی

کاربرد قبل از برداشت کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر کیفیت میوه کنارهندی (*Ziziphus mauritiana*) ژنوتیپ خرمایی ۲۲۷
فاطمه شنبه پور بندری- سمیه رستگار- مصطفی قاسمی

نقش قارچ اندوفیت *Pirifomospora indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک ۲۳۹
حمیدرضا رحمانی- ابراهیم محمدی گل تپه

ارزیابی روش‌های کاربرد اسید هیومیک و نسبت‌های ازت بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) رقم پاروس ۲۵۱
ماهرخ رستمی- علی‌اکبر شکوهیان

اثر تراکم کاشت و رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی، عملکرد و صفات کیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در کشت هیدروپونیک ۲۶۳
فرزانه بدخشان- فریده صدیقی دهکردی- سید محمد حسن مرتضوی

بررسی تأثیرجدایه‌های باکتری *Pseudomonas putida* بر عملکرد قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*) ۲۷۳
مجتبی لطفی- محمد فارسی- امین میرشمسی کاخکی- جواد جانپور

بررسی کاربرد آزالئیک اسید در شرایط تنش شوری بر خصوصیات رویشی و فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum*) ۲۸۷
مریم حقیقی- آتنا شیبانی راد

بهینه‌سازی شرایط کشت درون‌شیشه‌ای پایه رویشی گلابی Pyrodwarf ۳۰۱
احمد شریفی- آزاده خادم- مریم مرادیان- مهدیه خرازی

تأثیر شدت نور بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک و گل‌دهی جعفری آفریقایی و فرانسوی در کشت دیرهنگام ۳۱۱
مهری مهدوی فرد- عبدالحسین رضایی‌نژاد- صادق موسوی فرد

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانتی میوه کنار هندی (*Ziziphus mauritiana*) ۳۲۷
شاداب فرامرزی

تاثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و تغذیه‌ای پایه فلائینگ دراگون تحت تنش شوری ۳۳۵
بهرام عابدی- بهنام اسفندیاری

تأثیر ترکیب خاک معدنی توف با بسترهای آلی مرسوم بر برخی ویژگی‌های رشدی و گلدهی آلسترومریا گلدانی ۳۴۵
جیران قنبری زاده- داود نادری- احمد رضا گلپرور

نشریه علمی- پژوهشی علوم باغبانی جلد ۳۲ شماره ۲ سال ۱۳۹۷ 2018 Vol. 32 No. 2 Journal of Horticultural Science

Journal of Horticultural Science
(Agricultural Science and Technology)

ISSN:2008-4730

Vol. 32 No. 2
2018

Contents

The Effect of Carvacrol, Thymol, BA and NAA on in vitro Regeneration in *Fritillaria imperialis* L. 197
E. Chamani- Z. Eftekhari- A.R. Ghanbari- H. R. Heydari- M. Arshad

Impacts of Nanosized and Bulk Titanium Dioxide on Flowering and Morpho-physiological Traits of Petunia (*Petunia hybrida*) under Salinity Stress 212
M. Kamali - M. Shoor- H. Feizi

Effect of Foliar Application of Zinc and Boron on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) in Hydroponic System in Hydroponic System 226
A. Alinejad Elahshah - H. Moradi - H. Sadeghi

The Effect of Preharvest Application of Calcium Chloride, Putrescine and Salicylic Acid on Some Quality and Quantity Characters of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* khormaee) 237
F. Shanbehpour Bandari - S. Rastegar- M. Ghasemi

Effect of Endophytic Fungi *Pirifomospora indica* on Flowering and Root Growth Parameters of Strawberry in Hydroponic Culture 249
H.R. Rahmani - E. Mohammadi Goltapeh

Evaluation of Humic Acid Application Methods and Ratios of Nitrogen on Characteristics of Morphological and Yield of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Paros 261
M. Rostami - A.A. Shokouhian

The Effect of Plant Density and Cultivar on Morphological Characteristics, Yield and Quality Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Hydroponic System 272
F. Badakhshan - F. Sedighi Dehkordi - S.H.M. Mortazavi

Influence of *Pseudomonas putida* Isolateson the Yield of Edible White Button Mushroom Agaricusbisporus 286
M. Lotfi - M. Farsi - A. Mirshamsi Kakhki - J. Janpoor

Evaluating of Azealic Acid on Tomato Vegetative and Photosynthetic Parameters under Salinity Stress 300
M. Haghighi - A. Sheibanirad

Optimization of *In Vitro* Culture of Pear Rootstock (Pyrodwarf) 310
A. Sharifi - A. Khadem- M. Moradian- M. Kharrazi

Effect of Light Intensity on Morpho-PhysiologicalTraits and Flowering of *Tagetes patula* and *T. erecta* under Late Season Planting Conditions 325
M. Mahdavifard - A. Rezaei Nejad - S. Mousavi-Fard

Study of Phytochemical Traits and Antioxdant Properties of Indian Jujube (*Ziziphus mauritiana*) Fruit 334
Sh. Faramarzi

Effect of Mycorrhizal Fungi on Morphophysiologicaland Nutritional Factors of Flying Dragon Rootstock under Salt Stress 344
B. Abedi - B. Esfandiari

The Effects of Tuff Combination with Conventional Organic Media on Some Vegetative and Flowering Characteristics of potted Alstroemeria 357
J. Ghanbarizadeh - D. Naderi- A.R. Golparvar

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه 21/2015 ——— 68/4/11 و درجه علمی – پژوهشی شماره 26524 ——— 73/10/19 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد 32 شماره 2 تابستان 1397

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

اعضای هیئت تحریریه:

تهرانی فر، علی	استاد- علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)
داوری نژاد، غلامحسین	استاد- علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)
طلایی، علیرضا	استاد- میوه کاری (دانشگاه تهران)
عزیزی، مجید	استاد- گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)
عبادی، علی	استاد- علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
فارسی، محمد	استاد- ژنتیک واصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
کافی، محسن	استاد- گلکاری ومهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
لاهوتی، مهرداد	استاد- زیست شناسی (دانشگاه فردوسی مشهد)
مبلی، مصطفی	استاد- علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد **چاپ:** چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

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

این نشریه درپایگاههای زیر نمایه شده است:

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

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایتhttp://jm.um.ac.ir به صورت مقاله کامل نمایه شده است .

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

مطالعه تأثیر کارواکرول، تیمول، بنزیل آدنین و نفتالین استیک اسید بر ریزازدیایی گل لاله واژگون 185

اسماعیل چمنی - زهرا افتخاری - علیرضا قنبری - حمیدرضا حیدری - موسی ارشد

اثر ذرات دی اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو بر گلدهی و صفات مورفوفیزیولوژیک اطلسی ایرانی (*Petunia x hybrida*) تحت تنش شوری 199

مریم کمالی - محمود شور - حسن فیضی

تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور بر صفات کمی وکیفی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک 213

آرا علی‌نژاد الهشاه - حسین مرادی - حسین صادقی

کاربرد قبل از برداشت کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر کیفیت میوه کنارهندی (*Ziziphus mauritiana*) ژنوتیپ خرمایی 227

فاطمه شنبه پور بندری - سمیه رستگار - مصطفی قاسمی

نقش قارچ اندوفیت *Pirifomospora indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک 239

حمیدرضا رحمانی - ابراهیم محمدی گل تپه

ارزیابی روش‌های کاربرد اسید هیومیک و نسبت‌های ازت بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) رقم پاروس 251

ماهرخ رستمی - علی‌اکبر شکوهیان

اثر تراکم کاشت و رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی، عملکرد و صفات کیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در کشت هیدروپونیک 263

فرزانه بدخشان - فریده صدیقی دهکردی - سید محمد حسن مرتضوی

بررسی تأثیرجدایه‌های باکتری *Pseudomonas putida* بر عملکرد قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*) 273

مجتبی لطفی - محمد فارسی - امین میرشمسی کاخکی - جواد جانپور

بررسی کاربرد آزالئیک اسید در شرایط تنش شوری بر خصوصیات رویشی و فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum*) 287

مریم حقیقی - آتنا شیبانی راد

بهینه‌سازی شرایط کشت درون‌شیشه‌ای پایه رویشی گلابی Pyrodwarf 301

احمد شریفی - آزاده خادم - مریم مرادیان - مهدیه خرازی

تأثیر شدت نور بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک و گل‌دهی جعفری آفریقایی و فرانسوی در کشت دیرهنگام 311

مهری مهدوی فرد - عبدالحسین رضایی‌نژاد - صادق موسوی فرد

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانتی میوه کنار هندی (*Ziziphus mauritiana*) 327

شاداب فرامرزی

تاثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و تغذیه‌ای پایه فلائینگ دراگون تحت تنش شوری 335

بهرام عابدی - بهنام اسفندیاری

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 185-197
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۱۹۷-۱۸۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مطالعه تأثیر کارواکرول، تیمول، بنزیل آدنین و نفتالین استیک اسید بر ریزازدیایی گل لاله واژگون

اسماعیل چمنی[۱*]- زهرا افتخاری[۲]- علیرضا قنبری[۳]- حمیدرضا حیدری[٤]- موسی ارشد[٥]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱

چکیده

تکثیر لاله واژگون از طریق کشت بافت یکی از روش‌های مناسب و سریع جهت جلوگیری از انقراض این گل به دلیل محدودیت در روش‌های مرسوم تکثیر محسوب می‌شود. این پژوهش به منظور مطالعه تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس های گیاهی و تنظیم کننده‌های رشد بر باززایی و رشد گل لاله واژگون در قالب دو آزمایش جدا گانه در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۵ تکرار انجام شد. در آزمایش اول، تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف تیمول (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ پی پی ام)، کارواکرول (۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) و در آزمایش دوم تیمار های آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف بنزیل آدنین (۱، ۲، ۴ میلی‌گرم در لیتر) و نفتالین استیک اسید (۱، ۲، ۴ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمول و کارواکرول بر قطر پیازچه، تعداد و طول ریشه، تعداد و طول برگ و تعداد و قطر کالوس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که غلظت ۵۰ پی پی ام تیمول سبب افزایش تعداد پیازچه، ریشه و برگ شد. غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ پی پی ام کارواکرول نیز بیشترین تأثیر را روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشت. غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر NAA بیشترین تعداد و بالاترین قطر پیازچه را به خود اختصاص داد. همچنین بیشترین تعداد و طول ریشه از غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و بیشترین تعداد و طول برگ نیز مربوط به تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین بود. این نتایج گویای تأثیر مثبت اسانس های گیاهی و تنظیم کننده‌های رشد بر باززایی و رشد گل لاله واژگون می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پیازچه، تنظیم کننده رشد گیاهی، کالوس، کشت درون شیشه‌ای

مقدمه

لاله واژگون با نام علمی فریتیلاریا ایمپریالیز[٥] متعلق به خانواده لیلیاسه[٦]، شامل ۱۰۰ گونه است که ۱۴ گونه مهم از آن بومی ایران است (۶). لاله واژگون از گیاهان زینتی و داروئی بومی و وحشی مناطق کوهستانی ایران بوده (۷، ۲۳) که این ذخایر ژنتیکی ارزشمند در سال‌های اخیر به علت تخریب مراتع، چرای بی‌رویه و طغیان آفات، به شدت در حال انقراض می‌باشد. در لاله واژگون مقدار فلس کم است (۳) در نتیجه کاهش فراوانی تولید سوخک به روش فلس‌برداری وجود دارد. روش ریزازدیادی می‌تواند راه مناسب و سریعی برای تکثیر این گیاه به دلیل محدودیت در روش‌های مرسوم تکثیر این گل محسوب شود (۲).

تا کنون گزارش های محدودی از تکثیر درون شیشه ای لاله واژگون به ویژه در ایران منتشر شده است. محمدی ده چشمه (۱۱) در پژوهشی با بررسی باززایی غیر مستقیم از ریز نمونه های گلبرگ لاله واژگون، محیط کشت B_5 دارای ۰/۱ میلی گرم بر لیتر BAP، ۰/۶ میلی گرم بر لیتر NAA و ۰/۴ میلی گرم بر لیتر IAA را مناسب ترین تیمار برای تولید سوخچه گزارش نمودند. در بررسی ترکیب های هورمونی مختلف بر باززایی مستقیم لاله واژگون، بالاترین میزان باززایی مستقیم (۸/۳۳ عدد)، بیشترین اندازه سوخچه (۲۶ میلی متر) و بالا ترین تعداد ریشه را در تیمار دو میلی گرم بر لیتر NAA در محیط کشت MS به دست آمد (۱۴). در پژوهش دیگری، تیمار ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر NAA و ۰/۵ میلی گرم بر لیتر TDZ بهترین ترکیب هورمونی برای پینه زایی و تیمار یک میلی گرم بر لیتر NAA به همراه یک میلی گرم کینتین بهترین ترکیب هورمونی برای باززایی

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استاد، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email : echamani@yahoo.com)
۵- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.31740

5- *Fritillaria imperialis L.*
6- Liliaceae

مستقیم سوخچه معرفی شد (۱). در بررسی ریز ازدیادی سایر گونه‌های لاله واژگون، شی او و همکاران (۲۲) تولید انبوه فریتیلاریا هوپهنسیس[1] را با سه نوع ریز نمونه فلس، ساقه و برگ در شرایط درون شیشه ای مورد بررسی قرار دادند. بیشترین درصد باززایی در تیمار ۴ میلی گرم بر لیتر NAA و از ریز نمونه های ساقه و برگ به دست آمد. همچنین در بررسی ریز ازدیادی فریتیلاریا کامشاتنسیس[2]، بهترین شرایط برای تشکیل سوخچه در تیمار تاریکی به همراه ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد گزارش شد (۱۳).

تیمول و کارواکرول از اجزای اصلی اسانس‌های خانواده نعناعیان به شمار می‌آیند. این دو ترکیب از نظر شیمیایی بسیار به هم شبیه‌اند و فقط جایگاه گروه هیدروکسیل درآن ها متفاوت است (۴). امروزه گزارش های متعددی در زمینه اثرات اسانس ها به عنوان ترکیبات روغنی معطر در صنایع غذایی و کشاورزی در دسترس است. اغلب گزارش های موجود در زمینه خواص ضد میکروبی این ترکیبات در افزایش عمر پس از برداشت محصولات مختلف کشاورزی و باغی می باشند (۲۱). پژوهش ها در زمینه کاربرد اسانس ها در کشت درون شیشه ای گیاهان به ندرت در دسترس می باشد و پژوهش های منتشر شده نیز در زمینه گندزدایی ریز نمونه ها می باشند. تقی زاده و سلگی (۲۰) گزارش کردند که گند زدایی با اسانس های تیمول و کارواکرول به ترتیب بر آلودگی های باکتریایی و قارچی درون شیشه‌ای ریز نمونه های گره ای چمن برموداگراس موثر می باشند و فعالیت ضد قارچی آن ها بستگی به غلظت و مدت زمان تیمار ها دارد. همچنین غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام اسانس اسطوخودوس در مهار کامل آلودگی ریزنمونه های برگی انگور گزارش شده است (۸). همچنین کاربرد اسانس میخک هندی، دارچین، اسطوخودوس و درخت چای در گندزدایی ریز نمونه های داوودی موفقیت آمیز بوده است (۵). تا کنون گزارشی مبنی بر تاثیر اسانس های گیاهی در زمینه کالوس زایی و باززایی در شرایط درون شیشه ای منتشر نشده است و برای اولین با در پژوهش حاظر بررسی این ترکیبات بر ریز ازدیادی لاله واژگون مورد بررسی قرار می گیرد. لازم به ذکر است استفاده از ترکیبات طبیعی تعریف نشده همچون پودر موز، عصاره ذرت، شیر نارگیل بر کشت درون شیشه ای گیاهان مختلف تاثیر مثبتی داشته است (۱۰).

با توجه به ارزش زینتی و دارویی لاله واژگون، متاسفانه مطالعات موجود در زمینه ریز ازدیادی این گیاه محدود است. همچنین تا کنون پژوهشی در زمینه تاثیر اسانس های گیاهی علی رغم کاربرد گسترده آن ها در سایر زمینه های باغبانی، در زمینه کشت بافت صورت نپذیرفته است. به همین منظور پژوهش حاضر به منظور دست یابی به روش مناسب ریز ازدیادی لاله واژگون و همچنین تاثیر اسانس های تیمول و کارواکرول انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش پیازها در مرحله خواب از رویشگاه طبیعی آن در مناطق کوهستانی لرستان تهیه و به آزمایشگاه کشت بافت و بیوتکنولوژی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انتقال داده شده و سپس در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در داخل پرلیت مرطوب به مدت ۶-۴ هفته قرار داده شدند. بعد از برطرف شدن نیاز سرمایی پیازها، از اتانول ۷۰ درصد به مدت ۴۵ ثانیه و محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه جهت ضدعفونی استفاده شد. سپس با آب دو بار تقطیر استریل در سه نوبت به مدت ۱، ۵ و ۱۵ دقیقه شسته شده و در این مرحله از یک سوم پایینی پیازها همراه با صفحه پایگاهی ریز نمونه‌هایی به ابعاد ۱×۱ سانتی متر تهیه شد و به منظور اطمینان از عدم وجود آلودگی به مدت دو هفته در محیط کشت MS قرار داده شدند. سپس ریز نمونه های به دست آمده برای انجام مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

پژوهش حاضر در قالب دو آزمایش جداگانه انجام گرفت. در آزمایش اول، تاثیر غلظت‌های مختلف تیمول (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ پی پی ام) و کارواکرول (۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) و در آزمایش دوم تاثیر غلظت های مختلف بنزیل آدنین (۱، ۲، ۴ میلی‌گرم در لیتر) و نفتالین استیک اسید (۱، ۲، ۴ میلی‌گرم در لیتر) بر شاخص های قطر کالوس، تعداد پیازچه، قطر پیازچه، تعداد برگ، طول برگ، تعداد ریشه و طول ریشه تولید شده در شرایط درون شیشه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در هر دو آزمایش، محیط کشت MS پایه (فاقد اسانس و تنظیم کننده رشد) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ریز نمونه های گند زدایی شده در محیط کشت MS حاوی غلظت های مختلف ترکیبات ذکر شده در بالا، کشت گردیده و به مدت ۴ ماه در اتاقک رشد تحت دمای ۲۴ ± ۲°C، شدت نور ۶۰ -۴۰ میکرومول بر مترمرب بر ثانیه و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. در این مدت هر سه هفته یکبار، ریز نمونه ها واکشت می شدند و در مجموع سه واکشت در طول کل آزمایش انجام گرفت. هر دو آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار (هر تکرار شامل ۵ ریز نمونه) طی سال های ۹۰- ۸۹ در آزمایشگاه کشت بافت دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام پذیرفت. داده‌های به دست آمده با استفاده از تبدیل جذری $\sqrt{X+0.5}$ نرمال‌سازی شده و سپس با استفاده از نرم افزار کامپیوتری SAS، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح

1- *F. hupehensis*
2- *F. camtschatcensis*

احتمال یک درصد مقایسه شدند. در نهایت نمودار ها با استفاده از برنامه Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول

تاثیر اسانس های گیاهی بر صفات رشدی گل لاله واژگون

تاثیر اسانس های گیاهی بر تعداد پیازچه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر ترکیبات گیاهی بر قطر پیازچه معنی‌دار نبوده ولی بر تعداد پیازچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱) مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که در غلظت های ۵۰ پی پی ام تیمول (۲/۸ عدد) و ۱۰ پی پی ام کارواکرول (۲/۶) بیشترین تعداد پیازچه تشکیل شد که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین تعداد تشکیل پیازچه در شاهد، غلظت ۳۰۰ پی پی ام تیمول و غلظت های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام کارواکرول مشاهده شد (شکل ۱). همان طوری که در شکل ۱ مشخص شده، غلظت‌های پایین ترکیبات گیاهی موثرترین غلظت در تشکیل پیازچه است و با افزایش غلظت این ترکیبات، تعداد پیازچه کاهش یافت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسانس های گیاهی بر صفات رشدی گل لاله واژگون

Table 1. ANOVA of Herbal Essential Oils Effect on Vegetative Traits of *Fritillaria* Flower

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Square			
		تعداد پیازچه Bulb number	قطر پیازچه Bulb diameter	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length
تیمار Treatment	8	0.21*	0.01ns	2.02*	0.08*
خطا Error	36	0.09	0.00	0.55	0.02
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.65	15.28	18.90	12.65

**، * و ns به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد ، ۵ درصد و عدم معنی داری

**, * and ns: significant at 1%, 5% and non significant, respectively

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسانس های گیاهی بر صفات رشدی گل لاله واژگون

Table 1- ANOVA of Herbal Essential Oils Effect on Vegetative Traits of *Fritillaria* Flower

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Square		
		تعداد برگ leaf number	طول برگ leaf length	قطر کالوس Callus diameter
تیمار Treatment	8	2.93*	0.19*	0.38*
خطا Error	36	0.13	0.02	0.09
ضریب تغییرات CV (%)	-	18.78	12.64	29.32

**، * و ns به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد ، ۵ درصد و عدم معنی دار

**, * and ns: significant at 1%, 5% and non significant, respectively

شکل ۱- تاثیر اسانس های گیاهی بر تعداد پیازچه گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 1- Effect of Essential Oils on Bulb Number of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

تاثیر اسانس های گیاهی بر تعداد و طول ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر غلظت‌های مختلف ترکیبات گیاهی بر تعداد ریشه و طول ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد ریشه (۸ عدد) در غلظت ۵۰ پی پی ام تیمول تشکیل شد و با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد. در غلظت‌های ۳۰۰ پی پی ام تیمول و ۱۰۰۰ پی پی ام کارواکرول نیز ریشه ای تشکیل نشد که از شاهد نیز کم تر بود (شکل ۲). به نظر می رسد که غلظت های بالای اسانس های گیاهی ممکن است از طریق ایجاد سمیت سبب جلوگیری از تشکیل ریشه در پیازچه‌ها در شرایط درون شیشه ای گردیده است. بیشترین طول ریشه نیز در غلظت ۱۰۰ پی پی ام کارواکرول (۶۲ میلی متر) و ۱۰۰ پی پی ام تیمول (۵۶ میلی متر) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر نشان دادند. کمترین طول ریشه در غلظت‌های ۱۰ پی پی ام کارواکرول و شاهد (۲ میلی متر) مشاهده شد که این دو غلظت اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمارهای دیگر داشتند (شکل ۳).

شکل ۲- تاثیر اسانس های گیاهی بر تعداد ریشه گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 2 – Effect of Essential Oils on Root Number of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

شکل ۳- تاثیر اسانس های گیاهی بر طول ریشه گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 3 – Effect of Essential Oils on Root Length of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

تاثیر اسانس های گیاهی بر تعداد و طول برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر ترکیبات گیاهی هم بر تعداد برگ و هم طول ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها می‌توان دریافت که بیشترین تعداد تشکیل برگ (۱۱/۴) در غلظت ۵۰ پی پی ام تیمول به دست آمده است که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در بین تیمارها کمترین تعداد برگ را غلظت‌های ۳۰۰ پی‌پی‌ام تیمول و ۱۰۰۰ پی پی ام کارواکرول به خود اختصاص دادند (شکل ۴). همان طور که مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد ترکیبات گیاهی بر طول برگ در تمامی غلظت‌ها به جز ۳۰۰ پی‌پی‌ام تیمول و ۱۰۰۰ پی پی ام کارواکرول تأثیر مثبت داشته و اختلاف معنی داری در بین غلظت‌ها مشاهده نشد (شکل ۵).

شکل ٤- تاثیر اسانس های گیاهی بر تعداد برگ گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 4 – Effect of Essential Oils on Leaf Number of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

شکل ۵- تاثیر اسانس های گیاهی بر طول برگ گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 5 – Effect of Essential Oils on Leaf Length of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

تاثیر اسانس های گیاهی بر قطر کالوس

تایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر ترکیبات گیاهی بر قطر کالوس تشکیل شده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). بررسی جدول مقایسه میانگین نشان داد که غلظت های ۵۰ پی پی ام تیمول (۱۵ میلی متر) و ۱۰ پی پی ام کارواکرول (۱۴ میلی متر) سبب ایجاد بیشترین قطر کالوس گردیده اند که به طور معنی‌داری از قطر کالوس تشکیل شده در شاهد (۶ میلی متر) بیشتر بوده است (شکل ۶). همچنین در غلظت های ۳۰۰ پی پی ام تیمول و ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام کارواکرول هیچ گونه کالوس تشکیل نشد.

شکل ٦– تاثیر اسانس های گیاهی بر قطر کالوس تشکیل شده در لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 6 – Effect of Essential Oils on Callus Diameter of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

بررسی تأثیر اسانس های گیاهی بر تمامی صفات رشدی حاکی از این است که غلظت‌های پایین این ترکیبات تأثیر مثبتی در رشد داشته ولی با افزایش غلظت در بیشتر صفات، روند نزولی رشد مشاهده گردید به طوری که در غلظت‌های ۳۰۰ پی پی ام تیمول، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام کارواکرول رشد به شدت کاهش یافته و گیاه سوزی ایجاد گردید.

آزمایش دوم

نتایج تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر صفات رشدی گل لاله واژگون

تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر تعداد و قطر پیازچه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنظیم‌کننده رشد بنزیل آدنین (BA) و نفتالین‌استیک اسید (NAA) بر تعداد پیازچه و قطر پیازچه تولید شده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیشترین تعداد پیازچه (۴/۲) با کاربرد ۲ میلی‌گرم در لیتر NAA بدست آمد و اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمارهای دیگر نشان داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر هورمون‌ها بر صفات رشدی گل لاله واژگون

Table 2- Variance Analysis Hormones Effect on Vegetative Traits of *Fritillaria* Flower

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Square			
		تعداد پیازچه Bulb Number	قطر پیازچه Bulb Diameter	تعداد ریشه Root Number	طول ریشه Root Length
تیمار treatment	6	0.58*	0.02*	3.60*	0.03 ns
خطا Error	28	0.01	0.00	0.16	0.01
ضریب تغییرات CV (%)		10.24	6.10	21.85	12.64

**، * و ns به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد ، ۵ درصد و عدم معنی دار

**, * and ns: significant at 1%, 5% and non significant, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس اثر هورمون‌ها بر صفات رشدی گل لاله واژگون

Table 2. Variance Analysis Hormones Effect on Vegetative Traits of *Fritillaria* Flower

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Square		
		تعداد برگ Leaf Number	طول برگ Leaf Length	قطر کالوس Callus Diameter
تیمار Treatment	8	0.76	0.06 ns	0.10*
خطا Error	36	0.16	0.03	0.03
ضریب تغییرات CV (%)		25.10	14.34	18.55

**، * و ns به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال یک درصد ، ۵ درصد و عدم معنی دار

**, * and ns: significant at 1%, 5% and non significant, respectively

همچنین این نتایج نشان داد که غلظت های مختلف BA تاثیری بر تعداد پیازچه تشکیل شده نداشته است (شکل ۷). در زمینه شاخص قطر پیازچه نیز، تیمار های ۲ میلی گرم بر لیتر NAA (۹ میلی متر) و BA (۸/۲ میلی متر) سبب تولید بیشترین قطر پیازچه شده اند که نسبت به سایر تیمار ها و شاهد اختلاف معنی داری نشان داد (شکل ۸). این آزمایش تأثیر مثبت افزایش هورمون اکسین از نوع NAA را بر تعداد و قطر پیازچه لاله واژگون تایید کرد. به نظر می‌رسد افزایش تعداد پیازچه تولید شده در اثر افزایش NAA ناشی از افزایش نسبت اکسین به سایتوکنین در محیط کشت باشد. تیمار هورمونی NAA سطوح هورمونی داخلی را بالا برده و در نتیجه با متوازن شدن نسبت اکسین به سیتوکنین داخلی، اندام‌زایی را موجب می‌شود (۱۱).

استیمارت و آشر (۱۹) بخش‌هایی از فلس‌های سوسن *Lilium*

longiflorum را روی محیط کشت LS کشت کردند و نشان دادند که افزودن ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر NAA منتج به تولید بیشتر پیازچه از فلس‌های خارجی شد که نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش حاضر همسو می‌باشد. همچنین پیریک و استیگمنز (۱۶) بیان کردند که اکسین‌ها برعکس جیبرلین‌ها پیازچه‌زایی در سنبل را افزایش می‌دهد. پادوزینسکا (۱۷) نیز به نتایج مشابهی مبنی بر بهبود یافتن تشکیل پیازچه لاله توسط اکسین‌ها دست یافته بود. در واقع هورمون BA نه تنها تولید پیازچه را تحریک نکرد بلکه مانع از تولید پیازچه نسبت به نمونه شاهد نیز شد. این نتایج با گزارش تاتاری (۲۴)، که عنوان نمود اثر تیمار BA باعث شد تعداد پیازچه، وزن پیازچه و تعداد ریشه کمتری نسبت به شاهد تشکیل شود مطابقت داشت.

شکل ۷- تاثیر تنظیم کننده های رشد گیاهی بر تعداد پیازچه گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 7- Effect of PGRs on Bulb Number of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

شکل ۸- تاثیر تنظیم کننده های رشد گیاهی بر قطر پیازچه گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 8- Effect of PGRs on Bulb Diameter of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر تعداد و طول ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد NAA و BA بر تعداد ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار ولی در طول ریشه معنی‌دار نگردید (جدول ۲).

بررسی جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد تشکیل ریشه را NAA با غلظت یک میلی‌گرم در لیتر به خود اختصاص داد و کمترین تعداد ریشه در تیمار BA با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که هر دو با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند (شکل ۹). نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت NAA و BA، تعداد ریشه در گیاهچه های سوسن چلچراغ کاهش می یابد. به نظر می‌رسد افزایش BA باعث شده که نسبت اکسین به سایتوکینین در محیط کشت کاهش یابد و در نتیجه تعداد ریشه‌های تولید شده که ارتباط مستقیمی با نسبت بالای اکسین به سایتوکینین دارد کاهش یابد .پیریک (۱۵) بیان کرد که سایتوکینین‌ها در غلظت پایین تقسیم سلولی را تحریک می‌کنند ولی معمولاً در غلظت‌های بالاتر از تشکیل ریشه جلوگیری می‌کنند. نات (۱۲) نیز گزارش کرد که افزایش هورمون NAA بطور معنی‌داری تعداد ریشه را در *L. longiflorum* نسبت به محیط کشت بدون هورمون افزایش می‌دهد. این نتایج با نتایج آزمایش تاکایاما و میساوا (۲۲) نیز همسو می‌باشد. ایشان گزارش کردند که بر همکنش اکسین و سایتوکینین در محیط کشت در تشکیل ریشه و پیازچه از فلس گل سوسن نقش دارد طوری که نسبت اکسین به سایتوکینین بالا تشکیل ریشه را افزایش می‌دهد در حالی که در نسبت اکسین به سایتوکینین پایین تشکیل ریشه کاهش یافته و تشکیل پیازچه حالت غالب دارد. تاکایاما و میسولا (۲۳) آزمایشی را به منظور بررسی اثرات فیزیولوژیکی کینیتین و بنزیل آدنین بر روی *L. auratum* و *L. speciosum* انجام دادند نتایج نشان داد که در غلظت پایین‌تر کینیتین رشد ریشه تحریک شد و یا بطور جزئی تحت تاثیر قرار گرفت در حالی که همان غلظت BA بطور کامل تشکیل ریشه را مهار کرد این نتایج نیز با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر تعداد و طول برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر تعداد برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است ولی در خصوص طول برگ تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). همانطور که مقایسه میانگین داده‌ها نشان می دهد (شکل ۱۰) تیمار BA با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تعداد برگ را به خود اختصاص داده است که تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمارهای دیگر نشان داد. به نظر می‌رسد تنظیم‌کننده رشد بنزیل آدنین با تأثیر بر رشد طولی سلول‌ها توانسته است شاخساره‌های طویل‌تری تولید کند. نتایج مشابهی در یافته‌های تفرا و واناکرایروج (۲۵) مشاهده گردید که سایتوکینین‌ها بویژه BA تشکیل و تکثیر شاخه‌ها را افزایش داده است.

شکل ۹- تاثیر تنظیم کننده های رشد گیاهی بر تعداد ریشه گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 9- Effect of PGRs on Root Number of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

شکل ۱۰- تاثیر تنظیم کننده های رشد گیاهی بر تعداد برگ گیاه لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 10- Effect of PGRs on Leaf Number of *Fritillaria.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level

خرازی و همکاران (۹) نیز دریافتند که افزایش غلظت سایتوکینین تکثیر شاخه و تعداد برگ را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت های مختلف NAA تاثیری بر تعداد برگ تولید شده در گیاهچه های سوسن چلچراغ نداشته است.

شکل ۱۱- تاثیر تنظیم کننده های رشد گیاهی بر قطر کالوس لاله واژگون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Figure 11- Effect of PGRs on Callus Diameter of *Fritillar.* The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncans multiple range test at 5 % of probability level.*ia*

تأثیر تنظیم کننده‌های رشد بر قطر کالوس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر قطر کالوس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده ها

(شکل ۱۱)، غلظت های ۴ میلی گرم بر لیتر NAA و ۲ میلی گرم بر لیتر BA سبب تشکیل بیشترین قطر کالوس گردید که هر چند نسبت به تیمار های ۲ میلی گرم بر لیتر NAA و ۴ میلی گرم بر لیتر BA اختلاف معنی داری نداشت، اما نسبت به سایر تیمارها به طور معنی داری بیشتر بود.

منابع

1. Alizadeh Ajirlo S., and Kargar M. 2016. Effect of Clone and Growth Regulators on Callus and Bulblet Formation Using Daughter Bulb Explants of Fritillary (*Fritillaria imperialis* L.). Plant Production, 39(2): 81-94.
2. Arora R., and Bhojwani S. 1986. In vitro propagation and low temperature storage of *Saussurea lappa* C.B. Clarke-anxiety endangered medicinal plant. Plant Cell Reports. 8: 44- 47.
3. Bryan J. 1989. Bulbs. Portlands: Timber press. Oregon, 451pp.
4. Buchanan R.L., and Shepherd A.J. 1981. Inhibition of *Aspergillus parasiticus* by thymol. Journal of Food Science. 46: 976- 977.
5. Deen W., Thepsithar C., and Thongpukdee A. 2013. In vitro culture medium sterilization by chemicals and essential oils without autoclaving and growth of chrysanthemum nodes. World academy of Science, Engineering and Technology, 7: 6-24.
6. De Hertogh A., Lenard M. 1993. The physiology of flower bulbs. Elsevier. P. 718- 739.
7. Ebrahimie E., Mohammadie-Dehcheshmeh M., Habashi A.A. Ghannadha, M.R., Ghareyazie B., Yazdi-samadi B. 2006. "Direct shoot regeneration from cumin, *Cuminum cyminum* L". Embryo, 54-58.
8. Gouran, A., Mozafari A., and Ghaderi N. 2012. The effect of antimicrobial agents on the surface sterilized grape explants in in vitro culture. 6th congress of the Agricultural Research findings. Kordestan University.
9. Kharrazi M., Nemati H., Tehranifar A., Bagheri A., Sharifi A. 2011. In vitro culture of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) focusing on the problem of Vitrification. Journal of Environmental Biology Sciences. 5 (13): 1-6.
10. Metzger J. 1986. "Hormones and reproductive development". In: Plant growth and development, ed. Davis, P. J. Martinus Nigh off, Boston.
11. Mohammadi Dehcheshmeh M. 2005. The use of tissue culture technique in Fritillaria endangering species reproduction of native of Iran. MSc Thesis, Tehran University.
12. Nhut D. T. 1998. Micropropagation of lily (*Lilium longiflorum*) via in vitro stem node and pseudo-bulblet culture. Plant Cell Reports. 17: 913-916.
13. Ohkawa M., Kitajima J., Nishino K., and Ohkawa N. 1999. Studies on the Propagation of Fritillaria camtschatcensis Ker-Gawl. by In Vitro Culture II: Effect of Plant Hormones on the Growth, Leaf Emergence, and Rooting of Bulblets. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 68: 184-188.
14. Paek K.Y., Murthy, H.N. 2002. High frequency of Bulblet regeneration from bulb scale section of *Fritillaria thunbergii.* Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 68: 247-252.
15. Pierik R. L. M. 1998. In vitro culture of higher plants. Ferdowsi university press. 406p.
16. Pierik R. L. M. and Steegmans, H. H. M. 1975. Effect of auxins, cytokinins, gibberellins, abscisic acid and etephon on regeneration and growth of bulblets on excised bulb scale segments of hyacinth. Journal of Plant Physiology. 34: 14-17.
17. Podwyszynska M. 2006. Improvement of bulb formation in micropropagted tulips by treatment with NAA and Paclobutrazol or accymidol. Acta Horticulturae. 725: 679-684.
18. Rix E.M. 1977. Fritillaria L. (Liliaceae) in Iran. Journal of Botany. 1, pp. 75–95.
19. Stimart D. J. and Ascher D. D. 1978. Tissue culture of bulb scale sections for asexual propagation of *Lilium longiflorum*. Journal of the American Society for Horticultural Science. 103: 182-184.
20. Solg M. 2014. Evaluation of plant-mediated Silver nanoparticles synthesis and its application in postharvest Physiology of cut Flowers. Physiology and Molecular Biology of Plants, 20(3): 279–285.
21. Solgi M., and Taghizadeh M. 2014. The Application of Essential Oils and Silver Nanoparticles for Sterilization of Bermuda grass Explants in in vitro Culture. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1(2): 131-140.
22. Takayama S., and Misawa M. 1979. Differentiation in *Lilium*, bulb scales grown in vitro. Effectof various cultural conditions. Physiologia Plantarum, 46(2): 184-190.
23. Takayama, S. and Misaula, M. 1982. Regulation of organ formation by cytokinin and auxin in Lilium bulbscales growth in vitro. Plant and cell physiol. 23(1): 67-74.
24. Tatari M., Fotouhi Ghazvini R., Hamidoghli Y. 2004. Influence of growth regulators and explants of Chandelie lily scales in vitro culture (*Lilium ledebourii*). Journal of Agricultural Sciences, 1(2): 19-28.
25. Tefera W., Wannakrairoj S. 2006. Synergistic effects of some plant growth regulators on in vitro shoot proliferation of korarima (*Aframomum corrorima*). African Journal of Biotechnology, 5: 1894-1901.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 185-197
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۱۹۷-۱۸۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Carvacrol, Thymol, BA and NAA on in vitro Regeneration in *Fritillaria imperialis* L.

E. Chamani[1*]- Z. Eftekhari[2]- A.R. Ghanbari[3]- H. R. Heydari[4]- M. Arshad[5]

Received: 26-11-2014
Accepted: 22-05-2018

Introduction: *Fritillaria imperialis* L. is an ornamental and medicinal plant native to mountainous regions of Iran. This plant genetic resource is in danger of extinction, Because of grazing livestock and pest outbreaks. Therefore, micro propagation of Fritillaria through in vitro regeneration is essential for conservation and commercial production. Thymol and Carvacrol are one of the main essential oil compounds in family Lamiaceae.

Material and Methods: *Fritillaria imperialis* L. bulbs in dormancy stage obtained from mountainous regions of Lorestan in Iran and were placed in cold room at +4 °C for 4-6 weeks. Then, Bulbs were surface-sterilized with 70% ethanol for 45 s followed by immersion in 5% (v/v) NaOCl solution for 20 min with gentle agitation, and then rinsed three times in sterile double distilled water. Present study was conducted in two separate experiments. In first experiment, effect of different concentration of Thymol and Carvacrol and in second experiment, different concentration of NAA and BA on in vitro characteristics of *Fritillaria* was evaluated. Explants (1× 1 cm) prepared from the lower third of scales with basal plate and were placed in MS basal medium supplemented with different concentrations of Thymol (50, 100, 150 and 300 ppm), Carvacrol (10, 100, 500 and 100 ppm), BA (1, 2 and 4 mg/l) and NAA (1, 2 and 4 mg/l).All cultures were incubated in a growth chamber at 24±2°C, and a photosynthetic photon flux of 40-60 µmol m–2 s–1 was provided by cool white fluorescent lamps with a 16-h photoperiod. This experiment wascarried out in completely randomized designs with fivereplications.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that Thymol and Carvacrol were not effective on number of new bulblets but had significant effects on bulb diameter, number and length or roots, number and length leaves and callus induction and diameter of callus obtained from scales ($P< 0.05$). The highest rate (3 bulblets) of bulblets formation was obtained fromMS medium supplemented with 50 ppm Thymol that showed significantly difference from other treatments. Medium containing 10 ppm Carvacrol gave the highest Bulblet formation (2.5 bulblets) between Carvacrol treatments. Investigation of rooting was done by assessment of the number and length of roots. Mean comparison of the effect of cultivar type on root number showed that the largest number of roots per explant was obtained fromMS medium containing 50 ppm Thymol. Lowest number of roots observed in mediums supplemented with 300 ppm Thymol and 100 ppm Carvacrol. The best medium for increasing the root length per explant (10.90 cm) was MS medium supplemented with 100 ppm Carvacrol, while the least increasing in root length per explant observed fromculture mediums contained 300 ppm Thymol and 100 ppm Carvacrol. Also, the largest number of leave formation obtained fromculture medium supplemented with 50 ppm Thymol that significantly higher than other treatments. Statistical analysis (ANOVA) of the data showed that high frequency callus induction and formation occurred in MS mediums contained 50, 100 and 150 ppm Thymol and 10 ppm Carvacrol and culture mediums supplemented with 300 ppm Thymol and 1000 ppm Carvacrol showed least callus induction. In contrast, largest callus diameter observed in culture mediums supplemented with 300 ppm Thymol and 500, 100 ppm Carvacrol.

Statistical analysis of results showed that different concentrations of BA and NAA had significant effects on bulblets number and bulblets diameter ($P<0.05$). High frequency of bulblets formation obtained fromMS mediums containing 2 mg/l and least bulblets formed in culture medium supplemented with 4 mg/l BA. Stimart and Ascher (1978) observed highest number of bulblets formation in culture of *Liliumlongiflorum*L. Scales on LS medium supplemented with 0.3 mg/l NAA that correlated with our study. Also, Pierik and Steegmans (1975) explained that auxins versus Gibberellins increased number of bulb formation in *Hyacinthus orientalis*. Analysis of variance showed that effects of BA and NAA only was significant in root and leaf number and no significant

1, 2, 3 and 4- Professor, MSc Graduate, Associate Professor and Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agricultural Science and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(*-Corresponding Author Email: echamani@yahoo.com)
5- Assistant Professor Deparment of Horticultural Sciences, Mahabad branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

in root and leaf length. The highest and lowest number of roots observed in MS mediums supplemented with 2 mg/l NAA and 4 mg/l BA, respectively. Pierik (1998) demonstrated that Cytokinins in low concentrations induced cell division but in high concentrations inhibited root formation. Nuth (1998) concluded that in *LiliumLongiflorum* medium containing NAA significantly increased root formation than PGRs free medium. Statistical analysis of results showed that different concentrations of BA and NAA had significant effects on callus induction and formation in *Fritillariaimperialis* L. ($P<0.05$). High rate of callus formation was obtained fromMS mediums supplemented with 2 and 4 mg/l NAA and 2 mg/l BA.

Conclusion: Thymol and Carvacrol as additives to tissue culture medium can improve some parameters of *Fritillariaimperialis* L. in vitro propagation like bulblet diameter, roots and leaves number and size. In this context, Thymol showed better responses than Carvacrol and 50 ppm concentration of Thymol was more effective. Such plant compounds needs to be more considered in tissue culture mediums. Also we concluded that Auxins in comparison to Cytokinins was more effective in propagation of *Fritillariaimperialis* L. through *in vitro*bulblet formation.

Keywords: Bulblet, Callus, Essential oil, In Vitro culture, Plant growth regulator

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 199-212
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۱۲-۱۹۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

اثر ذرات دی اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو بر گلدهی و صفات مورفوفیزیولوژیک اطلسی ایرانی (*Petunia x hybrida*) تحت تنش شوری

مریم کمالی[۱]- محمود شور[۲*]- حسن فیضی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

چکیده

تیتانیوم دارای اثرات سودمندی بر رشد، مورفولوژی، فیزیولوژی و همچنین فعالیت‌های متابولیسمی گیاهان دارد. از طرفی امروزه فناوری نانو دارای موارد استفاده ی گسترده‌ای در بخش کشاورزی است. به منظور بررسی اثر نانو ذرات تیتانیوم بر رشد و گلدهی اطلسی آزمایشی بر پایه طرح کاملا تصادفی طراحی و اجرا شد.

فاکتور اول (A)، آبیاری با سه سطح شوری کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار) بود. فاکتور دوم (B) به صورت دو سطح دی اکسید تیتانیوم و نانو دی اکسید تیتانیوم (وجود و عدم وجود نانو ذرات در دی اکسید تیتانیوم) و فاکتور سوم (C) به صورت شش غلظت ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۴۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم و در ۳ تکرار تعریف شد (شش غلظت ذکر شده هم در سطوح دی اکسید تیتانیوم و هم نانو دی اکسید تیتانیوم در نظر گرفته شد). نتایج نشان داد برهمکنش شوری، غلظت های دی‌اکسیدتیتانیوم و وجود یا عدم وجود نانو ذرات بر مقدار کلروفیل و کارتنوئید، وزن اجزای گیاه، سطح برگ و تعداد گل اثر معنی‌داری داشته است. بیشترین مقدار کلروفیل کل در شاهد تنش و به ترتیب در غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم و ۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم مشاهده شد. بیشترین سطح برگ در تیمار ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم به مقدار ۶۰۸ سانتیمترمربع بود. ضمن اینکه اطلسی‌های تیمار شده با ۵ پی پی ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم و در شرایطی که با آب مقطر آبیاری می‌شدند نسبت به سایر گیاهان قطر گل بیشتری (۵۴/۳ میلی‌متر) داشتند. به طور کلی محلول پاشی برگی دی‌اکسیدتیتانیوم (در بیشترین سطح استفاده شده-۴۰ پی پی ام) و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم (در کمترین غلظت های استفاده شد- ۵، ۱۰ و ۱۵ پی پی ام) بر بهبود اثرات حاصل از تنش موثر بود.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، سطح برگ، کلروفیل، وزن تر

مقدمه

گل اطلسی به دلیل سهولت پرورش، کم توقع بودن و داشتن رنگ های بسیار متنوع و زیبا یکی از رایج ترین گل های فضاهای سبز شهری می‌باشد. اطلسی با نام علمی *Petunia spp.* گیاهی دائمی از خانواده سیب زمینی بومی آمریکای جنوبی می باشد (۲). نوع بومی آن در ایران که به اطلسی ایرانی (*Petunia hybrid*) معروف است از عطر دلپذیری برخوردار است. این گیاه مناسب کاشت در فصول گرم سال است و به طور وسیعی در سطح فضای سبز کشت می‌شود (۲۷).

شوری از جمله عوامل تنش‌زای محیطی بوده، که در بسیاری از نقاط جهان خطر جدی برای رشد گیاهان و تولید محصول است (۱۰). در سال‌های اخیر بارندگی کم و برداشت بی‌رویه از منابع آبی زیر زمینی در کشور و به دنبال آن افزایش میزان شوری آب‌های زیر زمینی به مشکل عمده برای کشاورزی تبدیل شده است، که علاوه بر کاهش منابع آب شیرین، افزایش شوری خاک را نیز به دنبال داشته است، این عوامل مشکلات فراوانی را برای کشت گیاهان ایجاد کرده است و در نتیجه آن رشد و نمو گیاهان تحت تاثیر همزمان تنش خشکی و شوری قرار گرفته است. تأمین آب با کیفیت خوب در بسیاری از نقاط دنیا، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک ، با محدودیت‌های فراوان همراه است. در این مناطق، سطح آب آبخوان‌ها به دلیل بهره برداری‌های بیش از حد برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و فضای سبز به شدت کاهش یافته است که منجر به بالا رفتن میزان شوری این آب‌ها گشته است. به همین دلیل در نگهداری فضای سبز تمایل و گرایش به سمت استفاده از آب‌های

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: shoor@um.ac.ir)
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.54517

شور برای آبیاری گیاهان افز ایش یافته‌است. اثرهای مضر و مخرب تنش شوری برگیاهان اثبات شده است. به طوری که میزان شوری زیاد، مرگ گیاه را به همراه خواهد داشت (۲۰). فورنس و همکاران (۱۴) گزارش کردند که تنش شوری با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار باعث کاهش رشد گیاه، وزن تر و خشک شاخساره، اندازه ریشه و تعداد برگ در گیاه اطلسی (*Petunia hybrida cv.* Costa Rosa) نسبت به شاهد شد. در خاک‌های شور و قلیایی حلالیت عناصر کم نیاز نظیر آهن، منگنز، مس، روی، تیتانیوم و مولیبدن به دلیل باند شدن پایین بوده و در این خاک‌ها گیاهان اغلب از نظر عناصر فوق دچار کمبود می‌باشند (۹). تغذیه برگی از راه‌های موثر در رفع نیاز غذایی گیاهان به عناصر کم مصرف است (۳۵). مصرف عناصر کم نیاز از طریق کاهش اثرات منفی یون‌های سمی می‌تواند مقاومت گیاهان را در برابر تنش افزایش دهد (۱۲).

از طرفی اگرچه بهره گیری از فناوری‌های پیشرفته راهکارهای جدید و موثری بر این مشکل فراهم نموده است ولی هزینه زیاد، کاربرد آن را برای بعضی از کشاورزان این گونه مناطق که با تنش‌های شدید محیطی مواجه هستند، ناممکن ساخته است (۱).

از جمله این فناوری‌های پیشرفته استفاده از نانو ذرات است. فناوری نانو دارای موارد استفاده‌ی گسترده‌ای در بخش کشاورزی است. نانوذرات مجموعه‌ای اتمی یا ملکولی با حداقل ابعاد بین ۱–۱۰۰ نانومتر هستند که خواص فیزیکوشیمیایی متفاوتی در مقایسه با توده مواد خود دارند (۳۱). بدون شک با بهره‌گیری از مزایای فناوری نانو به عنوان یک فناوری پیشرفته نوظهور در بخش کشاورزی، می‌توان به نتایج مطلوبی از جمله تضمین امنیت غذایی و توسعه کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست در کشورها و نواحی در حال توسعه جهان دست یافت (۸). در طی ۵۰ سال گذشته، پیشرفت فناوری تولید مواد شیمیایی انقلابی را در تولید محصولات کشاورزی به وجود آورده است (۳۶).

تیتانیوم به عنوان یک عنصر سودمند باعث افزایش و تحریک رشد می‌شود (۲۹). علاوه بر افزایش رشد، تیتانیوم باعث افزایش کیفیت محصولات نیز می‌گردد. طبق گزارش مارتینز (۲۵) کاربرد تیتانیوم به صورت محلولپاشی روی برگ‌های فلفل باعث افزایش اسید اسکوربیک و کاپسانتین (مسئول ایجاد رنگیزه قرمز) در میوه فلفل شد (۲۶). تیتانیوم بر فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه نیز اثر دارد و باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالار، نیترات ردکتاز و پراکسیداز می‌شود. این محققین، دلیل افزایش فعالیت این آنزیم‌ها تحت تأثیر تیمار تیتانیوم را ناشی از افزایش جذب آهن دانستند (۲۶). اثر ذرات نانوتیتانیوم بر جوانه‌زنی برخی از گیاهان و رشد درخت بید بررسی شده است. نانوذرات اکسید تیتانیوم بر رشد بید اثری نداشت، هرچند سریعاً توسط ریشه جذب شد (۳۳). اثر مثبت نانوتیتانیوم بر جوانه زنی و رشد گیاهچه اسفناج ومتابولیسم بهتر نیتروژن نیز گزارش شده است (۳۷). اما همچنان اطلاعات کافی در خصوص اثر و تغییرات فیزیولوژی ناشی از این عنصر مفید بر گیاهان مختلف محدود است.

شاه و بلوزروا (۳۴) نشان دادند که نانوذرات فلزی باعث افزایش نسبت اندام هوایی به ریشه در کاهو شدند. در آزمایشی لو و همکاران (۲۳) مشاهده نمودند ترکیبی از ذرات فعالیت نیترات ردوکتاز را در سویا افزایش داد و دی‌اکسید تیتانیوم و دی‌اکسید سلیسیوم نانو توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود. گائو و همکاران نشان دادند که فعالیت آنزیم روبیسکو در اسفناج تیمارشده با دی‌اکسید تیتانیوم نانو ۲ برابر فعالیت روبیسکو در شاهد (دی‌اکسید تیتانیوم غیر نانو) بود. درمطالعه‌ای که بر اثر نانو ذرات روی و اکسیدروی بر جوانه زنی بذور و طول ریشه آزمایش شد، نتایج نشان داد نانو ذره اکسید روی باعث کاهش معنی دار جوانه زنی و رشد ریشه شد (۲۱). نانو ذره تیتانیوم (۴۰–۲/۵) گرم بر کیلو گرم رشد اسفناج را بهبود داد و فتوسنتز و تثبیت نیتروژن در برگ‌ها و ریشه را افزایش داد (۳۸). در مطالعه دیگر بر سمیت پنج نانو ذره متفاوت (نانو لوله کربنی چند دیواره، نقره، مس، اکسید روی، سیلیسیم) بر گیاه کدو سبز به این نتیجه رسیدند که استفاده به صورت توده‌ای نمی‌تواند سمیت مشترکی با اشکال نانو ذره آنها مشاهده نمود (۱۷). محققان دیگری اعلام نمودند که ترکیب نانو اکسید سیلیسیوم و تیتانیوم نانو در مقادیر پایین فعالیت آنزیم نیترات رودکتاز را در ریزوسفر سویا افزایش می‌دهد و در نتیجه جوانه زنی و رشد سویا را سرعت می‌بخشد (۲۲). نانو ذرات فلزی مس بر دو گیاه زراعی ماش و گندم اثر کاهنده بر سرعت رشد نشان داد (۲۲). تحقیقات حاکی از گزارشاتی در مورد اثرات مثبت، منفی و حساسیت‌های گیاهان به نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم دارد (۱۹). مطالعات اصلی و نیومن (۲۰۰۹) نشان داده که نانو دی‌اکسیدتیتانیوم به وسیله پر کردن فضای بین میکرو فیبریل‌های سلولزی در دواره سلولی، اثر منفی بر رشد برگ، فعالیت هیدورکسی ریشه و تعرق در گیاهچه ذرت دارد (۳). در مقایسه فیضی و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر مثبت دی اکسید تیتانیوم نانو را بر جوانه زنی و رشد گیاهچه گندم نسبت به تیمار شاهد و تیمارهای غیر نانویی آن گزارش نمودند (۱۳).

با توجه به اهمیت گل و گیاهان زینتی، مدیریت تغذیه‌ای این گیاهان نقش مهمی در افزایش تولید و کیفیت گیاهان زینتی دارد. استفاده از نانو ذرات عناصر غذایی در خاک و گیاه ، باعث افزایش حاصلخیزی و کیفیت خاک و همچنین بهبود عملکرد و مقاومت بیشتر گیاهان به تنش های محیطی می‌شود. تا کنون هیچ تحقیقاتی در زمینه نانوذرات و اثرات آن بر تحمل به شوری گیاهان زینتی انجام نشده است لذا هدف از این آزمایش بررسی اثرات نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و مقایسه با دی‌اکسیدتیتانیوم غیر نانو بر تغییرات کمی و کیفی اطلسی ایرانی تحت شرایط تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان سال ۹۴ اجرا شد. بذرهای گل اطلسی در بستر کوکوپیت-پیت ماوس کشت شده و در مرحله چهار برگی به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتیمتر و طول ۱۸ سانتی متر شامل مخلوطی از ماسه، خاک رس و کود دامی به نسبت (۱: ۱: ۰/۵) منتقل شدند. دمای شب وروز به ترتیب در حد ۱۸ و ۲۷ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی در محدوده ۷۰-۶۰ درصد حفظ شد. فاکتور اول (A)، سه سطح شوری کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار) بود. فاکتور دوم (B) به صورت دو سطح دی اکسید تیتانیوم و نانو دی اکسید تیتانیوم (وجود و عدم وجود نانو ذرات در دی اکسید تیتانیوم) و فاکتور سوم (C) به صورت شش غلظت ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۴۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم و در ۳ تکرار تعریف شد (شش غلظت ذکر شده هم در سطوح دی اکسید تیتانیوم و هم نانو دی اکسید تیتانیوم در نظر گرفته شد). گیاهان پس از استقرار داخل گلدان در مرحله حدود شش برگی تحت تنش شوری قرار گرفتند و با آب حاوی مقادیر متفاوت از نمک کلرید سدیم آبیاری شدند. میزان آب آبیاری با توجه به ظرفیت زراعی خاک گلدان در هر روز ۳۰۰ سی سی در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از تجمع نمک، هدایت الکتریکی آب زهکش گلدان‌ها مرتب اندازه گیری شده و زمانی که مقدار هدایت الکتریکی آب زهکش خروجی از ته گلدان، ۱/۵ برابر هدایت الکتریکی آب آبیاری وردی به داخل گلدان می‌شد آبشویی صورت می‌گرفت. تیمارهای دی‌اکسید تیتانیوم نیز به صورت محلول پاشی برگی در غلظت‌های ذکر شده در ۵ نوبت با فواصل هفت روز (سه نوبت قبل از آغاز تنش شوری و دو نوبت بعد شروع تیمار تنش شوری) اعمال شد. خصوصیات خاک استفاده شده در آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Some physical and chemical traits of the soil used in the experiment

بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS m-1)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg/kg)	غلظت تیتانیوم Titanium concentration (mg/kg)
Loamy لومی	7.1	5.5	15	28	190	1.9

شکل ۱- تصویر نانو ذرات تیتانیوم گرفته شده با میکروسکوپ STM

Figure 1- Image of nanosized TiO2 by STM

شکل ۲- تصویر توپوگرافی نانو ذرات تیتانیوم گرفته شده با میکروسکوپ STM
Figure 2- Topographic image of nanosized TiO2 by STM

دی‌اکسیدتیتانیوم (نانو و غیر نانو) استفاده شده از شرکت Evonik Degussa GmbH آلمان تهیه شد. سطح ویژه نانو ذرات تیتانیوم ۵۰ m2/g، متوسط اندازه ذرات نانو تیتانیوم ۲۱ nm و با خلوص ۹۹/۵ درصد بود. سایز و توپوگرافی نانو ذرات تیتانیوم با میکروسکوپ تونلی روبشی (STM۱) در آزمایشگاه تعیین شد (شکل ۱ و ۲).

در انتهای آزمایش و پس از اعمال تنش شوری تعداد شاخه های جانبی و تعداد برگ اندازه گیری شد. در طی مرحله گلدهی تعداد گل به صورت پیوسته شمارش و قطر گل و طول جام گل با استفاده از کولیس دیجیتال ثبت شد. در پایان آزمایش یعنی هفت هفته پس از اعمال تنش شوری سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Li-Cor, Model Li-1300, USA) اندازه گیری شد. به منظور استخراج کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید برگ تازه به میزان ۰/۲ گرم را کاملاً خرد کرده وآنرا در یک هاون چینی با ۱۰ میلی لیتر متانول ۹۶ درصد ساییده تا به صورت توده یکنواختی درآید (عمل ساییدن و له کردن در محیط خنک و در نور کم انجام گرفت). مخلوط حاصل از کاغذ صافی رد شده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه انجام گرفت (۱۱). بلافاصله محلول روشناور را برداشته و با استفاده از اسپکتروفتومتر ساخت شرکت Bio Quest انگلستان، مدل CE 2502، میزان جذب نور در طول موجهای ۶۶۶ و ۶۵۳ نانومتر قرائت گردید (۱۱)، و نهایتاً غلظت کلروفیل با استفاده از روابط زیر بدست آمد.

1. Chl a (µg/ml) =15.65 A666 - 7.340 A653
2. Chl b (µg/ml) =27.05 A653 - 11.21 A666
3. Chl (total) = Chl a + Chl b
4. Cx+c = 1000 A470 - 2.860 Ca - 129.2 Cb/245

وزن تر شاخساره، برگ و گل با ترازوی دیجیتال مدل GF-300 ساخت ژاپن با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد.

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس حاصل از جدول ۲ نشان داد اثرات ساده تنش شوری و غلظت های مختلف دی اکسید تیتانیوم و همچنین برهمکنش شوری و تیمار وجود یا عدم وجود نانو ذرات، برهمکنش شوری و غلظت های دی اکسید تیتانیوم، برهمکنش غلظت‌های دی اکسید تیتانیوم و تیمار وجود یا عدم وجود نانو ذرات و برهمکنش سه گانه تیمارهای استفاده شده در این آزمایش بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید معنی دار شد. در تیمار وجود یا عدم وجود نانو ذرات نیز در صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید اختلاف معنی داری مشاهده شد. با افزایش سطوح شوری از ۰ به ۱۵۰ میلی مولار در شرایط عدم استفاده از دی‌اکسید تیتانیوم و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم میزان کلروفیل a کاهش یافت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین جدول ۳ بیشترین مقادیر کلروفیل a در شرایط عدم اعمال تنش شوری (سطح ۰ میلی مولار نمک) و در سطوح ۱۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم و ۵ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم مشاهده شد. با اعمال سطوح شوری میزان کلروفیل b نیز کم شد. نتایج حاصل از اعمال تیمارهای دی اکسید و نانو دی اکسید تیتانیوم در شرایط بدون تنش شوری در جدول ۳ نشان داده شده است. این نتایج نشان داد میزان کلروفیل b در تیمار شاهد (تیمار بدون تنش

1- Scanning tunneling microscope

جدول ۲.-تجزیه واریانس اثر دی اکسید و نانو دی اکسید تیتانیوم و سطوح دی اکسید تیتانیوم بر کلروفیل a، b، کل، کارتنوئید، سطح و تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی در گل اطلسی در شرایط شوری

Table 1- ANOVA of nanosized and bulk titanium dioxide and titanium dioxide levels on chloropyll a, b, total chloropyll, cartenoid, leaf area, leaf and lateral shoot number in petunia under salt stress

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	تعداد شاخه فرعی Lateral shoot Number	تعداد برگ Leaf Number	سطح برگ Leaf Area	کارتنوئید Cartenoid	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a
تنش شوری A Salt stress	2	17.36**	28851.81**	317154.17**	1.55**	25.88**	8.18**	4.60**
وجود و عدم وجود نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم B Nanosized and bulk titanium dioxide	1	3.34*	4760.08**	77038.05**	0.24**	0.42ns	1.12*	0.88**
A×B	2	0.84ns	484.77**	392.70ns	0.007ns	3.15**	1.51**	1.32**
سطوح دی اکسید تیتانیوم C Titanium dioxide leveles	5	7.66**	3084.94**	87287.63**	0.26**	5.25**	3.93**	0.87**
A×C	10	1.87**	608.52**	16820.48**	0.13**	1.70**	1.64**	1.20**
B×C	5	1.36*	1748.52**	40996.49**	0.21**	2.42**	2.76**	0.65**
A×B×C	10	0.66ns	290.22**	6441.60ns	0.04**	0.62**	0.95**	2.63**
خطا Erorr	72	0.50	112.01	3723.04	0.01	0.15	0.23	0.12
ضریب تغییرات CV(%)		11.23	10.59	11.24	16.05	14.36	13.66	14.93

** و *به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بیانگر عدم معنی داری

** and * significant at 1% and 5% respectively and ns indicates no significant

جدول ۳- برهمکنش سه‌گانه تنش شوری× وجود و عدم وجود نانو ذرات × سطوح دی اکسید تیتانیوم بر کلروفیل a، b، کل، کارتنوئید، سطح و تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی درگل اطلسی

Table 3- Triple interaction effects of salinity× anosized and bulk titanium dioxide ×leveles of titanium dioxide on chloropyll a, b, total chloropyll, cartenoid, leaf area, leaf and lateral shoot number in petunia

شوری Salinity (mM)	وجود و عدم وجود نانو ذرات nanosized and bulk titanium dioxide	غلظت های دی اکسید تیتانیوم TiO2 concentration (ppm)	تعداد شاخه جانبی Lateral shoot Number	تعداد برگ Leaf Number	سطح برگ Leaf Area (cm^2)	کارتنوئید Cartenoid (µg/0.2g fw)	کلروفیل کل Total Chloropyll (µg/0.2g fw)	کلروفیل b Chloropyll b (µg/0.2g fw)	کلروفیل a Chloropyll a (µg/0.2g fw)
0	0	0	2.66fgh	59.66jkl	236.56h-k	1.18bc	2.27k-n	2.96ab	1.34g-j
0	0	5	3.33d-g	103.66cde	361.06c-f	0.98c-g	3.70cdef	2.12cde	1.57efg
0	0	10	5.33ab	120.33bc	429.56bcd	1.52a	4.19bc	1.01h-l	3.18a
0	0	15	4.33bcd	83.00fgh	349.80d-g	1.12cd	3.92b-e	1.37e-j	2.54bc
0	0	20	4.33bcd	94.33def	271.68f-i	0.53k-n	4.03abc	0.89i-m	1.38ghi
0	0	40	5.00abc	106.66cd	489.85b	1.10cde	4.45ab	1.41e-j	2.38bcd
0	1	5	3.33d-g	100.66de	435.09bcd	1.35ab	4.84a	1.65d-i	3.18a
0	1	10	3.66def	105.33cd	316.78e-h	1.05c-f	3.49d-g	2.93ab	0.55no
0	1	15	5.00abc	125.66b	608.67a	0.57j-n	2.74h-k	1.78c-h	0.96h-o
0	1	20	6.00a	148.33a	451.70bc	0.73h-k	4.10bcd	3.55a	0.54 no
0	1	40	4.33bcd	93.66def	450.20bc	0.81ghi	2.98g-j	0.78-n	2.20 bcd
75	0	0	2.00h	38.00nop	152.18kl	0.62i-m	1.33qrs	2.36bcd	1.01 g-n
75	0	5	2.33gh	51.33k-n	215.25ijk	0.64i-m	2.53i-l	1.10-l	0.42o
75	0	10	3.33d-g	43.66l-p	395.00b-e	0.96d-g	1.80n-r	1.26f-k	0.54no
75	0	15	3.33d-g	39.00nop	257.46g-j	0.67ijkl	2.44j-n	2.36bcd	2.07cde
75	0	20	3.33d-g	46.33l-p	149.50kl	0.52lmn	3.37efgh	0.68j-n	0.64no
75	0	40	3.66def	65.66ijk	323.56e-h	0.89fgh	2.45-m	0.20mn	2.24bcd
75	1	5	2.66fgh	68.00h-k	206.20ijk	0.60ijk-n	3.82b-e	0.42lmn	1.40fgh
75	1	10	4.00cde	78.00f-hi	279.95f-i	0.62ij-n	3.71c-f	1.07h-l	2.64ab
75	1	15	4.33bcd	73.00g-j	469.01b	0.42n	3.84b-e	2.57bc	1.27g-l
75	1	20	4.33bcd	87.33efg	214.18ijk	0.78ghi	3.98b-e	1.91c-f	2.07cde
75	1	40	3.66def	60.00jkl	428.13bcd	0.74hij	1.83m-r	0.39lmn	1.43fgh
150	0	0	2.00h	33.66opq	151.37kl	0.75hij	2.09l-o	1.08h-l	1.09g-n
150	0	5	2.66fgh	54.00k-n	191.81ijk	0.57-n	1.32rs	0.52k-n	0.80jk-o
150	0	10	2.66fgh	44.00l-p	248.00h-k	0.90e-h	1.96l-q	1.67d-i	1.95def
150	0	15	3.00e-h	40.33m-p	149.04kl	0.80ghi	1.51o-s	0.81jk-n	0.69mno
150	0	20	2.00h	40.33m-p	74.04l	0.53k-n	2.18k-n	0.79jk-n	1.30g-k
150	0	40	2.00h	67.66h-k	244.24h-k	0.46mn	2.35-n	1.62d-i	0.73l-o
150	1	5	3.33d-g	40.66m-p	159.93jkl	0.47lmn	1.96l-r	1.09g-l	0.86h-o
150	1	10	3.00e-h	57.33j-m	203.20ijk	0.66i-m	2.10l-p	0.78jk-n	1.23g-m
150	1	15	3.00e-h	47.66l-o	235.63h-k	0.56j-n	1.40p-s	0.63jk-n	0.76k-o
150	1	20	3.33d-g	58.00jkl	185.40ijk	0.56j-n	3.10f-i	1.88c-g	1.22g-m
150	1	40	3.00e-h	66.33h-k	363.75c-f	0.57j-n	0.94s	0.08n	0.85i-o

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شوری و بدون دی اکسید تیتانیوم) ۲/۹۶ میکروگرم در ۰/۲ گرم وزن تر برگ اطلسی بوده است. تحت تاثیر تیمارهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم مقدار کلروفیل b به تدریج کم شد. به طوریکه در تیمار ۲۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم به ۰/۸۹ میکروگرم رسید و بعد از آن در غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام (بیشترین غلظت استفاده شده برای دی اکسید تیتانیوم)، رو به افزایش گذاشت. به این ترتیب بیشترین مقدار کلروفیل b در سطح صفر تنش و در تیمار ۲۰ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم بود. بیشترین مقدار کارتنوئید در غلظت ۱۰

پی پی ام دی اکسید تیتانیوم مشاهده شد. منطبق با نتایج جدول ۳ با افزایش شوری از ۰ به ۷۵ میلی مولار میزان کلروفیل کل از ۲/۲۷ به ۱/۳۳ میکروگرم کاهش یافت و با افزایش شوری از ۷۵ به ۱۵۰ میلی مولار مقدار کلروفیل کل از ۱/۳۳ به ۲/۰۹ رسید. کاربرد دی اکسید تیتانیوم به دو صورت نانو و غیر نانو مقدار کلروفیل کل در شرایط تنش شوری را تحت تاثیر قرار داد. در تنش متوسط ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم با کاربرد غلظت ۵ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم به دو صورت نانو و غیر نانو مقدار کلروفیل کل به ترتیب ۲/۸ و ۱/۹ برابر نسبت به عدم استفاده از دی اکسید تیتانیوم در همین سطح از تنش افزایش یافت. نتایج فوق با گزارش کراواجال و همکاران (۶) مبنی بر تاثیر مثبت تیتانیوم بر میزان کلروفیل منطبق است. به عبارتی تیتانیوم با افزایش میزان کلروفیل (۹) و فتوسنتز، خصوصاً از طریق افزایش انتقال الکترون از فتوسیستم ۲ به ۱ (۳۰)، افزایش فعالیت نوری فتوسنتز (۲۸) و همچنین جذب عناصر مؤثر در تولید کلروفیل و فتوسنتز نظیر آهن (۹)، منیزیم (۹) و نیتروژن (۲۶)، باعث افزایش رشد می شود. ضمن اینکه بیشترین میزان کلروفیل کل در شرایط عدم اعمال تنش شوری و غلظت ۵ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم و کمترین مقدار این صفت در شوری ۱۵۰ میلی مولار و بیشترین غلظت دی‌اکسیدتیتانیوم استفاده شده در این آزمایش یعنی ۴۰ پی پی ام و به صورت نانو مشاهده شد. مارتینز و سانچز (۲۶) نیز در بررسی خود بر گیاه فلفل گزارش کردند اعمال تیمار تیتانیوم در افزایش کلروفیل و به دنبال آن افزایش قند و در نتیجه بهبود کیفیت فلفل موثر.است. در مطالعه‌ای ژنگ و همکاران (۳۸)، افزایش جوانه زنی، وزن خشک گیاه، تشکیل کلروفیل، فعالیت آنزیم روبسکو و سرعت فتوسنتز را در اسفناج در اثر تیمار با دی‌اکسیدتیتانیوم نانو مشاهده نمودند.

سطح برگ، تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی:

اثر ساده سه تیمار شوری، ذرات نانو (وجود یا عدم وجود نانو ذرات) و سطوح مختلف دی اکسید تیتانیوم اثر معنی داری بر سطح برگ، تعداد برگ و تعدا شاخه فرعی به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ و ۱ درصد داشت. برهمکنش دو تیمار A و B در سطح برگ و تعداد شاخه فرعی معنی دار نشد. برهمکنش دو تیمار A و C و اثر ساده سه تیمار شوری، ذرات نانو (وجود یا عدم وجود نانو ذرات) و سطوح مختلف دی اکسید تیتانیوم اثر معنی داری بر سطح برگ، تعداد برگ و تعدا شاخه فرعی به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ و ۱ درصد داشت. برهمکنش دو تیمار A و B در سطح برگ و تعداد شاخه فرعی معنی دار نشد. برهمکنش دو تیمار A و C و دو تیمار B و C در هر سه صفت سطح و تعداد برگ و تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌داری داشت. برهمکنش سه گانه تیمارهای فوق نیز بر صفت تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و اثر معنی داری بر دو صفت سطح برگ و تعداد شاخه فرعی نداشت. مقایسه میانگین برهمکنش سه عامل شوری، وجود و عدم وجود نانو ذرات و سطوح متفاوت دی اکسید تیتانیوم نشان داد شوری منجر به کاهش مقادیر سه صفت سطح برگ، تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی در گل اطلسی شد. کاهش سطح برگ اطلسی بر اثر تنش شوری در نتایج بیات و همکاران (۴) نیز مشاهده شد. کاهش سطح برگ در اثر شوری، یا در نتیجه کاهش تعداد برگ در اثر کاهش مقدار فتوسنتز و یا کاهش اندازه برگ در اثر کاهش فشار تورژسانس است. همچنین کابرد دی اکسید تیتانیوم و نانو دی اکسید تیتانیوم در تمام غلظت های استفاده شده منجر به بهبود اثرات سوء شوری بر سطح برگ، تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی شد. به این ترتیب در غلظت ۷۵ میلی مولار تنش شوری، با کاربرد غلظت های ۵ و ۱۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم سطح برگ از ۱۵۲ سانتیمتر مربع در هر بوته، به ۲۱۵ و ۳۹۵ سانتیمتر مربع و با کاربرد غلظت های ۵ و ۱۰ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم از ۱۵۲ به ۲۰۶ و ۲۷۹ سانتیمتر مربع در هر بوته رسید (جدول ۳). در تنش شدید ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، در شرایط عدم استفاده از دی اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو ۳۳ برگ در هر بوته وجود داشت. با اعمال غلظت های ۵، ۱۰ و ۱۵ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم و غلظت های ۵، ۱۰ و ۱۵ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم این مقدار به ترتیب ۶۰، ۳۰، ۲۰، ۳۲، ۷۰ و ۴۱ درصد افزایش یافت. میانگین تعداد شاخه جانبی در هر بوته در شرایط شاهد تنش ۲/۶۶ بود که پس از اعمال غلظت های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۴۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم به ۳/۳۳، ۵/۳۳، ۴/۳۳، ۴/۳۳ و ۵ شاخه در هر بوته و پس از اعمال غلظت های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۴۰ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم به ۳/۳۳، ۳/۶۶، ۵، ۶ و ۴/۳۳ شاخه در هر بوته رسید. با توجه به نتایج فوق بکار گیری عنصر تیتانیوم به عنوان یک ریز مغذی در تمام سطوح استفاده شده در این آزمایش نسبت به شاهد (عدم کاربرد دی اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو) بر رشد و صفات مورفولوژیک نظیر سطح برگ، تعداد برگ و تعدا شاخه جانبی اثر بهینه داشته است. به عبارتی تیتانیوم از طریق کاهش اثرات سمی عناصر دیگر باعث افزایش رشد شده است (۱۸). کراواجال و همکاران (۶) گزارش کرد کاربرد تیتانیوم در محلول غذایی و یا محلول پاشی روی برگ های گیاه باعث افزایش زیست توده و رشد گونه های مختلف گیاهی شده است. تیتانیوم با افزایش جذب نیتروژن منجر به افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش طول بوته های فلفل شد (۶).

وزن تر برگ، شاخساره و گل

مطابق با نتایج جدول ۴ تنش شوری بر وزن تر اجزای بوته (برگ، شاخساره و گل) اثر معنی دار داشت. وجود و عدم وجود ذرات نانو در ترکیب دی اکسید تیتانیوم استفاده شده در آزمایش به جز وزن

تر برگ، بر وزن تر شاخساره و گل معنی دار شد.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر دی اکسید و نانو دی اکسید تیتانیوم و سطوح دی اکسید تیتانیوم بر وزن تر ساقه و برگ و صفات وابسته به گل در گل اطلسی تحت در شرایط شوری

Table 4- ANOVA of nanosized and bulk titanium dioxide and titanium dioxide leveles on leaf and shoot weigth and some traits related to flower in Petunia under salt stress

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	قطر گل Flower Diameter	طول جام گل Corolla Length	تعداد گل Flower Number	وزن تر گل Flower Fresh Weight	وزن تر شاخساره Shoot Fresh Weight	وزن تر برگ Leaf Fresh Weight
تنش شوری (A) salt stress	2	856.29**	324.81**	243.10**	0.123**	275.16**	581.82**
وجود و عدم وجود نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (B) nanosized and bulk titanium dioxide	1	16.18ns	48.73**	8*	0.009**	40.35**	3.76ns
A×B	2	6.11ns	46.59**	6.32*	0.004**	7.407ns	46.98ns
تیمارهای دی اکسید تیتانیوم (C) titanium dioxide leveles	5	69.23**	259.37**	28.47**	0.009**	37.37**	280.39**
A×C	10	72.60**	50.58**	4.31*	0.004**	8.16*	117.49**
B×C	5	37.62**	27.50**	3.08ns	0.008**	23.14**	32.32ns
A×B×C	10	24.81*	38.31*	4.50*	0.009**	8.18*	40.43ns
خطا Erorr	72	10.72	9.87	2.20	0.001	4.21	24.05
ضریب تغییرات CV(%)		7.37	8.40	8.28	6.32	10.86	10.93

** و *به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns بیانگر عدم معنی داری

** and * significant at 1% and 5% respectively and ns indicates no significant

جدول ۵- برهمکنش سه‌گانه تنش شوری× وجود و عدم وجود نانو ذرات × سطوح دی اکسید تیتانیوم بر وزن تر ساقه و برگ و صفات وابسته به گل در گل اطلسی

Table 5- Triple interaction effects of salinity× nanosized and bulk titanium dioxide ×leveles of titanium dioxide on leaf and shoot weigth and some traits related to flower in Petunia

شوری Salinity (mM)	وجود و عدم وجود نانو ذرات nanosized and bulk titanium dioxide	غلظت های دی اکسید تیتانیوم TiO2 concentration (ppm)	قطر گل Flower Diameter (mm)	طول جام گل Corolla Length (mm)	تعداد گل Flower Number	وزن تر گل Flower Fresh Weight (g)	وزن تر شاخساره Shoot Fresh Weight (g)
0	0	0	49.40a-f	31.87opq	7.66e-j	11.676.e-j	13.28a-d
0	0	5	48.00c-h	44.89bc	8.00e-i	12.00e-i	11.95a-f
0	0	10	48.87b-g	40.73e-h	10.00cde	14.00c-e	12.86a-e
0	0	15	54.00ab	43.41cd	11.33bcd	15.33b-d	14.86a
0	0	20	51.27a-d	38.66f-k	12.33abc	16.33a-c	14.55a
0	0	40	46.00d-j	41.95de	11.66bcd	16.67b-d	14.31ab
0	1	5	54.33a	40.90efg	13.00ab	18.33a	10.22d-j
0	1	10	50.23a-e	47.95a	10.00cde	17.00ab	11.17b-g
0	1	15	47.16c-i	38.66f-k	13.33ab	14.00c-e	12.39a-e
0	1	20	46.50c-j	32.70nop	11.66bcd	17.33ab	7.42ijkl
0	1	40	46.43c-j	47.29ab	14.33a	15.67b-d	15.25a
75	0	0	41.48d-j	30.00qr	5.66ijk	9.67i-k	8.74fg-k
75	0	5	44.41j-n	34.35mn	6.66h-k	10.67h-k	8.00g-k
75	0	10	46.39fg-k	37.41jkl	7.46f-j	11.33f-k	9.76e-j
75	0	15	48.00c-h	41.00ef	9.33d-g	13.33d-g	10.52c-i
75	0	20	43.00h-l	38.77f-k	7.66e-j	13.67e-j	13.70abc
75	0	40	43. 40h-l	42.00de	8.66e-h	12.67e-h	12.28a-e
75	1	5	51.81abc	37.14jkl	7.66e-j	14.00c-e	10.43c-i
75	1	10	43.37h-l	39.42f-j	5.66ijk	11.67e-j	11.05b-h
75	1	15	48.14c-h	46.47ab	8.00e-i	9.67i-k	7.78hijk
75	1	20	36.53no	40.96ef	9.66def	12.00e-i	6.23kl
75	1	40	44.98e-k	38.50g-l	10.00cde	13.67d-f	10.23d-j
150	0	0	32.67o	28.66r	5.00k	9.00k	5.64kl
150	0	5	38.63lmn	36.25lm	6.86h-k	10.67h-k	5.44kl
150	0	10	42.63i-m	33.38no	5.33jk	9.33jk	4.37l
150	0	15	40.00k-n	28.12r	5.66ijk	9.67i-k	7.05jkl
150	0	20	43.86gh-l	31.48opq	5.00k	9.00k	7.53ijkl
150	0	40	44.51fghijk	38.09i-l	7.00g-k	11.00g-k	13.26a-d
150	1	5	32.43o	30.47pqr	6.00ijk	9.67i-k	4.33l
150	1	10	45.82e-j	36.65klm	5.33jk	10.00i-k	8.53g-k
150	1	15	40.3k-n	39.33f-j	5.66ijk	9.33ojk	6.97jkl
150	1	20	37.54mno	38.30i-l	6.79h-k	9.67i-k	6.25kl
150	1	40	43.40h-l	38.33h-l	5.66ijk	10.67h-k	10.18d-j

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

برهمکنش دو تیمار شوری و نانو ذرات نیز فقط در وزن تر گل اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. اثر ساده استفاده از سطوح مختلف دی اکسید تیتانیوم و همچنین برهمکنش آن با تیمار شوری معنی دار بود. برهمکنش سطوح دی اکسید تیتانیوم و ذرات نانو در وزن تر برگ اختلاف معنی دار نداشت و برهمکنش اثرات سه گانه سه تیمار مورد بررسی نیز به جز وزن تر برگ، در وزن تر شاخساره و وزن تر گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. با توجه به نتایج جدول ۵ بیشترین وزن تر شاخساره در شرایط عدم اعمال تنش شوری و در غلظت های ۱۵ و ۲۰ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم و غلظت ۴۰ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم مشاهده شد. وزن تر گل در گلدان های شاهد ۱۱/۶۷ گرم در هر بوته بود و با افزایش سطوح تنش به ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار به ۹/۶۷ و ۹ کاهش یافت. در تنش ۷۵ میلی مولار با اعمال ۵ پی پی ام دی اکسید تیتانیوم وزن تر گل ۱۰/۳درصد و با اعمال ۵ پی پی ام نانو دی اکسید تیتانیوم ۴۴/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. به همین ترتیب در همین سطح از تنش شوری (۷۵ میلی مولار)، با کاربرد غلظت ۴۰ پی‌پی ام دی اکسید تیتانیوم به دو صورت نانو و بدون نانو وزن تر گل به ترتیب ۴۱ و ۳۱ درصد نسبت به عدم کاربرد دی اکسید تیتانیوم

افزایش یافت.

نتایج نشان داد در شرایط عدم تنش در تمامی غلظت‌های دی‌اکسید و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم وزن اجزای گیاه (رویشی و زایشی) افزایش داشته است. منطبق با نتایج فوق چاو و همکاران (۷)، گزارش کرد اکسید تیتانیوم از طریق افزایش فتوسنتز و کاهش خسارت ناشی از آفات و بیماری‌ها تا ۳۰ درصد باعث افزایش محصول شده است (۷). افزایش میزان محصول لوبیا چشم بلبلی تحت تیمار ۱۲۵ پی‌پی‌ام در هکتار تیتانیوم توسط اوولاد و همکاران (۲۸) گزارش شده است. این محققین، دلیل افزایش محصول لوبیا چشم بلبلی را نقش تیتانیوم در فعالیت نوری فتوسنتز دانستند. صابر و همکاران (۳۲)، گزارش کردند نانو TiO_2 با افزایش جذب و اسمیلاسیون نیتروژن، سنتز کلروفیل را افزایش داده و متعاقب آن فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد که به دنبال آن وزن گیاه و صفات رشدی نیز افزایش خواهد داشت (۳۲). نانو TiO_2 باعث افزایش فعالیت روبیسکو (آنزیم دخیل در فتوسنتز) می‌شود که دلیل افزایش فعالیت این آنزیم، به تاثیر TiO_2 در افزایش فعالیت روبیسکو اکتیواز نسبت داده می‌شود. نانوTiO_2 باعث افزایش جذب و انتقال نور، تسریع چرخه انتقال الکترون، فتولیز آب و تکمیل چرخه اکسیژن گردیده و سنتز ATP را تسریع می‌کند. علاوه بر این نانو TiO_2 باعث کاهش تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن ROS و افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌ها در کلروپلاست اسفناج شده و نفوذپذیری غشای کلروپلاست را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش استحکام غشا در برابر نور شدید می‌گردد (۳۲). با توجه به نتایج تحقیق حاضر شوری منجر به کاهش وزن تر شاخساره، برگ و گل شد. این نتایج با گزارشات فورنس و همکاران (۱۵)، مطابقت دارد. فورنس و همکاران (۱۵) گزارش کرد که تنش شور ی با غلظت ۱۰۰ میلی مولار باعث کاهش رشد گیاه، وزن تر و خشک شاخساره، اندازه ریشه و تعداد برگ در گیاه اطلسی) نسبت به شاهد شد .

تعداد گل، طول و قطر گل

میانگین مربعات حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، نشان داد شوری بر تعداد گل، طول جام و قطر گل اثر معنی دار دارد. اثر ساده وجود و عدم وجود ذرات نانو و بر همکنش شوری و ذرات نانو نیز بر تعداد گل (سطح ۵ درصد) و طول جام گل (سطح ۱ درصد) معنی دار شد. اثر ساده سطوح دی اکسید تیتانیوم و همچنین برهمکنش آن با شوری بر صفات ذکر شده (تعداد گل، طول جام و قطر گل) اختلاف معنی دار نشان داد. برهمکنش سطوح دی اکسید تیتانیوم و نانو ذرات بر تعداد گل اثر معنی دار نداشت. اثرات متقابل سه تیمار مورد آزمایش (شوری، وجود و عدم وجود ساختار نانو در ترکیب دی اکسید تیتانیوم و سطوح دی اکسید تیتانیوم) نیز در صفات تعداد گل، طول جام گل و قطر گل به ترتیب در سطح ۵، ۱ و ۵ درصد معنی دار بود.

در شاهد اطلسی (در شرایط عدم تنش شوری و محلول پاشی با آب مقطر) تعداد گل به طور میانگین ۷/۶۶ بود. محلول پاشی برگی اطلسی در تمام غلظت‌های استفاده شده در شرایط عدم تنش، تعداد گل را افزایش داد. ضمن اینکه اطلسی‌های تیمار شده با ۴۰ پی پی ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم و در شرایطی که با آب مقطر آبیاری می‌شدند نسبت به سایر گیاهان پر گل‌تر (با میانگین تعداد گل ۱۴/۳۳ در هر بوته) بودند. اثرات مثبت تیتانیوم بر افزایش تعداد گل در گیاهان تحت تنش نیز مشاهده شد (جدول ۵). در شوری ۷۵ میلی مولار به طور میانگین ۵/۶ گل در هر بوته اطلسی تیمار نشده با تیتانیوم وجود داشت، که با محلول پاشی غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۴۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم این تعداد به‌ترتیب به ۶/۶، ۷/۴، ۹/۳، ۷/۶ و ۸/۶ رسید. دو صفت طول جام گل و همچنین قطر گل به عنوان معیاری از درشتی گل در نظر گرفته شد. تنش شوری منجر به کاهش طول جام و قطر گل شد. به طوریکه با افزایش شوری تا سطح ۱۵۰ میلی‌مولار در شرایط عدم محلول پاشی با تیمارهای حاوی تیتانیوم، طول جام گل از ۳۱/۸ به ۲۸/۶ و قطر گل از ۴۹/۴ به ۳۲/۶ میلیمتر رسید. کاهش تعداد گل اطلسی و قطر گل در نتیجه تنش شوری در نتایج بیات و همکاران (۴) ، نیز مشاهده شد و تنش شوری در غلظت ۳۰۰ میلی مولار کلرید سدیم تعداد گل روی بوته و قطر گل را به ترتیب به میزان ۱۰۰ و ۱۲ درصد کاهش داد.

در بین تیمارهای مورد آزمایش گل‌های تیمار شده با ۱۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم به صورت ذرات نانو و آبیاری با آب مقطر طول جام گل بیشتر و گل‌های تیمار شده با ۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم و ۱۵ پی پی ام دی‌اکسیدتیتانیوم و آبیاری با آب مقطر قطر گل بیشتری داشتند. حقیقی و دانشمند (۱۶) گزارش نمودند تاکنون اثر تیتانیوم بر رشد زایشی گیاه بررسی نشده است. اگرچه در آزمایش انجام شده تیمارهای تیتانیوم تاثیر مثبتی بر تعداد و اندازه گل داشت در گوجه فرنگی مشاهده شد که تیتانیوم بر زمان ظهور اولین گل و ورود گیاه به فاز زایشی اثری ندارد. ضمن اینکه تعداد گل را در غلظت ۱ میلیگرم بر لیتر کاهش داد و در غلظت ۲ میلیگرم بر لیتر و همچنین نانوتیتانیوم بر تعداد گل بی اثر بود.

نتیجه‌گیری کلی

به طورکلی، استفاده از تیتانیوم و نانوتیتانیوم در گل اطلسی باعث تحریک صفات رشدی نظیر تعداد گل و وزن گیاه نسبت به شاهد در شرایط شوری شد. ضمن اینکه تیمارهای حاوی نانو تیتانیوم به خصوص در غلظت های کمتر نسبت به تیتانیوم در بهبود صفات مورفولوژیک نقش موثرتری داشتند.

منابع

1- Ahmad M.S.A., Ali Q., Ashraf M., Haider M. Z. and Abbas Q. 2009. Involvement of polyamines, abscisic acid and anti-oxidative enzymes in adaptation of Blue Panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) to saline environments. Environmental and Experimental Botany, 66: 409-417.

2- Armitage A. M. 1985. Petunia. PP. 41-46. In: Halevy, A. H. (Ed.), Handbook of flowering, CRC Press, Boca Raton ,Florida. 52-59.

3- Asli S. and Neumann PM. 2009. Colloidal suspensions of clay or titanium dioxide nanoparticlescan inhibit leaf growth and transpiration via physical effects on root water transport. Plant cell environ, 32:577-584.

4- Bayat H, Namati S, Tehranifar A, Vahdati N, Selahvarzi Y. 2012. Effects of salicylic acid on growth and ornamental characteristics of Persian petunia (*Petunia hybrida*) under salt stress. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology, 3 (11) :43-51

5- Carvajal M. and Alcaraz C. F. 1998. Why titanium is a beneficial element for plants. Journal of Plant Nutrition, 21(4): 655-664.

6- Carvajal M., Martínez-Sánchez F. and Alcaraz C. F. 1994. Effect of Ti (IV) on some physiological activity indicators of *Capsicum annuum* L. plants Horticulture Science, 69: 427-432.

7- Chao S. H. L. and Choi H. S. 2005. Method for Providing Enhanced Photosynthesis. Korea Research Institute of Chemical Technology, Jeonju, South Korea, 10 p

8- Chinnamuthu C.R. and Murugesa Boopathi P. 2009. Nanotechnology and Agroecosystem. The Madras Agricultural Journal, 96 (1-6): 17-31.

9- Cramer G. R., Lauchl J., Lauchl A. and Epstein E. 1987. Influx of Na, K and Ca into roots of salt stressed cotton seedlings: Effects of Supplemental Ca. Plant Physiology, 83, 510-516.

10- Dadashi MR, Majidi Hervan I. and Noorinia AA., 2007. Evalution different genotypes of barley to salinity stress. Journal of Agricultural Science, 1: 181-190.

11- Dere S., Gunes T. and Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Journal of Botany, 22: 13-17.

12- El-Fouly M. M., Mobarak Z. M. and Salama Z. A. 2011. Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat Triticum aestivum L. African Journal of Plant Science, 5, 314- 322.

13- Feizi H, Rezvani Moghadam P, Fotovat A, Shah Tahmasbi N. 2011. Reaction of wheat seedto different concentrations of titanium dioxide nanoparticles in comparison with nonnano-particles. Proc. Of 2th congress on science and technology seed. Nov. 4-5, Mashhad, Iran. pp. 565-569

14- Fornes F., Maria Belda R., Carrion C., Noguera V., Garcia-Agustin P. and Abad M. 2007. Pre-conditioning germination of lettuce seeds. Water Air and Soil Pollution, 97:143-148

15- Fornes F., Maria Belda R., Carrion C., Noguera V., Garcia-Agustin P. and Abad M. 2007. Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. Scientia Horticulturae, 113:52-59.

16- Haghighi M., and Daneshmand B. 2012. Comparison of titanium and titanium nanoparticles on growth and photosynthesis of tomato in hydroponic system. Science and Technology of greenhouse cultures, 4(13): 73-79.

17- Hawthorne J, Musante C, Sinha S K. and White J C. 2012. Accumulation and phytotoxicity of engineered nanoparticles to Cucurbita Pepo. Inter. Journal of Phytoremediation, 14: 429-442

18- Inman O. L., Barclay G. and Hubbard M. 1935. Effect of titanium chloride on the formation of chlorophyll in *Zea mays*. Journal of Plant Physiology, 10: 821-822.

19- Klancnik K, Drobne D, Valant J. and Dolenc Koce J. 2011. Use of a modified Allium test with nanoTio_2. Ecotoxicology and Environmental Safety.74:85-92.

20- Kumar P. A. and Bandhu D. A. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.

21- Lee W, An Y, Yoon H. and Kweon H. 2008. Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles terrestrial plants smung bean (*Phaseolusra radiatus*) and wheat (*Triticum aestivum*): plant uptake for water insoluble nanoparticles. Environmental Toxicology and Chemistry; 27(9):1915 – 21.

22- Lu C. M., Zhang C. Y., Wen J. Q., Wu G. R. and Tao M. X. 2002. Research of the effect of nanometer materials on germination and growth enhancement of Glycine max and its mechanism. Soybean Science, 21: 168-172.

23- Lu CM, Zhang CY, Wen JQ, Wu GR. and Tao MX. 2002. Research of the effect of nanometer Materials on germination and grow the enhancement of Glycine max and its Mechanisms. Soybean Science; 21:168– 72

24- Lutts S., Kinet J. M. and Bouharmont J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.)

ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. Annals of Botany, 8: 389-398.
25- Martínez-Sanchez F., Gimenez J. L., Martinez-Canadas M. A., Pastor J. J. and Alcaraz C. F. 1990. Micronutrient composition in several portions of Capsicum plants and their relation with red fruit color. Acta Aliment, 19:177-185.
26- Martinez-Sanchez F., Nunez M., Amoros A., Gimenez J. L. and Alcaraz C. F. 1993. Effect of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annuum* L. fruits. Journal Plant Nutrition, 16(5): 975-981.
27- Mojalali h. 1995. Salt and sodium soils (principles, dynamics, modeling). 284 p.
28- Owolade O. F., Ogunleti D. O. and Adenekan M. O. 2008. Titanium dioxide affects diseases, development and yield of edible cowpea. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 7(5): 2942-2947.
29- Pais I. 1983. The biological importance of titanium. Journal of Plant Nutrition, 6(1): 3-131.
30- Ram N., Verloo, M. and Cottenie A. 1983. Response of bean (*Phaseolus vulgaris*) to foliar spray of titanium. Journal of Plant and Soil, 73: 285-290.
31- Ruffini Castiglione M. and Cremonini R. 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryologia. 2: 161-165.
32- Saberi S., Ghasimi hagh Z., Mostafavi sh. 2012. Impact and mechanisms of Nano Titanium Dioxide on physiological processes spinach. Second National Conference on Sustainable Agricultural Development healthy environment. 16 Page
33- Seeger, E. M., Baun A., Kästner M. and Trapp S. 2008. Insignificant acute toxicity of TiO2 nanoparticles to willow trees. Journal of Soils and Sediments, 9(1): 46-53.
34- Shah V. and Belozerova I. 2009 Influence of Metal Nanoparticles on the Soil Microbial Community and Germination of Lettuce Seeds, Water, Air, and Soil Pollution, 197(1):143-148.
35- Swiader, J. M. 2000. Micronutrient fertilizer recommendation for vegetable crop, Hortic facts, pp 21-35.
36- Vasilevski G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal of Plant Physiology, SPECIAL ISSUE 2003, 179–186.
37- Yang F, Hong F., You W., Liu C., Gao F., Wu C. and Yang P. 2006. Influences of nano-anatase TiO_2 on the nitrogen metabolism of growing spinach. Journal of Trace Elements Research, 110(2): 179-190.
38- Zheng L, Hong F, Lu S. and Liu C. 2005. Effect of nano-TiO2 on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach. Biological Trace Element Research, 105:83-91.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 199-212
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۱۲-۱۹۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Impacts of Nanosized and Bulk Titanium Dioxide on Flowering and Morpho-physiological Traits of Petunia (*Petunia hybrida*) under Salinity Stress

M. Kamali[1]- M. Shoor[2*]- H. Feizi[3]
Received: 10-05-2016
Accepted: 09-01-2018

Introduction: Titanium is the ninth most abundant element and the second most transition metal found in the earth's crust (about 6.320 ppm). There has been a rising demand for nanotechnology-based products in recent years, particularly in areas directly related to humans. Nanotechnology has many applications in agricultural research, such as in reproductive science and technology, the transfer of agricultural and food waste to energy and other helpful by-products through enzymatic nanobioprocessing.

An important effect of titanium compounds on plants used for improvement of yield (about 10–20%) in various crops. Other effects of titanium on plants are increasing contents of some essential elements in plant tissue; an increase in enzyme activity such as peroxidase, catalase, and nitrate reductase activities in plant tissue, and research has shown increased chlorophyll content in paprika (*Capsicum anuum* L.) and green alga (*Chlorella pyrenoidosa*). Nanotechnologyapplication is now widely distributed throughout life, and especially in agricultural systems. Nano particles, because of their physicochemical characteristics, have been considered the potential candidates for modulating the redox status and changing in seed germination, growth, performance, and quality of plants.nano-TiO2 has shown to be potential for agricultural application because of its photocatalytic disinfection and photobiological effects. Also,stalinizationof soils or waters is one of the world's most serious environmental problemsin agriculture. During initial exposure to salinity, plants experience water stress, which in return reduces leaf expansion. during long-term exposure to salinity, plants experience to ionic stress, which can lead to premature senescence of adult leaves, which led to a reduction in the photosynthetic area available to support plants growth.However,a few studies have been done on the effects of nanoparticles on ornamental plants. Nanosized TiO2 is a frequently used nanoparticle, consequently there has been an exponential increase in data collection on the effects of TiO2 nanoparticles on different species. There is much less information on the effects of nanoparticles on plants compared to animals. Studies of the effects of TiO2 nanoparticles on plants provide information about the positive and stimulating effects as well as any negative impact. In this study, weaimedto findout the phytotoxicity or positive effects of different concentrations of Bulk TiO2 and nanosized TiO2 on plant growth of *Petunia hybrida*in salinity stress.

Material and Method: experiments were done to assess the effect of different concentrationsof bulk and nanosized TiO2 on petunia growthin salinity stress in a factorial test based on completely randomized design with 3 replications in agriculture faculty of Ferdowsi University, Mashhad. There were 3 factors, including1- three concentrations (0, 75 and 150 mM) of NaCl, 2- bulk and Nanosized titanium dioxide and 3- six concentrations (0, 5, 10, 15, 20 and 40 ppm) of TiO2. Titanium dioxide treatments for foliar application was applied 5 times with intervals of seven days (three times before, and twice after starting salinity stress). The experiment was performed at the College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. during the flowering, flower number, corolla length, flower diameter and flower fresh weight were measured. At the end of the flowering phase, parameters such as leaf area, shoot and leaf fresh weight, lateral shoot number, leaf number, chlorophyll a, b, total and cartenoidwere measured. The data were subjected to Analysis of Variance, was done using Mstat-C statistical. The means were separated, using LSD test.

Results and Discussion: Results showed that interaction of salinity, bulk and nanosized titanium dioxide and titanium dioxide concentrationsweresignificanton total chlorophyll, cartenoides, biomass, leaf area and flower number. The highest amount of total chlorophyll concentrations was measured in 20 and 40 ppm TiO_2 and 5 ppm Nano treatments, respectively. The highest leaf area (608 cm^2) was in 15 ppm Nano treatment. Among levels of nano TiO_2,foliar application with 5 ppm had the best flower diameter in general, foliar application of nano titanium dioxide and titanium dioxide have been effective in improving the effects of salinity stress. In addition,

1 and 2- Ph.D. student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: Shoor@um.ac.ir)
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Iran

the use of titanium dioxide in the highest level (40 ppm) and use of nano titanium dioxide in less concentration in Petunia plant had better effect on morphological traits. An important effect of titanium compounds on plants used for various crops is yield improvement. The positive effects of TiO_2 could be probably due to the antimicrobial properties of engineered nanoparticles, which can enhance strength andresistance of plants to stress.

Keywords: Chlorophyll, Fresh weight, Flower number, Leaf Area

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 213-226
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۲۶-۲۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور بر صفات کمی وکیفی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک

آرا علی‌نژاد الهشاه[۱]- حسین مرادی[۲*]- حسین صادقی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲

چکیده

تامین غلظت مناسب عناصر مورد نیاز گیاه سبب تولید محصول اقتصادی و بهبود خواص کیفی میوه‌ها می‌شود. به منظور بررسی اثر عناصر غذایی روی و بور بر صفات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۹ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سولفات‌روی در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسیدبوریک نیز در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به تنهایی و ترکیب با هم بودند که به صورت محلول‌پاشی در سه مرحله بعد از پیش تیمار سرمادهی بوته‌ها اعمال گردیدند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف عناصر غذایی بر روی ویتامین ث ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم (TSS/TA)، pH آب میوه، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، وزن میوه، طول و قطر میوه، تعداد برگ و ارتفاع گیاه اثر معنی‌داری داشت. اما طول دمبرگ تحت تاثیر مصرف عناصر غذایی قرار نگرفت. در مجموع کاربرد منفرد سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مصرف توام ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک نقش چشم‌گیری در افزایش صفات مورد بررسی به غیر از میزان اسیدیته قابل تیتراسیون داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی برگی عناصر کم‌مصرف روی و بور و کاربرد تلفیقی آن‌ها سبب افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت فرنگی رقم اروماس در کشت هیدروپونیک می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگی، عناصر غذایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل، ویتامین ث

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی (*Fragaria × ananassa* Duch.) از خانواده Rosaceae می‌باشد، از میوه‌های مناطق معتدله و نافرازگرا است. دارای ارقام مختلف تجاری می‌باشد، که از جمله آن‌ها می‌توان به اروماس[۴] اشاره کرد. که با داشتن ویژگی‌هایی هم‌چون اندازه، عطر، طعم میوه و میزان مقاومت به سفیدک دارای ارزش تجاری مطلوب می‌باشد، میوه آن سرشار از فیبر، ویتامین C و E، بتاکاروتن، ترکیبات فنلی، فلاونول، آنتوسیانین، پتاسیم و آنتی‌اکسیدان‌ها است (۲۴ و ۴۱). مزیت دیگر توت‌فرنگی این است که در مقایسه با سایر میوه‌ها درمدت کوتاه‌تر، سود بیشتری به تولید کننده برمی‌گرداند. میوه توت‌فرنگی در طول سال به صورت تازه خوری قابل دسترس است، بنابراین با توجه به ارزش غذایی بالای این محصول و همچنین گسترش کشت هیدروپونیک در جهان و در کشور ما توجه به تغذیه گیاه اهمیت زیادی دارد (۵۱). از مزایای کشت بدون خاک یا هیدروپونیک، آلودگی کمتر به بیماری‌های خاکزی، تولید بیشتر محصول، وابستگی نداشتن به کیفیت خاک، کنترل دقیق آب، مواد غذایی و سایر شرایط محیطی است (۵۶). وضعیت تغذیه‌ای گیاه توت‌فرنگی علاوه بر عملکرد به شدت کیفیت و ماندگاری محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۱). تعادل عناصر غذایی در زمان مناسب برای تولید میوه تجاری، بهبود عملکرد و کیفیت میوه ضروری است، محلول‌پاشی برگی در مراحل کلیدی می‌تواند اثر مثبتی بر صفات کمی و کیفی محصولات میوه چندساله داشته باشد (۹ و ۱۲). آلوین (۶) طی آزمایشی به ضرورت بهره‌گیری از عناصر غذایی به روش مصرف برگی اشاره کرد و از راهکارهای مهم دستیابی به محصولات ارگانیک را مصرف عناصر غذایی ازطریق محلول‌پاشی گزارش نمود. عناصر کم‌مصرف برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند و ضمن

۱، ۲ و۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: moradiho@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.57665
4- Aromas

شرکت در ساختار بعضی از اندامک‌ها، در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (۴۵). در بین عناصر معدنی که بر روی فیزیولوژی گیاه نقش دارند، دو عنصر کم‌مصرف روی و بور به دلیل ارتباط با سنتز هورمون‌های درونی گیاه اهمیت ویژه‌ای دارند (۳۶). در تحقیقی که لولایی و همکاران (۲۹) انجام دادند، مشخص شد که محلول‌پاشی برگی روی در مرحله گلدهی باعث افزایش کیفیت و بازده میوه در گیاه توت‌فرنگی رقم کاماروسا گردید. نتایج پژوهش رفیعی و پاک‌کیش (۴۴) نشان داد محلول‌پاشی بوته‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا با اسیدبوریک اثر قابل توجهی بر عملکرد، وزن میوه، کلروفیل و سطح برگ داشته است و بهترین تیمار که موجب بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه توت‌فرنگی شد، محلول‌پاشی اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. کویین (۴۳) طی تحقیقاتی گزارش نمود کاربرد روی در پرتقال سبب افزایش طول لوله گرده و رشد آن شده در نتیجه باروری، تشکیل میوه و میزان محصول و قند میوه را افزایش می‌دهد. یی و کلارک (۵۸) نشان دادند که در بوته‌های گوجه دارای کمبود بور، بدون توجه به میزان قند موجود، رشد طولی ریشه‌ها کاهش می‌یابد. احمد و ابدل (۴) گزارش کردند که در پرتقال کاربرد بور رشد لوله گرده، اندازه میوه و میزان قند آن را افزایش داد، این تاثیر به احتمال زیاد به دلیل اثر بور بر سنتز اکسین‌ها می‌باشد. نتایج پژوهش دولتی‌بانه و طاهری (۱۹) حاکی از آن بود که محلول‌پاشی بوته‌های انگور رقم کشمشی سفید با عناصر نیتروژن، بور و روی به ترتیب با غلظت‌های ۵، ۱/۵ و ۱/۵ در هزار تاثیر مثبتی بر درصد تشکیل میوه داشت و نقش عنصر روی بیشتر از بقیه عناصر بود و کمترین درصد تشکیل میوه در شاهد مشاهده شد. در آزمایشی بر روی انگور رقم بی‌دانه سلطانی مشاهده شد که محلول‌پاشی سولفات‌روی با غلظت ۲ در هزار در یک هفته قبل از باز شدن گل‌ها موجب افزایش تشکیل میوه، تعداد خوشه‌ها، وزن خوشه، میزان محصول و مواد جامد محلول شدند (۵۷). تاثیر مثبت محلول‌پاشی اسیدبوریک بر وزن و قطر میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا گزارش شد (۲۸). کاظمی (۲۶) در آزمایشی که بر روی گیاه توت‌فرنگی رقم پاجارو انجام داد، گزارش کرد کاربرد سولفات‌روی به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث ایجاد بیشترین بازده شد. بدین ترتیب، نظر به اهمیت عناصر کم‌مصرف در بهبود عملکرد محصولات باغی و حفظ محیط زیست و باتوجه به این‌که تعادل عناصر غذایی در محیط کشت فاکتور موثر در تولید محصول به شمار می‌آید و نیازهای غذایی ارقام مختلف توت‌فرنگی متفاوت است لذا تعیین سطوح بهینه عناصر غذایی در محلول غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است هدف از انجام این تحقیق اثر تعیین غلظت برگی روی و بور و ترکیبات تلفیقی آن‌ها در تیمارهای استفاده شده و اهمیت آن در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم ارومااس در محیط کشت هیدروپونیک می‌باشد، تا علاوه بر تغذیه مرسوم کشت هیدروپونیک توت‌فرنگی، اثر محلول‌پاشی برگی این دو عنصر مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در گلخانه و آزمایشگاه پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۹ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل روی (Zn) در سه سطح (۰، ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) از منبع کود سولفات‌روی و بور(B) نیز در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) از منبع کود اسیدبوریک بود. نشاهای یکنواخت توت‌فرنگی رقم ارومااس بعد از پیش تیمار سرمادهی در اواسط آبان ماه در محیط کشت هیدروپونیک در لوله‌های پلی‌اتیلن به حجم یک لیتر محیط کشت به ازاء هر بوته در بستر حاوی مخلوط پرلیت و کوکوپیت به نسبت ۱:۱ کشت شدند. بوته‌ها پس از هرس ریشه، برگ و ضدعفونی (بنومیل یک در هزار) جهت جلوگیری از اختلالات رشدی به گونه‌ای در بستر کشت شدند که طوقه‌ها بالاتر از سطح بستر قرار گرفت. حذف گل‌ها فقط در مراحل اولیه گلدهی (تا پنجاه روز بعد از کاشت) به منظور رشد رویشی کافی نشاها انجام شد اما بعد از این مدت گل‌ها جهت تبدیل به میوه مطلوب حفظ شدند. تغذیه به صورت کود آبیاری هر هفته دو مرتبه انجام شد (۳۸). برای تهیه این محلول غذایی از عناصر ماکرو شامل نیترات‌پتاسیم، فسفات‌مونوپتاسیم، نیترات‌کلسیم، سولفات‌منیزیم و نیترات‌آمونیوم و عناصر میکرو شامل سولفات‌منگنز، سولفات‌روی، اسیدبوریک، سولفات‌مس، مولیبدات‌آمونیوم و کلات‌آهن ۱۳ درصد استفاده شد، pH محلول با استفاده از اسیدسولفوریک حدود ۶/۵ تنظیم شد. بعد از هر چند مرحله کود آبیاری، برای زدودن نمک تجمع یافته درون بسترهای کشت، آبیاری با آب خالص انجام می‌گرفت. طی دوره رشد، عملیاتی از جمله حذف رانرها، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، کنترل کردن روزانه قطره‌چکان‌ها، حذف برگ‌های پیر و پوسیده، خالی کردن دور طوقه از بستر کشت، آبشویی بسترها به صورت هفتگی، همچنین تنظیم دمای گلخانه (۲۶±۴°C در روز، ۱۵±۴°C در شب)، رطوبت نسبی ۱۵±۶۰ درصد و تهویه گلخانه انجام شد. محلول‌پاشی تیمارهای مورد آزمایش در سه مرحله صورت گرفت. مرحله اول محلول‌پاشی یک هفته پیش از باز شدن گل‌ها و مراحل بعدی محلول‌ها با فاصله دو هفته از یکدیگر بر روی بوته‌ها اسپری گردیدند. محلول به صورت کامل روی گل آذین و برگ‌ها پاشیده شد. جهت افزایش راندمان جذب عناصر غذایی، علاوه بر استفاده از سیتوویت ۰/۰۵ درصد به عنوان ماده مویان، همچنین محلول‌پاشی در صبح زود بین ساعت ۹-۷ به خاطر بالا بودن میزان رطوبت هوا انجام گردید. میوه‌های توت‌فرنگی رقم ارومااس در مرحله رسیدن تجاری،

هنگامی که ۸۰-۷۵ درصد رنگ گرفته و دارای اندازه مناسبی بودند، برداشت شدند. عملیات برداشت میوه‌ها و انجام آزمایش‌های مربوط در دو فصل زمستان و بهار صورت گرفت. صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل ویتامین ث که از روش تیتراسیون با DIP (۲، ۶-دی کلروفنل ایندوفنل) اندازه‌گیری شد (۴۹)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره میوه‌ها از روش خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱-۱دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازیل) به‌دست آمد (۱۷)، میزان مواد جامد محلول (TSS) با دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (مدلPalettePR-32) و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) از طریق تیتراسیون با هیدورکسیدسدیم اندازه‌گیری شدند (۸)، شاخص طعم یا رسیدگی(TSS/TA) از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون محاسبه شد، pH آب میوه توسط pH متر (مدل Sartorius) اندازه‌گیری گردید، اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و کارتنوئید برگ‌ها به روش کارتر و نپ (۱۵) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Jenway 6102) در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید، وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ و طول و قطر میوه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی (مدل Mitutoyo) اندازه‌گیری شد، تعداد برگ‌ها که در طول دوره پرورش به‌طور هفتگی شمارش و از قسمت طوقه، طول دمبرگ و ارتفاع بوته در پایان زمان میوه‌دهی از محل طوقه تا بالاترین قسمت بوته با استفاده از خط‌کش محاسبه شد. کلیه داده‌ها با کمک نرم افزارهای آماری SAS و MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شدند. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱ و ۲) نشان داد که ویتامین ث، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص طعم، pH آب میوه، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، وزن میوه، طول و قطر میوه، تعدادبرگ و ارتفاع گیاه تحت تاثیر محلول‌پاشی قرار گرفتند. اختلافات به وجود آمده در مقایسه با شاهد از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار گردید. اما محلول‌پاشی در طول دمبرگ اثر معنی‌داری نداشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات کیفی مورد بررسی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس تحت تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور

Table 1- Analysis of variance of qualitative traits investigated in strawberry fruits cv. Aromas under foliar application of zinc and boron

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares								
		ویتامین ث Vitamin C	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	شاخص طعم TA/TSS	پی اچ pH	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid
تکرار Replication	2	0.02^{ns}	1.40^{ns}	0.10^{ns}	0.019^{ns}	0.021^{ns}	0.007^{ns}	0.001^{ns}	0.0005^{ns}	0.0002^{ns}
روی Zinc (Zn)	2	957.71^{**}	62.67^{**}	5.74^{**}	0.65^{**}	2.61^{**}	0.03^{*}	0.083^{**}	0.05^{**}	0.003^{**}
بور Boron (B)	2	369.61^{**}	83.48^{**}	0.38^{ns}	0.19^{**}	0.13^{ns}	0.02^{*}	0.29^{**}	0.12^{**}	0.009^{**}
Zn × B	4	304.87^{**}	77.25^{**}	1.36^{**}	0.88^{**}	1.04^{**}	0.007^{ns}	0.05^{**}	0.03^{**}	0.002^{**}
خطا Error	16	0.03	1.80	0.17	0.028	0.07	0.005	0.0003	0.0002	0.0002
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)	-	0.21	1.82	8.70	6.90	13.17	1.95	0.90	1.56	3.65

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

*, **: Significant at 5 and 1% possibility level respectively; ns: non- significant

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کمی مورد بررسی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس تحت تاثیر محلول‌پاشی برگی روی و بور

Table 2-Analysis of variance of quantitative traits investigated in strawberry fruits cv. Aromas under foliar application of zinc and boron

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares					
		وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	تعداد برگ Leaf number	طول دمبرگ Petiole length	ارتفاع گیاه Plant height
تکرار Replication	2	0.02^{ns}	2.06^{ns}	5.08^{ns}	1.57^{ns}	1.18^{ns}	4.40^{ns}
روی Zinc (Zn)	2	6.27^{**}	33.67^{**}	56.46^{**}	1.47^{ns}	0.93^{ns}	2.92^{ns}
بور Boron (B)	2	37.22^{**}	128.53^{**}	77.88^{**}	7.15^{**}	0.77^{ns}	33.55^{**}
Zn × B	4	5.65^{**}	35^{**}	26.24^{**}	4.32^{**}	0.22^{ns}	4.94^{*}
خطا Error	16	0.006	0.53	0.69	0.53	0.88	1.60
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)	-	0.67	2.19	2.95	9.31	14.66	9.81

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

*, **: Significant at 5 and 1% possibility level respectively; ns: non- significant

ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر اصلی عناصر روی و بور و برهمکنش این دو عنصر در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱) در مورد اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک بیان‌گر این بود که بیشترین میزان ویتامین ث به ترتیب با مقدار ۸۱/۳۷ و ۸۱/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر، مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن مصرف تیمار سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب با مقدار۷۸/۶۶ و ۷۸/۶۳ درصد از مصرف توام سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار مصرف تنهای سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن تیمار کاربرد منفرد اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. کمترین میزان ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب با مقدار ۴۳/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر و ۶۲/۹۳ درصد از کاربرد تیمار اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد به دست آمد. علت افزایش ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بوته‌های محلول‌پاشی شده با بور و روی را می‌توان به روی نسبت داد. روی عنصری ضروری و کم‌مصرف است که در هر ۶ کلاس آنزیم موجود در گیاهان (اکسیدوردوکتازها، ترانسفرازها، لیازها، ایزومرازها، هیدرولازها و لیگازها) شرکت داشته و در محافظت غشا از رادیکال‌های آزاد اکسیژن نقش مهمی ایفا می‌کند (۲۳)، و همچنین نقش فعالی را در تولید اکسین در گیاه دارد (۱۳)، و با تولید اکسین میزان ویتامین ث افزایش می‌یابد (۴۰). پژوهش حاضر با نتایج خان و همکاران (۲۷) مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که کاربرد توام سولفات‌روی و اسیدبوریک موجب افزایش ویتامین ث میوه نارنگی شد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق الله و همکاران (۵۵) که اثر محلول‌پاشی برگی بور را بر میوه نارنگی بررسی کردند همسو می‌باشد، آن‌ها نشان دادند که مصرف غلظت‌های مختلف بور موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت بالای بور باعث کاهش ویتامین ث نسبت به تیمار شاهد شدند. نتایج به دست آمده در این پژوهش با کاظمی (۲۶) که طی تحقیقی بیان کرد کاربرد سولفات‌روی موجب افزایش ویتامین ث در توت‌فرنگی رقم پاجارو شده است همخوانی داشت. نتایج این پژوهش با نتایج عبدالهی و همکاران (۱) بر روی گیاه توت‌فرنگی رقم سلوا مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که رابطه مثبت و معنی‌دار بین ویتامین ث و محتوی سولفات‌روی وجود داشت و حداکثر ویتامین ث از کاربرد غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی و مصرف ترکیبی سولفات‌روی و اسیدبوریک به دست آمد.

شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر میزان ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 1- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on vitamin C content and antioxidant activity of strawberry fruit cv. Aromas

مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم (TSS/TA) و pH

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) تاثیر سطوح مختلف سولفات‌روی، اسیدبوریک و اثر متقابل آن‌ها بر TSS، TA وTSS/TA بیان‌گر معنی‌دار شدن این صفات در سطح احتمال ۱ درصد است، اثر ساده سطوح مختلف اسیدبوریک بر TSS و TSS/TA معنی‌دار نشد. در حالی‌که اثر ساده سولفات‌روی و اسیدبوریک بر pH آب میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل آن‌ها بر pH آب میوه معنی‌دار نشد. کاربرد توام سولفات‌روی و اسیدبوریک بر TSS، TA و TSS/TA (شکل ۲) نشان دهنده‌ی این موضوع می‌باشد که مصرف سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین TSS را با میزان ۶/۲ درصد و پس از آن مصرف تلفیقی سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میزان ۵/۹ درصد داشتند. بیشترین میزان TSS/TA با مقدار ۳/۲۸ از مصرف سولفات روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. کمترین میزان TSS و TSS/TA به ترتیب با مقدار ۳/۳ درصد و ۰/۹۴ به تیمار شاهد تعلق داشت. حداکثر و حداقل مقدار TA به ترتیب با میزان ۳/۵۵ درصد و ۱/۹ درصد مربوط به تیمار شاهد و سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳) اثر ساده سولفات‌روی و اسیدبوریک حاکی از آن است که بالاترین میزان pH با مقدار ۳/۷۴ در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی حاصل شد، در حالی‌که پایین‌ترین میزان pH با مقدار ۳/۶۵ در تیمار شاهد مشاهده شد. از سوی دیگر در بررسی اثر ساده اسیدبوریک، بیشترین میزان pH با مقدار ۳/۷۱ به سطح ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک تعلق داشت اما بین سطح ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، کمترین میزان pH با مقدار ۳/۶۳ در تیمار شاهد مشاهده شد. در این تحقیق عناصر غذایی بور و روی با افزایش TSS نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش TSS/TA، pH، و کاهش TA گردیدند. باتوجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که سولفات‌روی تاثیر بیشتری بر صفات مورد مورد بررسی گذاشت. دلیل این موضوع را می‌توان به اثر روی بر آنزیم‌های مختلف نسبت داد که نقش مهمی در فتوسنتز و آنزیم مسئول متابولیسم گیاه دارد و در تشکیل پروتئین‌ها، اسیدها و قندها نقش ایفا می‌کند (۵۳). وجود مقادیر کافی بور نیز در گیاه، انتقال کربوهیدرات را به نواحی رشد فعال و میوه‌ها افزایش می‌دهد و اثر آن در افزایش مقدار قند میوه مشهود است (۱۶). کاظمی (۲۶) به نتایج مشابهی در گیاه توت‌فرنگی رقم پاجارو دست یافت، ایشان گزارش نمود بالاترین pH، TSS و TA در میوه توت‌فرنگی تحت تیمار با ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر از غلظت روی به دست آمد و کمترین در گروه شاهد مشاهده شد که از نظر اسیدیته با نتایج این تحقیق همسو نمی‌باشد. این نتایج با نتایج رزاق و همکاران (۴۶) مطابقت داشت آن‌ها نشان دادند که سطوح مختلف سولفات‌روی در نارنگی باعث افزایش معنی‌دار pH گردید. خان و همکاران (۲۷) گزارش کردند، محلول‌پاشی بور و روی به صورت ترکیب با هم در نارنگی، موجب افزایش میزان TSS و TSS/TA گردید. نتایج به دست آمده از این پژوهش در مورد افزایش TSS و کاهش TA با نتایج احمدی و محمدخانی (۳) بر روی انگور تیمار شده با اسیدبوریک و لولایی و

همکاران (۲۹) بر روی توت‌فرنگی تیمار شده با سولفات‌روی مطابقت داشت.

شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر TSS، TA و TSS/TA میوه توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 2- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on TSS, TA and TSS/TA of strawberry fruit cv. Aromas

شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف روی و بور بر pH آب میوه توت فرنگی رقم اروماس

Figure 3- Effects of Zinc and Boron different concentrations on pH of fruit juice of strawberry cv. Aromas

کلروفیل و کارتنوئید

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر اصلی عناصر روی و بور و برهمکنش این دو عنصر در سطح احتمال ۱ درصد بر کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴) در مورد اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک بیان‌گر این بود که با افزایش غلظت سولفات‌روی و اسیدبوریک مقدار این پارامترها کاهش یافت، به طوری که بیشترین میزان کلروفیل a و کارتنوئید به ترتیب با میزان ۲/۱۳ و ۰/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر، مربوط به کاربرد تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مصرف تیمار سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین میزان کلروفیل b از مصرف تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به مقدار ۱/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر حاصل شد. کمترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید به ترتیب با مقدار۱/۷۱، ۰/۷۱ و ۰/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر، از کاربرد تیمار اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و تیمار مصرف توام سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت.

شکل ٤- اثر متقابل غلظت های مختلف روی × بور بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید برگ توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 4- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid of strawberry leaf cv. Aromas

افزایش میزان کلروفیل در اثر محلول‌پاشی احتمالا به دلیل تاثیر عنصر روی بر محتوی عناصر غذایی موثر در تشکیل کلروفیل نظیر آهن و منیزیم می‌باشد (۲۵). عنصر روی در تشکیل کربنیک‌انهیدراز[1]، نقش دارد که یک آنزیم مهم درگیر در فتوسنتز است و این عنصر برای بیوسنتز کلروفیل نیز موردنیاز است (۳۲). در آزمایش عابدی باباعربی و همکاران (۲) و مرادی تلاوت و همکاران (۳۹) میزان کلروفیل a و b در گلرنگ تحت تاثیر محلول‌پاشی سولفات‌روی به طور معنی‌داری افزایش یافت که این موضوع می‌تواند به علت نقش این عنصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج مشایخی و آتشی (۳۳) مطابقت داشت، آن‌ها گزارش کردند که یک همبستگی مثبت معنی‌دار بین میزان کلروفیل a و b، کلروفیل کل و محتوی کارتنوئید در برگ‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا محلول‌پاشی شده توسط محلول‌های ساکارز همراه بور وجود داشت. همچنین پاپاداکیس و همکاران (۴۲) گزارش کردند که در گیاهان نارنگی پیوند شده بر روی پایه نارنج در اثر کاربرد غلظت بالای بور میزان کلروفیل کاهش معنی‌داری یافته بود به نظر می‌رسد این کاهش به عوامل غیر روزنه‌ای مانند کاهش کارایی فتوشیمیایی و کم شدن فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی مرتبط باشد، همچنین ایشان گزارش کردند که در گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های بالای بور تحت شرایط استرس مولکول‌های اکسیژن پذیرنده الکترون‌های اضافی حاصل از انرژی نورانی شده و منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) می‌شوند که این اکسیژن‌های فعال باعث آسیب فتواکسیداتیو به مولکول‌های آلی شده و باعث آسیب رساندن به ساختار کلروپلاست و در نتیجه موجب کاهش کلروفیل می‌گردند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

وزن، طول و قطر میوه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از آن است سطوح مختلف سولفات‌روی و اسیدبوریک بر وزن، طول و قطر میوه در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. هم‌چنین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات‌روی و اسیدبوریک بر این صفات نیز در سطح احتمال ۱ در صد معنی‌دار گشت. مقایسه میانگین اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک نشان می‌دهد (شکل ۵)، تیمار ترکیبی سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تاثیر را بر وزن و طول میوه به ترتیب با میزان۱۳/۱۳ گرم و ۳۸/۰۷ میلی‌متر، گذاشته است، بیشترین میزان قطر میوه با مقدار۳۳/۰۲ میلی‌متر از مصرف منفرد سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد توام سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت و تیمار شاهد کمترین مقدار تاثیر بر وزن، طول و قطر میوه را به ترتیب با مقدار ۸/۸۹ گرم، ۲۶/۹۷ و ۲۱/۹۵ میلی‌متر نشان داد. از آن‌جایی که روی نقش بسیار مهمی در تقسیم سلولی (میتوز) داشته و سبب سنتز پروتئین و متابولیسم کربوهیدرات می‌شود، در نتیجه افزایش وزن، طول و قطر میوه را به دنبال خواهد داشت (۲۱ و ۴۸). با توجه به اثر بور در افزایش تقسیم

1- Carbonic anhydrase

سلولی در بافت میوه، کاربرد این عنصر نیز سبب افزایش وزن میوه شد (۵۰). بور سبب افزایش بذور تشکیل شده بر روی میوه توت‌فرنگی می‌شود که این خود سبب تولید میوه‌هایی قطور با وزن و طول بیشتر می‌شود (۳۴ و ۵۱)، تغذیه با بور برای داشتن حداکثر تشکیل و بقای میوه موردنیاز است (۳۲). در آزمایشی که خان و همکاران (۲۷) و محسنی و همکاران (۳۷) به ترتیب روی ذرت و نارنگی انجام دادند مشخص شد کاربرد توام عنصر بور و روی میانگین وزن دانه در ذرت و در نارنگی وزن، قطر و طول میوه را نسبت به شاهد بهبود بخشید، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج این پژوهش با نتایج لولایی و همکاران (۳۰) که طی تحقیقی گزارش کردند کاربرد روی باعث افزایش قطر و وزن میوه توت‌فرنگی رقم سلوا شد همخوانی داشت. در پژوهشی روی درختچه انگور، وزن تک حبه در اثر محلول‌پاشی بور افزایش یافت. در گزارش مزبور افزایش وزن حبه به نقش بور در تنظیم متابولیسم کربوهیدرات‌ها و جابجایی آن‌ها نسبت داده شد که با نتایج حاصل از این پژوهش همسو می‌باشد.

شکل ۵- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر وزن، طول و قطر میوه توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 5- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on weight, length and diameter of strawberry fruit cv. Aromas

تعداد برگ و طول دمبرگ

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) انجام شده اثر ساده تیمار اسیدبوریک و اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک بر تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. محلول‌پاشی سولفات‌روی به تنهایی بر تعداد برگ اثر معنی‌داری نداشت. طول دمبرگ در بین اثر ساده غلظت ریز مغذی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان می‌دهد (شکل ۶)، در کلیه تیمارهایی که با بور و روی محلول‌پاشی شده بودند تعداد برگ نسبت به شاهد افزایش یافت، حداکثر تعداد برگ به ترتیب از تیمار مصرف منفرد سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کاربرد منفرد اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با مقدار ۹/۲۲، ۹/۱۴ و۹/۱۱ حاصل شد و حداقل تعداد برگ با مقدار ۶/۲۸ از تیمار شاهد به دست آمد. اگر چه محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر طول دمبرگ نداشت اما بیشترین طول دمبرگ در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی و کمترین طول دمبرگ در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدبوریک مشاهده شد. عنصر روی در تشکیل فعالیت هورمون‌های رشد و کلروپلاست موثر است (۵۴)، به نظر می‌رسد این مسئله باعث شده با محلول‌پاشی تعداد برگ و طول دمبرگ افزایش یابد مینا (۳۵) گزارش نمود افزایش رشد رویشی گوجه‌فرنگی را می‌توان به نقش فیزیولوژیکی بور نسبت داد و نقش آن در متابولیسم پروتئین، سنتز پکتین، حفظ درست رابطه آب در گیاه، سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) و انتقال قند در توسعه گلدهی و مراحل باردهی باشد که با نتایج این آزمایش همسو می‌باشد. نتایج مشابهی را روی پرتقال گزارش کردند که سمیت بور می‌تواند مانع رشد رویشی گردد، زیرا این عنصر یکی از اجزای تشکیل دهنده دیواره سلولی اولیه بوده و مقادیر بیش از حد آن باعث اختلال در فرآیند ساخت دیواره سلولی می‌شود و در مجموع سمیت بور می‌تواند باعث کاهش تقسیم سلولی شده و تعداد برگ و طول دمبرگ را کاهش دهد (۱۴ و ۲۲). عبدالهی و همکاران (۱) گزارش کردند مصرف اسیدبوریک و سولفات‌روی در توت‌فرنگی رقم سلوا اثر معنی‌داری در طول و قطر دمبرگ نداشت اما تعداد برگ را افزایش داد، علاوه بر این ارتباط مستقیمی بین تعداد برگ و محتوی سولفات‌روی مشاهده شد، و حداکثر تعداد برگ به

تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی تعلق داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش رزاق و همکاران (۴۶) مطابقت داشت آن‌ها نشان دادند، محلول‌پاشی سولفات‌روی بر تعداد برگ معنی‌دار نبود اما با افزایش غلظت سولفات‌روی تعداد برگ در درخت نارنگی افزایش یافتند. در تحقیقی کاربرد سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌داری در طول دمبرگ توت‌فرنگی رقم کاماروسا شد که با نتایج این پژوهش مغایرت داشت (۲۹). نتایج مشابهی مبنی افزایش رشد رویشی و تعداد برگ در اثر مصرف سولفات‌روی و اسیدبوریک بر روی مرکبات توسط سایر محققان گزارش گردیده است (۱۸، ۲۰ و ۵۵) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

شکل ٦- اثر متقابل غلظت‌های مختلف روی × بور بر ارتفاع گیاه و تعداد برگ توت‌فرنگی رقم اروماس

Figure 6- Interaction effects of different concentration of Zinc × Boron on plant height and leaf number of strawberry cv. Aromas

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) داده‌های آزمایشی نشان داد که اثر ساده اسیدبوریک و اثر متقابل سولفات‌روی و اسیدبوریک به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ولی اثر اصلی مقادیر مختلف روی اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۶) حاکی از آن است که تیمار مصرف هم‌زمان سولفات‌روی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با مقدار ۱۵/۶۱ سانتی‌متر، بیشترین میزان ارتفاع بوته را ایجاد کرد و پس از آن تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با ارتفاع ۱۵/۵۸ سانتی‌متر، قرار گرفت و در مقابل کمترین ارتفاع بوته با مقدار ۱۰/۹۴ مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدبوریک با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. افزایش ارتفاع بوته را می‌توان به سولفات‌روی نسبت داد که در تشکیل کربنیک انهیدراز، نقش دارد که یک آنزیم مهم درگیر در فتوسنتز است. نشان داده شده است که بدون فعالیت این آنزیم کاهش ۷۰-۵۰ درصد در فتوسنتز خالص ممکن است بسته به گونه‌های گیاهی و شدت کمبود رخ دهد، در نتیجه کاهش ذخایر مواد غذایی، تاثیر منفی بر رشد گیاه دارد (۵). نتایج بررسی خان و همکاران (۲۷) نشان داد محلول‌پاشی روی و بور بر روی نارنگی باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع درخت شد که علت افزایش ارتفاع گیاه ممکن است به نقش این عناصر در فتوسنتز و رشد بیشتر، به دلیل افزایش نرخ فتوسنتز گیاه محلول‌پاشی شده با بور باشد و همچنین فعالیت نیترات ردوکتاز دانست. کاهش در ارتفاع گیاه ممکن است به این علت باشد که محلول‌پاشی با بور وقتی که در غلظت‌های بالا اعمال می‌شود، همان‌طور که موجب کاهش تولید رشد رویشی در گوجه‌فرنگی، پیاز و کرفس شده در توت‌فرنگی هم می‌تواند اثرهای منفی بر روی رشد گیاه داشته باشد (۱۰). از آن‌جایی‌که از جمله علایم کمبود بور کاهش میان‌گره‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه می‌باشد (۷). لذا در آزمایش حاضر نیز مشخص گردید بور همراه با افزایش ارتفاع گیاه سبب گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه توت‌فرنگی شده که خود باعث افزایش جذب مواد غذایی بیشتر به گیاه و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۳۴). رستمی و همکاران(۴۷) به نتایج مشابهی در گیاه زیتون دست یافتند آن‌ها گزارش کردند با افزایش مقدار بور تعداد برگ و ارتفاع گیاه کاهش یافت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج لولایی و همکاران (۳۱) بر روی توت‌فرنگی رقم سلوا مطابقت داشت

آن‌ها گزارش کردند محلول‌پاشی بور در توت‌فرنگی سبب افزایش ارتفاع بوته گردید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد منفرد سولفات‌روی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تیمار اسیدبوریک با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مصرف توام ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی با اسیدبوریک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نقش موثرتری در افزایش اکثر صفات مورد بررسی داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از عناصر کم‌مصرف روی و بور و کاربرد تلفیقی آن‌ها براساس غلظت مورد استفاده قادر به تامین شرایط لازم جهت افزایش بهبود توت‌فرنگی در شرایط کشت هیدروپونیک هستند و از آنجایی که محلول‌پاشی برگی عناصر روی و بور بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی تاثیر معنی‌داری نشان دادند، بنابراین به منظور کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف علاوه بر مزایای استفاده از این روش تغذیه که مواد غذایی را سریع و با هزینه کم در اختیار گیاه قرار می‌دهد، باعث ایجاد تعادل در تغذیه گیاه می‌شود و فرآیندهای رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشد، و به عنوان یک راهکار مدیریتی کارآمد در تولید محصولات باغی توصیه می‌شود.

منابع

1- Abdollahi M., Eshghi S., and Tafazoli E. 2010. Interaction of Paclobutrazol, Boron and Zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Selva). Journal of Biological and Environmental Sciences, 4(11):67–75.

2- Abedi Baba-Arabi S., Movahedi Dehnavi M., Yadavi A.R., and Adhami E. 2011. Effect of Zn and K foliar application on safflower physiological traits and yield under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Production, 4(1):75–95. (in Persian with English abstract)

3- Ahmadi F., Mohamad Khani A. 2014. Effect of potassium and boron nutrition on some quantitative and qualitative characteristics of 'Asgari' grape cultivar. Journal of Crops Improvement, 16(2):417–430. (in Persian)

4- Ahmed M., and Abdel F.M. 1995. Effect of Urea, some micronutrients, and growth regulators folair spray on the yield, fruit quality, and some vegetative of, 'Washington' navel orange trees. HortScience, 30(4):774–780.

5- Alloway B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Brussels: The International Zinc Association.

6- Alvin A. 2003. Modern developments in fertilization. IFA-FAO Agriculture Confernce. Rom. Italy.

7- Babalar M., and Pirmoradian d. 2006. Nutrition of Fruit Trees (2nd Ed.). Tehran University Press, 312p (in Persian)

8- Baldwin E.A. 1983. Citrus fruit. In: Seymour G., Taylor J., Tucker G. (Ed). Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London.

9- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. By Taylor and Francis Group, CRC Press, 605p.

10- Ben-Gal A. 2007. The contribution of foliar exposure to boron toxicity. Journal of Plant Nutrition, 30(10):1705–1716.

11- Bould C. 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. V. -Sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry (*Fragaria Spp.*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 15(7):474–487.

12- Brown G.S., Kitchener A.E., McGlasson, W.B., and Barenes S. 1996. The effects of Copper and Calcium foliar sprays on cherry and apple fruit quality . Scientia Horticulturae, 67:219–227.

13- Cakmak I., Marschner H., and Bangerth F. 1989. Effect of Zinc nutrition status on growth, protein metabolism and level of indole-3 acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Experimental Botany, 40:405–415.

14- Camacho-Cristóbal J.J., Rexach J., and González-Fontes A. 2008. Boron in plants deficiency and toxicity. Journal of Integrative Plant Biology, 50(10):1247–1255.

15- Carter G.A., and Knapp A.K. 2001. Leaf optical properties in highest plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American Journal of Botany, 88(4):677–684.

16- Crespan G., Zenarola C., Colugnati G., Beregant F., and Tonetti I. 2000. Fertilizer procedures and response of vines, preliminary results of an investigation in cabernet sauvignon. Notiziario-ERSA, 13(4):21–24.

17- D' Angelo S., Amelia C., Raimo M., Salvatore A., Zappia V., and Galletti P. 2007. Effect of reddening–ripening on the antioxidant activity of polyphenol extracts from cv. 'Annurca' apple fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55:9977–9985.

18- Dawood S.A., Meligy M.S., and El-Hamady M.M. 2001. Influence of Zinc sulfate application on tree leaf and fruit characters of three young citrus varieties grown on slightly alkaline soil. Annals of Agriculture Science Moshtohor, 39:433–447.

19- Dolati Baneh H., and Taheri M. 2009. Effects of foliar application of nutrient elements on fruit set and quantitative and qualitative traits of 'Keshmeshi' grape cultivar. Seed and plant production Journal, 25(1):103–115. (In Persian)

20- Dong Y., Qifei W., Daming H., and Chundu W. 2003. Effects of Zinc-injection in trunk of Kumquat on its growth

and fruits qualities. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 34(2): 61–64.
21- Gao X., Zou Ch., Fan X., Zhang F., and Hoffland E. 2006. From flooded to aerobic conditions in rice cultivation: Consequences for Zinc uptake. Plant and Soil, 280(1):41–47.
22- Guidong L., Cuncang J. and Yunhua W. 2011. Distribution of Boron and its forms in young 'Newhall' navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks in response to deficient and excessive Boron. Soil Science and Plant Nutrition, 57(1):93–104.
23- Hemantaranjan A. 1996. Physiology and biochemical significance of Zinc in plants. In: Advancement in Micronutrient Research, Ed. Hemanteranjan A. Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India, p. 151–178.
24- Jalili Marandi R. 2008. Small Fruit (2nd Ed.). Jahad Orumieh University Press. (in Persian)
25- Kaya C., and Higgs D. 2002. Response of tomato (*Lycopersicom esculentum* L.) cultivars to foliar application of Zinc when grown in sand culture at low Zinc. Scientia Horticulturae, 93(1):53–64.
26- Kazemi M. 2014. Influence of foliar application of Iron, Calcium and Zinc sulfate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. 'Pajaro'. Trakia Journal of Sciences, 1:21–26.
27- Khan A.S., Nasir M., Malik A.U., Basra S.M.A., and Jaskani M.J. 2015. Combined application of Boron and Zinc influence the leaf mineral status, growth, productivity and fruit quality of 'Kinnow'mandarin (*Citrus nobilis* lour × *Citrus deliciosa* tenora). Journal of Plant Nutrition, 38:821–838.
28- Lolaei A. 2011. Effect of Boric acid, Urea and Calcium chloride on vegetative and reproductive growth of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa). Journal of Plant and Ecosystem, 7(1):43–52. (in Persian)
29- Lolaei A., Alirezaei M., Khorrami Raad M. and Kaviani B. 2012. Effects of Paclobutrazol and Sulfate Zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Camarosa). Annal of Biological Research, 3(10):4657–4662.
30- Lolaei A., Hashem Abadi D., and Sedaghathoor Sh. 2013. Effect of Calcium, Zinc and Nitrogen sprays on vegetative and reproductive growth and shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Selva). Journal of Plant Sciences Research,8(2):31–40. (In Persian)
31- Lolaei A., Mostafavi M., and Samavat S. 2011. Effect of Boric acid and Calcium chloride sprays on vegetative and reproductive growth and shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Selva). Journal of Plant Sciences Research, 6(3):60-66. (In Persian)
32- Marschner H. 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants (2nd Ed.). Academic Press, London, 889p.
33- Mashayekhi K., and Atashi S.2012. Effect of foliar application of Boron and sucrose on biochemical parameters of 'Camarosa' strawberry. Journal of Plant Production, 19(4):157–171. (in Persian with English abstract)
34- Mass J.L. 1984. Compendium of Strawberry Diseases. Published by the American Phytopathological Society in cooperation with Agricultural Research Service USA Department of Agriculture, p. 15–18.
35- Meena R.S. 2010. Effect of Boron on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv.' Pusa Ruby' grown under semi-arid conditions. International Journal of Chemical Engineering Research, 2(2):167–172.
36- Mengel K., and Kirby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition (4th Ed.). International Potash Inistitue, Bern, Switzerland, 687p.
37- Mohseni M., Haddadi M., and Valiallahpour R. 2012. Effects of application Boron and Zinc on the process of corn in Mazandaran. New Findings in Agriculture, 7(2):177–185. (in Persian)
38- Mollahoseini H., Solhi M., Baghi E., and Ghayour F. 2009. Strawberry fertilizer guide (1th Ed.). Avay Masih Press.
39- Moradi Telavat M.R., Roshan F., and Siadat S.A . 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals contenet, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 17(2):153–164. (in Persian with English abstract)
40- Nawaz M.A., Ahmad W., Ahmad S., and Khan M.M. 2008. Role of growth regulators on preharvest fruit drop, yield and quality in 'Kinnow' mandarin. Pakistan Journal of Botany, 40:1971–1981.
41- Oszmianski J., and Wojdylo A. 2009. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. European Food Research and Technology, 228(4):623–631.
42- Papadakis I.E., Dimassi K.N., Bosabadilis A.M., Therios I.N., Patakas A., and Giannakoula A. 2004. Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstock. Plant Science, 166:539–547.
43- Quin X. 1996. Foliar sprays of B, Zn and Mg and their effects on fruit production and quality of jincheng orange. Journal of South west Agricultural University, 18(1):40–45.
44- Rafeii S. and Pakkish Z. 2014. Effect of Boric acid spray on growth and development of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa). International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2(4):1060–1063.
45- Ravi S., Channal H.T., Hebsur N.S., Patil B.N., and Dharmatti P.R. 2008. Effect of Sulphur, Zinc and Iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal of Agriculture Science, 21(3):382–385.
46- Razzaq K., Khan A.S., Malik A.U., Shahid M., and Ullah S. 2013. Foliar application of Zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). Journal of Plant Nutrition, 36:1479–1495.
47- Rostami H., Tabatabaei J., Zare Nahandi F., and Hajilu J. 2013. Effects of different concentrations of Boron on

vegetative and physiological characteristics of olive. Journal of Horticultural Science, 27(1):18–26. (in Persian)
48- Rout G.R., and Das P. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. Agronomie, 23(1):3–11.
49- Saini R.S., Sharma K.D., Dhankhar O.P., and Kaushik R.A. 2001. Laboratory manual al of analytic techniquesian in Horticulture. Agrobios, Publisher, India, 135p.
50- Salardini A.A., and Mojtahedi M. 1988. Principles of Plant Nutrition (1th Ed.). Tehran University Press. (in Persian)
51- Sharma R.R. 2002. Growing Strawberries. First edition published by international book distributing CO. Indian Agriculture Research Institute, New Delhi.
52- Singh B., and Usha k. 2002. Effect of macro and micro nutrient spray on fruit yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Perlette). Acta Horticulturae. 594: 197–202.
53- Srivastava P.C., and Gupta U.C. 1996. Trace Elements in Crop Production. Lebanon, NH: Science Publishers.
54- Tajbakhsh M., and Pourmirza A.A. 2003. Agronomy of Cereal Cropes. Jahad Orumieh University Press, 314p. (In Persian)
55- Ullah S., Khan A.S., Malik A.U., Afzal I., Shahid M., and Razzaq K. 2012. Foliar application of Boron influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). Journal of Plant Nutrition, 35:2067–2079.
56- Valance J., Deniel F., Le Floch G., Guerin-dubrana L., Blancard D., and Rey P. 2011. Pathogenic and beneficial microorganism in soilless cultures. Agronomy for Sustainable Development, 31(1):191–203.
57- Yamdagni R., Singh D. and Jindal P.C. 1979. A note on Effect of Zinc sprays on yield and quality of Thompson seedless grapes. Indian Journal of Agricultural Research, 13(2):117–118.
58- Yih R.Y., and Clark H.E. 1965. Carbohydrate and protein content of Boron deficient tomato root tips in relation to anatomy and growth. Plant Physiology, 40(2):312–315.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 213-226
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۲۶-۲۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Foliar Application of Zinc and Boron on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) in Hydroponic System in Hydroponic System

A. Alinejad Elahshah[1] - H. Moradi[2*] - H. Sadeghi[3]

Received: 31-07-2016
Accepted: 02-06-2018

Introduction: Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*Duch.,Rosaceae). fruitis rich of fiber, vitamin C, potassium and antioxidants. Since the balance of nutrients at the appropriate time for commercial fruit production, yield improvement and fruit quality is essential, so foliar application at key stages could have a positive effect on the quantitative and qualitative characteristics of perennial crop fruits. Among essential mineral nutrients that are involved on plant physiology, micronutrients of zinc (Zn) and boron (B) because of their association with synthetic hormones are particularly important. In a study by Lolaei et al. (2012) conducted showed that the foliar application at flowering stage increased fruit quality and yield of strawberrycultivar 'Camarosa'. The results of Rafeii and Pakkish(2014) indicated that spraying of strawberry cultivar 'Camarosa' with boric acid had a significant effect on yield, fruit weight, chlorophyll and leaf area. So according to the importance of micronutrients on horticultural yield improving and environmental protection, this investigation was conducted to evaluate the effect of foliar application of zinc and boron and combination of them on quantitative and qualitative characteristics of strawberry cultivar 'Aromas' in hydroponic system.

Material and Methods: The experiment was arranged in factorial based on a complete randomized block design with 9 treatments and 9 replications in 2015 and 2016 in greenhouse and laboratory of Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Experimental treatments were included: zinc at three levels (0, 100 and 200 mg l^{-1}) of fertilizer source zinc sulfate and boron at three levels (0, 500 and 1000 mg l^{-1}) of fertilizer source boric acid as alone or combined. Spraying of strawberry cultivar 'Aromas' at 3 stages in hydroponic system were applied after the chilling requirement treatment. When Fruits were stained 75-80% and have appropriate size, were harvested. Traits that were evaluated include: vitamin C, antioxidant activity, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), taste index (TSS/TA), pH of fruit juice, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, fruit weight, fruit length and diameter, leaf number, petiole length and plant height. The data collected were statistically analyzed using the computer software using SAS 9.1 and MSTATC**,** Analysis of variance techniques were employed to test the overall significance of the data, while the least significant difference (LSD) test ($P \leq 0.05$) was used to compare the treatment means.

Results and Discussion: Results indicated that foliar application of Zn and B significantly affected on the vitamin C, antioxidant activity, TSS, TA, TSS/TA, pH of fruit juice, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, fruit weight, fruit length and diameter, leaf number and plant height (1% or 5% of probably level), while the Petiole length was not significantly affected. Between the different nutrient levels of zinc sulfate application at the concentrations of 100 and 200 mg l^{-1}, boric acid application at the concentration of 500 mg l^{-1}, the combination of zinc sulfate at 100 and 200 mg l^{-1} with boric acid at 500 mg l^{-1} play a significant role at increasing studying characteristicsexcept the content of TA. Zinc is effective at the formation of growth hormones and chloroplasts, it is also necessary for chlorophyll biosynthesis and also plays a very important role at cell division and the protein synthesis and carbohydrates metabolism. It seems this subject caused increased plant height, leaf number, petiole length, diameter, length and weight of the fruit and chlorophyll by foliar application. Boron is an element which increases weight by effect of reproductive growth and help to material production, production and transfer of carbohydrate, and nutrient by boron is necessary for fruit set and fruit retention. The results showed that zinc sulfate is effective on TSS, TA, taste index and pH, the increase may be attributed to their effects on different enzymes which are involved in the formation of proteins, acids and sugars, also enough amounts of boron in the plant, increased carbohydrate transport to fruit and areas of active growth and its effect is evident in increasing the amount of fruit sugar. Because of increased vitamin C and antioxidant

1, 2 and 3- Former M. Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
(*-Corresponding Author Email: moradiho@yahoo.com)

capacity of plants had been sprayed with boron and zinc can be attributed to zinc that plays an active role in auxin production in plants, and vitamin C increases the production of auxin. Similarly, Kazemi (2014) reported the highest pH of fruit juice, TSS and TA at 150 mg l^{-1} of Zn for strawberry cultivar 'Pajaro' and the lowest of these parameters was recorded in control. The results of our study is in accordance with Mashayekhi and Atashi(2012) who reported a significant positive correlation between chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotenoid content of strawberry cultivar 'Camarosa' leaves that had been sprayed by B and sucrose. As Khan et al. (2015) simultaneously combined application of Zn and B in the 'Kinnow' mandarin fruit increased vitamin C, tree height and fruit weight, diameter and length significantly that was consistent with our results.

Conclusions: Since the foliar application of zinc sulfate at 100 and 200 mg l^{-1} with boric acid at 500 mg l^{-1} showed significant effect on quantitative and qualitative properties of strawberry, so to reduce the environmental effects caused by the indiscriminate use of chemical fertilizers, foliar application of micronutrients is recommended as an effective management solution in the production of strawberry cultivar 'Aromas' under hydroponic culture.

Keywords: Antioxidant activity, Chlorophyll, Foliar application, Nutrient elements, Vitamin C

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 227-237
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۳۷-۲۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

کاربرد قبل از برداشت کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر کیفیت میوه کنارهندی (*Ziziphus mauritiana*) ژنوتیپ خرمایی

فاطمه شنبه پور بندری[۱]- سمیه رستگار[۲*]- مصطفی قاسمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵

چکیده

کیفیت میوه مانند یکسانی رنگ، سفتی بافت میوه، اندازه و نسبت گوشت به هسته آن نقش مهمی در بازارپسندی میوه دارد. در این پژوهش اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر کیفیت و کمیت میوه کنار هندی رقم خرمایی بررسی شد. میوه‌ها از درختان هم‌سن طی دو مرحله قبل از بلوغ تجاری با کلریدکلسیم (۰، ۰/۵ و۱/۵ درصد)، پوترسین (۰، ۱ و ۲ میلی مولار) و اسید سالیسیلیک (۰، ۱و۲ میلی مولار) محلول‌پاشی شدند. از آب مقطر نیز به عنوان تیمار شاهد استفاده شد. میوه‌ها پس از برداشت، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و پارامترهای کمی و کیفی از قبیل میزان سفتی بافت، طول میوه، قطر میوه، حجم آب میوه، نسبت گوشت به هسته، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، اسید آسکوربیک، رنگریزه‌ها، پارامترهای رنگی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ترکیبات شیمیایی به طور مطلوبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی تاثیرگذار بود. میوه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد مواد جامد محلول، کاروتنوئید و درجه قرمزی رنگ کمتری داشتند ولی میزان سفتی بافت، طول و قطر میوه، حجم آب میوه، نسبت گوشت به هسته، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، ویتامین ث، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل a و b، شاخص کروما و درجه هیو آن‌ها بیشتر بود. درجه روشنایی و زردی رنگ میوه‌های تیمار شده با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. به طورکلی کلریدکلسیم درغلظت ۰/۵ درصد، سالیسیلیک اسید در غلظت ۲ میلی‌مولار و پوترسین نیز در غلظت ۲ میلی‌مولار نقش موثرتری در بهبود خصوصیات مختلف میوه داشتند.

واژه های کلیدی: اندازه، رنگ، سفتی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث

مقدمه

کنار با نام علمی *Ziziphus mauritiana* از جمله میوه‌های مهم مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر، گونه‌ای متعلق به خانواده Rhamnaceae می‌باشد (۱۱) . در ایران کشت کنار تاکنون جنبه کاملا تجاری به خود نگرفته است و عموما درختان کنار موجود به صورت خودرو رشد می‌کند. کیفیت میوه مانند یکسانی رنگ، سفتی بافت میوه، نسبت گوشت به هسته و مزه آن نقش مهمی در بازارپسندی میوه و امکان صادرات آن به بازارهای دوردست دارد. بنابراین تلاش در جهت بهبود شاخص‌های کمی و کیفی میوه نقش مهمی از نظر اقتصادی برای کشاورزان منطقه دارد. اخیرا استفاده از ترکیبات سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است تا به حفظ و بهبود خواص غذایی محصولات کشاورزی منتهی شود.

کلسیم یکی از عناصر بسیار ضروری در رشد و نمو درختان میوه می‌باشد (۷). کلسیم در بهبود کیفیت، سفتی پوست و عمر انباری میوه موثر است (۱۳).کاربرد کلرید کلسیم باعث حفظ سفتی بافت میوه هلو رقم Swelling شد (۱۴). پیوند کلسیم به صورت پکتات در تیغه‌های میانی برای استحکام دیواره سلولی و بافت گیاهی ضروری است. تخریب پکتات‌ها به وسیله آنزیم پلی‌گالاکتروناز صورت می‌گیرد، زمانی که کلسیم به حدکافی وجود داشته باشد از تخریب آنها ممانعت می‌شود(۲۳). هم‌چنین تیمارکلرید کلسیم در میوه هلو رقم آمسدن به طور معنی‌داری از کاهش وزن میوه جلوگیری نموده و باعث حفظ سفتی بافت میوه‌ها شد(۲). اسید سالیسیلیک نقش مهمی درکاهش تولید اتیلن، سفتی بافت، حفظ اسیدیته، کاهش میزان pH و

۱ و ۲-کارشناسی ارشد باغبانی و استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email:astegarhort@gmail.com)
۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.58482

کاهش آلودگی قارچی میوه دارد و مهم‌ترین نقش مثبت سالیسیلیک اسید در پس از برداشت میوه، افزایش ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی، افزایش عمر انبارمانی میوه و حفظ کیفیت ظاهری می‌باشد (۲۲). طبق گزارش ابوطالبی و رمضانی در سال ۲۰۱۵ تیمار سالیسیلیک اسید روی میوه کنار هندی به طور معنی‌داری مواد جامد محلول و ویتامین ث را افزایش داد و به طور کلی کیفیت میوه را بهبود بخشید. تیمار سالیسیلیک اسید در میوه هلو رقم فلوریداکینگ عملکرد، استحکام میوه، اسیدیته و میزان ویتامین ث را افزایش داد (۵). نشان داده شده که پلی‌آمین‌ها به عنوان کاتیون‌های آلی همانند کاتیون‌های غیرآلی مثل کلریدکلسیم فعالیت آنزیم پکتین استراز را در گوشت میوه گریپ فروت کاهش داده و مانع از نرم شدن آن در انبار می‌شوند. هم‌چنین ممکن است که از طریق اتصال به اسیدهای فنولی نقش دفاعی در گیاه داشته باشد (۲۷). کاربرد قبل از برداشت پوترسین در میوه کنار سفتی میوه را افزایش و به طور کلی کیفیت میوه را بهبود بخشید (۶).کاربرد قبل از برداشت پوترسین در میوه کنار رقمpu-yun میزان سفتی بافت، طول و قطر میوه را افزایش داد (۱۶). بنابراین در این پژوهش اثر تیمارهای شیمیایی کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر برخی خواص کمی و کیفی میوه کنار هندی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

در یک باغ تجاری واقع در اطراف شهرستان رودان، درختان ۵ ساله با شرایط رشدی یکسان انتخاب و محلول‌پاشی طی دو مرحله انجام شد، مرحله اول زمانی که قطر میوه‌ها ۱۰-۸ میلی‌متر بودند و مرحله دوم ۲۵ روز قبل از برداشت یا همان مرحله شکست رنگ بود. تیمارها شامل شاهد (محلول پاشی با آب مقطر)، کلریدکلسیم ۰/۵ درصد، کلریدکلسیم ۱/۵ درصد ، پوترسین ۱ میلی مولار، پوترسین ۲ میلی مولار، سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار و سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار بودند. هر تیمار شامل سه تکرار بود که هر درخت به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. پس از پایان عملیات محلول‌پاشی اندازه‌گیری‌ها و بررسی خصوصیات کمی و کیفی میوه کنارهندی انجام شد. طول و قطر میوه با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ برحسب میلی متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سفتی بافت، بعد از برداشتن پوست میوه از دستگاه پنترومتر با نوک میله نفوذکننده ۸ میلی متری استفاده شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیان گردید (۲۱). پس از آبگیری ۵ میوه از هر تکرار، مقدار حجم آب آن به وسیله استوانه مدرج اندازه گیری و اعداد برحسب میلی لیتر بیان شد. نسبت گوشت به هسته با تقسیم وزن میوه به وزن هسته محاسبه شد. وزن میوه و هسته نیز به وسیله ترازوی حساس اندازه‌گیری و برحسب گرم بیان شد. درجه اسیدی آب میوه‌ها پس از گرفتن آب میوه‌ها توسط pH متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال مدل DBR95 تعیین و نتایج به صورت درجه بریکس بیان شد. میزان ویتامین ث (میلی گرم آسکوربیک اسید در۱۰۰ گرم نمونه) میوه ها، با روش تیتراسیون با ۶،۲ دی کلروفنل ایندوفنل اندازه گیری شد. برای تعیین میزان اسیدآسکوربیک مقدار یک سی‌سی از آب میوه را با پنج سی‌سی متافسفریک مخلوط کرده و پس از سانتریفیوژ به مدت ۳ دقیقه، محلول رویی را برداشته و با ایندوفنل تیتر می‌کنیم. ظهور رنگ ارغوانی نشان دهنده پایان تیتراسیون است. عدد مربوط به میزان ایندوفنل مصرفی را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار داده تا میزان ویتامین ث تعیین گردد (۱۹).

$$AA= (V\times F \times Y\times 100) /(W \times T)$$

که در آن AA میزان اسید آسکوربیک در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه، V میلی لیتر ایندوفنل مصرف شده در تیتراسیون، F عامل ایندو فنل که برای محلول استاندارد اسید آسکوربیک برابر با ۰/۲۵ است، Y میلی لیتر حجم مخلوط میوه و اسید متافسفریک که برابر با ۶ است، W گرم وزن نمونه که برابر با ۱ است و T میلی‌لیتر حجم نمونه برای تیتراسیون که برابر با ۵ است.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی‌فنیل۱- پیکریل هیدرازیل) تعیین و میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. ابتدا ۰/۵گرم بافت نمونه همراه با ۳ میلی لیتر متانول ۸۵٪ ساییده شده، سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور۶۰۰۰ سانتریفیوژ می‌شود. پس از صاف کردن به وسیله کاغذ صافی، ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی برداشته شده و به آن ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر اضافه می‌شود. سپس ۷۵ میکرولیتر از محلول حاصل را برداشته و به آن ۲۹۲۵ میکرولیتر DPPH اضافه می‌شود و پس از ورتکس، جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده می‌شود. بعد از آن نمونه را به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده و جذب آن مجددا خوانده می‌شود. فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۱۲).

$$\text{Total antioxidant activity (\%RSA)} = [A_{t0} - A_{t30}/ A_{t0})] \times 100$$

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید کل، مقدار ۰/۵ گرم از بافت میوه را وزن و با نیتروژن مایع در هاون چینی آسیاب و به آن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد، سپس جذب محلول در طول موج‌های ۶۶۳ برای کلروفیل a، ۶۴۵ برای کلروفیل b و۴۷۰ برای کاروتنوئیدها قرائت گردید (۴) پارامترهای رنگی : میزان L (روشنایی) ، a (قرمزی) و b (زردی) توسط دستگاه رنگ سنج مدل CR-400 تعیین شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آنالیز داده ها توسط نرم افزار MSTAT-C انجام

گردید و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول ۱ تیمارهای مورد استفاده بر فاکتورهای مختلف بجز مواد جامد محلول، میزان روشنایی (l) و میزان کلروفیل a تاثیر معنی‌داری نشان دادند.

جدول۱- تجزیه واریانس اثر کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر صفات مختلف میوه کنار هندی رقم خرمایی

Table 1- ANOVA of the effect of calcium chloride, putrescine and salicylic acid on different characters of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* cv. khormaee) fruit

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degrees of Freedom	میانگین مربعات Means of Squares							
		ویتامین ث Vitamin C	اسیدیته TA	مواد جامد محلول TSS	نسبت گوشت به هسته Pulp to seed ratio	حجم آب Fruit juice volume	قطر Diameter	طول Length	سفتی Firmness
تکرار Replication	2	26.3^{ns}	0.018**	2.84^{ns}	2.01**	106.8**	0.68^{ns}	0.6^{ns}	0.59**
تیمار Treatment	8	770.8**	0.024**	3.47^{ns}	1.88**	134.2**	4.44**	12.6**	2.09**
خطا Error	16	87.1	0.001	2.06	0.03	6.6	0.38	1.2	0.01
ضریب تغییرات (٪)		11.5	3.5	11.3	1.8	9.6	2.4	3	2.7

** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری

**and ns: significant at 1% and non significant, respectively

ادامه جدول۱- تجزیه واریانس اثر کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر صفات مختلف میوه کنار هندی رقم خرمایی

Continue of table 1- ANOVA of the effect of calcium chloride, putrescine and salicylic acid on different characters of

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degrees of Freedom	میانگین مربعات Means of Squares									
		آنتی اکسیدانت antioxidant	فنل Phenol	هیو Hue angle	کروما Chroma index	b	a	L	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل Chlorophall a	کلروفیل Chlorophyll b
تکرار Replication	2	0.87 ^{ns}	28.1 ns	1.9 ns	15.2 ns	14 ns	0.4 ns	0.55 ns	0.55 *	853.3 ns	177040.1 *
تیمار Treatment	8	7.06**	64.2**	38.7**	46.6**	4.9**	10.1 ns	3.33**	3.31**	2381.7**	184859**
خطا Error	16	1.07	10	1.7	5.3	5.5	2	0.12	0.12	494.8	4709
ضریب تغییرات (C.V ٪)		7.5	31.4	1.2	6	7	13.6	12	15.2	17.1	13.1

Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* cv. khormaee) fruit

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

*,**and ns: significant at 5%, 1% and non significant, respectively

سفتی بافت

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود از نظر میزان سفتی، میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد از سفتی بافت بیشتری برخوردار بودند، به طوری که بهترین تیمارها از این نظر سالیسیلیک اسید ۱ و ۲ میلی مولار بودند (جدول۲). اثر پلی‌آمین‌ها در حفظ سفتی بافت میوه را می‌توان به اتصال آن‌ها به گروه‌های کربوکسیل ترکیبات پکتیکی در دیواره سلولی نسبت داد. این اتصال دسترسی آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره مثل پکتین متیل استراز و پلی‌گالاکتروناز را بلوکه می‌کند و این سبب کند شدن شتاب نرم شدن میوه می‌شود (۱۸). افزایش سفتی بافت در میوه‌های کنار تیمار شده با کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید نیزگزارش شده است (۱۶).

طول و قطر

طول و قطر میوه‌های تیمارشده به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها به طور معنی‌داری طول و قطر میوه را افزایش دادند (جدول ۲). به طوری که طول میوه از ۳۴/۶ میلی متر در شاهد به ۳۹/۳ میلی متر در تیمار پوترسین تغییر کرد. بزرگترین اندازه میوه از نظر طول در تیمار پوترسین ۱ میلی مولار و از نظر قطر در تیمار کلریدکلسیم ۱/۵ درصد مشاهده شد. در این رابطه می‌توان اشاره نمود که پلی‌آمین ها در تقسیم سلولی دخالت دارند که این افزایش تعداد سلول ها و به دنبال آن افزایش حجم میوه، می تواند باعث بهبود اندازه و شکل ظاهری میوه کنار گردد.

نسبت گوشت به هسته

نسبت گوشت به هسته در میوه‌های تیمار شده به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها به طور معنی‌داری نسبت گوشت به هسته را افزایش دادند (جدول۲). بیشترین نسبت گوشت به هسته در تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار مشاهده شد. افزایش وزن میوه، اندازه میوه و وزن گوشت می‌تواند به دلیل بهبود رشد میوه و جذب مواد مغذی باشد. کاربرد محلول‌پاشی کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید، وزن میوه، قطر میوه و نسبت گوشت به هسته را درمیوه‌های هلو رقم فلوریداکینگ افزایش داد. بهبود صفات فیزیکی میوه در نتیجه کاربرد تیمارها به خصوص پوترسین ممکن است ناشی از اثر آن در طویل شدن اندازه سلول و افزایش قدرت سینک کربوهیدرات و در نتیجه افزایش اندازه و وزن میوه باشد (۵).

حجم آب میوه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها حجم آب بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۲). از بین تیمارهای شیمیایی مختلف کلریدکلسیم ۱/۵ درصد بیشترین مقدار حجم آب را به خود اختصاص داد. افزایش طول و قطر و نسبت گوشت به هسته در میوه‌های تیمارشده می تواند دلیل افزایش حجم آب نیز باشد. گزارش شده است که در میوه‌های عناب تیمار شده با کلسیم و سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری طول، قطر، حجم آب و وزن گوشت میوه در مقایسه با شاهد افزایش یافت (۱۶).

مواد جامد محلول

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها در مقایسه با شاهد مقدار مواد جامد محلول را کاهش دادند (جدول۲). گزارش شده است که تیمار میوه‌های کیوی رقم هایوارد با پوترسین، مقدار مواد جامد محلول را کاهش داد (۹). هم‌چنین تیمار میوه‌های هلو با کلریدکلسیم ۱ درصد مقدار مواد جامد محلول را کاهش داد (۵).

اسیدیته قابل تیتراسیون

اثر تیمارهای مختلف بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها در مقایسه با شاهد مقدار اسیدیته بیشتری داشتند. در بین تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار و کلرید کلسیم ۰/۵ و ۱/۵ درصد بیشترین مقدار اسیدیته را نشان دادند (جدول ۲). گزارش شده است که میوه‌های شلیل رقم Quetta تیمار شده با پوترسین مقدار اسیدیته را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند (۳). اسیدهای آلی به هنگام رسیدن میوه به دلیل تنفس و تبدیل آن به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. احتمالا پلی‌آمین‌ها با کاهش میزان تنفس منجر به ممانعت از تجزیه اسیدها و بالا نگه داشتن میزان درونی آنها می‌شوند (۲۰).

ویتامین ث

اثر تیمارهای مختلف برمیزان ویتامین ث در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها منجر به افزایش ویتامین ث نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). در بین سه تیمار مورد استفاده، تیمار پوترسین نسبت به دو تیمار دیگر از نظر حفظ ویتامین ث موثرتر بود. کلسیم با اتصال به غشا باعث پایداری آن می شود و با این کار از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی به غشا جلوگیری کرده و به حفظ

سلامتی غشاهای زیستی کمک و در حقیقت از تجزیه اسیدآسکوربیک جلوگیری می‌کند (۲۴). مقدار ویتامین ث در میوه‌های کنارهندی تیمارشده با سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود. علت این موضوع می‌تواند این باشد که تیمار سالیس-یلیک اسید با حفظ شرایط اسیدی میوه به حفظ اسید کل آن کمک نموده است. علاوه بر این مقدار ویتامین ث در محیط‌های فاقد اتیلن به مقدار قابل توجهی بالاتر است که این کاهش تولید اتیلن نتیجه اثر سالیسیلیک اسید می‌باشد (۱). در تحقیقی مقدار ویتامین ث در میوه‌های عناب تیمارشده با کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (۱۶).

جدول۲- اثر کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر صفات مختلف میوه کنارهندی رقم خرمایی

Table 2- Effects of of calcium chloride, putrescine and salicylic acid on different characters of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* cv. khormaee) fruit

تیمارها Treatment	سفتی Firmness (kg/cm^2)	طول Length (mm)	قطر Diameter (mm)	حجم آب Fruit juice volume (ml)	نسبت گوشت به هسته Pulp to seed ratio (g)	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته TA	ویتامین ث Vitamin C (mg/100g)
Control شاهد	3.23^{c}	34.60^{b}	24^{c}	19.33^{c}	8.63^{b}	12.97^{a}	0.88^{d}	62^{d}
$CaCl_2$ 0.5% کلرید کلسیم ۰/۵ درصد	4.87^{ab}	39.23^{a}	26.60^{ab}	27.67^{ab}	10.19^{a}	9.36^{b}	1.080^{ab}	88.67^{abc}
$CaCl_2$ 1.5% کلرید کلسیم ۱/۵ درصد	4.63^{b}	37.97^{a}	27.37^{a}	33.67^{a}	10.40^{a}	9.46^{b}	1.087^{ab}	78^{c}
Putrescine 1mM پوترسین ۱میلی مولار	4.56^{b}	39.30^{a}	25.93^{b}	28^{ab}	10.15^{a}	9.90^{b}	0.95^{cd}	93.33^{ab}
Putrescin 2mM پوترسین ۲میلی مولار	4.92^{ab}	38.87^{a}	26.20^{b}	29^{ab}	10.06^{a}	9.96^{b}	0.90^{cd}	98^{a}
Salicylic acid 1Mm سالسیلیک اسید ۱ میلی مولار	5.2^{a}	37.57^{a}	25.53^{b}	24.67^{bc}	9.89^{a}	8.86^{b}	1.13^{a}	88^{abc}
Salicylic acid 2mM سالسیلیک ۲ میلی مولار	4.96^{ab}	38.27^{a}	25.60^{b}	29.67^{ab}	10.43^{a}	9.53^{b}	0.99^{bc}	84^{bc}

در هر ستون هر یک از تیمارها، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

In each column, each data followed by the same letters indicate no significant difference in the level of 5% by Duncan's multiple range test.

فعالیت آنتی اکسیدانی

اثر تیمارهای مختلف بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند (شکل۱). که از بین سه تیمار مورد استفاده سالیسیلیک اسید دارای بالاترین سطح آنتی‌اکسیدانی بود. نشان داده شده است که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید روی درختان پرتقال ناول رقم Cara Cara فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه را افزایش داد. نتایج نشان داد که سالیسیلیک اسید می‌تواند میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه و ارزش غذایی آن را با افزایش محتوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی حفظ کند (۱۵).

رنگریزه‌ها

اثر تیمارهای مختلف بر میزان کلروفیل a و b درسطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارها مقدار کلروفیل a و b را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند (جدول۳). در تحقیقی مقادیر کلروفیل a و b در میوه‌های عناب تیمارشده با کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید افزایش و مقدار کاروتنوئید کاهش یافت (۱۶). ثر تیمارهای مختلف بر میزان

کاروتنوئید در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تمامی تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد مقدار کاروتنوئید کاهش یافت (جدول ۳). نتایج بیانگر آن است که میوه‌های تیمار شده سبزتر از میوه‌های شاهد باقی مانده اند. تیمار قبل از برداشت پوترسین سطوح کاروتنوئید کل را در ارقام آلوی ژاپنی در طی رسیدن کاهش داد. کاهش سطوح کاروتنوئید کل ممکن است به دلیل کاهش بیوسنتز کاروتنوئیدها یا افزایش تخریب کاروتنوئیدها با تیمار پوترسین در طی رسیدن میوه آلو باشد (۱۷).

شکل ۱-اثر کاربرد قبل از برداشت کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد رادیکال آزاد) میوه کنارهندی رقم خرمایی. حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

Figure 1- Effects of preharvest application of calcium chloride, putrescine and salicylic acid on antioxidant activity of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* cv. khormaee) fruit. Same letters indicate no significant difference in the level of 5% by Duncan's multiple range test

پارامترهای رنگی(L^*، b^* و a^*)

در بین سطوح مختلف تیمارها از نظر مقدار L^* و b^* اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما اثر تیمارهای مختلف برمقدار a^* در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. در تمامی تیمارها مقدار a^* نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول۳). کاربرد پوترسین در میوه انبه مانع توسعه رنگ در گوشت میوه شد (۱۰). کاهش توسعه رنگ در اثر کاربرد خارجی پوترسین به نقش آن در جلوگیری از تخریب کلروفیل نسبت داده می شود (۱۶). اثر تیمارهای مختلف بر مقدار شاخص کروما و درجه هیو در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. تمامی تیمارها مقدار کروما و هیو را در مقایسه با شاهد افزایش دادند (جدول ۳). شاخص کروما نشان دهنده میزان اشباع شدگی و یا شدت رنگ است بنابراین میوه‌های تیمار شده از نظر رنگ پوست سبزتر از تیمار شاهد باقی مانده اند. زاویه هیو شاخصی از رنگ مواد غذایی است که زاویه ۰ یا ۳۶۰ درجه، نمایانگر رنگ قرمز و زاویه‌های ۹۰، ۱۸۰ و۲۷۰ به ترتیب نشان دهنده رنگ‌های زرد، سبز و آبی می باشد. بنابراین نتایج نشان می دهد که میوه‌های تیمار شده نسبت به تیمار شاهد سبزتر باقی مانده اند و یا به عبارتی تیمارهای محلول‌پاشی باعث دیررس‌تر شدن میوه کنار شده اند.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از تیمارکلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید باعث کاهش مقدار درصد مواد جامد محلول، افزایش اندازه، سفتی بافت، ویتامین ث، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و عدم تغییر رنگ در میوه کنار گردید که این فاکتورها در افزایش کیفیت میوه و نگهداری پس از برداشت بسیار مفید بوده و باعث کاهش ضایعات می‌گردد. به طورکلی کلریدکلسیم درغلظت ۰/۵درصد، سالیسیلیک اسید در غلظت ۲ میلی‌مولار و پوترسین نیز در غلظت ۲ میلی‌مولار جهت بهبود کیفیت میوه کنار توصیه می‌شود.

جدول۳- اثر محلولپاشی کلریدکلسیم، پوترسین و سالیسیلیک اسید بر صفات مختلف میوه کنار هندی رقم خرمایی

Table 3- Effects of calcium chloride, putrescine and salicylic acid on different characters of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* cv. khormaee) fruit

تیمارها Treatment	کلروفیل Chlorophyll a (mg/g FW)	کلروفیل Chlorophyll b (mg/g FW)	کارتنوئید Carotenoid (mg/g FW)	L^*	a^*	b^*	Chroma index	Hue angle
Control شاهد	0.45^{c}	0.11^{cd}	3.59^{a}	55.66^{a}	8.32^{a}	34.21^{a}	35.59^{b}	103.2^{d}
$CaCl_2$ 0.5% کلرید کلسیم ۰/۵ درصد	0.56^{ab}	0.16^{a}	1.72^{bc}	41.30^{b}	9.78^{a}	31.87^{a}	43.34^{a}	107.3^{c}
$CaCl_2$ 1.5% کلرید کلسیم ۰/۵ ۱ درصد	0.48^{bc}	0.13^{bc}	1.90^{bc}	49.73^{ab}	11.27^{b}	35.86^{a}	45.89^{a}	108.1^{bc}
Putrescine 1mM پوترسین ۱میلی مولار	0.49^{abc}	0.11^{cd}	2.63^{b}	46.63^{ab}	11.98^{bc}	32.15^{a}	37.67^{b}	110.3^{ab}
Putrescin 2mM پوترسین ۲میلی مولار	0.57^{ab}	0.14^{b}	1.15^{c}	52.95^{a}	12.87^{c}	34.78^{a}	38.98^{b}	110.
Salicylic acid 1Mm سالسیلیک اسید ۱ میلی مولار	5.53^{ab}	1.435^{b}	1.25^{c}	47.10^{ab}	11.11^{bc}	34.97^{a}	34.46^{b}	108.7^{abc}
Salicylic acid 2mM سالسیلیک ۲ میلی مولار	5.82^{a}	1.469^{ab}	1.35^{c}	51.10^{ab}	12.36^{c}	34.23^{a}	36.39^{b}	110^{ab}

در هر ستون هر یک از تیمارها، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

In each column, each data followed by the same letters indicate no significant difference in the level of 5% % by Duncan's multiple range test.

منابع

1-Aboutalebi Jahromi A., and Ramazani M. 2015. Effect of chitosan and salicylic acid on qualitative properties of Indian ziziphus (*Ziziphus mauritiana* Lam.cv., Seb), Indian journal of fundamental and Applied life science, 5(1):113-116

2-Ardakani A., Davarinejad G. H., and Azizi M. 2012. Effect of foliar application of pre-harvest salicylic acid on the shelf life, post- harvest quality and antioxidant activity of apricot varieties of "light", Journal of horticultural science, 26(4):448-459.(in Farsi)

3-Afshari H., Musavi S. A., and Minooa Moghadam J. 2015. Studying effect of zinc, boron and putrescine on some of the physicochemical properties of nectarine (Quetta varity), Journal of Applied Environmental and Biological Science, 5(10):181-187.

4-Arnon, A.N, 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants, Agronomy journal, 23:112-121.

5-Ali I., Abbasi N. A., and Hafiz A. 2014. Physiological response and quality attributes of peach fruit cv. floridaking as affected by different treatments of calcium chloride, putrescine and salicylic acid, Pakistan journal Agricultural Science, 51(1):33-39.

6-Al-Obeed R. S., 2012. Jujube post-harvest fruit quality and storability in response to agro-chemicals preharvest application. African Journal of Agricultural Research, 7(36): 5099-5107.

7-Akhtar A., Abbasid N. A., and Hussain A. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of Loquat fruit during storage, Pakistan Journal of Botany, 42: 181-188.

8-Asadi R., Oraghi ardebili Z., and Abdossi V. 2013.The modified quality by the application of different kinds of polyamines in apricot trees (*prunus armeniaca*), journal of Applied Environmental and Biological Science, 3(1):28-31.

9-Asar P., Rahimi M., and Taghipoor L. 2012. The effects of spermidine and putrescine on the quality of post-harvest storage Hayward variety kiwifruit, Iranian Journal of Horticultural Science, 43 (3): 336-331. (in Farsi)

10-Azarkish P. and Shamili M., 2014. Influence of Putrescine and cold water on qualitative features and shelf life of mango (*Mangifera indica* L) fruit. Journal of Food Science & Technology, 12(47):65-74. (in Farsi)
11-Bhansali A. K., 1975. Monographic study of the family Rhamnaceae of India. Ph.D. Thesis, University of Jodhpur, India.
12-Brand-Williams W., Cuvelier M. F., and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology, 28(1):25-30.
13-Dolati Bane H., Hassani A., Majidi A., Zomorrodi S., Hassani G., and Malakoti M. G. 2001. Effect of calcium chloride concentration and frequency of spraying on firmness and storage characteristics of red apples Lebanese in the Urmia region. Journal of Agricultural Science, 12(4): 47-54.
14-El-shazly S. M., Eisa A. M., Moatamed A. M. H., and Kotb H. R. M., 2013. Effect of some agro-chemicals pre-harvest foliar application on yield and fruit quality of "swelling "peach trees, Alexandria Journal of Agricultural Research, 58(3):219-229.
15-Huang R., Xia R., Lu Y., Hu L., and Xu Y. 2008. Effect of pre-harvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of 'Cara navel orange (*Citrus sinenisis* L. Osbeck). Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(2):229-236.
16-Kassem H. A., Al-Obeed R. S., Ahmed M. A., and Omar A. K. H. 2011. Productivity fruit quality and profitability of jujube trees improvement by preharvest application of Agro-chemical, Middle-East, journal of scientific research, 9(5):628-637.
17-Khan A. S., and Singh Z., 2010. Pre-harvest application of putrescine influences Japanese plum fruit ripening and quality. Food Science and Technology International, 16(1):53-64.
18-Mirdehghan S. H., Rahemi M., Castillo S., Martínez-Romero D., Serrano M., and Valero D., 2007. Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf-life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. Postharvest Biology and Technology, 44: 26-33.
19-Mostofi.y and Najafi. F, 2015, Laboratory analytical methods in Horticultural Sciences, Tehran University Press, p. 136. (In Farsi)
20-Nasirzadeh M., 2010. Influence of postharvest application of polyamines on reducing chilling injury, ripening and improving shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran.121p. (in Farsi)
21-Ramazani maava M., Aboutalebi A., and Khademi R. 2012a. Effect of duration and storage temperature on some of fruit quality of Hindi Ber *Ziziphus mauritiana* Lam,cv.seb, Journal of Physiology and postharvest technology of horticultural products, 2:35-42.
22-Ramazani maava M., Aboutalebi A., and Khademi R. 2012b. Effect of chitosan and salicylic acid on qualitative properties of *Ziziphus mauritiana* Lam,cv.seb, Journal of physiology and postharvest technology of horticultural products, 1:89-99.(in Farsi)
23-Sarikhani H., Golami M., and Ershadi A. 2010. Effect of salicylic acid and sulfur dioxide-releasing layer on the storage life of grape varieties Fakhri. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 11(4): 309-320.
24-Spinardi, A.M. 2005. Effect of harvest data and storage on antioxidant systems in pears. Journal of Acta Horticulture, 682: V International Postharvest Symposium.
25-Tahmasebi Poor M., Dehghani j., Seyyedlu Hry S. S., and Ghanbarzade b. 2014. Color change modeling for drying grapes ultrasonic pretreatment with methyl cellulose and check the sensory characteristics, Journal of Food Science and Technology, 1(4:) 61-79. (in Farsi)
26-Winer L., and Apelbaum A. 1986. Involvement of polyamines in the development and ripening of avocado fruits, Journal of plant physiology, 126: 223-233.
27-Zakaee khosroshahi M., and Asnaashari M. 2008. Effect of putrescine on post-Harvest Life and Physiology of Strawberry, Apricot, Peach, Cherry, Natural Resources Agricultural Science and Technology, 12 (45): 228-219. (in Farsi)

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 227-237
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۳۷-۲۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Preharvest Application of Calcium Chloride, Putrescine and Salicylic Acid on Some Quality and Quantity Characters of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* khormaee)

F. Shanbehpour Bandari[1]- S. Rastegar[2*]- M. Ghasemi[3]

Received: 03-09-2016
Accepted: 25-04-2018

Introduction: *Ziziphus mauritiana* is a drought-tolerant fruit tree that originated in Central Asia. *Ziziphusmauritiana* v. khormaee is one of the cultivars of Hindi Ber which was favored by many people in the worldand Iran. Maintenance of fruit quality is critical while employing any new technology for increasing production. Fruit quality such as color, firmness, size, antioxidant and pulp to seed ratio had important role in marketability of fruits that can be affected by some chemicals. The quality of fruit can be influenced by growth conditions, developmental stage at harvest and postharvest factors. Calcium treatment, either by prearrest foliar sprays or by postharvest dips, represents a safe and potentially effective method for increasing the quality of some fruits. Prearrest treatments are more effective when calcium is applied directly to the fruit surface, since calcium moves in the transpiration stream and little or no subsequent translocation occurs from leaf to fruit. Calcium is an essential element which involved in cell division, elongation and fruit growth. Polyamines have the properties of growth promoters. Exogenous application of PAs has been reported to improve fruit retention and yield of fruits. Although a number of studies demonstrated the significance of PAs in reducing fruit drop and improving yield in various fruit crops, information on their effects on fruit quality is scant. Salicylic acid (SA) is an endogenous growth regulator of phenolic nature, which participates in the regulation of physiological processes in plants. Little information is available on the effects of foliar application of different Pas, salicylic acid and calcium on the quality of Ber fruit.

Materials and Methods: In this study, we evaluated the effect of foliar application of calcium chloride, putrescine and salicylic acid in various concentrations on fruit quality and quantity characters of Hindi ber(*Ziziphusmauritiana .khormaee*). Fruits selected from trees of the same age with branches of the same height and spraying with calcium chloride (0.5 and 1.5%), putrescine (1 and 2 mM), salicylic acid (1 and 2 mM) and distilled water (control) in two stages before commercial maturity. First stage, when fruit were 5-10 mm in size and second stage, when fruit color break. After the harvest fruit were transferred immediately to the laboratory and measured quantitative and qualitative parameters such as firmness, fruit length, fruit diameter, volume of fruit juice, pulp to seed ratio, soluble solids, titratable acidity, pH, ascorbic acid, chlorophyll a, b and carotenoids, color parameters and antioxidant activity. The length and diameter of the fruit were measured using a micrometer caliper. Total soluble solids (TSS) were determined using a digital refractometer. Firmness values of each individual fruit were measured at two points of the equatorial region by using a texture analyzer with a 5 mm Lurton 5005 probe. Fruits surface color was measured on individual fruit from each replicate at two opposite sides using a chromameter (CR 400, Minolta).For vitamin C (ascorbic acid) determination the titrimetric method with 2, 6-dichlorophenolindophenol reagent was applied. Antioxidant activity of fruit was tested by free radical DPPH scavenging.

Results and Discussion: The results showed that foliar application of calcium chloride, putrescine and salicylic acid favorably was effective on quantitative and qualitativecharacteristics Hindi Ber genotype.Kormaed. In treated fruits, total soluble solids (TSS), carotenoids and a* value were less and degree of firmness, fruit length, diameter, volume of fruit juice, pulp to seed ratio, titratable acidity, ascorbic acid (vitamin C), antioxidant activity, chlorophyll a and b, chroma index and hue angle were higher than control. Parameters of L* and b* in treated fruits had not significant different with control. Control fruits had the minimum carotenoid and the maximum chlorophyll. Fruit treated with putrescin(2mM) and control has the highest L* value. Different concentration of treatment that used hadn't any significant difference with together in antioxidant characters. Maximum and the minimum firmness were found in salicylic acid (1mM) and control respectively. Among

1 and 2- Graduated MSc and Assistant Professor of Department of Horticultural Science, Agriculture and Natural Resource College, University of Hormozgan
(*- Corresponding Author Email: rastegarhort@gmail.com)
3- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Qazvin

different treatments, $CaCl_2$ 1.5% showed highest volume of fruit juice of course had not significant difference with other treatments. The highest total soluble solids observed in control and highest vitamin C value showed inputrescintreatments

Conclusions: Generally, our result showed treatments that study in this study were effective on quality of Ber fruit. Calcium chloride (0.5 %), putrescine (2 mM), salicylic acid (2 mM) had the best effect on fruit quality. Therefor this chemical can be used to improve Ber fruit quality for consumer and marketing.

Keywords: Antioxidant Activity, Color, Firmness, Size, Vitamin C

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 239-249
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۴۹-۲۳۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

نقش قارچ اندوفیت *Pirifomospora indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک

حمیدرضا رحمانی[۱]- ابراهیم محمدی گل تپه[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

چکیده

کودهای زیستی، متشکل از ریزموجودات مفید، به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید محصولات گلخانه‌ای در سامانه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردند. در تحقیق حاضر تاثیر غلظت‌های ۰(شاهد)، ۸۰، ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی‌لیتر قارچ اندوفیت *P. indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی (رقم گاویتا) تحت شرایط کشت هیدروپونیک در قالب طرح کاملا تصادف در ۲۸ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. قارچ *P. indica* در غلظت‌های مختلف بصورت روش تزریق پای بوته به گیاهان توت فرنگی تلقیح شد. میزان گلدهی ۸ ماه بعد از تلقیح برای تمام گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. یک هفته پس از آخرین برداشت طول و وزن تر و خشک ریشه اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان گلدهی، طول و وزن تر وخشک ریشه مربوط به تیمار ۳۳۰ اسپور در میلی‌لیتر و شاهد به ترتیب با ۳۷، ۷۲ ، ۷۶/۷۱ و ۷۵/۵۲ درصد افزایش نسبت به شاهد می‌باشد و همچنین بین تیمارهای شاهد، ۸۰ و ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر در مورد صفات مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که تیمارهای ۳۳۰ و ۲۵۰ اسپور در میلی‌لیتر با بقیه تیمارها در ($P\leq۰/۰۱$) اختلاف معنی‌داری داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت‌های بالای قارچ *P. indica* می‌تواند باعث افزایش صفات مذکور و در نتیجه بر رشد و عملکرد گیاه تاثیر مثبت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: گلخانه ، توت‌فرنگی، میزان گلدهی، کشت بدون خاک ، اندومایکوریز

مقدمه

امروزه در جهان بیش از نیمی از محصولات گلخانه‌ای به روش هیدروپونیک[۳] تولید می‌شوند، سیستم کشت گلخانه‌ای بدون خاک یا هیدروپونیک، امکان کنترل هرچه بهتر تغذیه گیاهان را فراهم آورده و تحول شگرفی در عرضه محصولات گلخانه‌ای، از جمله توت‌فرنگی ایجاد کرده است (۳۰). هیدروپونیک به پرورش گیاهان در محیط بدون خاک اطلاق شده که در این روش معمولاً موادی برای حفظ و نگه‌داری سیستم ریشه‌ای به‌کار می‌رود و تغذیه گیاه از طریق محلول غذایی که به محیط اضافه می‌شود صورت می‌پذیرد (۳، ۴). توت‌فرنگی گیاهی علفی چندساله، متعلق به خانواده گل‌سرخیان و از جنس Fragaria و گونه *Fragaria rosea* Schroers. بوده که امروزه از دیگرگونه‌های *F. chilensis* L.، *F. virginia* Duchesne و هیبرید بین این دو یعنی *F. ananasae* Duchesne. استفاده زراعی می‌شود که بیشترین گونه مورد استفاده در گلخانه‌ها گونه *F. ananasae* می‌باشد (۶ و ۷). این میوه به دلیل غنی بودن از انواع ویتامین‌ها مانند ویتامین C، A، B6، E، فیبر، آنتی‌اکسیدان‌ها مانند اسید الاجیک (ضد سرطان) و اسید سالیسیلیک (باعث کاهش لخته شدن خون و بیماری‌های عروقی می‌شود) و عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر از طرفداران زیادی برخورداراست (۲۱). توسعه کشت توت فرنگی در اکثر نقاط جهان مورد توجه قرار دارد در سال ۲۰۱۱ سطح زیر کشت این محصول در جهان حدود ۲۴۲۳۷۱ هکتار با میزان تولید ۴۳۰۸۱۷۹ تن بوده است، بر اساس گزارش FAO[۴] میزان تولید توت فرنگی در ایران رقمی برابر ۲۹۵۶۶ تن است که بخش اعظم آن در استان کردستان تولید می‌شود. توت فرنگی از میوه‌هایی است که جنبه تازه بودن آن بسیار مهم است بنابراین کشاورزان برای ماندگاری بیشتر و ایجاد جذابیت برای خریدار، قارچ‌کش‌های قوی به آن می‌زنند که اگر باقیمانده این سموم در زمان

۱ و ۲- کارشناسی ارشد و استاد گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: Emgoltapeh@modares.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.56832

3- Hydroponic
4- Food and Agriculture Organization

استفاده بیشتر از حد مجاز باشد، باعث ایجاد مسمومیت‌های مزمن در افراد خواهد شد. به دلیل استفاده بی‌رویه از آنها، این سموم وارد چرخه غذایی مصرف‌کنندگان و باعث امراض گوناگونی در طولانی مدت می‌شوند. راه‌حل این مشکل کشت توت فرنگی به صورت ارگانیک می‌باشد که در آن از هیچ ماده شیمیایی استفاده نمی‌شود (۱).

روش‌های بیولوژیک مبتنی بر استفاده از پتانسیل ارگانیسم‌های مفید خاکزی در برقراری روابط همزیستی با گیاهان، نقش موثری در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های زنده و غیر زنده برعهده دارد، یکی از مهمترین روابط همزیستی در عالم حیات که در طی دوره تکامل به وجود آمده است، همزیستی میکوریزا می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یکدیگر سود می‌برند. همزیستی قارچ‌های اندوفیت با گیاهان باعث بهبود رشد گیاه، تحمل به تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، دما) القاء مقاومت سیستمیک، فراهم کردن مواد غذایی و مقاومت به عوامل بیماری‌زا در گیاه همزیست می‌گردد (۲۶). یکی از مهمترین قارچ‌های اندوفیت (شبه میکوریز) قارچ *Pirifomospora indica* Varma. می‌باشد که در سال ۱۹۹۸ توسط وارما و همکاران (۴۷) از خاک ریزوسفری گیاهان خشکی پسند کهور *Prosopis juliflora* (SW) DC. و کنار *Zyzyphus nummulara* Wight & Arn. از صحرای تار ایالت راجستان کشور هندوستان جداسازی شد.

P. indica دارای دامنه وسیعی از گیاهان میزبان است که با کلونیزاسیون ریشه آنها سبب تحریک شدید رشد میزبان‌های خود می‌گردد. این قارچ بصورت داخل سلولی و بین سلولی رشد کرده و تولید کلامیدوسپورهای گلابی شکل که Cortex ریشه را کلونیزه کرده اما قادر به حمله کردن به قسمت‌های داخلی بافت‌ها ریشه نمی‌باشد (۸، ۲۷). قارچ *P. indica* به راحتی روی بسترهای مختلف کشت می‌شود (۴۷) و رشد و تولید بیومس کل گیاهان مختلف از جمله: تک لپه‌ها (*Zea mays* L.,*Oryza sativa* L., *Triticum sativum* Lam., *Sorghum vulgare* Moench)، دولپه‌ایها (*Glycine max* L., *Solanum melongena* L., *Artemissia annua* L., *Nicotiana tabacum* L., *Cicer arietinum* L.)، درختان، گیاهان دارویی از جمله: *Bacopa monnieri* L.، *A. annua* و چندین محصول اقتصادی مهم را به طور فوق العاده‌ای بهبود می‌بخشد (۵ و ۴۹).

قارچ با جذب بیشتر موادغذایی برای گیاه تحمل آن را تحت شرایط تنش آبی، درجه حرارت و شوری بالا برده و همچنین با دادن مقاومت سیستمیک به گیاه آنها را در مقابل عوامل بیماری‌زا، حشرات و فلزات سنگین مقاوم می‌کند (۴۳). قارچ *P. indica* با کلونیزه‌کردن و افزایش رشد ریشه بسیاری از گیاهان عملکرد آنها را افزایش می‌دهد و رشد محصولات را در خاک‌های فقیر با کمتر کردن استفاده از آفت کش‌ها و کودهای شیمیایی بهبود می‌بخشد (۳۲ و ۴۸). تلقیح قارچ *P. indica* به بعضی از گیاهان متعلق به خانواده شب‌بو شامل کلم (*Brassica oleracea* L.) اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) و خردل (*Brassica juncea* L.) باعث افزایش رشد و عملکرد این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد شد. نتیجه این تحقیق نشان‌داد که بر خلاف قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار که قادر به ایجاد همزیستی با گیاهان خانواده شب بو نمی‌باشند، قارچ *P. indica* نه تنها واجد این توانایی است بلکه سبب رشد اندام‌های هوایی و حجم ریشه و همچنین باعث گل‌دهی و میوه‌دهی زود هنگام اعضای این خانواده نیز شد (۲۷و ۳۱ و ۳۷).

در مطالعه‌ای تأثیر دو قارچ *P. indica* و *S. vemifera* بر روی رشد و عملکرد گیاه (*Nicotiana attenuate* L.) مورد بررسی قرار گرفت. در اثر تلقیح گیاه با این قارچ‌ها درصد بالایی از بذور تحریک به جوانه‌زنی شده و میزان رشد و ارتفاع ساقه گیاه افزایش یافت. این تلقیح سبب گلدهی زود هنگام شده و تعداد گل‌های تولیدشده و کپسول‌های بذری نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بود. همچنین وزن خشک گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های *P. indica* و *Sebacina vermifera* Pers. به ترتیب حدود ۲۸ و ۲۳ درصد افزایش یافت (۲).

در تحقیقی رشد و عملکرد گیاهان دارویی *Spilanthes calva* DC. و *Withania somnifera* L. تلقیح شده با قارچ *P. indica* در خزانه و مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش معنی‌داری در رشد و عملکرد هر دو گونه گیاه دارویی تلقیح شده با قارچ نسبت به گیاه شاهد (تلقیح نشده) مشاهده شد. طول ساقه و طول ریشه، زیست‌توده، سطح برگ، اندازه کلی، تعداد گل آذین و گل و تولید بذر گیاهان مذکور تماماً در حضور قارچ افزایش یافتند (۳۸).

پراجاپاتی و همکاران (۳۳) گزارش دادند که گیاهان برنج تلقیح شده با *P. indica* از نظر تمام شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به شاهد برتری داشتند.

مطالعه متعدد نشان می‌دهد که *P. indica*، ریشه گیاه گوجه‌فرنگی را کلونیزه و در نتیجه میزان بیومس برگ آن را تا ۳۵٪ افزایش می‌دهد. از همه مهم‌تر این است که قارچ *P. indica* میزان وزن تر و وزن خشک میوه گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۱۵۵و ۳۵ درصد افزایش می‌دهد. این آزمایش در سیستم هیدروپونیک انجام شده که معمولاً برای تولید داخلی در اروپای مرکزی استفاده می‌گردد (۱۴).

کلونیزه شدن ریشه با قارچ *P. indica* موجب افزایش گلدهی در گیاهان *Coleus forskohlii* Andrews.، کدو و تنباکو گردید (۱۳، ۱۸ و ۴۱). با توجه به افزایش جمعیت و حرکت به سمت استفاده از محصولات ارگانیک هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ اندوفیت *P. indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی تحت شرایط کشت هیدروپونیک می‌باشد.

مواد و روش

به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف قارچ *P. indica* بر صفات فیزیولوژیک گیاه توت فرنگی تحت شرایط کشت هیدروپونیک در سال زراعی ۱۳۹۲ آزمایش گلخانه‌ای بصورت طرح کاملا تصادفی در ۲۸ تکرار انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل غلظت‌های ۰(شاهد)، ۸۰، ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی‌لیتر قارچ اندوفیت *P. indica* بودند. قارچ مورد استفاده در تحقیق حاضر از کلکسیون قارچ شناسی گروه بیماری شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. قارچ اندوفیت ریشه روی محیط جامد کیفر (Medium Kafer) (۲۴) کشت شد. تولید مایه‌تلقیح قارچ برای آلوده ساختن ریشه گیاه، مستلزم وجود تعداد کافی اسپور قارچ است، لذا با تهیه تعداد کافی پتری‌دیش محتوی محیط کشت کیفر، جدایه قارچ مذکور کشت داده شد و در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد درون انکوباتور به مدت چهار هفته نگهداری شد. پس از سپری شدن مدت زمان لازم جهت تولید اسپور مقدار ۲۰ میلی لیتر محلول آب -توئین ۲۰ درصد به هر پتری دیش افزوده شد و پس از جمع‌آوری اسپورهای قارچ، تعداد آنها با استفاده از لام نئوبار شمارش (10^5اسپور در میلی لیتر) شد (۳۶ و ۳۹). پس از تهیه محیط کشت کیفر، قطعه‌ای از قارچ در مرکز تشک نه سانتی متری کشت گردید. تشک‌ها پس از تلقیح تحت دماهای مختلف ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. نتایج پس از گذشت ۱۲ – ۱۰ روز مورد بررسی قرار گرفت و میزان رشد پرگنه قارچ با خط کش اندازه‌گیری و ثبت گردید (۲۲و ۲۸و ۳۱و ۳۴و ۴۴و ۴۵و ۵۰).

اولین‌بار گردمن و نیکولسون[1] (۲۰) روشی را برای رنگ‌آمیزی ریشه‌های آلوده به قارچ شبه میکوریز پیشنهاد کردند. مطابق این روش ریشه‌ها چند دقیقه در محلول لاکتوفنل و آبی پنبه جوشانده شده و سپس با محلول لاکتوفنل، تمیز و شفاف شدند. در حالی که فیلیپس و هایمن[2] (۳۵) جوشاندن ریشه‌ها را در محلول پتاس به منظور شفاف کردن بافت ریشه در گیاهان ریشه سیاه یا گیاهانی که ریشه ضخیم دارند و سپس رنگ آمیزی آن در محلول لاکتوفنل تریپان بلو را به عنوان روش موثری جهت رویت اندام‌های قارچ در بافت ریشه پیشنهاد دادند، که در تحقیق حاضر از این روش برای رنگ‌آمیزی ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ *P. indica* استفاده شد.

برای این پژوهش ۱۴۰ نهال توت فرنگی از گلخانه توت فرنگی دانشکده کشاورزی تربیت مدرس تهران تهیه گردید و سپس آنها در۱۴۰ گلدان به قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری در بستر پرلیت و کوکوپیت (۲:۱) کشت داده شد و با محلول‌های غذایی مخصوص (محتوای عناصر کم مصرف) گیاه توت‌فرنگی آبیاری گردیده شد.در مرحله بعد دو هفته پس از استقرار ریشه تلقیح غلظت‌های مختلف۸۰،۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر قارچ *P. indica* به پای ریشه گیاه با استفاده از سرنگ انسولین استریل انجام گردید شکل ۱ (۴۷). شرایط دمایی و رطوبتی مناسب رشد قارچ در گلخانه توت فرنگی فراهم گردید و حدودا دو تا سه هفته یکبار گیاهان مورد آزمایش هرس (جهت حذف شاخه‌های پیر و مزاحم و آفت زده و ایجاد تعادل بین شاخساره و ریشه) گردیدند و با محلول‌های غذایی در هر روز سه مرتبه آبیاری شدند (شکل ۲). میزان گلدهی ۸ ماه بعد از تلقیح برای تمام گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. یک هفته پس از آخرین برداشت توت فرنگی تمام بوته‌های توت فرنگی را از گلدان در آورده و طول ریشه و وزن تر ریشه اندازه گیری گردید. پس از تعیین وزن تر تمام نمونه‌های برداشت شده نمونه‌های مذکور به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و وزن خشک ریشه آنها نیز محاسبه گردید (۴۸). اطلاعات جمع‌آوری شده به نرم‌افزار Excel منتقل شد و بعد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل گردید و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین دمای بهینه برای رشد قارچ *P. indica*

نتایج حاصل از بررسی میزان رشد پرگنه *P. indica* پس از گذشت ۱۲ – ۱۰ روز در دماهای مختلف ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مطابق جدول (۱) و شکل (۳) می‌باشد. بهترین دما برای رشد این قارچ ۲ ± ۳۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد که با مطالعات بسیاری (۲۲و۱۲و ۲۸و ۳۱ و ۳۴و ۴۴ و ۴۵ و ۵۰) مطابقت داشت.

بررسی توان آلوده‌سازی ریشه توسط قارچ

نتایج مطالعات میکروسکوپی صورت گرفته بر روی ریشه گیاهان تلقیح شده با غلظت‌های مختلف قارچ، حاکی از توان بالای این قارچ در غلظت‌های بالا (۳۳۰ و ۲۵۰ اسپور در میلی لیتر) در آلوده نمودن ریشه گیاهان میزبان داشت، بطوری که به وضوح و بطورگسترده انبوهی از ریسه‌های برون ریشه‌ای حاصل از رشد اسپورهای قارچ در سطح خارجی و بخش کورتکس ریشه مشاهده شد. همچنین اندامک‌های کروی قارچ نیز در داخل کورتکس ریشه مشاهده گردید، که تعداد ریسه‌ها و کلامیدوسپورها در تیمارهای مختلف متفاوت است. در تیمارهای ۳۳۰ و ۲۵۰ اسپور در میلی‌لیتر تعداد ریسه‌ها در بخش خارجی ریسه و کلامیدوسپورها در داخلی کورتکس نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (شکل ۴) که نتایج این آزمایش با نتایج تحقیقات پاراجاپاتی و همکاران (۳۳)، والر و همکاران (۵۰)، رای و

1- Gerdmann and Nicolson,1963
2- Phillip J. M., and Hayman

ورما (۳۹) و اسکافیر و همکاران (۴۲) همخوانی داشت.

بررسی تاثیر قارچ *P. indica* بر صفات فیزیولوژیک

نتایج جدول (۲) نشان داد که بین تیمارهای مختلف در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد به طوری که با افـزایش غلظـت قارچ میزان گلدهی، پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت فرنگی افزایش یافت که نشان دهنده تاثیر مثبت قارچ اندوفیت بر صفات فیزیولوژیک ذکر شده می‌باشد.

شکل۱- تلقیح قارچ *P. indica* به بوته‌های گیاه توت فرنگی با سرنگ انسولین

Figure 1- Inoculation of *P. indica* on strawberry plantby insulin syringe

شکل ۲- گیاهان توت فرنگی تلقیح شده با قارچ *P. indica*

Figure 2- Strawberry plants inoculated with *P. indica*

جدول ۱- میزان رشد پرگنه قارچ *Pirifomospora indica* در دماهای مختلف بر حسب (سانتی‌متر)

Table 1– Colony growth rate of *Pirifomospora indica* at different temperatures (cm)

	دما Tempeture(°C)					
	10	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**
میزان‌رشد قارچ *P. indica* Growth rate of *P. indica*	1.2	3.2	4.6	6.8	8.4	8.4

شکل ۳- میزان رشد پرگنه قارچ *P. indica* در محیط جامد کیفر تحت دماهای مختلف

a: دمای ۱۰ °C، b: دمای ۱۵ °C، c: دمای ۲۰ °C، d: دمای ۲۵ °C، e: دمای ۳۰ °C و f: دمای ۳۵ °C

Figure 3- Colony growth rate *P.indica* in kafer solid under different temperatures.

a: 10 C°, b: 15 C°, c: 20 C°, d: 25 C°, e: 30 C°, f: 35 C°

شکل ٤- آلوده شدن ریشه با قارچ اندوفیت *P. indica*

a: ریشه فاقد اندام‌های قارچی گیاهان شاهد (تیمار ۱). b و c: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۸۰ اسپور در میلی لیتر(تیمار ۲). d و e: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر(تیمار ۳). f و g: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۲۵۰اسپور در میلی لیتر(تیمار ۴). h و i: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر(تیمار ۵).

Figure 5. Roots infected with endophytic fungus *P. indica*

a: Root lacks fungal organs control plants (Treatment 1). b,c: Root tissue infected by concentration 80 spore/ml (Treatment 2). e,d: Root tissue infected by concentration 160 spore/ml (Treatment 3). g,f: Root tissue infected by concentration 250 spore/ml (Treatment 5). I,h: Root tissue infected by concentration 330 spore/ml (Treatment 5).

بررسی تاثیر قارچ بر میزان گلدهی

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۳۷ درصد افزایش میزان گلدهی نسبت به گیاهان شاهد بیشترین و تیمار۱ (شاهد) کمترین تاثیر را بر میزان گلدهی داشتند. تیمارهای ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر به ترتیب با ۱۸/۵۳ و ۳۷ درصد افزایش میزان گلدهی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند، اما بین تیمارهای ۰، ۸۰ و ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۳). همانطور که در نتایج مشخص شد، میزان گلدهی در تیمارهای ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت. در این رابطه می‌توان اظهار داشت که همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب (جذب بیشتر عناصر

غذایی به ویژه فسفر) و افزایش بیوماس گیاه توت فرنگی موجبات تسریع و افزایش در میزان گلدهی در بوته‌های تیمار شده با قارچ *P. indica*را فراهم می‌آورد، که با نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات ورما و همکاران (۴۹)، کوماری و همکاران (۲۷)، رشمی و همکاران (۳۷)، کاپور و همکاران (۲۵)، فرانکن و همکاران (۱۶) و فاخر و همکاران (۱۴) در زمینه تاثیر قارچ اندوفیت بر افزایش میزان گلدهی گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به گیاهان شاهد و علت افزایش گلدهی مطابقت داشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف قارچ *Pirifomospora indica* روی برخی از صفات فیزیولوژیک توت فرنگی

Table 2- ANOVA of the effect of *Piriformospora indica* different concentrations of on some physiological traits of strawberry

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of Freedom	میانگین مربعات Mean of Squared			
		گلدهی(Flowering)	طول ریشه Root length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
غلظت های قارچ Concentrations of fungi	4	76.5**	1267.11**	165.42**	54.31**
خطا آزمایشی Error	135	1.4	5.16	1.7	0.13
CV (%)	-	0.765	0.19	0.12	0.22

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

**: Significant at 1%

جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ *Pirifomospora indica* بر برخی از صفات فیزیولوژیک گیاه توت فرنگی

Table 3- Mean comparison of *Piriformospora indica* different concentrations effect on some physiological traits strawberry

تیمارها Treatments		گلدهی Flowering	طول ریشه Root length	وزن تازه ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
	0 (Control)	11.6^{c}	22.4^{d}	7.73^{d}	3.15^{c}
	80	11.8^{c}	22.75^{d}	8.42^{d}	3.18^{c}
Spores of *Piriformospora indica* /ml	160	12.1^{c}	24.94^{c}	9.96^{c}	3.32^{c}
	250	13.75^{b}	30.41^{b}	11.75^{b}	4.42^{b}
	330	15.5^{a}	38.36^{a}	13.66^{a}	5.55^{a}

میانگین ها با حروف مشابه در داخل هر ستون برای هر صفت تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with the same letters in within each column for each trait are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

بررسی تاثیر قارچ بر طول ریشه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول۳)، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۲ درصد افزایش طول ریشه نسبت به گیاهان شاهد بیشترین و تیمار۱ (شاهد) کمترین تاثیر را بر طول ریشه گیاه توت فرنگی داشتند. همچنین تیمارهای ۲۵۰ و ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر به ترتیب با ۳۷ و ۱۴/۳۳ درصد افزایش طول ریشه نسبت به گیاهان شاهد، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند، در حالی که بین تیمارهای شاهد و تیمار ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

آزمایشی به منظور بررسی افزایش رشد برنج (*Oryza sativa* L.) به وسیله تلقیح دوگانه *Azotobacter chroococcum* Martin. و *P. indica* همراه با ورمی‌کمپوست انجام شد و اثرات آنها بر طول ساقه، طول ریشه، وزن تر ساقه و ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه و تعداد خوشه در روزهای ۴۵ ام و۹۰ ام مورد بررسی قرار گرفت. در هردو مرحله زمانی تمام پارامترها برای گیاهان تلقیح شده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد (۳۳). همانطورکه نتایج آزمایش نشان داد تیمارهای ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه در گیاه توت فرنگی نسبت به سایر تیمارها در سطح ۵ درصد شدند که تیمار ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۲ درصد افزایش طول ریشه نسبت به شاهد بیشترین تاثیر را بر افزایش طول ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به سایر تیمارها داشت. در این رابطه می توان اظهار داشت که قارچ *P. indica* در غلظت‌های بالا به دلیل افزایش تولید هورمون اکسین موجب افرایش طول ریشه گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد می‌گردد و افزایش طول ریشه موجب جذب بیشتر عناصر غذایی مفید از خاک می‌گردد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات رای و همکاران (۳۸)، دروج و همکاران (۱۳)، داس و همکاران (۹)، دولت آبادی و همکاران (۱۰ و۱۱) و رشمی و همکاران (۳۷) در زمینه تاثیر معنی‌دار

قارچ *P. indica* بر افزایش طول ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به گیاهان شاهد، مطابقت داشت.

بررسی تاثیر قارچ بر وزن تر ریشه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۳)، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۶/۷۱ درصد افزایش وزن تر ریشه نسبت به گیاهان شاهد بیشترین و تیمار۱ کمترین تاثیر را بر وزن تر ریشه گیاه توت‌فرنگی داشتند، همچنین تیمارهای ۳۳۰، ۲۵۰ و۱۶۰ اسپور در میلی لیتر به ترتیب با ۷۶/۷۱، ۵۲ و ۲۸/۸۴ درصد افزایش وزن‌تر ریشه نسبت به گیاهان شاهد، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند. بین تیمارهای ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر نیز تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده گردید، در حالی که بین تیمارهای شاهد و تیمار ۸۰ اسپور در میلی‌لیتر تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد.

بررسی تاثیر قارچ وزن خشک ریشه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۳)، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۵/۵۲ درصد افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد بیشترین تاثیر را بر وزن خشک ریشه گیاه توت فرنگی داشت. همچنین تیمارهای ۳۳۰ و ۲۵۰ به ترتیب با ۷۵/۵۲ و ۴۰/۰۳ درصد افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند، در حالی که بین تیمارهای شاهد، تیمار۸۰ ، ۱۶۰ اسپور در متفاوت معنی-داری درسطح ۵ درصد مشاهده نشد.

مقایسه میانگین‌داده‌ها نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت قارچ *P. indica* بر وزن تر و خشک ریشه گیاه می‌باشد بطوریکه در نتیجه عمل مایه‌زنی، وزن‌تر ریشه گیاهان تلقیح شده با تیمارهای۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر (بخصوص تیمار ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۶/۷۱ درصد افزایش) و وزن خشک ریشه تیمارهای ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور میلی لیتر به ترتیب با ۴۰/۰۳ و ۷۵/۵۲ درصد افزایش نسبت به سایر تیمارها افزایش بیشتری پیدا کرد. علت افزایش وزن تر و خشک ریشه در گیاه مایه‌زنی با قارچ را می‌توان نتیجه افزایش میزان هورمون اکسین توسط قارچ در غلظت‌های بالا دانست که افزایش این هورمون منجر به افزایش رشد ریشه و سطح تماس با خاک و همچنین افزایش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی ضروری به گیاه می‌گردد. دولت‌آبادی و همکاران (۱۰) تأثیر غلظت‌های مختلف اکسین و قارچ *P. indica* روی رشد و نمو نعناع فلفلی و آویشن در شرایط کشت بافت مورد بررسی قرار دادند. وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با قارچ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در مطالعاتی بارازانی و همکاران (۲)، تاثیر قارچ شبه میکوریز *P. indica* بر روی عملکرد گیاه توتون (*Nicotiana attenuate* L.) بررسی گردید. مایه‌کوبی گیاه با این قارچ باعث افزایش درصد جوانه زنی بذور و میزان رشد و عملکرد گیاه نسبت به گیاهان شاهد شد، همچنین وزن خشک و تر ریشه در گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به شاهد بیشتر بود. همچنین نتایج این تحقیق با تحقیقات، ساتسان و همکاران (۴۰)، مورفی و همکاران (۲۹)، گوزال و همکاران (۱۹)، حسینی و همکاران (۲۳)، سان و همکاران (۴۶) و فرانکن (۱۷)، مطابقت داشت.

سپاسگزاری

از گروه بیماری شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران بخصوص استاد راهنما جناب اقای دکتر ابراهیم محمدی گل تپه و مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر ناصر صفایی به خاطر فراهم نمودن تسهیلات لازم جهت انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Arzani A., Mobheli M., and Nahchiri A. 2007. Hydroponic Culture. Isfahan University of Technology Press, 210 pp, Iran.
2- Barazani O., Benderoth M., Groten K., Kuhlemeier C., and Baldwin I.T. 2005. *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* increase growth performance at the expense of herbivore resistance in *Nicotiana attenuata*. Oecologia, 146: 234–243.
3- Bohme M. 1993. Effects of hydroponics on the development of cucumber growing in ecologically suitable substrates. International Symposium on New Cultivation Systems in Greenhouse, 361: 133-140.
4- Bonfante P. and Perotto S. 1995. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. New phytology, 130: 3-21.
5- Butehorn B., Rhody D., and Franken, P. 2000. Isolation and characterisation of Pitef1 encoding the translation elongation factor EF-1α of the root Endophyte *Piriformospora indica*. Plant Biology, 2:687–692.
6- Bould C. 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry (Fragaria spp.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 15: 474-487.
7- Carrasco B., Garcés M., Rojas P., Saud G., Herrera R., Retamales J.B., and Caligari P.D. 2007. The Chilean

strawberry [Fragaria chiloensis (L.) Duch.]: genetic diversity and structure. Journal of the American Society for Horticultural Science, 132(4): 501-506.

8- Das A., Kamal S., Shakil Najam A., Sherameti I., Oelmuller R., Dua M., Tuteja N., Johri Atul K., and Varma A. 2012 .The root endophyte fungus *Piriformospora indica* leads to early flowering, higher biomass and altered secondary metabolites of the medicinal plant, *Coleus forskohlii*. Plant Signaling & Behavior, 7: 1–10.

9- Das A., Tripathi S., and Varma A. 2014. *In vitro* plant development and root colonization of *Coleus forskohlii* by *Piriformospora indica*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30(3): 1075-1084.

10- Dolatabadi H.K., Goltapeh E.M., Moieni A., and Varma A. 2010. Effect of different concentrations of auxin and *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris in vitro* and in vivo experiments. Journal of Medicinal Plants, 2 (9): 14-22.

11- Dolatabadi H.K., Goltapeh E.M., Moieni A., Jaimand K., Sardrood B.P., and Varma A. 2011. Effect of *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on plant growth and essential oil yield in *Thymus vulgaris* in vitro and in vivo experiments. Symbiosis, 53:29–35.

12- Dolatabadi H., and Goltapeh E.M. 2013. Effect of inoculation with *piriformospora indica* and *sebacina vermifera* on growth of selected brassicaceae plants under greenhouse conditions. Journal of Horticultural Research, 21(2): 115-124.

13- Druge U., Baltruschat H., and Franken P. 2007. *Piriformospora indica* promotes adventitious root formation in cuttings. Science Horticulture, 112: 422–426.

14- Fakhro A., Andrade-Linares D.R., Bargen S., Bandte M., Buttner C., Grosch R., Schwarz D., and Franlen P. 2010. Impact of *Piriformospora indica* on tomato growth and on interaction with fungal and viral pathogens. Mycorrhiza, 20: 191–200.

15- FAO F. 2011.Agricultural Organization. FAOSTAT (http://faostat. fao. org/site/567/DesktopDefault. aspx.

16- Franken P., Requena N., Butehorn B., Krajinski F., Kuhn G., Lapopin L., and Stommel M. 2000. Molecular analysis of the arbuscular mycorrhiza symbiosis. Archives of Agronomy and Soil Science, 45(4): 271-286.

17- Franken P. 2012. The plant strengthening root endophyte *Piriformospora indica*: potential application and the biology behind. Applied Microbiology & Biotechnology, 96:1455-1464.

18- Ghimire S. R., Charlton N.D., and Craven K.D. 2009. The Mycorrhizal Fungus, *Sebacina vermifera*, Enhances Seed Germination and Biomass Production in Switchgrass (*Panicum virgatum* L). Bioenergy Research, 2:51–58.

19- Gosal S.K., Karlupia A., Gosal S.S., Chhibba I.M., and Varma A. 2010. Biotization with *Piriformospora indica* and *Pseudomonas fluorescens* improves survival rate, nutrient acquisition, field performance and saponin content of micropropagated *Chlorophytum* sp. Indian Journal of Biotechnology, 9: 289–297.

20- Gerdmann J.W., and Nicolson T.H. 1963. Spore of mycorrhizal Engogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, 46: 235-244.

21- Haynes R.J., and Goh K.M. 1987. Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 18: 457-471.

22- Hill T.W., and Kafer E. 2001. Improwed protocols for aspergillus medium: trace elements and minimum medium salt stock solutions. Fungal Genetic News Letter, 48: 20-21.

23- Husaini A.M., Abdin M.Z., Khan S., Xu Y.W., Aquil S., and Anis M. 2012. Modifying strawberry for better adaptability to adverse impact of climate change. Current Science, 102:1660–1673.

24- Kafer E. 1977. Meiotic and mitotic recombination in *Aspergillus* and its chromosomal aberrations. Advances in Genetic, 19: 33-131.

25- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. BioresourceTechnology, 93: 307- 311.

26- Kirch H.H., Vera-Estrella R., Golldack D., Quigley F., Michalowski C.B., Barkla B.J., and Bohnert H.J. 2000. Expression of water channel proteins in *Mesembryanthemum rystallinum*. Plant Physiology, 123: 111- 124.

27- Kumari R., Kishan H., Bhoon Y.K., and Varma A. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformospora indica*. Current Science, 85:1672–1674.

28- Malla R., Prasad R., Kumari R., Giang P. H., Pokharel U., Oelmüller R., and Varma A. 2004. Phosphorus solubilizing symbiotic fungus: *Piriformospora indica*. Journal of Endocytobiosis and Cell Research, 15:579-600.

29- Murphy B.R., Doohan F.M., and Hodkinson T.R. 2014. Yield increase induced by the fungal root endophyte *Piriformospora indica* in barley grown at low temperature is nutrient limited. Symbiosis, 62(1): 29-39.

30- Neocleous D., and Vasilakakis M. 2010. Effects of cultivars and substrates on soilless strawberry production in *Cyprus* p. 435-440. In 28th International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 926, Lisbon, Portugal.

31- Oelmuller R., Shahollari B., Peskan-Berghofer T., Trebicka A., Giong P.H., Sherameti I., Oudhoff M., Venus Y., Altschmied L., and Varma A. 2004. Molecular analyses of the interaction between Arabidopsis roots and the growth-promoting fungus *Piriformospora indica*. Journal of Endocytobiosis and Cell Research, 15: 504-17.

32- Peskan-Berghofer T., Shahollari B., Giong P.H., Hehl S., Markert C., and Blanke V. 2004. Association of *Piriformospora indica* with *Arabidopsis thaliana* roots represents a novel system to study beneficial plant-

microbe interactions and involves early plant protein modifications in the endoplasmatic reticulum and at the plasma membrane. Plant Physiology, 122:465–77.

33- Prajapati K., Yami K.D., and Singh A. 2008. Plant growth promotional effect of *Azotobacter chroococcum*, *Piriformospora indica* and vermicompost on rice plant. Nepal Journal of Science and Technology, 9: 85-90.

34- Pham H.G., Kumari R., Singh A., Malla R., Prasad R., Sachdev M., Kaldorf M., Buscot F., Oelmueller R., Hampp, R., Saxena A.K., Rexer K.H., Kost G., and Varma A. 2004. Axenic culture of symbiotic fungus *Piriformospora indica*. p. 593-613. In: Plant surface microbiology (Varma, A., Abbott, L.K., Werner, D., Hampp, R., eds) Springer –Heidelberg, Berlin.

35- Phillip J. M., and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and VAM fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55: 158–161.

36- Qiang X., Weiss M., Kogel K.H. and Schafer P. 2012. *Piriformospora indica*—a mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. Molecular plant Pathology, 13(5): 508-518.

37- Rashmi K., Latha J.N.L., Sowjanya T.N., Kirannayi P., Rao M.V., Menon C., and Mohan P.M. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformospora indica*. Current Science, 85(12): 1672.

38- Rai M., Acharya D., Singh, A., and Varma A. 2001. Positive growth responses of the medicinal plants *Spilanthes calva* and *Withania somnifera* to inoculation by *Piriformospora indica* in a field trial. Mycorrhiza, 11(3): 123-128.

39- Rai M., and Varma, A. 2005. Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatoda vasica* Nees. Electronic Journal of Biotechnology, 8(1): 1-6.

40- Satheesan J., Narayanan A. K. and Sakunthala M. 2012. Induction of root colonization by *Piriformospora indica* leads to enhanced asiaticoside production in Centella asiatica. Mycorrhiza, 22:195–202.

41- Sahay N.S., and Varma A. 1999. *Piriformospora indica*: a new biological hardening tool for micropropagated plants. FEMS Microbiology Letters, 181: 297–302.

42- Schafer P., Pfiffi S., Voll L.M., Zajic D., Chandler P.M., Waller F., Scholz U., Pons-Kuhnemann J., Sonnewald S., Sonnewald, U., and Kogel K.H. 2009. Manipulation of plant innate immunity and gibberellin as factor of compatibility in the mutualistic association of barley roots with *Piriformospora indica*. Plant Journal, 59:461–474.

43- Serfling A., Wirsel S.G., Lind V., and Deising H.B. 2007. Performance of the biocontrol fungus *Piriformospora indica* on wheat under greenhouse and field conditions. Phytopathology, 97: 523-531.

44- Shahollari B., Varma A., and Oelmuller R. 2005. Expression of a receptor kinase in Arabidopsis roots is stimulated by the basidiomycete *Piriformospora indica* and the protein accumulates in Triton X-100 insoluble plasma membrane microdomains. Journal of Plant Physiology, 162: 945-958.

45- Singh A., and Varma A. 2005. Functional and immune-characterization of Sebacinales fungi with a broad mycorrhizal potentials. Scientific World, 3(3): 53-61.

46- Sun C.A., Johnson J., Cai D.G., Sherameti I., Oelmuller R., and Lou B.G. 2010. *Piriformospora indica* confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. Journal Plant Physiology, 167:1009–1017.

47- Verma S., Varma A., Rexer K.H., Hassel A., Kost G., Sarbhoy A., Bisen P., Butehorn B., Varma A., Sahay N.S., Butehorn B., & Franken P. 1998. *Piriformospora indica* a cultivable plant growth-promoting root endophyte. Applied and Environmental Microbiology, 65: 2741–2744.

48- Varma A., Verma S., Sudah S.N., and Franken P. 1999. *Piriformospora indica*, a cultivable plant growth-promoting root endophyte. Applied and Environmental Microbiology, 65:2741–2744.

49- Varma A., Bakshi M., Lou B., Hartmann A., and Oelmueller R. 2012. *Piriformospora indica*: A novel plant growth-promoting mycorrhizal fungus. Agricultural Research, 1:117-131.

50- Waller F., Mukherjee K., Deshmukh S.D., Achatz B., Sharma M., Schaefer P., and Kogel K.H. 2008. Systemic and local modulation of plant responses by *Piriformospora indica* and related Sebacinales species. Journal Plant Physiology, 165:60–70.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 239-249
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۴۹-۲۳۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Endophytic Fungi *Pirifomospora indica* on Flowering and Root Growth Parameters of Strawberry in Hydroponic Culture

H.R. Rahmani[1]-E. Mohammadi Goltapeh[2]*

Received: 03-09-2016
Accepted: 27-06-2017

Introduction: Strawberry as an herbaceous perennial plant, belongs to the Rosaceae family, which is considered as an important plant, due to having various types of vitamins such as C, A, B6, E. Nowadays, the excessive use of chemical fertilizers instrawberry productionin order to increase yields, has resulted in environmental pollution and dangers on the health of consumers. Microbial endophytes are considered as the most important soil microorganisms with genetic, physiological and ecological impacts in their host plants, increasing the yield. Pirifomosporaindica is a member of Basidiomycetes in order Sebacinales.The fungus is easily cultivable, lacks host specificity and colonizes roots of many different plants, mostly in an endophytic fashion. It interacts with a wide range of hosts, including bryophytes, pteridophytes, gymnosperms and a large number of mono- and dicot plants. The fungus grows inter- and intracellularly, forms pearshaped, auto fluorescent chlamydospores within the cortex of the colonized roots and in the rhizosphere zone, but it does not invade the endodermis and the aerial parts of the plants. The fungus promotes nutrient uptake, allows plants to survive under water, temperature and salt stresses, and confers systemic resistance to toxins, heavy metal ions, insects and pathogenic organisms. In this study,the effectson the flowering and root growth parameters of strawberry in hydroponic culture was examined in a completely randomized design with 28 replicationsundergreenhouse condition of Faculty of Agriculture,TarbiatModarres University.

Materials and Methods: This research was conducted in the greenhouse of faculty of agriculture TarbiatModarres University.Fungi used in this study was prepared of fungi collection of the Department of Pathology, University of TarbiatModarres. Endophytic fungus roots was cultured in solid medium Kafer.For this study, 140 strawberry runners were prepared and then put them in a pots with diameter of 25 and height of 30 cm was cultivated in perlite and cocopeat.Two weeks afterestablishment roots, concentrations, 0 (control), 80, 160, 250 and 330 spores/ml of endophytic fungus P. indica was inoculated by injecting around roots of strawberry plants. Temperature and humidity conditions needed for fungal growth were provided in the strawberry's greenhouse and were irrigated with a nutrient solution three times per day. Eight month after fungal inoculation flowering content was measured for all pots. One week after the last harvest length, Fresh and dry weight roots were measured. Data is transferred to excel software and then analyzed using SAS 9.1 software and comparison of means using Duncan test was conducted.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that among treatments there is significant difference on growth parameters of strawberryplants ($P < 0.01$),soby increasing concentration of fungi increased growth parameters and this indicate the positive impact of the endophytic fungus onthe growth parameters of strawberry plant is inoculated with the fungus than the control plants. Results showed that the maximum and minimum effects of fungal on growth parameters related to 330 sp/ml and control treatments, respectively. flowering content showed 37 and 18.53 percent increase respectively under 330 and 250 spores/ml compared to control which can be related to absorb more nutrient elements, especially phosphorus and biomass of strawberry plants. Root dry (76.71 and 52 percent) and fresh (75.52 and 40 percent) weights were increased under 330 and 250 spores/ml treatment compared to control and were significantly different with other treatments ($P < 0.05$), while there was no significant difference among control, 80 and 160 spores/ml treatments. Regarding to root length, 330, 250 and 160 spores/ml treatments resulted in 72, 37 and 14.33 percent increase respectively compared to control and showed a significant difference with other treatments. In this respect, it can be stated that P. indica at high concentrations due to the increase production of auxin that increased the root length, root dry and fresh weight is inoculated plants compared to control that increase root growth parameters which cause absorb more nutrient elements from soil.

1 and 2- Msc and Professor of Plant Pathology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University
(*-Corrsponding Author Email: emgoltapeh@modares.ac.ir)

Conclusions: It can be concluded that high concentrations of the fungus P. indica can increase physiological characteristics (the flowering, root length and dry weight and fresh weight) of strawberry plants. and thus it has a positive effect on plant growth and yield.

Keywords: Endomycorrhiza, Greenhouse Strawberry, Soilless culture

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 251-261
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۶۱-۲۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

ارزیابی روش‌های کاربرد اسید هیومیک و نسبت‌های ازت بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) رقم پاروس

ماهرخ رستمی[۱] - علی‌اکبر شکوهیان[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۶

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی ازت و آلی اسید هیومیک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) رقم پاروس تحقیقی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ در محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح کود ازت (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، دو روش کاربرد اسید هیومیک (برگی و خاکی) و چهار سطح اسید هیومیک (۰، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) بودند. برپایه نتایج به‌دست آمده اثر غلظت‌های مختلف ازت، اسید هیومیک و روش‌های کاربرد آن و اثرات متقابل آن‌ها در اکثر صفات در سطح احتمال پنج درصد از لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌اند. بررسی اثر متقابل بین اسید هیومیک و روش‌های کاربرد آن نشان داد که بیشترین مقادیر در صفات تعداد و سطح برگ از کاربرد خاکی ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار حاصل شده است. بیشترین تعداد گل و میوه و عملکرد از اثر متقابل ازت و اسید هیومیک در سطح ازت ۱۰۰ و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین نتایج اثرات متقابل سه جانبه سطوح اسید هیومیک و روش‌های کاربرد آن و تیمارهای ازت نشان داد که بیشترین مقادیر صفات وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه و حجم ریشه از کاربرد برگی ۴ کیلو گرم و برای میانگین وزن تک میوه کاربرد برگی ۲ کیلوگرم اسید هیومیک همراه با سطح ازت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شده است. براین‌اساس، بیشترین مقادیر در اکثر صفات مورد بررسی در مصرف ترکیبی سطوح ازت ۱۰۰ و کاربرد برگی ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: کاربرد برگی و خاکی، حجم ریشه، عملکرد، وزن تر و خشک

مقدمه

توت‌فرنگی تجاری با نام علمی *Fragarria ananassa* متعلق به تیره گلسرخیان (*Rosaceae*) و یک گیاه علفی دائمی است (۱۷). پایه کروموزومی توت‌فرنگی x =۷ و دارای چهار سطح پلوئیدی از دیپلوئید تا اکتاپلوئید می‌باشد (۱۵). توت‌فرنگی مورد کشت گیاهی اکتاپلوئید (۲n=۸x=۵۶) و هیبریدی از *F.virginiana* و *F.chiloensis* شناخته شده است (۱۲).

ازت در رشد رویشی و زایشی اکثر محصولات باغبانی دخالت دارد (۲۴) و استفاده‌ی بیش از حد نه تنها کارآیی مصرف آن را کاهش می‌دهد بلکه باعث آلودگی محیط زیست می‌شود (۲۵). امینی‌فرد و همکاران (۳) گزارش کردند که افزایش مقادیر ازت به‌طور معنی‌داری رشد رویشی گیاه بادمجان را به‌غیر از تعداد برگ تحت‌تأثیر قرار داده و باعث تأخیر در تشکیل گل شد و بالاترین میانگین وزن میوه و عملکرد در کاربرد متعادل آن حاصل شده است. افزایش بالاتر ازت سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد میوه و عملکرد توت‌فرنگی رقم گاویتا شده است (۱۳).

مواد هیومیک مخلوطی ناهمگن از مواد آلی در اثر تجزیه بقایای گیاهی و حیوانی (۲۰) و حاوی عناصر مغذی می‌باشد که مواد غذایی خاک را بهبود می‌بخشد و قابلیت دسترسی مواد غذایی و درنتیجه رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (۱ و ۷). مواد هیومیک شامل اسید هیومیک، اسید فولویک و هیومین می‌باشد و براساس حلالیت در آب به‌عنوان تابعی از PH مشخص می‌شود (۲۶). براساس گزارش حسینی فرحی و همکاران (۱۴) اسپری اسید هیومیک اثر مثبت روی تعداد میوه، عملکرد میوه در تک گیاه توت‌فرنگی رقم آرُماس داشت و غلظت‌های بیشتر باردهی تک گیاه را کاهش داد. رحیمیان و همکاران (۲۱) گزارش کردند که وزن تر ساقه و ریشه بادام‌زمینی در تیمار برگی ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بالا بود و بعد از آن کاهش

۱ و ۲- دانش آموخته و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: shokouhiana@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.60673

داشت.

همچنین مصرف ازت همراه با اسید هیومیک می‌تواند رشد رویشی و عملکرد را بهبود بخشد و راندمان مصرف کود شیمیایی ازت را افزایش دهد که می‌توان به اثرات متقابل مثبت آن‌ها بر روی خیار (۲۳) و گوجه‌فرنگی (۲) اشاره کرد. زیرا اسید هیومیک قابلیت نفوذپذیری سلول را افزایش می‌دهد و در نتیجه ورود سریع مواد معدنی را به سلول‌های برگ نمایان می‌سازد. بنابراین، منجر به جذب بالاتر مواد غذایی شده و رشد و عملکرد گیاه را باعث می‌شود (۸).

با توجه به اظهارات فوق و نبود اطلاعات کافی در مورد تأثیر غلظت و روش‌های کاربرد اسید هیومیک و نسبت‌های ازت بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی رقم پاروس در شرایط مزرعه تحقیق اخیر با هدف دست‌یابی به بهترین ترکیب تیماری در بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه موردنظر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در محدوده‌ی دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال‌های ۹۴- ۱۳۹۳ اجرا شد. در اوایل شهریور ماه آماده‌سازی زمین انجام شده و سپس کودهای پایه به مقدار ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب پتاس و فسفر به همراه چهل تن در هکتار کود دامی (۱۷) محاسبه و به خاک داده شد. سپس پشته‌هایی به ابعاد ۱/۵×۱ متر تهیه و ردیف‌های به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از هم‌دیگر در روی آن ایجاد کرده و نشاهای توت‌فرنگی رقم پاروس از خزانه تکثیر ارقام توت‌فرنگی زریبار مریوان 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 مترمربع کشت گردید.

آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با کاربرد تیمارهای برگی و خاکی اسید هیومیک هر کدام با چهار سطح (شاهد، ۲، ۴ و ۶کیلو گرم در هکتار) و تیمار کود ازت با سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) هر کدام با سه تکرار و در مجموع با ۷۲ واحد آزمایش به اجرا درآمد. در این بررسی سطوح ازت در کرت‌های اصلی و نوع کاربرد اسید هیومیک در کرت‌های فرعی و غلظت‌های اسید هیومیک در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. نصف سطوح تیمار ازت (کود اوره) در موقع کاشت و ۲۵ درصد در اول اردیبهشت و ۲۵ درصد در اول خرداد به‌صورت سرک داده شد. برای اعمال تیمارهای برگی و خاکی، اسید هیومیک (هیومستر تاب حاوی ۸۵ درصد اسید هیومیک و فولویک، شرکت گلسنگ یزد) با شروع فصل رشد به‌فاصله هر ۱۰ روز یکبار (جمعاً چهار بار) مصرف گردید. در روش خاکی اسید هیومیک بر اساس تیمارهای موردنظر اندازه‌گیری شده سپس با آب دیونیزه حل و در جوی‌های حاوی آب آبیاری اضافه گردید. در روش برگی بعد از آبیاری کرت‌ها پودر مورد نظر با مقدار معینی از آب دیونیزه حل و با اسپری دستی روی بوته‌ها به اندازه‌ی مساوی محلول‌پاشی شد. ضمناً بر روی تیمارهای شاهد فقط آب آبیاری و محلول‌پاشی آب دیونیزه اعمال گردید.

شاخص‌های مورد بررسی شامل، تعداد ساقه‌های رونده (در طول فصل رشد) و برگ (در پایان فصل رشد)، سطح برگ (سطح برگ‌سنج مدلBioScientific Ltd Area meter AM300)، میانگین وزن تر بخش هوایی و ریشه (به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم) و وزن خشک آن‌ها (قرار دادن نمونه‌ها در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت)، حجم ریشه (با استفاده از استوانه مدرج)، تعداد گل و میوه، میانگین وزن تک میوه و عملکرد در بوته (تا پایان محصول‌دهی) بودند. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص گردید که اثرات تیمارهای ازت، اسید هیومیک و اثر متقابل اسید هیومیک × روش کاربرد، بر تعداد برگ و اثر ساده اسید هیومیک و روش کاربرد آن و اثر متقابل ازت × روش کاربرد اسید هیومیک بر تعداد ساقه‌های رونده از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۲) نشان داد که بیشترین (۱۷/۲۸) و کمترین (۱۴/۳۶) تعداد برگ به‌ترتیب در سطوح ازت ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شده است. نتایج مشابهی توسط خان و همکاران (۱۸) روی فلفل‌دلمه‌ای گزارش شده است. از نظر اثر متقابل اسید هیومیک × روش کاربرد بیشترین (۱۷/۹۱) و کمترین (۱۴/۰۷) تعداد برگ به‌ترتیب در کاربرد خاکی و برگی ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴) سطح ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار کمترین (۱۸/۲۲) تعداد ساقه‌های رونده را داشت. ولی بین سطوح شاهد، ۲ و ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار با وجود روند افزایشی تعداد ساقه‌های رونده، با افزایش غلظت اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. در کاربرد ترکیبی ازت × روش کاربرد اسید هیومیک بیشترین (۲۲/۳۴) و کمترین (۱۶/۵۹) تعداد ساقه‌های رونده از تیمار ازت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و به‌ترتیب کاربرد خاکی و برگی اسید هیومیک حاصل شد (جدول ۵). مشاهدات اخیر با نتایج آزمایش کانتلف و همکاران (۵) در مورد افزایش تعداد ساقه‌های رونده با سطح بالای ازت هم‌خوانی دارد.

جدول ۱-تجزیه واریانس اثر سطوح اسید هیومیک و روش‌های کاربرد آن در تیمارهای مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی توت فرنگی رقم پاروس

Table 1- Analysis of variance of the effect of humic acid levels and methods of their application in different nitrogen treatments on morphological characteristics of strawberry cv. Paros

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares							
		تعداد برگ در بوته leaf number per plant	تعداد ساقه‌های رونده در بوته Runner number per plant	سطح برگ Leaf area	وزن تر Moisture weight: بخش هوایی Aerial part	وزن تر Moisture weight: ریشه Root	وزن خشک Dry weight: بخش هوایی Aerial part	وزن خشک Dry weight: ریشه Root	حجم ریشه Root volume
تکرار بلوک Block Repeat	2	0.862^{ns}	0.628^{ns}	95969.6^{ns}	0.215^{ns}	0.146^{ns}	0.317^{ns}	0.357^{ns}	0.427^{ns}
ازت Nitrogen	2	51.72^{**}	3.498^{ns}	328848.33^{**}	2124.497^{**}	475.571^{**}	157.885^{**}	45.339^{**}	167.09^{**}
اشتباه اصلی main error	4	2.053	1.951	59298.04	2.258	2.453	0.495	0.249	3.684
روش کاربرد Application method	1	4.052^{ns}	85.217^{**}	427303.9^{**}	896.62^{**}	7.044^{ns}	8.412^{ns}	0.982^{ns}	456.02^{**}
ازت × روش کاربرد Application × method Nitrogen	2	1.819^{ns}	60.509^{**}	13189.462^{ns}	400.498^{**}	94.248^{**}	13.928^{*}	8.651^{**}	78.468^{**}
اشتباه فرعی Sub error	6	1.33	0.38	18278.627	41.877	16.052	3.294	2.241	0.865
اسید هیومیک Humic acid	3	12.38^{**}	8.504^{*}	223700.126^{**}	1503.897^{**}	864.633^{**}	161.068^{**}	86.414^{**}	1051.928^{**}
ازت × اسید هیومیک Humic acid Nitrogen ×	6	2.212^{ns}	3.216^{ns}	89208.546^{*}	632.349^{**}	62.955^{**}	32.268^{**}	8.495^{**}	48.428^{**}
روش کاربرد ×اسید هیومیک Application method × Humic acid	3	30.25^{**}	1.482^{ns}	312284.572^{**}	1076.811^{**}	230.72^{**}	87.807^{**}	22.744^{**}	309.469^{**}
اثر متقابل سه جانبه Interaction tripartite	6	4.851^{ns}	5.474^{ns}	25437.738^{ns}	578.446^{**}	125.891^{**}	47.075^{**}	18.404^{**}	36.047^{**}
اشتباه فرعی فرعی Sub sub mistake	36	2.282	2.968	38453.212	42.12	14.713	3.113	1.612	2.293
ضریب تغییرات C.V. (%)		9.5	8.9	18.7	14.1	13.5	14.2	13.5	5.1

ns،*و**: به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند

ns, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

در صفت سطح برگ، اثر ساده تیمارهای مورد بررسی، اثر متقابل ازت × اسید هیومیک و اسید هیومیک × روش کاربرد آن معنی‌دار شده‌اند (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل ازت و اسید هیومیک (جدول ۶) نشان داد که کاربرد ازت ۱۰۰ و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین (۱۴۹۱/۵۳ سانتی‌متر مربع) سطح برگ را به‌خود اختصاص دادند. کمترین مقدار سطح برگ (۸۶۴/۶ سانتی‌متر مربع) برای سطح ازت ۵۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد اسید هیومیک ثبت شد. در مورد اسید هیومیک و روش کاربرد بیشترین (۱۳۰۴/۳۴ سانتی‌متر مربع) و کمترین (۷۶۸/۷۵ سانتی‌متر مربع) سطح برگ به‌ترتیب در کاربرد خاکی و برگی ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳) که با نتایج اِل- سعید و همکاران (۹) منطبق است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) حاکی از آن است که اثرات ساده ازت و اسید هیومیک بر روی وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه و حجم ریشه و اثر ساده روش کاربرد اسید هیومیک بر روی وزن تر بخش هوایی و حجم ریشه و اثرات متقابل تیمارها بر کلیه این صفات از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۷) نشان داد که با افزایش سطح ازت تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار وزن تر بخش هوایی (به‌غیر از کاربرد خاکی ۲ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار) و ریشه (به‌غیر از کاربرد خاکی ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار)، وزن خشک بخش هوایی و ریشه و حجم ریشه افزایش می‌یابد. بیشترین وزن تر (۴۸/۳۲ گرم در بوته) و حجم (۴۴/۱۳ سانتی‌متر مکعب در بوته) ریشه، وزن خشک بخش هوایی (۲۱/۰۸ گرم در بوته) و ریشه (۱۶/۲۸ گرم در بوته) در سطوح ازت ۱۰۰ و کاربرد برگی ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و کمترین وزن تر (۱۳/۰۶ گرم در بوته)، خشک (۴/۲۴ گرم در بوته) و حجم (۱۴/۴۳ سانتی‌متر مکعب در بوته) ریشه از سطح ازت ۱۵۰ و کاربرد برگی ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار حاصل شد. همچنین بیشترین (۷۷/۷ گرم در بوته) وزن تر بخش هوایی در سطح ازت ۱۰۰ و کاربرد خاکی ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار و کمترین وزن تر (۱۶/۷۱ گرم در بوته) و خشک (۴/۳۹ گرم در بوته) بخش هوایی از سطوح ازت ۵۰ و کاربرد برگی ۶ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به‌دست آمد. نتایج مشابهی توسط محققان دیگر در مورد معنی‌دار بودن اثرات متقابل ازت و اسید هیومیک (۲ و ۱۶)، اسید هیومیک و روش‌های کاربرد (۱۱) بر روی رشد رویشی گیاهان مختلف گزارش شده است. احتمالا خواص شیمیایی و فیزیکی اسید هیومیک، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی، هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها (۴) باعث افزایش تجمع ازت توسط گیاه می شود و با افزایش ازت، رشد گیاه افزایش می‌یابد. اسید هیومیک سبب افزایش خلل و فرج خاک شده بنابراین به تهویه خاک و تنفس ریشه و نفوذ آن در خاک کمک می‌کند در نتیجه سیستم ریشه را افزایش می‌دهد و افزایش در رشد رویشی را باعث می‌شود (۲۲).

جدول۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف ازت روی تعداد برگ توت فرنگی رقم پاروس

Table 2. Mean comparison of different levels of Nitrogen on the leaf number strawberry cv. Paros

ازت Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant
50	15.59^{b}
100	17.28^{a}
150	14.36^{c}
LSD 5%	0.88

حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Different letters indicate significant differences were observed by LSD test at 5% probability level.

مطابق با نتایج تجزیه واریانس (جدول ۸) تیمارهای ازت و اسید هیومیک و اثر متقابل آن‌ها برای تعداد گل و میوه و اثر متقابل ازت × روش کاربرد اسید هیومیک بر روی تعداد گل از لحاظ آماری معنی‌دار، ولی تأثیر تیمارهای دیگر روی این صفات غیرمعنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین اثر متقابل ازت × روش کاربرد اسید هیومیک بر تعداد گل نشان داد که بیشترین (۱۳/۲۷ عدد) تعداد گل در کاربرد برگی اسید هیومیک همراه با ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار می‌باشد (جدول ۵). در مورد اثر متقابل ازت و اسید هیومیک بیشترین تعداد گل (۱۷/۵۵ عدد) و میوه (۱۴/۵ عدد) در سطح ازت ۱۰۰و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین تعداد گل (۶/۵۴ عدد) و میوه (۵/۵ عدد) در ازت ۵۰ و شاهد اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۶).

اثرات متقابل مثبت اسید هیومیک و ازت بر روی تعداد گل و میوه بادام‌زمینی (۱۹) ارائه شده است که با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش مطابقت دارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح اسید هیومیک × روش‌های کاربرد آن روی تعداد و سطح برگ توت فرنگی رقم پاروس

Table 3- interaction effects of Humic acid level ×Application method on leaf number and leaf area in strawberry cv. Paros

روش‌های کاربرد Application methods	اسید هیومیک Humic acid (kg.ha^{-1})	تعداد برگ در بوته leaf number per plant	سطح برگ Leaf area (cm^2.plant^{-1})
برگی Foliar	0	15.17^{bcd}	920.14^{cd}
	2	16.72^{abc}	1050.28^{bc}
	4	16.06^{abcd}	1128.23^{abc}
	6	14.07^{d}	768.75^{d}
خاکی Soil	0	14.09^{d}	915.16^{cd}
	2	14.75^{cd}	1013.77^{c}
	4	17.18^{ab}	1250.43^{ab}
	6	17.91^{a}	1304.34^{a}
LSD 5%		2.5	325.02

حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Different letters indicate significant differences were observed by LSD test at 5% probability level.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف اسید هیومیک روی تعداد ساقه‌های رونده توت فرنگی رقم پاروس

Table 4- Mean comparison of different levels of humic acid on the number of strawberry cv. Paros **runners**

اسید هیومیک Humic acid (kg.ha^{-1})	تعداد ساقه‌های رونده در بوته Runner number per plant
0	19.46^{a}
2	19.51^{a}
4	19.74^{a}
6	18.22^{b}
LSD 5%	1.16

حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Different letters indicate significant differences were observed by LSD test at 5% probability level.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۸) نشان داد که تیمارهای ازت، اسید هیومیک و روش کاربرد آن و اثر متقابل ازت × اسید هیومیک بر عملکرد میوه تأثیر معنی‌داری از نظر آماری داشته است. با مشاهده جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) در مورد اثر متقابل ازت و اسید هیومیک بیشترین عملکرد با ۱۰۴/۴۳ گرم در بوته در سطح نیتروژن ۱۰۰ و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن با ۳۱/۴۹ گرم در بوته در سطح نیتروژن ۱۵۰ و اسید هیومیک ۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.اِل -نمر و همکاران (۱۰)، کاندیل و همکاران (۱۶) و زینالی و مرادی (۲۸) نیز روی گیاهان مختلف به نتایج مشابهی دست یافتند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف ازت × روش‌های کاربرد اسید هیومیک روی تعداد ساقه‌های رونده و گل در بوته توت فرنگی رقم پاروس

Table 5- Interaction effects of Nitrogen level ×Application method of humic acid on the runner and flower number per strawberry plant cv. Paros

روش‌های کاربرد Application methods	ازت Nitrogen (kg.ha^{-1})	تعداد ساقه‌های رونده در بوته Runner nimber per plant	تعداد گل در بوته Flower number per plant
برگی Foliar	50	18.94^{b}	8.77^{c}
	100	18.64^{b}	13.27^{a}
	150	16.59^{c}	12^{ab}
خاکی Soil	50	18.91^{b}	9.25^{bc}
	100	19.97^{b}	13.09^{a}
	150	22.34^{a}	8.33^{c}
LSD 5%		1.53	3.15

حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Different letters indicate significant differences were observed by LSD test at 5% probability level.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف ازت × اسید هیومیک روی سطح برگ، تعداد گل و میوه و عملکرد میوه در بوته توت فرنگی رقم پاروس

Table 6- Interaction effects of nitrogen ×humic acid levels on leaf area, the flower number, fruit number and fruit yield in strawberry plant cv. Paros

ازت .Nitrogen (kg.ha^{-1})	اسید هیومیک Humic acid (kg.ha^{-1})	سطح برگ Leaf area (cm^2.plant^{-1})	تعداد گل در بوته Flower number per plant	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	عملکرد میوه Fruit yield (g.plant^{-1})
50	0	864.6^{b}	6.54^{e}	5.5^{f}	37.56^{e}
	2	980.33^{b}	9.5^{cde}	7.33^{def}	53.3^{de}
	4	1140.75^{b}	12.66^{bc}	11^{bc}	77.89^{bc}
	6	1084.16^{b}	7.33^{e}	5.67^{ef}	33.02^{e}
100	0	1005.11^{b}	8.66^{de}	7.16^{def}	48.76^{de}
	2	1075.4^{b}	13^{bc}	10^{bcd}	63.06^{cd}
	4	1491.53^{a}	17.55^{a}	14.5^{a}	104.43^{a}
	6	1115.56^{b}	13.5^{b}	12.34^{ab}	84.47^{abc}
150	0	883.25^{b}	12.5^{bc}	10^{bcd}	89.62^{ab}
	2	1040.36^{b}	11.5^{bcd}	9^{cde}	94.17^{ab}
	4	935.71^{b}	8.16^{de}	7.66^{def}	51.14^{de}
	6	909.91^{b}	8.5^{de}	6.41^{ef}	31.49^{e}
LSD 5%		325.02	3.99	3.33	23.59

حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Different letters indicate significant differences were observed by LSD test at 5% probability level.

جدول ۷- اثرات سه‌گانه سطوح مختلف ازت× اسید هیومیک × روش‌های کاربرد آن بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، حجم ریشه و میانگین وزن تک میوه در بوته توت فرنگی رقم پاروس

Table 7- Tripartite interaction effectsof nitrogen× humic acid ×application method levels on fresh and dry weight of shoot and root, root volume and fruit weight in strawberry plant cv. Paros

ازت Nitrogen (kg.ha^{-1})	روش‌های کاربرد Application methods	اسید هیومیک Humic acid (kg.ha^{-1})	وزن تر Moisture weight (g.plant^{-1})		وزن خشک Dry weight (g.plant^{-1})		حجم ریشه Root volume (cm^3.plant^{-1})	میانگین وزن تک میوه Average of fruit weight (g.plant^{-1})
			بخش هوایی Aerial part	ریشه Root	بخش هوایی Aerial part	ریشه Root		
50	برگی Foliar	0	34.72^{fghi}	22.16^{hij}	8.58^{ij}	7.5^{i}	25.16^{ij}	5.16^{ijk}
		2	37.79^{efgh}	24.59^{ghij}	10.27^{ghi}	8.08^{hi}	24.16^{jk}	6.36^{h}
		4	70.94^{a}	41.55^{b}	19^{ab}	14^{b}	44.03^{a}	6.94^{fgh}
		6	16.71^{j}	14.03^{k}	4.39^{l}	4.95^{j}	15.66^{m}	6.42^{h}
	خاکی Soil	0	34.24^{fghi}	20.83^{j}	9.33^{hij}	7.33^{i}	20.66^{l}	5.16^{ijk}
		2	59.81^{b}	31.14^{defg}	15.44^{cd}	10.47^{defg}	30.1^{gh}	5.96^{hij}
		4	33.09^{fghi}	32.57^{cdef}	8.86^{ij}	11.32^{cdef}	36.56^{d}	9.02^{d}
		6	27.49^{ghij}	24.89^{ghij}	6.69^{jkl}	7.57^{i}	25.13^{ij}	6.08^{hij}
100	برگی Foliar	0	51.16^{bcd}	25.61^{ghij}	12.65^{defg}	7.84^{hi}	25.2^{ij}	9.24^{d}
		2	53.5^{bcd}	37.66^{bcd}	13.87^{def}	11.51^{cde}	30.03^{gh}	11.68^{a}
		4	72.19^{a}	48.32^{a}	21.08^{a}	16.28^{a}	44.13^{a}	6.53^{h}
		6	34.55^{fghi}	29.1^{efgh}	13.24^{defg}	10.15^{defgh}	16.5^{m}	4.02^{l}
	خاکی Soil	0	53.15^{bcd}	28.09^{fghi}	14.54^{cde}	9.15^{fghi}	27.6^{hi}	10.5^{bc}
		2	53.62^{bcd}	35.4^{bcde}	14.7^{cde}	11.85^{bcde}	33.5^{ef}	10.87^{ab}
		4	77.7^{a}	38.96^{bc}	20.13^{ab}	12.38^{bcd}	42.5^{ab}	7.58^{efg}
		6	57.44^{bc}	23.1^{hij}	11.96^{efgh}	8.03^{hi}	41.03^{bc}	4.39^{kl}
150	برگی Foliar	0	26.55^{hij}	21.22^{ij}	6.74^{jkl}	7.86^{hi}	19.83^{l}	6.79^{gh}
		2	47.68^{cde}	25.17^{ghij}	12.22^{efgh}	8.51^{ghi}	32.56^{efg}	7.95^{ef}
		4	38.81^{efg}	32.43^{cdef}	17.34^{bc}	9.94^{efgh}	32.56^{efg}	9.7^{cd}
		6	23.63^{ij}	13.06^{k}	5.44^{kl}	4.24^{j}	14.43^{m}	5.11^{jk}
	خاکی Soil	0	25.86^{ij}	14^{k}	8.1^{ijk}	4.83^{j}	21.83^{kl}	6.21^{hi}
		2	42.68^{def}	24.32^{ghij}	10.78^{fghi}	7.55^{i}	35.03^{de}	8^{e}
		4	50.97^{bcd}	30.36^{efg}	12.34^{defgh}	9.99^{efgh}	39.1^{c}	7.74^{efg}
		6	76.86^{a}	38.75^{bc}	20.17^{ab}	13.18^{bc}	31.63^{fg}	5.9^{hij}
LSD 5%			10.76	6.358	2.92	2.1	2.51	0.95

حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

Different letters indicate significant differences were observed by LSD test at 5% probability level.

جدول ۸-تجزیه واریانس اثر سطوح اسید هیومیک و روش‌های کاربرد آن در تیمارهای مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد توت فرنگی رقم پاروس

Table 8 -Analysis of variance of the effect of humic acid levels and methods of their application in different nitrogen treatments on yield and yield components of strawberry cv. Paros

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		تعداد گل Number of flowers	تعداد میوه Number of fruits	میانگین وزن تک میوه Average of fruit weight	عملکرد میوه Fruit yield
تکرار بوک Block Repeat	2	13.77^{ns}	10.545^{ns}	0.636^{ns}	392.147^{ns}
ازت Nitrogen	2	111.282**	85.566**	17.608**	3786.864**
اشتباه اصلی main error	4	3.168	6.764	0.384	274.495
روش کاربرد Application method	1	22.669^{ns}	12.087^{ns}	0.291^{ns}	1758.838*
ازت × روش کاربرد Nitrogen * Application method	2	29.784**	10.983^{ns}	1.379*	841.393^{ns}
اشتباه فرعی Sub error	6	3.389	2.038	0.109	324.721
اسید هیومیک Humic acid	3	46.58**	42.281**	34.013**	2781.362**
ازت × اسید هیومیک Nitrogen × Humic acid	6	52.9**	35.483**	22.863**	4389.2**
روش کاربرد × اسید هیومیک Application method × Humic acid	3	11.134^{ns}	7.661^{ns}	0.547^{ns}	737.865^{ns}
اثر متقابل سه جانبه Interaction tripartite	6	12.257^{ns}	6.918^{ns}	2.435**	470.692^{ns}
اشتباه فرعی فرعی Sub sub error	36	5.809	6.596	0.332	314.152
ضریب تغییرات C.V. (%)		22.3	28.9	7.9	27.6

ns،*و**: به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

ایلدریم (۲۷) بیان می‌دارد که تأثیر تحریک‌کنندگی مواد هیومیکی بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی ممکن است به‌علت افزایش تراوایی سلول و جذب عناصر غذایی، همچنین فعالیت شبه‌هورمونی مواد هیومیکی مربوط باشد. اثر اسید هیومیک و ازت برافزایش عملکرد گیاه از طریق اثرات فیزیولوژیکی که روی متابولیسم سلول‌های گیاه من‌جمله برگ دارد، می‌باشد (۲۳).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاضر نشان داد که صفات مورفولوژیکی و عملکرد توت‌فرنگی تحت‌تأثیر تیمارهای ازت، اسید هیومیک و روش‌های کاربرد آن قرار گرفت. در اکثر صفات مورد اندازه‌گیری بالاترین سطح ازت و اسید هیومیک، به‌ویژه روش برگی، باعث کاهش مقادیر این صفات در توت‌فرنگی گردید. باید به این نکته توجه داشت که اگرچه بیشترین تعداد وسطح برگ در بالاترین سطح اسید هیومیک به روش خاکی مشاهده شد. اما در صفات دیگر کاربرد برگی ۴ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار بیشتر بود. همچنین به‌غیر از تعداد ساقه‌های رونده، دیگر صفات مورد ارزیابی بیشترین مقادیر را در سطح دوم ازت همراه با کاربرد اسید هیومیک داشتند. به‌طور کلی می‌توان گفت که در بیشتر موارد کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی راهکاری در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی منابع آب و خاک در کنار افزایش محصول محسوب می‌گردد.

سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر حمایت‌های مادی این پژوهش تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

1-Abbas T., Ahmad S., Ashraf M., Adnan Shahid M., Yasin M., and Mukhtar Balal R. 2013. Effect of humic and application at different growth stages of kinnow mandarin (*Citrus reticulata* blanco) on the basis of physio-biochemical and reproductive responses. Academia Journal of Biotechnology, 1 (1): PP. 014 -020.

2-Aman S., and Rab A. 2013. Response of tomato to nitrogen levels with or without humic acid. Sarhad Journal of Agriculture, 29 (2): PP. 181-186.

3-Aminifard M. H., Aroiee H., Fatemi H., Ameri, A. and Karimpour S. 2010. Responses of eggplant (*Solanum melongenal* L.) to different rates of nitrogen under field conditions. Journal of Central European Agriculture, 11 (4): PP. 453-458.

4-Arancon N.Q., Lee S., Edwards C.A., and Atiyeh R. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiologia, 47: PP. 741-744.

5-Cantliffe D. J., Castellanos J. Z., Paranjpe A. V. 2007. Yield and quality of greenhouse-green strawberries as affected by nitrogen level in Coco Coir and Pine Bark media. Proceedings of the Florida State horticultural Society, 120: PP. 157-161.

6-Chen Y., and Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, p., Clapp, C.E., Malcom, R.L., Bloom, P.R. (Eds.), Humic Substances in Soils and Crop Science: Selected Readings. Soil Science Society of America,Madison, PP. 161-186.

7-Denre M., Bandopadhyay P. K., Chakravarty A., Pal S., and Bhattacharya, A. 2014. Effect of foliar application of humic acid, zinc and boron on biochemical changes related to productivity of pungent pepper (*Capsicum annuum* L.). African Journal of Plant Science, 8 (6): PP. 320-335.

8-Ehsan S., Javed S., Saleem I., Habib F., and Majeed T. 2014. Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4 (4): PP. 28-33.

9-El -Sayed Hameda E.A., Saif El Dean A., Ezzat S., and El Morsy A.H.A. 2011. Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rates and application methods of the humic acid. International Research Jounal of Agricultural Science and Soil Science, 1:383-393.

10-El-Nemr M. A., El-Desuki M., El-Bassiony A. M., and Fawzy Z. F. 2012. Response of Growth and Yield of Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) to Different Foliar Applications of Humic Acid and Bio-stimulators. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(3): PP. 630-637.

11-Eshghi S., and Garazhian M. 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humicacid. Iran Agricultural Research, 34(1): P. 14-20.

12-Flachowsky H., Hofer M., and Hanke M. V. 2011. Strawbrry. Fruit Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 5 (1): PP. 8 -26.

13-Ganjehi B., and Golchin A. 2011. The effect of different levels of nitrogen, potassium and magnesium on yield and growth indices of strawberry in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 2(8): PP. 71 -80. (In Persian).

14-Hosseini Farahi M., Aboutalebi A., Eshghi S., Dastyaran M., and Yosefi F. 2013. Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of 'Aromas' strawberry in soilless culture. Agricultural Communications, 1 (1): PP. 13-16.

15-Hummer K., Nathewet P., and Yanagi, T. 2009. Decaploidy in *Fragaria* iturupensis (*Rosaceae*). American Journal of Botany, 96(3): PP. 713 -716.

16-Kandil A. A., Sharief A. E., and Fathalla F. H. 2013. Onion yield as affected by foliar application with amino and humic acids under nitrogen fertilizer levels. Esci Journal of Crop Production, 02 (02): PP. 62-72.

17-Kashi A., and Hekmati J. 1991. Growing strawberries. Publications Tehran, P. 121. (In Persian).

18-Khan A., Muhammad Shah S. N., Rab A., Sajid M., Ali K., Ahmed A., and et al. 2014. Influence of nitrogen and potassium levels on growth and yield of chillies (*Capsicum annuum* L.). International Journal of Farming and Allied Sciences, 3 (3): P. 260.

19-Moraditochaee M. 2012. Effectsof Humic Acid Folior Sprayingand Nitrogen Fertilizer Management on Yield of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. *ARPN* Journal of Agricultural and Biological Science, 7(4): PP. 289 -293.

20-Pilanali, N., & Kaplan, M. 2003. Investigation of effects on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. Journal of Plant Nutrition, 26 (40): PP. 835-843.

21-Rahimian B. A., Shirmohammadi E., Geikloo A. 2014. Effect of Humic Acid Application on Qualitative Characteristic and Micronutrient Status in *Petunia hybrid* L. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 3 (9):PP. 15 -19.

22-Sarhan T. Z., Mohammad G. H., and Teli J. A. 2011. Effects of humic acid and bread yeast on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). Journal of Agricultural Science and Technology, B. 1: PP. 1091-1096.

23-Shirzad S., Arooie H., Sharifzade K., and Dalirimoghadam R. 2012. Responses of Productivity and Quality of Cucumber to Application of the Two Bio -Fertilizers (Humic Acid and Nitroxin) in Fall Planting. Agricultural Journal, 7 (6): PP. 401 -404.
24-SubhiRostami F., and Golchin A. 2011. Effect of different amounts of nitrogen, manganese and zinc on yield and fruit quality of pomegranate fruit in Mazandaran. Journal of Science Horticulture (Agricultural Sciences and Technology), 25(2): PP. 234 -242. (In Persian).
25-Tai-bo C., Zhen-lin W., Lan-ian L., Ru-Juan W., Xiao-guang C., and Xiao-dong Z. 2007. Effects of humic acid urea on yield and nitrogen absorption, assimilation and quality of ginger. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 13 (5): PP. 903.
26-Varanini Z., and Pinton R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Progress in Botany. 56: PP. 97-117
27-Yildirim E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 57: PP. 182-186.
28-Zeinali A., and Moradi P. 2015. The Effects of Humic Acid and Ammonium Sulfate Foliar Spraying and Their Interaction Effects on the Qualitative and Quantitative Yield of Native Garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 4(12S): P. 205-211.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 251-261
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۶۱-۲۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Humic Acid Application Methods and Ratios of Nitrogen on Characteristics of Morphological and Yield of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Paros

M. Rostami[1]- A.A. Shokouhian[2]*

Received: 01-01-2017
Accepted: 06-05-2018

Introduction: Strawberry fruit is soft and has a variety of vitamins, especially vitamin C and minerals. Parus is one of the most important short-day cultivars and suitable for the fresh produce market. Nitrogen is involved in vegetative and reproductive growth of most horticultural crops and excessive use of itdecrease yield and quality of products and increasing pollution of the environment. Humic substances are contained nutrients that improve the soil nutrients and increases the availability of food and therefore plant growth and yield. Studies haveshown that to adding a certain amount ofhumic acid fertilizer with nitrogen can improve the growth of roots, stems and leaves and enhances the yield and quality of products and increases the efficiency of nitrogen fertilizer consumption. On this basis, this research was performed aimed at achieving the best combination of treatments of humic acid and its application method and nitrogen in improving strawberry vegetative and reproductive growth cv. Paros.

Materials and Methods: This study was conducted in the campus of Agriculture and Natural Resources University of Mohaghegh Ardabili at during 2015-2016. In early september, land preparation was carried out, and then were calculated base fertilizers 150 and 50 kg.ha^{-1} of potassium and phosphorus, respectively plus forty tons per hectare of manure. Stacks was prepared to dimensions of 1.5 × 1 m and the distance of rows was 40 cm. Strawberry seedlings were planted with distance of 25 cm on the row (10plants m^{-2})in late November.

The experiment was carried out as a split split plot based on complete randomized block design with the application of foliar and soil treatments of Humic acid levels (control, 2, 4 and 6 kg.ha^{-1}) and nitrogen fertilizer (50, 100 and 150 kg.ha^{-1}) with three replications. Nitrogen levels were placed in the main plots and the type of humic acid application in sub plots and humic acid concentrations in the sub- sub plots. Half of N(urea fertilizer) was used at the time of planting and 25 %on the early may and 25 %on the early June. To apply foliar and soil treatments, humic acid was used (Humaster tob with 85% of humic and fulvic acid, Yazd Golsangkavir Company) with the start of the growing season at the intervals of every 10 days once (four times total). In the soil method, humic acid is measured based on the desired treatments and then dissolved with deionized water and added to irrigation water. In the foliar method, after irrigation thehumic acid powder was solutioned with a certain amount of deionized water and it was sprayed on the plants in equal measure. In addition, only irrigation water and deodorizing water were applied to the control of soil and foliar treatments, respectively. Traits were as: leaf number and area, number of runners, fresh and dry weight of shoot and root, root volume, number of flowers and fruits, fruit weight average and yield per plant. Data analysis were performed by using SAS 9.1 and comparison of data by the LSD test at the 5% probability level.

Results and Discussion: All results due to different concentrations of nitrogen, humic acid and methods of its application and their interaction on most traits were significant at 5% probability level. The highest values in the leaf number (17.91) and area (1304.34 cm^2) obtained in 6 kg.ha^{-1} drench application of humic acid. Also,the most number of flowers (13.27) was observed in 100 kgN.ha^{-1}combined with foliar application of humic acid and the highest number of runners (22.34) was obtainedin 150 kgN.ha^{-1}with drench application of humic acid. The most flowers (17.55), fruits (14.5) number and yield (104.43 g.plant^{-1}) observed in 100 kgN.ha^{-1}with 4 kg.ha^{-1}humicacid. The results trilateral interactions of nitrogen,humic acid and application methods showed that the highest values of fresh weight (48.32 g.plant^{-1}) and volume (44.13 cm^3.plant^{-1}) of root, dry weight of shoot (21.08 g.plant^{-1}) and root (16.28 g.plant^{-1}) obtained infoliar application of 4 kg.ha^{-1}humic acid.The most of shoot fresh weight (77.7 g.plant^{-1}) also observed in drench application of 4 kg.ha^{-1}humic acid and highestfruit weight average (11.68 g) obtained in foliar application of 2 kg.ha^{-1}humic acid with 100 kgN.ha^{-1}.

1 and 2- Graduated M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili
(* - Corresponding Author Email: shokouhiana@yahoo.com)

Conclusion: Results showed that the majority of evaluated traits, the highest values have been achieved of 100 $kgN.ha^{-1}$with foliar application of 4 $kg.ha^{-1}$humic acid. On this basis, combined application of chemical and biological fertilizers can be the best strategy to achieve sustainable agriculture and reducing the pollution of soil and water resources along with increasing the product.

Keywords: Foliar and drench application, Moisture and dry weight, Root volume, Yield

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 263-272
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۷۲-۲۶۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

اثر تراکم کاشت و رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی، عملکرد و صفات کیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در کشت هیدروپونیک

فرزانه بدخشان[۱*]- فریده صدیقی دهکردی[۲]- سید محمد حسن مرتضوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵

چکیده

در بررسی اثر تراکم بوته و رقم بر عملکرد و کیفیت گیاه ریحان درکشت هیدروپونیک، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در زمان در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو رقم سبز و بنفش (در کرت اصلی)، سه تراکم ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع و دو چین (کرت‌های فرعی) بودند. فاکتورها شامل صفات مرفولوژیکی (تعداد و سطح برگ، وزن تر برگ و ساقه و عملکرد پیکر رویشی تر) و صفات کیفی (کلروفیل کل، کارتنوئید، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ترکیبات فنولی کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و درصد اسانس) بودند. نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین تعداد و سطح برگ به ترتیب در رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم و رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول بود. بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع و چین اول با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع بدست آمد. همچنین بیشترین و کمترین وزن تر ساقه به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع و چین دوم با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع مشاهده گردید. چین دوم با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع و چین اول با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع به ترتیب بیشترین (۱۴۲۷ گرم در متر مربع) و کمترین (۱۰۲۰ گرم در متر مربع) عملکرد پیکر رویشی تر را داشت. رقم بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم و رقم بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول به ترتیب بیشترین کلروفیل (۲/۰۹۷ میلی گرم در گرم وزن تر) و مواد فنولی (۱۰۴/۳ میلیگرم در کیلوگرم وزن تر) را داشتند. کمترین میزان کلروفیل و مواد فنولی در رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول مشاهده شد. بیشترین و کمترین کارتنوئید به ترتیب در رقم بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع و رقم بنفش با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع بدست آمد. همچنین بیشترین و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در رقم بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۲/۰۲۱ میلی‌مول آهنII درگرم وزن تر) و رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۰/۶۹۸ میلی‌مول آهنII درگرم وزن تر) بود. مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و درصد اسانس تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت. نتایج نشان داد رقم بنفش و تراکم۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع، به علت بهبود برخی از صفات مرفولوژیکی و کیفی، رقم و تراکم مناسب برای پرورش ریحان بوده است.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت آنتی اکسیدانی، درصد اسانس، سطح برگ

مقدمه

ریحان[۴] گیاهی علفی، یک ساله و متعلق به خانواده نعناعیان[۵] است که با داشتن رقم‌های مختلف یکی از مهم‌ترین سبزی‌های برگی به حساب می‌آید. ریحان علاوه بر استفاده به عنوان یک سبزی تازه‌خوری، پیکر رویشی و معطر آن خشک شده و به عنوان یک ادویه و همچنین یک گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۳). کمبود آب و عدم امکان کنترل دقیق تغذیه گیاه در کشت خاکی باعث شده که در دهه‌های اخیر تولید محصولات به روش‌های مختلف کشت بدون خاک افزایش یابد (۲۶). کشت بدون خاک به‌طور گسترده در کشت‌های گلخانه‌ای، بخصوص طی ماه‌هایی که تولید مزرعه‌ای ممکن نیست، برای بهبود کنترل شرایط رشد و اجتناب از شرایط نامناسب آب و عناصرغذایی خاک استفاده می‌شود. همچنین سبب حل مشکل شوری و راه حلی برای کاهش حاصلخیزی خاک‌هاست و میزان کارایی مصرف آب را حداقل به دو برابر کشت خاکی افزایش می‌دهد. وجود مزیت‌هایی نظیر کنترل تغذیه گیاه، امکان افزایش تراکم کاشت، کاهش بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی موجب رویکرد تولیدکنندگان

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: Farzaneh.badakhshan@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.60911
4- *Ocimum basilicum* L.
5- Lamiaceae

محصولات باغبانی به استفاده از این روش شده است (۳۸). آرایش کاشت و تراکم بوته در واحد سطح از عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان می‌باشد. افزایش تراکم بوته منجربه افزایش رشد طولی گیاه و رقابت بین گونه‌ای برای استفاده از عوامل محیطی رشد می‌شود و ضمن کاهش عملکرد ممکن است منجر به خوابیدگی بوته‌ها و توسعه بیماری شود. از طرفی کاهش تراکم بوته تا کمتر از حد مطلوب سبب کاهش عملکرد خواهد شد. اما ریحان دارای رشد نیمه محدود می‌باشد و در تراکم‌های پایین می‌تواند از طریق ایجاد شاخه‌های فرعی، تا حدودی اثرات سوء ناشی از کاهش تراکم بوته را جبران کند (۲۷). در تراکم کاشت مناسب بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد حاصل خواهد شد (۱۹). در تراکم مناسب کشت کلیه عوامل محیطی به‌طور کامل مورد استفاده قرار گرفته و رقابت میان بوته‌ها اندک است (۳۶). بررسی اثر تراکم‌های کشت ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۵ و ۴۰ بوته ریحان در متر مربع در سیستم هیدروپونیک و برداشت به دو روش سرزنی و قطع اولین شاخه به طول ۱۵سانتی‌متر، نشان دادند که در طی فصل بهار/تابستان تفاوت معنی‌داری در رشد و عملکرد کل ریحان در واحد سطح در تراکم‌های ۲۰، ۲۵ و ۴۰ بوته در مترمربع مشاهده نشد. اما در طی فصل رشد تابستان/پاییز بیشترین ماده تر برگ و سطح برگ در بالاترین تراکم بدست آمد (۱۷). در بررسی اثر شرایط کشت هیدروپونیک بر عملکرد و کیفیت گیاه ریحان نشان دادند که عملکرد با افزایش تراکم کاشت از ۲ تا ۱۶ بوته در گلدان افزایش یافت ولی اندازه متوسط گیاه کاهش یافت. اندازه بهینه بوته و برگ در تراکم ۸ بوته بدست آمد (۳۵). در بررسی عملکرد محصول دو گونه ریحان برگ پهن[1] و برگ باریک[2] در شرایط گلخانه در کشت هیدروپونیک و بستر کشت، بیشترین میزان محصول تر در هر دو گونه از کشت هیدروپونیک بدست آمد (۸). اسکونستین (۳۱) با تولید ریحان به دو روش هیدروپونیک و ارگانیک، نشان داد که گیاهان تولید شده به روش هیدروپونیک از عملکرد و چین‌های برداشت بیشتری برخوردار بودند. اسگیری و همکاران (۳۳) با مقایسه ارزش غذایی ریحان تولید شده در دو سیستم کشت هیدروپونیک و کشت خاکی نشان دادند که کشت هیدروپونیک سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار ویتامین‌های E و C، غلظت ترکیبات فنولی و اسید رزماریک در گیاهان گردید. کیفرل و همکاران (۱۴) با مقایسه چند رقم ریحان سبز و بنفش که به صورت هیدروپونیک پرورش یافته بودند گزارش کردند که مقدار اسید رزمارینیک در اجزای مختلف رویشی گیاه ریحان از ۴ تا ۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک متغیر است و مقدار آن در بافت ریشه گیاهان در مرحله گلدهی به حداکثر رسید.

با توجه به اهمیت گیاه ریحان به عنوان یک سبزی تازه‌خوری و استفاده از آن در صنایع دارویی، محدودیت تولید مزرعه‌ای این گیاه در فصولی از سال (پاییز، زمستان تا اوایل بهار) و با عنایت به این امر که تولید سبزی‌ها و گیاهان دارویی در شرایط هیدروپونیک استفاده بهینه از آب و مواد مغذی و تولید پایدار را با حفظ محیط زیست میسر می‌سازد، در این آزمایش امکان کشت هیدروپونیک دو رقم ریحان (سبز و بنفش) در تراکم‌های مختلف به صورت گلدانی در محیط بدون خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اول آبان ماه سال ۱۳۹۴ در مجتمع گلخانه‌ای دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت آزمایش اسپلیت پلات در زمان در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ارقام ریحان (سبز و بنفش) در کرت اصلی و تراکم بوته (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع) و دوچین (کرت‌های فرعی) بودند. بذور ریحان در گلدان‌های با ابعاد ۱۷×۳۰×۳۰ سانتی‌متر در بستر حاوی کوکوپیت (۸۰ درصد) و پرلیت (۲۰ درصد) کشت شدند. بذرها تا زمان سبز شدن و ظهور برگ‌های لپه‌ای با آب تصفیه شده آبیاری شدند. در ادامه برای تغذیه گیاهان از محلول غذایی هوگلند استفاده شد (جدول ۱) و نمک‌های مورد نظر مبتنی بر غلظت عناصر در فرمول غذایی ساخته شده و پس از تنظیم pH و EC در اختیار گیاهان قرار گرفت. محلول‌دهی گیاهان روزانه به روش قطره‌ای و با توجه به مرحله رشد گیاهان حداقل سه بار در طول روز صورت گرفت. با تغذیه و ادامه رشد، اولین چین بعد از گذشت ۴۳ روز از زمان کاشت و هنگامی که بوته‌ها ۶–۸ برگ حقیقی داشتند از ارتفاع ۵–۱۰سانتی‌متر از سطح بستر انجام شد (۲۴). چین دوم نیز ۳۰ روز بعد از چین اول، صورت گرفت. میانگین حداکثر و حداقل دما در طی چین اول به ترتیب ۳۹ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد و در طی چین دوم به ترتیب ۳۲ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل صفات مرفولوژیکی شامل تعداد و سطح برگ، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، عملکرد پیکر رویشی تر و صفات کیفی شامل کلروفیل کل، کارتنوئید به روش آرنون (۱)، بر اساس رابطه (۱)، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ترکیبات فنولی کل به روش بنزی و استرین (۳) و بیگلری (۴) ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل به روش گوا و همکاران (۱۱)، بر اساس رابطه (۲) و درصد اسانس به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر بودند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری MSTAT-C و برای انجام مقایسات میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱درصد استفاده شد.

1- *Ocimum basilicum*
2- *Ocimum minimum*

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده محلول غذایی هوگلند و غلظت آن‌ها

Table 1- ingredients and concentration (mg / L) in the Hoagland nutrient solution

عناصر پر مصرف Major elements	غلظت عنصر Concentration (mg/L)	عناصر کم مصرف Minor elements	غلظت عنصر Concentration (mg/L)
N	210	Fe(EDTA)	2.5
P	31	Cu	0.02
K	234	Zn	0.05
Mg	34	B	0.5
Ca	160	Mo	0.01
S	64	Mn	0.5

رابطه۱: a+b (mg/g fresh weight) = (((20.08 A645) + (8.02 A663)) / W) × V Chlorophyll

Cartenoids = (1000(A470) – 1.8 (Chl a) – 58.2 (Chl b)) / 198

رابطه ۲: Y= (1.69× (Abs593)) +0.036

نتایج و بحث

تعداد برگ: بیشترین تعداد برگ در رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم بود، که با رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع در چین اول تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد برگ در رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول مشاهده شد (شکل۱- الف). در چین دوم به دلیل گسترش سیستم ریشه، جذب آب و مواد غذایی قوی‌تر بوده، در نتیجه باعث افزایش تعداد برگ شده است. بوته‌ها در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع انشعابات ساقه بیشتری داشته، در نهایت تعداد برگ بیشتری ایجاد می‌کنند. گنجعلی و همکاران (۹) در بررسی روی صفات مرفولوژیک همیشه بهار با سه تراکم۵۰×۶، ۵۰×۸ و ۵۰×۱۲ سانتی‌متر نشان دادند که بیشترین تعداد برگ در تراکم‌های اول و سوم (احتمالاً در تراکم کم به دلیل کاهش رقابت، بوته ها از انشعابات ساقه بیشتری برخوردار بوده در نتیجه تعداد برگ بیشتری نشان می‌دهند. همچنین در تراکم بالاتر به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد برگ بیشتری مشاهده می‌شود) بدست آمد. همچنین نتایج این آزمایش با یافته‌های الژندی و همکاران (۷) بر روی ریحان مطابقت دارد. آنها بیان کردند که ایجاد فضای زیاد باعث افزایش تعداد برگ می‌شود.

سطح برگ: بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم (۲۶۱۴۰ میلی‌متر مربع) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۱۰۸۱۰ میلی‌متر مربع) بود (شکل۱- ب). در چین دوم رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع ازتعداد برگ بیشتری برخوردار بوده در نتیجه سطح برگ بالاتری داشته است. در چین دوم به دلیل گسترش سیستم ریشه، آب و مواد مغذی به سهولت در اختیار ریشه قرار می‌گیرد، بنابراین، بیشتر انرژی گیاه به جای توسعه ریشه در جهت بهبود رشد رویشی می‌رود و باعث افزایش سطح برگ شده است. در تراکم کمتر بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد حاصل می‌شود. در این تراکم به علت سایه‌اندازی کمتر گیاهان و امکان جذب بیشتر نور، سبب افزایش سطح برگ شده است. بررسی مرتضی و همکاران (۲۱) بر روی سنبل الطیب نشان داد که کاهش تراکم باعث افزایش فتوسنتز و رشد و نمو بیشتر برگ شده در نتیجه سطح برگ افزایش می‌یابد.

وزن تر برگ: بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۵/۸۴۰ گرم) و چین اول با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع (۳/۰۹۰ گرم) بود (جدول ۲). به دلیل افزایش تعداد برگ در چین دوم و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، بوته‌ها از وزن تر برگ بیشتری برخوردار بوده‌اند. گیاهان در تراکم کمتر، مواد مغذی و نور بیشتری دریافت کرده و در نتیجه سطح فتوسنتزی افزایش و مواد حاصل از فتوسنتز بیشتری تولید و سبب افزایش وزن تر برگ می‌شود (۲۱). با افزایش تراکم سبب ایجاد رقابت بین بوته‌ها شده و در نهایت وزن تر برگ کاهش می‌یابد. همچنین در چین دوم به دلیل گسترش و استقرار بهتر ریشه‌ها در بستر، جذب آب و مواد غذایی بیشتر بوده، در نهایت وزن تر برگ افزایش می‌یابد.

وزن تر ساقه: بیشترین و کمترین وزن تر ساقه به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۳/۲۸۳ گرم) و در چین دوم با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع (۲/۱۰۶ گرم) بود (جدول۲). در تراکم کمتر، بوته‌ها مواد مغذی و نور بیشتری دریافت کرده و در نتیجه سطح فتوسنتزی افزایش و مواد حاصل از فتوسنتز بیشتری تولید و سبب افزایش وزن تر ساقه می‌شود. با افزایش تراکم سبب ایجاد رقابت بین بوته‌ها شده و در نهایت وزن بوته و در نتیجه وزن تر ساقه کاهش می‌یابد. که با نتایج صیفی و همکاران (۳۰) بر روی فلفل و یافته‌های گنجعلی و همکاران (۹) بر روی همیشه بهار مطابقت دارد.

عملکرد پیکر رویشی تر: بیشترین و کمترین عملکرد پیکر رویشی تر به ترتیب در چین دوم با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع (۱۴۲۷ گرم در متر مربع) و چین اول با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۱۰۲۰ گرم

در متر مربع) بود (جدول ۲). در چین دوم به دلیل گسترش و استقرار بهتر ریشه‌ها در بستر، به جای این که ریشه در جستجوی آب و مواد مغذی رشد کند این مواد در اختیار ریشه قرار می‌گیرد، بنابراین، بیشتر انرژی گیاه به جای توسعه ریشه در جهت بهبود رشد رویشی می‌رود و در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح عملکرد افزایش یافت. در گیاهان یک تراکم بوته بهینه وجود دارد که در بالاتر از آن تراکم، مواد فتوسنتزی به جای رشد زایشی، بیشتر صرف رشد رویشی و افزایش تنفس گیاه می‌شود و در پایین‌تر از تراکم بهینه، اگرچه تولید تک بوته افزایش می‌یابد، اما عملکرد در واحد سطح کم می‌شود (۱۰ و ۲۰). زهتاب سلماسی و همکاران (۳۹) در بررسی تراکم‌های متفاوت روی گیاه نعناع فلفلی بیشترین عملکرد تر و خشک را از بالاترین تراکم گزارش کردند. نتایج این پژوهش با یافته‌های بخردی (۲) بر روی اثر تراکم بر ارقام ریحان و یافته‌های ساگلام و همکاران (۲۸) در بررسی سه تراکم روی گیاه بادرنجبویه و نیز یافته‌های اسمیت و همکاران (۳۵) بر روی کشت هیدروپونیک ریحان مطابقت دارد.

شکل ۱- اثر رقم، تراکم و چین بر تعداد برگ (الف) و سطح برگ (ب) ریحان

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 1- Effects of cultivar, density and harvesting on number of leaves (a) and leaf area (b) of Basil

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

جدول ۲- اثرات متقابل چین × تراکم بر صفات مرفولوژیکی ریحان

Table 2- Interaction effects of harvesting ×density on Basil morphological characteristics

تیمار Factor		عملکرد پیکر رویشی تر fresh herb yield(g/m^2)	وزن تر ساقه fresh weight stem(g)	وزن تر برگ fresh weight leaf(g)
چین Harvest	تراکم Density (plants per square meter)			
1	150	1020^{c}	2.478^{ab}	3.907^{b}
1	200	1327^{ab}	2.978^{ab}	4.049^{b}
1	250	1401^{a}	2.417^{ab}	3.090^{b}
2	150	1411^{a}	3.283^{a}	5.840^{a}
2	200	1080^{bc}	2.106^{b}	3.408^{b}
2	250	1427^{a}	3.065^{a}	3.715^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

کلروفیل کل: بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل کل به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم (۲/۰۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۱/۲۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود (شکل۲). بالا بودن کلروفیل در رقم ریحان بنفش به دلیل خصوصیات ژنتیکی این رقم است. در چین دوم به دلیل گسترش بیشتر ریشه‌ها، جذب آب و مواد غذایی افزایش یافته، بنابراین باعث رشد بهتر گیاه و افزایش کلروفیل شده است. تراکم گیاهی، وضعیت تغذیه گیاه، رقم، شرایط محیطی، کمبود مواد غذایی و بیماری‌ها از جمله عواملی هستند که بر میزان کلروفیل برگ تأثیر گذار می‌باشند (۳۴). میزان کلروفیل برگ ارتباط مستقیمی با فتوسنتز و عملکرد دارد. مجنون حسینی و همکاران (۱۸) بر روی تراکم کشت نخود فرنگی بیان کردند که با افزایش تراکم، کلروفیل برگ تا یک حد اپتیمم با افزایش مواجه می‌شود.

کارتنوئید: بیشترین و کمترین مقدار کارتنوئید به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع (۶/۲۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع (۴/۴۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود (جدول ۳).کارتنوئیدها رنگدانه‌های گیاهی هستند که به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات ضروری دستگاه فتوسنتزی عمل می‌کنند.

شکل ۲- اثر رقم، تراکم و چین بر میزان کلروفیل کل برگ ریحان

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 2- Effects of cultivar, density and harvesting on total chlorophyll amount of Basil leaf

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

جدول ۳- اثرات متقابل رقم × تراکم بر ویژگی‌های کیفی ریحان

Table 3- Interaction effects of cultivar ×density on Qualitative characteristics of Basil

تیمار Factor		ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (m mol fe ll/g fw)	کارتنوئید Carotenoid (mg/g fw)
رقم Culture	تراکم Density(plants per square meter)		
Green سبز	150	0.698[d]	4.550[b]
	200	1.370[bc]	4.525[b]
	250	1.030[cd]	4.523[b]
opal بنفش	150	2.021[a]	5.803[a]
	200	1.779[ab]	4.452[b]
	250	1.578[abc]	6.252[a]

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

میزان کارتنوئید در برگ سبزی‌ها به عوامل متعددی از جمله گونه گیاهی، رقم، عوامل تولید، تنوع، بلوغ و شرایط زیست محیطی مانند دما، نور و خواص خاک بستگی دارد (۴۰). رنگدانه‌های گیاهان علاوه بر ایجاد رنگ و عملکرد فیزیولوژیکی در ایفای سلامت نیز نقش دارند (۱۶). بالا بودن کارتنوئید در تراکم بیشتر ناشی از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی می‌باشد.

مواد جامد محلول: مواد جامد محلول تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت، اما در چین اول نسبت به چین دوم به دلیل برخورداری بوته‌ها از نور بیشتر مواد جامد محلول افزایش یافت. در تراکم کمتر، به دلیل داشتن فضای بیشتر، بوته‌ها نور بیشتری دریافت کرده و فعالیت فتوسنتزی بهتری انجام می‌دهند، در نتیجه مواد جامد محلول بالاتری دارند. که با یافته‌های سیدی و همکاران (۳۲) بر روی توت فرنگی و همچنین رایموندی و همکاران (۲۵) بر روی کشت هیدروپونیک ارقام ریحان مطابقت دارد. آنها دلیل این امر را بهرمندی بیشتر بوته از نور خورشید در این تراکم دانستند.

اسیدیته قابل تیتراسیون: اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت، ولی با افزایش تراکم اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش یافت، به طوری که در تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع بیشترین میزان مشاهده شد. در این تراکم به دلیل کمتر بودن مواد جامد محلول، بوته‌ها از اسیدیته بالاتری برخوردار بوده‌اند. در تراکم بالاتر به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش میزان نور دریافتی، بوته ها از میزان مواد جامد محلول کمتری برخوردار بوده در نتیجه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری نشان می‌دهند.

ترکیبات فنولی کل: بیشترین و کمترین میزان مواد فنولی به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۱۰۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۶/۱۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بود (شکل۳). بالا بودن مواد فنولی در رقم ریحان بنفش به دلیل ویژگی ژنتیکی این رقم است. از جمله عوامل محیطی مؤثر بر تجمع ترکیبات فنولی شدت نور و دما می‌باشد (۲۹ و ۳۷). بوته‌ها در تراکم کمتر و در چین اول از شدت نور بیشتری برخوردار بوده، در نهایت باعث افزایش مواد فنولی شده است.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: بیشترین و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۲/۰۲۱ میلی‌مول آهنll درگرم وزن تر) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۰/۶۹۸ میلی‌مول آهنll درگرم وزن تر) بود (جدول۳). بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در رقم ریحان بنفش به دلیل ویژگی ژنتیکی این رقم می‌باشد. جوانمردی و همکاران (۱۳)، ضمن بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول‌های ۲۳ توده ریحان بومی ایران گزارش کردند که یک رابطه خطی مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول‌های کل توده‌های ریحان مورد مطالعه وجود دارد. عوامل بسیار زیادی ازجمله آب و هوا، خاک و ارتفاع، اختلاف در گونه‌های مختلف در میزان متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله فنل تام و خواص آنتی‌اکسیدانی دخالت دارند (۵).

درصد اسانس: درصد اسانس تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت، اما در چین اول، بیشترین درصد اسانس مشاهده شد. ریحان در چین اول نسبت به چین دوم از رشد مناسب‌تری برخوردار بود که علت آن می‌توان به دلیل روزهای آفتابی با دمای هوای مناسب باشد که سبب افزایش فتوسنتز شده و در نتیجه بیشترین درصد اسانس را در چین اول تولید کرده است. در چین اول طول روز بلندتر بوده و در نتیجه میزان تابش نیز بیشتر بوده است. لیتچمو و همکاران (۱۵) نیز اعلام کرده‌اند که میزان اسانس گیاهان تحت شرایط نور اضافی بیشتر از گیاهان تحت شرایط نور معمولی است و بیوسنتز اسانس بستگی زیادی به رژیم‌های نوری دارد (۲۲). نتایج این پژوهش با یافته‌های حاج سید هادی و همکاران (۱۲) و درزی و همکاران (۶) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که تراکم گیاهی تأثیر معنی‌داری بر مقدار اسانس گیاهان دارویی بابونه و رازیانه نداشت.

شکل ۳- اثر رقم، تراکم و چین بر مواد فنولی کل برگ ریحان

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 3- Effects of cultivar, density and harvesting on phenolic compounds of Basil leaf.

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده، رقم ریحان بنفش و تراکم۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع (به ترتیب به دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ها و افزایش تعداد بوته در واحد سطح)، به علت بهبود برخی از صفات مرفولوژیکی و کیفی، رقم مناسب و تراکم بهینه برای پرورش ریحان خوراکی در شرایط کشت گلخانه‌ای بوده است. همچنین با توجه به یافته‌های حاصل از دو چین می‌توان بیان کرد که چین دوم به دلیل توسعه واستقرار بهتر ریشه در بستر، شرایط مناسب و مطلوب‌تری را جهت رشد بوته‌ها و صفات مرفولوژیکی گیاه ایجاد کرده است. اما از لحاظ صفات کیفی (مواد جامد محلول، ترکیبات فنولی کل، درصد اسانس)، چین اول به دلیل برخورداری از شرایط دمایی مناسب و شدت نور بیشتر، شرایط بهتری را فراهم کرده است.

منابع

1- Arnon A.N.1967.Method of extraction of chlorophyll in the plants, Agron Journal, 23:112-121.
2- Bekhradi F., Delshad M., Kashi A., Babalar M., and Ilkhani S. 2014. Effect of plant density in some basil cultivars on yield and radiation use efficiency, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), 5(1): 91-96.
3- Benzie I.F., and Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay, Analytical biochemistry, 239(1): 70-76.
4- Biglari F., AlKarkhi A.F., and Easa A.M. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (Phoenix dactylifera) fruits from Iran, Food chemistry, 107(4): 1636-1641.
5- Cao G,and Prior R.L. 1998. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum, Clinical Chemistry, 44:1309–1315.
6- Darzi M.T., khoda bandeh N., Haj syed hadi M. and Yasa N. 2001. The effects of planting date and plant density on seed yield and quality and quantity of active ingredient Fennel Medicinal Herb,National Conference of Iranian Medicinal Plants / Forests and Rangelands Research Institute, 151-152. (in Persian)
7- El-Gendy S.A., Hosni A.M., Ahmed S.S., Ömer E.A. and Reham M.S. 2001. Variation in herbage yield and oil composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) var. 'Grande Verde' grown organically in a newly reclaimed land in Egypt, Journal of Agricultural Science, 9: 915 - 33.

8- Fernandes P.C., Facanali R., Teixeira J.P.F., Furlani P.R. and Marques M.O.M. 2004. Culture of basil substrata and hydroponic system under protected environmental, Horticultral Brasilaria, 22 .260-264.
9- Ganjali H.R., Ayeneh Band A., Heidari Sharif Abad H. and MoussaviNik M. 2010. Effect of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield component and various traits of Calendula officinalis, American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 9(2): 149-155.
10- Ghanbari A.A., and Taheri Mazandarani M. 2003. Effects of sowing date and plant density on yield of pinto bean, Seed and Plant Journal, 19(4): 483-496.
11- Guo C., Yang J., Wei J., Li Y., Xu J. and Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay, Nutrition Research, 23(12): 1719-1726.
12- Haj syed hadi M., khoda bandeh N., Darzi M.T. and Yasa N. 2001. The effects of planting date and plant density on the amount of oil and Chamazulene in Chamomile Medicinal Herbs, National Conference of Iranian Medicinal Plants / Forests and Rangelands Research Institute. 119. (in Persian)
13- Javanmardi J., Stushnoff C., Locke E. and Vivanco J.M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions, Food Chemistry, 83(4): 547-550.
14- Kiferle C., Lucchesini M., Mensuali-Sodi A., Maggini R., Raffaelli A. and Pardossi A. 2011. Rosmarinic acid content in basil plants grown in vitro and in hydroponics, Central European Journal of Biology, 6: 946-957.
15- Letchamo W., Xu H.L. and Gosselin A. 1995. Photosynthetic potential of Thymus vulgaris selections under two light regimes and three soil water levels, Scientia Horticulture, 62: 89-101.
16- Liu Y., Perera C.O. and Suresh V. 2007. Comparison of three chosen vegetables with others from South East Asia for their lutein and zeaxanthin content, Food chemistry, 101(4): 1533-1539.
17- Maboko M.M. and Du Plooy Ch. 2013. High plant density planting of basil (*Ocimum basilicum*) during Summer/Fall growth season improves yield in hydroponic system, Acta Agriculture Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 63(8): 748-752.
18- Majnoon hosseini N., Mohammadi H., Poustini K. and Zeinaly khanghah H. 2003. Effect of Plant Density on Agronomic Characteristics, Chlorophyll Content and Stem Remobilization Percentage in Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian, Journal of Agricultural Science, 34(4): 1011-1019. (in Persian with English abstract)
19- Malakouti M.J. and Tehrani M.M. 2001. Effects of Micronutrients on Yield and Quality of Agricultural Products 'Micro Nutrients with Macro Effects'. Second edn. Tarbiat Modares University, Press, 299 p.
20- Moosavi S.G.R. 2012. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle, Journal of Medicinal Plants Research, 6(9): 1627-1632.
21- Morteza E., Akbari G. A., Sanavi S. M. M. and Farahani H. A. 2009. Effects of sowing date and planting density on quantity and quality features in valerian (*Valeriana officinalis* L.), Journal of Ecology and the Natural Environment, 1(9): 201-205.
22- Naghdi badi H.A., Yazdani D., Nazari F. and Sajaid M.A. 2002. Seasonal changes, performance and composition of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris* L.) The planting densities, Journal of Medicinal Plants, 5:51-56. (in Persian)
23- Omidbaigi R. 2000. Processing of medicinal plants. Mashhad. Astan Quds Razavi Publishers, Published company, (3): 99-106.
24- Pearson L. and Drost D. 2006. Basil in the Garden. Extention Utah State University, HG/Garden/ 200-601.
25- Raimondi G., Orsini F., Maggio A., De Pascale S., and Barbieri G. 2006. Yield and Quality of Hydroponically Grown Sweet Basil Cultivars, Acta Horticulturae, 723, 357-360.
26- Ramezanian A., Tavallali V. and SadeghiGhotbabadi F. 2001. Greenhouse -Scientific and practical methods of greenhouse construction and plant care, Takhtejamshid publishing, 120. (in Persian)
27- Sadeghi S., Rahnavard A., and Ashrafi, Z. 2009. The effect of plant density and sowing data on yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) in Iran, Journal Science Techno Agriculture Natural Research, 5: 413–422.
28- Saglam C., Atakisi I., Turhan H., Kaba S., Arslanoglu F. and Onemli F. 2004. Effect of propagation method, plant density, and age on lemon balm (*Melissa officinalis*) herb and oil yield, New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 32(4): 419-423.
29- Sahlin E., Savage G.P., and Lister C. E. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing, Journal of Food Composition and Analysis, 17(5): 635-647.
30- Saifi S., Neamati H., shour M. and Abedi B. 2012. The effect of plant density and pruning on yield and plant growth are two varieties of sweet pepper greenhouse, Science and Technology Journal of Greenhouse Cultures, 3(11):77-82. (in Persian)
31- Schoenstein G. 1996. Hydro-organics: growing basil during the off-season. Small Farm Today, I3(1): 9-42.
32- Seyedi A., Ebadi A., Babalar M. and Saeedi B. 2010. The effect of plant density on yield and fruit quality of strawberries Selva in soilless culture vertical, Journal of Horticultural Science, 24(1):1-6 .(in Persian)
33- Sgherri C. Cecconami S., Pinzino C., Navari-Izzo F. and Izzo R. 2010. Levels of antioxidants and nutraceuticals in basil grown in hydroponics and soil, Food Chemistry, 123, 416–422.

34- Shapiro C. A., Schepers J. S., Francis D. D. and Shanahan J. F. 2005. Using a chlorophyll meter to improve N management, Lincoln, NE: University of Nebraska-Lincoln Extension Bulletin G, 1632.
35- Smith C.A., Svoboda K.P. and Noon M.M. 1997. Controlling the Growth and Quality of Hydroponically-Grown Basil (*Ocimum Basilicum* L.) (Refereed), Acta Horticulturea, International symposium, Growing media and plant nutrition in horticulture, 450:479-486.
36- Srmadnya qh., and kochaki A. 1989. Crop Physiology (Translation), Mashhad Publishers Jihad Collegiate. 468. (in Persian)
37- Toor RK. and Savage GP. 2005. Antioxidant activities in different fractions of tomato, Food Research International, 38: 487-494.
38- Tüzel I.H., Tüzel Y., Gül A., Meriç M.K., Yavuz O. and Eltez R.Z. 2001. Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact, Acta Horticulturae, 554:221-228.
39- Zehtab-Salmasi S., Heidari F. and Alyari H. 2008. Effects of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.), Plant Sciences Research, 1(1): 24-26.
40- Žnidarčič D., Ban D. and Šircelj H. 2011. Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries, Food Chemistry, 129(3): 1164-1168.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 263-272
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۷۲-۲۶۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Plant Density and Cultivar on Morphological Characteristics, Yield and Quality Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Hydroponic System

F. Badakhshan[1*]- F. Sedighi Dehkordi[2] - S.H.M. Mortazavi[3]

Received: 29-01-2017
Accepted: 25-04-2018

Introduction: Basil (*Ocimum basilicum* L.), is considered as one of the main edible crops of Lamiaceae family. In addition of consuming as a leafy vegetable, basil is known as a medicinal plant due to its aromatic and phytochemical compositions. The common edible basil has two main varieties i.e. Green and Opal. Although the production of this plant is highly happened in open farms during hot seasons, recent changes in agricultural policies in terms of year-round production, using less water and increasing the yield and quality, have encouraged the production of basil under controlled environments such as hydroponic systems. The main criteria to proceed a successful hydroponic culture are selecting proper cultivar, planting density and nutrition management. Optimum plant density alleviates the competition between plants and as a consequence, sufficient light and nutrient can lead to higher quantity and quality. This study aimed to discover the impact of plant density on the quality and yield properties of two main varieties of basil under hydroponics system.

Material and Methods: The experiment was done at Shahid Chamran University of Ahvaz during 2015-2016 growing season. A pot experiment was conducted based of Split-plot in time design with three replications. Cultivar (Green and Opal) and planting density (150, 200 and 250 plants per m^2) were considered as the main and sub plot respectively. The plants were cut twice and different morphological and biochemical properties including number of leaves, leaf area, leafy parts yield, chlorophyll, carotenoids, soluble solid content, titrable acidity, total phenolic content, antioxidant capacity and essential oil content were analyzed.

Result and Discussion: The results showed that among applied treatments, the highest number of leaves (30.61), leaf area (26140 mm^2) and stem fresh weight (3.28 g) were recorded for the *var.* Green with 150 p/m^2 planting density at second cut. In contrast, this treatment had the lowest number of leaves (12.33) and leaf area (10810 mm^2) at first cut. While maximum leaf fresh weight (5.84 g) was obtained for second cut of 150 p/m^2 planting density, minimum leaf and stem fresh weight (3.09 and 2.01 g respectively) were found for second cut of 200 p/m^2 planting density. Total fresh yield as an important criteria for a leafy vegetable was affected by both variety and planting density factors. The highest amount of yield (1427 g/m^2) was recorded at second cut when plants were at 250 p/m^2. In contrast, the plants of 150 p/m^2 had the minimum yield at first cut (1020 g/m^2). The chlorophyll content was higher in Opal variety surprisingly and the plants of 250 p/m^2 and 150 p/m^2 had around 2.09 mg/g chlorophyll at second cut. Similar findings were obtained for total phenolic content of leaves that was around 104.3 mg/Kg fresh weight for these treatments. Lowest levels of chlorophyll (1.29 mg/g FW) and total phenolic content (6.158 mg/kg) were seen in the leaves of *var.* Green when they were planted at 150 plant/m^2 density. The data for total carotenoids content showed that the level of this pigments were affected by both parameters of variety and planting density. The leaves of *var.* Opal of 250 p/m^2 density had the highest (6.252 mg/g fresh weight) carotenoids content. The highest (2.021 mmol Fe II/g FW) and lowest (0.69 mmol Fe II/g) amount of antioxidant capacity was recorded in Opal and Green varieties respectively, when they were at 150 plant/m^2 density. The taste related parameters including total soluble solids, titrable acidity and essential oil content were not affected by planting density and variety. However, the level of acidity was increased by increasing plant density. On the other hand, a significant difference was seen in terms of TSS, acidity and essential oil between first and second cuts.

Conclusion: Overall and based on obtained data, it can be said that the *var.* Opal at 150 and 250 plants/m^2 density showed the best results in terms of evaluated morphological and qualitative traits and can be recommended for hydroponics basil cultivation. Basil is harvest in 2-3 cuts and this experiment showed that for almost all vegetative parameters, the second cut had better results. The improved yield and quality at second cut could be attributed to the better establishment of roots and providing higher levels of nutrients.

Keywords: Antioxidant capacity, Essential oil, Leaf area

1, 2 and 3- Graduated M.Sc., Assistant Professor and Associate Professor of Horticultural Science, Shahid Chamran University of Ahvaz
(*- Corresponding Author Email: Farzaneh.badakhshan@gmail.com)

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 273-286
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۸۶-۲۷۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

بررسی تأثیرجدایه‌های باکتری *Pseudomonas putida* بر عملکرد قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*)

مجتبی لطفی[۱]- محمد فارسی[۲*]- امین میرشمسی کاخکی[۳]- جواد جانپور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱

چکیده

القای تشکیل ساختار ته‌سنجاقی در قارچ *Agaricus bisporus* به طور خاص، با کاهش دما و غلظت دی‌اکسیدکربن در حضور باکتری‌های موجود در خاک پوششی از جمله باکتری *Pseudomonas putida* انجام می‌شود. این باکتری می‌تواند به عنوان محرک رشد بر روی عملکرد قارچ دکمه‌ای نیز تأثیر بگذارد. در این پژوهش ۸۱ جدایه باکتری از نمونه‌های خاک پوششی ۶ مزرعه پرورش قارچ خوراکی در سال ۱۳۹۴ جداسازی شد و در نهایت ۳۳ جدایه که به عنوان باکتری *P. putida* شناسایی شدند، به خاک پوششی قارچ دکمه‌ای تلقیح گردیدند. نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای نشان داد که جدایه‌های مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد (بدون اعمال باکتری) تأثیر معنی‌داری بر روی وزن تر و تعداد قارچ دارند ($p\leq0.05$)؛ به طوری که بیشترین وزن تر قارچ مربوط به تیمار جدایه‌های P27 وP13 به ترتیب به میزان ۳۶۱/۶۳، ۳۴۲/۸ گرم (تیمار شاهد ۱۴۶/۳۹ گرم) و بیشترین تعداد قارچ مربوط به تیمار جدایه‌های P18 و P24 به ترتیب با ۲۱ و ۲۰/۸۳ عدد (تیمار شاهد ۸/۵۰ عدد) بر کیلوگرم کمپوست بود. در مرحله بعد توان تولید سیدروفور، توان تولید هورمون IAA، فعالیت آنزیم ACC دآمیناز و توانایی انحلال فسفات نامحلول در جدایه‌ها ارزیابی و رابطه هرکدام از آن‌ها با تعداد و وزن تر قارچ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین میزان تولید هورمون IAA و وزن تر قارچ (r=۰/۵۸) و همچنین بین تولید هورمون IAA و تعداد قارچ (r=۰/۵۰) همبستگی معنی‌دار و مثبتی وجود دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که تولید IAA توسط باکتری ممکن است عامل تأثیرگذاری بر روی عملکرد قارچ دکمه‌ای باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری محرک رشد، خاک پوششی، عملکرد، هورمون IAA

مقدمه

قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید با نام علمی *Agaricus bisporus* به دلیل داشتن ارزش غذایی بالا و خواص دارویی متعدد (۵ و ۵۲)، جایگاه ویژه‌ای را در سبد غذایی مردم جهان به خود اختصاص داده است، اما متأسفانه متوسط عملکرد تولید این قارچ در کشور پایین‌تر از متوسط عملکرد در دنیاست (۱۴). در سال‌های گذشته علاوه بر اصلاح قارچ‌های دیگر (۶)، تلاش‌هایی در جهت تولید نژادهای پرمحصول در قارچ *A. bisporus* در کشور انجام گرفته است؛ از جمله استفاده از نشانگرهای مولکولی (۲۲ و ۳۱)، جمع‌آوری و شناسایی گونه‌های وحشی (۴۹) و بهینه‌سازی روش‌های مولکولی (۲۸) که تا به امروز منجر به تولید سه نژاد هیبرید تجاری پرمحصول قارچ دکمه‌ای (۱۴) شده است.

برای افزایش عملکرد قارچ خوراکی دکمه‌ای، در کنار کارهای اصلاحی، استفاده از مکمل‌ها و کودهای زیستی می‌تواند تأثیر زیادی بر روی سودآوری پرورش قارچ خوارکی داشته باشد (۴۷). مهمترین ریزجاندارانی که در تولیدکود زیستی کاربرد دارند، باکتری‌های محرک رشد گیاه[۵] (PGPR) از جمله سودوموناس‌ها می‌باشند (۴۶) که در خاک پوششی مورد استفاده در پرورش قارچ *A. bisporus* وجود داشته و میانکنش‌هایی با میسیلیوم این قارچ دارند (۴۴ و ۶۱) و جمعیت غالب را در خاک پوششی خصوصاً در مرحله پین‌دهی به خود اختصاص می‌دهند (۱۰ و ۵۰).

از بین گونه‌های مختلف باکتری *Pseudomonas*، گونه *P. putida* نسبت به گونه‌های دیگر تأثیر بیشتری بر روی رشد میسلیوم

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Email: Farsi@um.ac.ir)
۴- عضو هیأت علمی گروه پژوهشی زیست‌فناوری قارچ‌های صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.62530

5- Plant Growth Promoting Bacteria

قارچ خوراکی دکمه‌ای دارد (۳۸). این باکتری در بقیه مراحل رشد قارچ از جمله میوه‌دهی نقشی اساسی ایفا می‌کند (۱۰) و باعث افزایش عملکرد، وزن خشک و محتوای نیتروژن و پروتئین در این قارچ می‌شود (۳۳، ۵۰ و ۶۷). باکتری *P. putida* به عنوان یک باکتری محرک رشد، به واسطه تولید هورمون اکسین (IAA)، انحلال فسفات نامحلول، کاهش سطح مواد ممانعت‌کننده رشد از جمله هورمون اتیلن و همچنین تولید سیدروفور برای مقابله با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا میانکنش‌هایی با میزبان خود دارد (۵۱). این مکانیسم‌ها در میانکنش میسلیوم قارچ دکمه‌ای با باکتری *P. putida* نیز قابل بررسی است و می‌تواند عامل افزایش عملکرد قارچ دکمه‌ای باشد.

پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که باکتری‌های تولید کننده IAA باعث افزایش وزن تر، وزن خشک، میزان پروتئین و افزایش تعداد قارچ *A. bisporus* در واحد سطح و قطر کلاهک آن می‌شوند (۱۲). از طرفی، باکتری *P. putida* از طریق تولید هورمون IAA باعث القای رشد در گیاهانی مانند گوجه فرنگی (۲۳)، شلغم (۴۳)، ماش (۳۷) و نخود (۴۲) نیز شده است. دیگر هورمون‌های گیاهی شامل ایندول استیک اسید و نفتالن استیک اسید نیز رشد میسلیوم قارچ‌های *Pleurotus sajor-caju* (۵۳) و *Pellinus linteus* (۲۴) را افزایش داده‌اند.

انحلال فسفات نامحلول توسط باکتری‌های محرک رشد برای دسترسی قارچ به فسفات نیزمی‌تواند یکی از راه‌های احتمالی افزایش رشد قارچ توسط باکتری باشد (۶۷). گیتای و وانگ (۱۶) با بررسی تأثیر سه باکتری دارای قابلیت حل‌کنندگی فسفات، شامل *Azotobacter chroococcum*، *Bacillus megaterium* و *P. striata* بر روی رشد میسلیوم قارچ *A. bisporus*، گزارش کردند که تأثیر گونه *P. striata* نسبت به دو باکتری دیگر چشمگیرتر بوده و بیشترین وزن خشک و تر میسلیوم قارچ *A. bisporus* از تیمار همزمان سه باکتری بدست آمده است.

مکانیسم دیگری که باکتری *P.putida* از طریق آن می‌تواند باعث افزایش رشد و عملکرد میزبان خود شود، کاهش سطح اتیلن می‌باشد. اتیلن به عنوان یک مهار کننده تقسیم سلولی و سنتز DNA (۸)، در قارچ *A. bisporus* در دو فاز رویشی و زایشی تولید می‌شود (۶۴) و مسیر بیوسنتز آن در این قارچ همانند گیاهان عالی (۱۹)، به واسطه ۱-آمینوسیکلوپروپن-۱-کربوکسیلیک اسید (ACC) می‌باشد (۹).

چن و همکاران (۹) اتیلن را یکی از کاندیداهای مهار رشد قارچ *A. bisporus* دانسته و نشان دادند که باکتری‌های *P. putida* به واسطه آنزیم ACC دآمیناز، با کاهش میزان ACC و در نتیجه کاهش سطح اتیلن در قارچ *A. bisporus* باعث رشد هیف می‌شوند؛ در حالی که تیمار باکتری‌های موتانتی که ACC دآمیناز را به میزان خیلی کمی تولید می‌کردند، مهار رشد هیف را به دنبال داشت. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که اتیلن مهار کننده رشد قارچ *A. bisporus* می‌باشد و باکتری *P. putida* با جذب و مصرف پیش‌ساز اتیلن باعث افزایش رشد میسلیوم قارچ خوراکی می‌شود.

باکتری *P. putida* از طریق تولید سیدروفور با کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و تسهیل جذب آهن باعث حفظ کیفیت محصول و افزایش عملکرد در میزبان می‌شود (۴). افزودن آهن به محیط کشت *A. bisporus* باعث القای تشکیل ساختارهای ته‌سنجاقی در این قارچ می‌شود (۲۴). همچنین سیدروفورهای تولید شده توسط سودوموناس‌های فلورسنس باعث کنترل باکتری بیمارگر *P. tolaasii* و قارچ‌های پارازیت *Sepedonium* sp.، *Verticillium* sp.، *Cladobotryum* sp.، *Fusarium* sp. و *Neurospora* sp. می‌شوند و از این طریق عملکرد قارچ *A. bisporus* را افزایش می‌دهند (۲۷ و ۶۳).

بررسی مکانیسم‌های مؤثر در افزایش رشد و عملکرد قارچ دکمه‌ای از طرف باکتری‌های محرک رشد توسط عبادی و همکاران (۱۲) انجام گرفته است. ایشان تأثیر ۹۰ ایزوله باکتری محرک رشد گیاهی (۶۰ ایزوله رایزوبیوم و ۳۰ ایزوله باکتری *P. florescense*) بر روی ویژگی‌های مورفولوژیکی قارچ *A. bisporus* مورد بررسی قرار دادند و پس از تقسیم باکتری ها به پنج دسته (باکتری‌های تولید کننده IAA، باکتری‌های تولید کننده ACC دآمیناز، باکتری‌های دارای قابلیت حل‌کنندگی فسفات، باکتری‌های تولید کننده سیدروفور و باکتری‌هایی که دارای تمام ویژگی‌های فوق را با هم داشتند)، گزارش کردند که از بین ۹۰ ایزوله، بیشترین عملکرد مربوط به باکتری‌های تولید کننده IAA با افزایش ۱۲/۷ درصدی در وزن تازه قارچ در مقایسه با شاهد و بیشترین مقدار ماده خشک، بیشترین تعداد قارچ و بیشترین میزان پروتئین مربوط به باکتری‌های دارای تمام ویژگی‌ها بود.

با توجه به ضرورت افزایش سودآوری واحدهای تولید قارچ دکمه‌ای به واسطه افزایش عملکرد و همچنین تولید غذای سالم و ارگانیک، استفاده از کودهای زیستی می‌تواند به عنوان راهکاری مهم و کارآمد جهت رسیدن به اهداف فوق مورد توجه قرار گیرد. بنابراین افزایش مطالعات در زمینه مکانیسم‌های تأثیر باکتری *P. putida* بر روی رشد و عملکرد قارچ دکمه‌ای که منجر به شناسایی جدایه‌های برتر باکتری با پتانسیل استفاده به عنوان کود زیستی می‌شود، ضروری به نظر می‌رسد و می‌تواند در آینده جنبه تجاری نیز به خود بگیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌گیری از خاک و جداسازی پرگنه‌های باکتری *Pseudomonas* از نمونه‌های خاک

شش نمونه خاک پوششی از مزرعه‌های پرورش قارچ خوراکی

دکمه‌ای در مشهد جمع‌آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه، به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق با هواخشک گردید. به منظور جداسازی باکتری از روش سری رقت‌های متوالی (تا رقت 10^{-3}) استفاده شد. جهت غربال‌گری باکتری‌های جنس *Pseudomonas* از محیط کشت LB حاوی N-لوریل سارکوزین سدیم سالت و تری‌متوپریم استفاده گردید (۶۷).

شناسایی باکتری‌های *P. putida* با استفاده آغازگر اختصاصی

جهت شناسایی باکتری *P. putida* از بین باکتری‌های *Pseudomonas* غربال شده، از روش کلونی PCR استفاده شد و آغازگرهای اختصاصی ژن کد کننده زیرواحد B آنزیم DNA جیراز (*gyr*B) شامل آغازگر رفت (*gyr*B_F) با توالی ´۳-TCACCTCCGAGGAAACCAGCTTG-´۵ و آغازگر برگشت (*gyr*B_R) با توالی ´۳-TCTGTTGTGAACGCCCTGTC-´۵ مورد استفاده قرار گرفت (۲۶).

چرخه حرارتی و مواد مورد نیاز جهت انجام PCR شامل چهار دقیقه واسرشت‌سازی اولیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد، ۳۴ چرخه شامل ۳۰ ثانیه واسرشت‌سازی در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد، اتصال آغازگر به مدت ۳۰ ثانیه در دمای ۵۷ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰ ثانیه گسترش در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و گسترش نهایی به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد بود. برای بررسی نیز ژل آگارز یک درصد تهیه شد. در مجموع از بین ایزوله‌های شناسایی شده به عنوان باکتری *P. putida*، بر اساس نتایج آزمون PCR، ۳۳ ایزوله برای انجام بقیه مراحل آزمایش انتخاب گردید.

ارزیابی عوامل محرک رشد باکتری *P. putida*

میزان تولید ایندول استیک اسید توسط جدایه‌ها، بر اساس روش گلیک‌من و دساکس (۲۰) تعیین گردید. منحنی استاندارد نیز به وسیله هورمون IAA در غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ میلی گرم بر لیتر تهیه شد. به منظور ارزیابی کیفی تولید سیدروفور توسط سویه‌های باکتریایی از آزمون کروم آزورول-سولفونات (CAS) استفاده شد (۵۹) و ضریب جذب هر نمونه کشت در طول موج ۶۳۰ نانومتر تعیین گردید. جهت تخمین کمی توانایی انحلال فسفات توسط جدایه‌ها، سوسپانسیون هر جدایه تهیه و به محیط کشت اسپربر مایع اضافه شد. پس از پنج روز شدت جذب نوری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر قرائت شد (۶۲) و مقدار فسفر محلول در محیط کشت در مقایسه با منحنی استاندارد که با استفاده از غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ میلی گرم بر لیتر KH_2PO_4 تهیه شد، محاسبه گردید. جهت ارزیابی میزان فعالیت آنزیم ACC دآمیناز از روش پنروز و گلیک (۴۵) استفاده شد و برای تهیه محلول‌های استاندارد از آلفا-کتوبوتیرات استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری مقدار پروتئین عصاره جدایه‌های مورد آزمایش از روش برادفورد (۷) استفاده شد. منحنی استاندارد نیز به کمک محلول‌های استاندارد پروتئین آلبومین سرم گاوی و در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷ و ۰/۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تهیه گردید.

تیمار جدایه‌ها و پرورش قارچ دکمه‌ای

پس از تهیه کمپوست آماده و تلقیح شده با بذر قارچ دکمه‌ای، به میسلیوم قارچ اجازه داده شد تا به مدت ۱۶ روز در دمای ۲۴ تا ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۶۷ درصد به طور کامل کمپوست را پر کند. سپس مقدار سه کیلوگرم از کمپوست وزن شد و به داخل کیسه‌های پرورش منتقل گردید. روز بعد سوسپانسیون باکتری در محلول نگهدارنده (۱۲) با غلظت 10^6CFU/mL تهیه و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون هر جدایه به یک کیلوگرم از خاک پوششی اضافه و به طور کامل مخلوط و به روی کمپوست منتقل گردید. دراین آزمایش جدایه‌های باکتری در قالب طرح کاملا تصادفی در دو تکرار تیمار داده شدند. ۱۸ روز پس از خاک‌دهی، قارچها قبل از بلوغ کامل یا به اصطلاح رایج، قبل از باز شدن برداشت شدند و پس از تمیز نمودن، وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ تعیین گردید.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP ۸ و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ انجام گرفت. برای آزمون مقایسات میانگین از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

فراوانی باکتری *P. putida* در نمونه‌های مورد بررسی

نتایج شناسایی مولکولی جدایه‌های جدا شده از شش نمونه خاک پوششی نشان داد که از بین ۸۱ جدایه مورد بررسی، در مجموع می‌توان ۵۲ جدایه را به عنوان باکتری *P. putida* معرفی کرد که این تعداد حدود ۶۴ درصد جمعیت جدایه‌ها را تشکیل می‌دهند. بیشترین ایزوله باکتری *P. putida* مربوط به نمونه خاک‌های شماره دو و شش (به ترتیب با ۸۶ و ۱۰۰ درصد) بود که در مرحله پین‌دهی جمع‌آوری شده بودند (جدول ۱). بقیه نمونه‌ها قبل از مرحله پین‌دهی یا حین اعمال آن‌ها بر روی کمپوست جمع‌آوری شده بودند. بر اساس جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که بهترین مرحله جهت جداسازی باکتری *P. putida* از خاک پوششی، مرحله پین‌دهی می‌باشد. به دلیل اینکه در این مرحله جمعیت این باکتری در مقایسه با باکتری‌های دیگر افزایش می‌یابد و جدایه‌های جداشده به احتمال

بیشتری باکتری *P. putida* خواهند بود. ریاحی و همکاران (۵۰) بیشترین تعداد باکتری *Pseudomonas* را در مرحله پین‌دهی ثبت کردند. با توجه به اینکه ضرورت وجود باکتری *P. putida* جهت پین‌دهی قارچ *A. bisporus* به اثبات رسیده است (۱۰) نتایج فوق منطقی به نظر می‌رسد.

جدول ۱. وضعیت فلور میکروبی نمونه‌های خاک پوششی مورد استفاده در پرورش قارچ *A. bisporus* از نظر جمعیت باکتری *P. putida* موجود در آن‌ها

Table 1- The frequency of *P. putida* isolates in casing soil samples used for *A. bisporus* cultivation

نمونه خاک* Soil sample	تعداد جدایه جدا شده Number of isolates	تعداد جدایه *P. putida* Number of *P. putida* isolates (%)	تعداد جدایه انتخاب شده برای مرحله بعد Number of selected isolates for next steps	اسم جدایه‌ها انتخاب شده برای مرحله بعد Name of isolates in next steps
Sample 1	12	5 (42)	5	P1-P5
Sample 2	21	18 (86)	7	P6-P12
Sample 3	12	6 (50)	5	P13-P17
Sample 4	12	4 (33)	4	P18-P21
Sample 5	11	6 (55)	5	P22-P26
Sample 6	13	13 (100)	7	P27-P33
Total	81	52 (64)	33	

* نمونه‌های شماره دو و شش در مرحله پین‌دهی و بقیه نمونه‌ها قبل از مرحله پین‌دهی یا حین اعمال آن‌ها بر روی کمپوست جمع‌آوری شده بودند.

*Samples 6 and 2 were collected at pinning and other samples were collected befor pinning or time of application on the compost.

ارزیابی عوامل مؤثر بر رشد قارچ دکمه‌ای

بررسی توان تولید هورمون IAA

در این آزمون تمامی باکتری‌هایی که به عنوان *P. putida* شناسایی شدند، توانایی تولید IAA را داشتند. نتایج نشان داد که بین جدایه‌های مختلف در میزان تولید IAA، تفاوت معنی‌داری ($p\leq0.05$) وجود دارد (جدول ۲). در این بین، جدایه‌های P3، P24 و P27 به ترتیب با مقدار میانگین ۷/۳۷، ۷/۳۵ و ۷/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین و جدایه‌های P33، P14 و P30 به ترتیب با مقدار میانگین ۰/۸۹، ۱/۱۹ و ۱/۵۴ میلی‌گرم بر لیتر کمترین میزان IAA را تولید کردند (شکل ۱). میانگین تولید IAA توسط جدایه‌های مورد بررسی ۴/۲۷ میلی‌گرم بر لیتر بود.

شکل ۱- مقایسه میانگین تولید هورمون IAA در جدایه‌های مختلف *P. putida* بر اساس آزمون مقایسه میانگین توکی ($p\leq0.05$)

Figure 1- Mean comparison of means of IAA production of *P. putida* isolates based on Tukey's test ($p\leq0.05$)

تفاوت در تولید IAA توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است. علی‌خانی و همکاران (۵) نیز با اندازه‌گیری توان تولید IAA در ۳۱۴ جدایه متعلق به جنس‌های مختلف رایزوبیومی ایران، گزارش کردند که ۲۲۰ جدایه توان تولید این هورمون را داشته و از نظر تولید IAA

بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. خاکی‌پور و همکاران (۳۲) نیز با استفاده از آنالیز HPLC نشان دادند که ۷۲ درصد از سویه‌های *P. putida* و *P. fluorescens* مورد بررسی، حداقل یکی از ترکیبات ایندولی اکسین از جمله IAA را تولید می‌کنند. ایشان بیان کردند که تولید هورمون اکسین یکی از اصلی‌ترین دلایل افزایش عملکرد ناشی از تلقیح این باکتری‌ها می‌باشد.

بررسی توان تولید سیدروفور

در این آزمایش توان تولید سیدروفور جدایه‌های مورد بررسی از ۰/۷۸ درصد تا ۹۸ درصد متغیر و معنی‌دار بود ($p\leq0.05$) (جدول ۲). در بین جدایه‌های مختلف، بیشترین میزان تولید سیدروفور مربوط به جدایه‌های P2 و P16 به ترتیب با ۹۸/۴۴ و ۹۸/۱۰ درصد و کمترین میزان تولید آن مربوط به جدایه P30 و P14 به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۷۸ درصد سیدروفور بود (شکل ۲). همه جدایه‌های مورد بررسی دارای توان تولید سیدروفور بودند. توانایی تولید سیدروفور توسط سویه‌های مختلفی از سودوموناس‌ها گزارش شده است (۱ و ۴۸). توان تولید سیدروفور از جمله ویژگی‌هایی است که بر اساس آن باکتری‌های دارای این خصوصیت را در گروه باکتری‌های محرک رشد گیاه قرار داده‌اند (۱۶ و ۵۵). سودوموناس‌های فلورسنس تولیدکننده سیدروفور موجود در خاک پوششی مانع جذب آهن توسط میکروارگانیسم‌های بیمارگرها شده و رشد قارچ خوراکی دکمه‌ای را بهبود می‌بخشند (۶۰). همچنین این باکتری‌ها باعث افزایش جذب آهن در گیاهانی مانند ذرت (۵۷)، ماش (۵۸)، گوجه‌فرنگی (۴۰) و آرابیدوپسیس (۶۵) و بهبود صفات کمی و کیفی در آنها شده‌اند.

شکل ۲- مقایسه میانگین تولید سیدروفور در جدایه‌های مختلف *P. putida* بر اساس آزمون مقایسه میانگین توکی ($p\leq0.05$)

Figure 2- Mean comparison of siderophore production of *P. putida* isolates based on Tukey's test ($p\leq0.05$)

بررسی توان حل کنندگی فسفات معدنی در محیط اسپربر

مهمترین نقش فسفر در گیاهان تولید و انتقال انرژی می‌باشد (۱۳). به همین دلیل قابلیت حل‌کنندگی فسفات گونه *P. striata* وزن خشک و تر میسلیوم قارچ *A. bisporus* را افزایش می‌دهد (۱۸). همچنین کاهش سطح فسفات قابل دسترس قارچ دکمه‌ای، عملکرد آن کاهش می‌یابد (۶۶). تلقیح باکتری *P. putida* با ریشه گیاه کلزا (۳۵) و گوجه‌فرنگی (۴۱) طور معنی‌داری جذب فسفات و در نتیجه آن طول ریشه را در گیاه میزبان را افزایش می‌دهد.

تفاوت در میزان انحلال فسفات توسط جدایه‌های مورد بررسی، متغیر و معنی‌دار بود (جدول ۲). از ۳۳ جدایه مورد بررسی، ۲۸ جدایه توانایی انحلال فسفات نامحلول را داشتند که ۸۵ درصد جدایه‌ها راتشکیل می‌دادند. قدس علوی و همکاران (۱۷) نیز جدایه‌های دارای توان انحلال فسفات را ۷۷/۵ درصد کل جدایه‌های موجود در رایزوسفر گیاه سنبل‌الطیب گزارش کردند که در بین آن‌ها ، دو جدایه از جنس *Pseudomonas* دارای بیشترین توان انحلال فسفات نامحلول در محیط مایع اسپربر بودند. توانایی انحلال فسفات توسط جدایه‌های *P. fluorescens* توسط مقامی و همکاران (۳۶) نیز گزارش شده است. از بین جدایه‌های دارای توان انحلال فسفات، بیشترین میزان انحلال مربوط به جدایه‌های P22 و P30 به ترتیب با ۱۰/۵۹ و ۱۰/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین توان انحلال فسفات مربوط به جدایه P5 با ۰/۵۸ میلی‌گرم بر لیتر بود (شکل ۳). در ضمن جدایه‌های P3،P20، P23 و P28 توانایی انحلال فسفات را از خود نشان ندادند. متوسط میزان انحلال فسفات در بین جدایه‌های مورد بررسی نیز ۴/۷۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. دی فرتاس و همکاران (۱۱) حلالیت سنگ فسفات را توسط باکتری *Bacillus* spp. طی ۱۵ روز مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که باکتری‌های مورد

استفاده توان آزادسازی ۷/۵ تا ۲۲/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر فسفر را دارند. تومار (۶۳) مقدار فسفر محلول آزاد شده در طی ۱۴ روز در محیط مایع حاوی تری‌کلسیم‌فسفات تلقیح شده با باکتری‌های میله‌ای گرم منفی را برابر ۷۸/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر محیط کشت گزارش نمود.

شکل ۳- مقایسه میانگین توانایی انحلال فسفات نامحلول در جدایه‌های مختلف *P. putida* بر اساس آزمون مقایسه میانگین توکی (p≤0.05)

Figure 3- Mean comparison of phosphate solubilization of *P. putida* isolates based on Tukey's test (p≤0.05)

بررسی میزان فعالیت آنزیم ACC دآمیناز

در این آزمایش فعالیت آنزیمی آنزیم ACC دآمیناز جدایه‌های مورد بررسی اندازه‌گیری شد و همانطورکه نتایج نشان می‌دهند، فعالیت ACC دآمیناز تولید شده توسط جدایه‌های مورد آزمایش متفاوت می‌باشد و در دامنه‌ای از ۰/۵۲ تا ۱۰/۲۷ میکرومول آلفا-کتوبوتیرات بر میلی‌گرم در ساعت متغیر است. تفاوت فعالیت آنزیمی در بین جدایه‌های مورد بررسی، در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در این آزمایش از مجموع ۳۳ جدایه، در ۲۷ جدایه فعالیت آنزیم ACC دآمیناز مشاهده شد که این تعداد جدایه، ۸۱/۸ جدایه‌ها را تشکیل می‌دادند (شکل ۴).

وجود آنزیم ACC دآمیناز در تعداد زیادی از باکتری‌های محرک رشد گیاه و همچنین تعدادی از مخمرها و قارچها گزارش شده است (۲۹ و ۵۶). باکتری *P. putida* با جذب و مصرف پیش‌ساز اتیلن به وسیله آنزیم ACC دآمیناز، اثر مهارکنندگی اتیلن بر روی تشکیل پریموردیا و رشد قارچ را تعدیل کرده و از این طریق باعث افزایش رشد قارچ *A. bisporus* می‌شود (۹).

شکل ٤- میانگین میزان فعالیت آنزیم ACC دآمیناز در جدایه‌های مختلف *P. putida* بر اساس آزمون مقایسه میانگین توکی (p≤0.05)

Figure 4- Mean comparison of ACC deaminase activity of *P. putida* isolates based on Tukey's test (p≤0.05)

جدول ۲- تجزیه واریانس چهار عامل محرک رشد در جدایه‌های مختلف *P. putida*

Table 2- ANOVA for four growth promoting factor in different isolates of *P. putida*

منبع تغییرات Source of variation	df	میانگین مربعات Mean square			df	میانگین مربعات Mean square
		تولید IAA IAA production	تولید سیدروفور Siderophore production	انحلال فسفات Phosphate solubilization		فعالیت ACC دآمیناز ACC deaminase activity
جدایه Isolates	32	11.578*	3444.05*	32.241*	32	12.248*
خطا Eror	66	0.131	4.91	0.61	33	0.976
Total	98				65	

*. نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* The means are significantly different at the 0.5% level

بررسی‌ها نشان داده است که جدایه‌های رایزوبیومی بومی توان تولید ACC دآمیناز را دارند(۲، ۵۴، ۳۹). سقفی و همکاران (۵۴) گزارش کردند که از ۳۰ جدایه متحمل به شوری، ۲۵ جدایه (۷۸ درصد) توانستند از ACC به عنوان تنها منبع نیتروژن استفاده کنند. همچنین این توانایی در بین جدایه‌ها یکسان نبود. متشرعی و همکاران (۳۹) نیز از بین ۴۴۵ جدایه انتخاب شده و خالص شده از خاک‌های شمال کشور، ۹ جدایه را انتخاب و میزان فعالیت ACC دآمیناز آن‌ها را اندازه‌گیری کردند که همه جدایه‌ها دارای توان تولید ACC دآمیناز بودند.

بررسی اثر جدایه‌ها بر روی عملکرد قارچ دکمه‌ای

در این آزمایش ۳۳ ایزوله باکتری در دو تکرار به خاک پوششی اعمال گردید و تأثیر آن‌ها بر روی افزایش عملکرد نسبت به نمونه شاهد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که جدایه‌های مورد بررسی وزن و تعداد قارچ را در سطح ۵ درصد به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد (بدون تیمار باکتری) افزایش دادند (جدول ۳). با این حال این افزایش وزن و تعداد قارچ، در بین جدایه‌های مختلف متغیر بود. بیشترین وزن قارچ مربوط به جدایه‌های P27، P13، P25 و P8 به ترتیب به میزان ۳۶۱/۶۳، ۳۴۲/۸، ۳۱۲/۴۳ و ۳۰۱/۴۶ گرم و کمترین وزن قارچ نیز مربوط به جدایه‌های P32، P12 و P30 به ترتیب با ۱۱۹/۶۱، ۱۳۳/۷۱ و ۱۴۰/۵۵گرم بر کیلوگرم کمپوست بود (شکل ۶). بیشترین تعداد قارچ نیز مربوط به جدایه‌های P18 و P24 به ترتیب با ۲۱ و ۲۰/۸۸ عدد و کمترین تعداد مربوط به جدایه‌های P32 و P30 به ترتیب با ۵/۵ و ۸/۳۳ عدد بر کیلوگرم کمپوست بود (شکل ۵).

در این آزمایش تعدادی از جدایه‌ها نسبت به نمونه شاهد تأثیر منفی بر روی وزن و تعداد قارچ داشته و یا تأثیر معنی‌داری بر روی این دو صفت در قارچ *A. bisporus* نداشتند که می‌تواند به دلیل میانکنش بین قارچ دکمه‌ای و باکتری‌های تیمار داده شده و یا شرایط فیزیکی و شمیایی خاک پوششی باشد. از طرفی جدایه‌های P27 و P13 بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد قارچ دکمه‌ای داشتند که می‌توانند در جهت افزایش عملکرد قارچ دکمه‌ای مورد آزمایش قرار گیرند. تفاوت در اثر جدایه‌های مختلف بر روی عملکرد قارچ دکمه‌ای می‌تواند نتیجه تفاوت در خصوصیات محرک رشدی آن‌ها باشد. افزایش وزن و تعداد قارچ و در نتیجه افزایش عملکرد قارچ دکمه‌ای *A. bisporus* در اثر تیمار باکتری‌های محرک رشد، خصوصاً باکتری *P. putida* توسط ریاحی و همکاران (۵۰)، زارع‌نژاد و همکاران (۶۷)، عبادی و همکاران (۱۲) و خلیلی و همکاران (۳۳) نیز گزارش شده است. زارع‌نژاد و همکاران (۶۷) با تیمار ۲۳ جدایه به خاک پوششی، گزارش کردند که سه جدایه Bt4، Fd8 و Ps7 به ترتیب با ۱۴، ۱۳/۵ و ۱۲ درصد، بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد قارچ دکمه‌ای *A. bisporus* نسبت به نمونه شاهد داشتند که این دو نژاد از گونه *P. putida* بودند.

رابطه بین فاکتورهای موثر بر رشد در باکتری و عملکرد قارچ دکمه‌ای

در این آزمایش ضریب همبستگی (r) بین عوامل محرک رشد در باکتری *P. putida* (شامل تولید هورمون IAA، تولید سیدروفور، انحلال فسفات و فعالیت آنزیم ACC دآمیناز) و صفات مربوط به عملکرد در قارچ دکمه‌ای *A. bisporus* (وزن و تعداد قارچ) تعیین گردید (جدول۴). تفسیر نتایج نشان می‌دهد که بین میزان تولید هورمون IAA و وزن و تعداد قارچ همبستگی معنی‌دار و مثبتی (به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۵۰) وجود دارد. در بین این دو صفت، وزن قارچ نسبت به تعداد قارچ هبستگی بالاتری با تولید هورمون IAA دارد. نتایج نشان می‌دهد که باکتری *P. putida* از طریق تولید IAA، هم در مرحله پین‌دهی (تعداد قارچ) و هم در مراحل پس از آن (وزن قارچ) بر روی رشد و عملکرد قارچ تأثیر می‌گذارد. تأثیر هورمون‌های محرک رشد به ویژه IAA بر تحریک رشد میسلیوم (۲۵)، سرعت جوانه‌زنی و

رشد هیف (۳۰)، قطر کلاهک (۳) و پروتئین قارچ (۴۸) در قارچهای مختلف نیز گزارش شده است. این محققین اظهار داشتند این هورمون از طریق تحریک طویل شدگی و تمایز سلولی باعث افزایش رشد قارچ می‌گردد.

نتایج به دست آمده با مطالعات دیگر نیز تطابق دارد. محمدی گل‌تپه و همکاران (۲۱) نیز بیان کردند که تولید IAA و تأثیر آن بر تحریک رشد میسلیوم جزء مکانیسم‌های موثر در افزایش رشد قارچ توسط باکتری‌های محرک رشد می‌باشد. عبادی و همکاران (۱۲) تأثیر باکتری‌های تولیدکننده IAA بر روی عملکرد قارچ خوراکی دکمه‌ای را بررسی کرده و نشان دادند که این باکتری‌ها باعث افزایش وزن تر، وزن خشک، میزان پروتئین و افزایش تعداد و قطر کلاهک قارچ می‌شوند و در نهایت نتیجه گرفتند که تولید IAA می‌تواند جزء مکانیسم‌های مؤثر در افزایش رشد قارچ توسط باکتری‌های محرک رشد باشد.

شکل ۵- مقایسات میانگین تأثیر جدایه‌های مختلف باکتری *P. putida* بر روی تعداد و وزن قارچ دکمه‌ای با استفاده از آزمون توکی (p≤0.05)

Figure 5- mean comparison of fresh weight and number of mushroom in *A. bisporus* in response to *P. putida* isolates inoculation based on Tukey's test (p≤0.05)

جدول ۳- تجزیه واریانس وزن تر و تعداد قارچ تحت تیمار جدایه‌های مختلف باکتری *P. putida* در قارچ دکمه‌ای

Table 3- ANOVA for fresh weight and number of mushroom in *A. bisporus* in response to *P. putida* isolates inoculation

منبع تغییرات Source of variation	df	میانگین مربعات Mean square	
		وزن تر قارچ Mushroom Fresh weight	تعداد قارچ Number of mushroom
جدایه Isolates	32	11.578*	3444.05*
خطا Eror	33	0.131	4.91
Total	65		

* نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* The means are significantly different at the 0.5% level

جدول ٤- ضریب همبستگی (r) بین عوامل محرک رشد در باکتری *P. putida* و صفات مربوط به عملکرد در قارچ دکمه‌ای *A. bisporus*

Table 4- Correlation coefficient (r) between growth promoting factors in *P. putida* and fresh weight and number of mushroom in *A. bisporus*

	تولید IAA IAA production	تولید سیدروفور Siderophore production	انحلال فسفات Phosphate solubilization	فعالیت ACC دآمیناز ACC deaminase activity
وزن تر قارچ Fresh weight	0.58*	0.08	0.2	0.12
تعداد قارچ Number of mushroom	0.50*	0.05	0.06	0.21

* نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* The mean difference is significant at the 0.5 level

سه عامل دیگر شامل تولید سیدروفور، انحلال فسفات نا محلول و فعالیت آنزیم ACC دآمیناز همبستگی معنی‌داری با تعداد و وزن قارچ نشان ندادند. عبادی و همکاران (۱۲) نیز گزارش کردند که از بین باکتری‌های تولید کننده IAA، باکتری‌های تولید کننده ACC دآمیناز، باکتری‌های دارای قابلیت حل‌کنندگی فسفات، باکتری‌های تولید کننده سیدروفور بیشترین عملکرد مربوط به باکتری‌های تولید کننده IAA با افزایش ۱۲/۷ درصدی در وزن تازه قارچ در مقایسه با شاهد بود. البته ایشان نشان دادند که بیشترین مقدار ماده خشک، بیشترین تعداد قارچ و بیشترین میزان پروتئین مربوط به باکتری‌هایی بود که ویژگی‌های فوق را در سطح متوسطی داشتند، اما سینگ و همکاران (۶۰) گزارش کردند که از بین ۳۴ جدایه از سودوموناس‌های فلورسنس موجود در خاک پوششی، دو ایزوله به طور معنی‌داری تعداد ساختارهای ته‌سنجاقی و عملکرد قارچ دکمه‌ای را افزایش و دوره نمو اندام باردهی را هفت روز کاهش دادند. این جدایه‌ها دارای خاصیت بیوکنترلی قارچ‌های مختلف بیماری‌زا بودند و با کنترل بیماری‌زایی آن‌ها در بستر قارچ *A. bisporus*، عملکرد آن را افزایش دادند. تفاوت در نتایج به دست آمده می‌تواند نتیجه تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پوششی مورد استفاده و یا نژاد قارچ مورد بررسی باشد. این تفاوت در نتایج در مورد تلقیح باکتری‌های محرک رشد به گیاهان زراعی نیز مشاهده شده است. خسروی (۳۴) وجود این تفاوت‌ها را عمدتاً ناشی از تنوع در نوع و ارقام گیاهی، ترکیبات خاک، حضور ریزجانداران بومی، مقدار رطوبت خاک و درک ناکافی سازوکارهایی می‌داند که باکتری محرک رشد به واسطه آن‌ها بر رشد گیاه مؤثر واقع می‌شود.

در پژوهش حاضر به طور کلی نتایج نشان داد که تیمار جدایه‌های مختلف باکتری *P.putida* به خاک پوششی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد در قارچ خوراکی *A. bisporus* نسبت به نمونه شاهد می‌شود و یکی از عوامل افزایش عملکرد قارچ خوراکی توسط باکتری *P. putida*، تولید هورمون‌های مولد رشد به ویژه هورمون ایندول استیک اسید (IAA) می‌باشد که همبستگی معنی‌داری با عملکرد قارچ دکمه‌ای دارد و می‌تواند در آینده به عنوان یک فاکتور مهم در غربال باکتری‌های مؤثر بر رشد قارچ دکمه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین در این آزمایش جدایه‌های P8، P13، P18، P24، P25 و P27 که بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد قارچ *A. bisporus* داشتند، به عنوان جدایه‌های امیدبخشی معرفی می‌شوند که پتانسیل استفاده به عنوان کودهای زیستی را دارا می‌باشند.

منابع

1- Abbas-Zadeh P., Saleh-Rastin N., Asadi-Rahmani H., Khavazi K., Soltani A., Shoary-Nejati A.R., and Miransari M. 2010. Plant growth-promoting activities of fluorescent pseudomonads, isolated from the Iranian soils. Acta Physiologiae Plantarum, 32(2): 281-288.

2- Akhgar A.R., Arzanlou M., Bakker P.A.H.M., and Hamidpour M. 2014. Characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase containing *Pseudomonas* spp. in the rhizosphere of salt-stressed canola. Pedosphere, 24(4): 461-468.

3- Alam N., Amin S.M.R., and Sarker N.C. 2007. Efficacy of five different growth regulators on the yield and yield contributing attributes of *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer. Bangladesh Journal of Mushroom, 1(1): 51-55.

4- Ali S.S., and Vidhale N.N. 2013. Bacterial siderophore and their application: a review. International Journal of Current Microbiology and Applied Science, 2(12): 303-312.

5- Alikhani H., Saleh Rastin N., and Bihamta M.R. 2007. An evaluation of auxin hormons and ACC deaminase production ability by Iranian soil rhizobial strains and the effect of superior strains applications on plant growth characteristics. Iranian Journal of Agricultural sciences (Journal of Agriculture), 38(4): 693-703. (In Parsian)

6- Bahrimi Teimoori B., Pourianfar H.R., Moeini M.J., and Janpoor J. 2014. Chemically and physically induced

mutagenesis in basidiospores of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* var. *florida*. International Journal of Advanced Research, 2: 915-921.
7- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-258.
8- Burg S.P. 1973. Ethylene in plant growth. Proceedings of the National Academy of Sciences, 70(2): 591-597.
9- Chen S., Qiu C., Huang T., Zhou W., Qi Y., Gao Y., Shen J., and Qiu L. 2013. Effect of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase producing bacteria on the hyphal growth and primordium initiation of *Agaricus bisporus*. Fungal Ecology, 6(1): 110-118.
10- Colauto N.B., Fermor T.R., Eira A.F., and Linde G.A. 2016. *Pseudomonas putida* Stimulates Primordia on *Agaricus bitorquis*. Current Microbiology, 72(4): 482-488.
11- De Freitas j.R., Banerjee M.R., and Germida J.J. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). Biology and Fertility of Soils, 24(4): 358-364.
12- Ebadi A., Alikhani H.A., and Rashtbari M. 2012. Effect of plant growth promoting bacteria (PGPR) on the morpho-physiological properties of button mushroom *Agaricus bisporus* in two different culturing beds. International Research Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 203-212.
13- Ebrihimi Karim Abad R., Rasouli Sadaghyani M., and Barrin M. 2015. Phosphate solubilizing microorganisms as biofertilizer. Agriculture and Natural Resources Engineering Organization of Islamic Republic of Iran Quarterly. 13(47): 22-25. (In Persian)
14- Farsi M., Jalalzadeh B., and Malekzadeh Kh. 2009. The breeding and production of hybrid straians of white button mushroom. Proceeding of the 6th Iranian Horticultural Science Congress, 2-15 Jul. 2009. Rasht, I. R. Iran. (in Parsian)
15- Farsi M., and Pourian Far H. 2011. Cultivation and breeding of white button mushroom. Jahad Daneshgahi Publications, Mashhad. (in Parsian)
16- García-Fraile P., Menéndez E., and Rivas R. 2015. Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. AIMS Bioengineering, 2(3): 183–205.
17- Ghods-Alavi B.S., Soleymani M., Ahmadzadeh M., and Soleymani S. 2013. Ability of rhizobacteria of valerian in phosphate solubilization and their symbiotic efficiency. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 4(13): 61-72. (in Parsian with English abstract)
18- Gitay A.S., And Wange S.S. 2008. Effect of diazotroph and phosphate solubilizing bacteria on mycelial growth of button mushroom. Annals of Plant Physiology, 2: 282-283.
19- Glick B.R., Penrose D.M., and Li J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. Journal of Theoretical Biology, 190(1): 63-68.
20- Glickmann E., and Dessaux Y. 1995. A critical examination of the specificity of the salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. Applied and Environmental Microbiology, 61(2): 793-796.
21- Goltapeh E.M., Danesh Y.R., Kamal S., and Varma, A. 2009. Biology and molecular approaches in genetic improvement of cultivated button mushroom (*Agaricus bisporus*). In Symbiotic Fungi: 403-421. Springer Berlin Heidelberg.
22- Gordan H.R., Mahmoudnia Meymand M., Zou Alali J., Khatamirad M., and Farsi M. 2008. A study of potential of AFLP markers to genetic fingerprinting of the button mushroom, *Agaricus bisporus*. Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology), 22(1): 27-36. (In Parsian with English abstract)
23- Gravel V., Antoun H., and Tweddell R.J. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Tricoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biology and Biochemistry**,** 39:1968–1977.
24- Gülser C., and Pekşen A. 2003. Using tea waste as a new casing material in mushroom (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) cultivation. Bioresource Technology, 88(2): 153-156.
25- Guo X., Zou X., and Sun M. 2009. Effects of phytohormones on mycelial growth and exopolysaccharide biosynthesis of medicinal mushroom *Phellinus linteus*. Bioprocess and Biosystems Engineering, 32(5):701-707.
26- Hanning I., Jarquin R., Oleary A., and Slavik M. 2009. Polymerase Chain Reaction-based assays for the detection and differentiation of poultry significant Pseudomonads. Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology, 17(4): 490-502.
27- Henry M.B., Lynch J.M., and Fermor T.R. 1991. Role of siderophores in the biocontrol of *Pseudomonas tolaasii* by fluorescent pseudomonad antagonists. Journal of Applied Bacteriology, 70(2): 104-108.
28- Janpoor J., and Farsi M. 2013. Assessment of total RNA extraction from edible mushroom (*Agaricus bisporus*) With Three Current Methods. International Journal of Farming and Allied Sciences. 2(18): 662-664.
29- Jia Y.J., Ito H., Matsui H., and Honma M. 2000. 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase induced by ACC synthesized and accumulated in *Penicillium citrinum* intracellular spaces. Bioscience, biotechnology and biochemistry, 64(2): 299-305.
30- Kaneko M., and Tanimoto E. 2009. Auxin-regulation of hyphal elongation and spore germination in arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. In International Symposium "Root Research and Applications"

RootRAP, 2-4 Sep. 2009. International Society of Root Research., Boku–Vienna, Austria.
31- Kavousi H.R., Farsi M., and Shahriari F. 2008. Comparison of random amplified polymorphic DNA markers and morphological characters in identification of homokaryon isolates of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(14): 1771-1778.
32- Khaki Pour N., Khavazi K., and Akhgar A. 2012. Identification of indolic compounds synthesized by fluorescent Pseudomonads and their effect on Rapeseed growth. Iranian Journal of Soil Research (soil and water science). 26 (4): 416-423. (in Parsian)
33- Khalili H.R., Olfati J.A., and Fallahi A. 2013. Plant growth promoting rhizobacteria affect button mushroom yield and quality. Horticulture, Biology and Environment, 4(2): 83-89.
34- Khosravi H. 2013. Biofertilizers containing plant growth promoting rhizobacteria: strengths and weaknesses. Land Management Journal, 1(1): 33-46. (in Parsian).
35- Lifshitz R., Kloepper J.W., Kozlowski M., Simonson C., Carlson J., Tipping E.M., and Zaleska I. 1987. Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. Canadian Journal of Microbiology, 33(5): 390-395.
36- Maghami M., Olamaee M., Rasuli Sadaghiani M.H., and Dordipour E. 2014. Isolation and identification of *Psedomonas fluorescens* and evaluation of their plant growth promoting properties in soils Golestan province. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 3(2): 251-264. (In Parsian with English abstract)
37- Mayak S., Tivosh T., and Glick B.R. 1999. Effect of wild type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mungbeen cuttings. Journal of Plant Growth Regulation, 18:49–53.
38- Mohammad A.O., and Sabaa A.E. 2013. Impact of some *Pseudomonas* spp. isolated from casing soil on the hyphal growth of *Agaricus bisporus*. Canadian Journal on Computing in Mathematics, Natural Sciences, Engineering and Medicine, 4 (1): 45-48.
39- Motesharrei Z., Mahmoodi H., Owlia P., and Salimi H. 2014. Study of ACC deaminase activity of Rhizobacteria isolated from soils of northern Iran. Biological Journal of Microorganisms, 11: 37-46. (in Parsian with English abstract).
40- Nagata T., Oobo T., and Aozasa, O. 2013. Efficacy of a bacterial siderophore, pyoverdine, to supply iron to *Solanum lycopersicum* plants. Journal of bioscience and bioengineering, 115(6): 686-690.
41- Pastor N., Rosas S., Luna V., and Rovera, M. 2014. Inoculation with *Pseudomonas putida* PCI2, a phosphate solubilizing rhizobacterium, stimulates the growth of tomato plants. Symbiosis, 62(3):157-167.
42- Patel D., Jha C.K., Tank N., and Saraf M. 2012. Growth enhancement of chickpea in saline soils using plant growth-promoting rhizobacteria. Journal of Plant Growth Regulation, 31: 53–62.
43- Patten C. L., and Glick B. R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology, 68:3795–3801.
44- Pecchia J., Cortese R., Albert I., and Singh M. 2014. Investigation into the microbial community changes that occur in the casing layer during cropping of the white button mushroom, *Agaricus bisporus*. In Proceedings of 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8), 19-22 Nov. 2014. New Delhi, India.
45- Penrose D. M., and Glick B.R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiologia Plantarum, 118: 10-15.
46- Prathap M. 2015. A critical review on plant growth promoting rhizobacteria. Journal of Plant Pathology & Microbiology, 6(4).
47- Pratiksha K., Narute T.K., Surabhi S., Ganesh A., and Sujoy, S. 2017. Effect of liquid biofertilizers on the yield of button mushroom. Journal of Mycopathological Research, 55(2): 135-141.
48- Rasouli Sadaghiani H., Khavazi K., Rahimian H., Malakouti M. J., and Asadi Rahmani H. 2005. Population density and identification of fluorescens Pseudomonas associated with rhizosphere of Wheat. Journal of Soil and Water science, 26(3): 195-206. (in Parsian with English abstract)
49- Rezaeian S., Pourianfar H.R., and Janpoor J. 2016. Collection and identification of Iranian wild mushrooms: towards establishment of a mushroom bio-bank. International Journal of Advanced Research, 4(1):256-60.
50- Riahi H., Eskash A., and Shariatmadari Z. 2011, October. Effect of bacterial and cyanobacterial culture on growth, quality and yield of *Agaricus bisporus*. In Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, 4-7 Oct. 2011. Arcachon, France.
51- Roca A., Pizarro-Tobías P., Udaondo Z., Fernández M., Matilla M.A., Molina-Henares M.A., Molina L., Segura A., Duque A., and Ramos J.L. 2013. Analysis of the plant growth-promoting properties encoded by the genome of the rhizobacterium *Pseudomonas putida* BIRD1. Environmental Microbiology, 15:780‑794.
52- Roupas P., Keogh J., Noakes M., Margetts C., and Taylor P. 2012. The role of edible mushrooms in health: Evaluation of the evidence. Journal of Functional Foods, 4(4): 687-709.
53- Rupak M., Sandipan Ch., Bishnu P. Ch., and Arun K. G. 2005. Enhancement of biomass production of edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* grown in whey by plant growth hormones. Process Biochemistry, 40: 1241–1244.
54- Saghafi D., Ali Alikhani H., and Motesharezadeh B. 2014. Effectiveness of some native *Rhizobium* spp.

containing ACC-deaminase in amelioration of negative effects of stress ethylene on growth parameters in Oilseed rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 45(3): 367-376. (in Parsian)

55- Sayyed R.Z., Chincholkar S.B., Reddy M.S., Gangurde N.S., and Patel P.R., 2013. Siderophore producing PGPR for crop nutrition and phytopathogen suppression. p. 449-471. In D. K. Maheshwari (ed.) Bacteria in Agrobiology: Disease Management. Springer, Berlin, Heidelberg.

56- Shah S., Li J., Moffatt B.A., and Glick B. R. 1998. Isolation and characterization of ACC deaminase genes from two different plant growth-promoting rhizobacteria. Canadian Journal of Microbiology, 44(9): 833-843.

57- Sharma A., and Johri B.N. 2003. Growth promoting influence of siderophore-producing Pseudomonas strains GRP3A and PRS9 in maize (*Zea mays* L.) under iron limiting conditions. Microbiological Research, 158(3):243-248.

58- Sharma, A., Johri, B.N., Sharma, A.K. and Glick, B.R., 2003. Plant growth-promoting bacterium *Pseudomonas* sp. strain GRP3 influences iron acquisition in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilzeck). Soil Biology and Biochemistry, 35(7): 887-894.

59- Silva-stenico M.E., Pacheco F.T.H., Rodrigues J.L.M., Carrilho E., and Tsai S. M. 2005. Growth and siderophore production of *Xylella fastidiosa* under iron-limited conditions. Microbiological Research, 160: 429-436.

60- Singh M., Singh R.P., Chaube H.S., and van Griensven L.J.L.D. 2000. Siderophore producing bacteria as potential biocontrol agents of mushroom diseases. Mushroom Science, 15: 577-585.

61- Siyoum N.A., Surridge K., van der Linde E.J., and Korsten L. 2015. Microbial succession in white button mushroom production systems from compost and casing to a marketable packed product. Annals of Microbiology, 66(1): 151-164.

62- Sperber J.I. 1958. The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Australian Journal of Agricultural Research, 9: 778-781.

63- Tomar R. 1998. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and farmyard manure on the yield of blackgram (*Phaseolus mungo*). The Indian Journal of Agricultural Sciences, 68(2): 81-83.

64- Turner E.M., Wright M., Ward T., Osborne D.J., and Self R. 1975. Production of ethylene and other volatiles and changes in cellulase and laccase activities during the life cycle of the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. Microbiology, 91(1): 167-176.

65- Vansuyt G., Robin A., Briat J.F., Curie C., and Lemanceau P. 2007. Iron acquisition from Fe-pyoverdine by Arabidopsis thaliana. Molecular Plant-Microbe Interactions, 20(4): 441-447.

66- Yeo S. G., and Hayes W. A. 1981. Solubilisation and utilisation of phosphorus by *Agaricus bisporus* (Lange) Pilat. Mushroom Science, 11: 73-91.

67- Zarenejad, F., Yakhchali, B. and Rasooli, I. 2012. Evaluation of indigenous potent mushroom growth promoting bacteria (MGPB) on *Agaricus bisporus* production. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28(1): 99-104.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 273-286
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۸۶-۲۷۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Influence of *Pseudomonas putida* Isolateson the Yield of Edible White Button Mushroom Agaricusbisporus

M. Lotfi[1] - M. Farsi[2*] - A. Mirshamsi Kakhki[3] - J. Janpoor[4]

Received: 26-02-2017
Accepted: 22-05-2018

Introduction: Because of their high protein and mineral contents and low fat, calories and cholesterol, edible mushrooms such as *Agaricusbisporus* are an important part of the people diet in many countries, but in Iran, the yield of this mushroom is less than the average of yield in the world. Phase change from the vegetative to the reproductive stage and fruit body initiation of this mushroom depends on special physical, chemical and microbial properties of casing layer. Phase change is initiated by decreasing oftemperature and CO_2 concentration and presence of some bacteria (such as *Pseudomonas putida*) in the casing layer. It is believed that *P. putida* may cause this process and increase the yield of *A. bisporus* by siderophore and hormone-like compounds secretion, decreasing the level of ethylene via ACC deaminase activity and dissolution of insoluble phosphate. The objective of this work was to identify *P. putida* isolates as growthpromoting bacteria isolated from *A.bisporus* casing soil and to evaluate their effect on mushroom yield.

Materials and Methods: In this study, 81 individual bacterial isolates were collected by screening the casing layer of 6 edible mushroom farms. Luria Bertani (LB) medium supplemented with sodium lauroyl sarcosine (SLS) and trimethoprim were used for isolation of *Pseudomonas* bacteria by plating serial dilutions of each soil sample. Finally, using species-specific primers, 33 isolates that identified as *P. putida* were selected and were used toinoculate *A. bisporus*casing layer. Inoculations were performed in a completely-randomized design with two replicates. The harvesting began when buttons were fully-grown (but not yet open), and the number of mushrooms and fresh (wet) weight of them were recorded after harvesting of each flush. In the next experiment IAA and siderophore production ability, ACC deaminase production capacity and ability of dissolving of insoluble phosphate in isolates and the correlation between these factors and number and fresh weight of mushroom were evaluated. Analysis of the data was carried out using JMP 8. Means were compared using Tukey's test at $p \leq 0.05$.

Results and Discussion: The results of this study showed that the best stage for collecting *P. putida* is pinning, because the maximum number of identified*P. putida*was recorded at this stage.Field experiment showed that different isolates have a significant effect on fresh weight and the number of mushrooms per kg compost compared to control ($p \leq 0.05$), so that the highest fresh weight observed in treatment of P27 and P13 isolates with 361.63 and 342.8 gr/kg compost respectively and the highest number of mushroom observed in treatment of P18 and P24 isolates with 21 and 20.83 mushroom per kg of compost,respectively. Interestingly, in this study, some isolates showed negative or no effect on mushroom yield which could be due to the interaction between bacteria and *A. bisporus* strain and/or complex conditions of casing layer. Other results showed that there is a positive and significant correlation between IAA production ability in *P. putida*and fresh weight (r=0.58) and the number of mushrooms (r=0.50) in *A. bisporus*.Whereas there was no significant correlation between other factors and fresh weight and the number of mushrooms. IAA through promotion of cell elongation and differentiation increased mushroom growth and protein.This hormone is one of the needs of *A.bisporus* mushroom and it is very effective in growth and caused an increase in mushroom yield compared to other growth promoting factors.

Conclusions: In the present study, with the aim of investigation of the effect of *P. putida* on the yield of *A. bisporus* and determining the most effective factor in this process, collectedisolatesinoculated to *A. bisporus*casing layer and growth promoting factors in these isolates were evaluated. Results showed that the best stage for collecting *P. putida* is pinning. These bacteria havesignificant effects on fresh weight and the number of mushrooms.There is not significant correlation between other factors and fresh weight and the number of mushrooms. Based on the results, it could be said that the use of growth promoting bacteria in edible mushroom

1, 2 and 3- PhD Student, Professor and Assistant Professor Respectively, Department of Biotechnology and Plant Breeding, Faculity of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

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

4- Department of Industrial Fungal Biotechnology, Iranaian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad branch, Iran

culturing could be resulted anincrease in mushroom yield and could be beneficial in production of healthy food. Finally, it could be said that *P. putida* isolates P27 and P13 may have the potential to act as a potential bio-fertilizer.

Keywords: Casing soil, Growth promoting bacteria, Indole-3-acetic acid, Yield

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 287-300
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۰۰-۲۸۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

بررسی کاربرد آزالئیک اسید در شرایط تنش شوری بر خصوصیات رویشی و فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum*)

مریم حقیقی[1*]- آتنا شیبانی راد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱

چکیده

از آن‌جایی که شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی و عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان می‌باشد لازم است که به دنبال راهکارهایی برای کاهش اثرات مخرب این تنش بر روی گیاهان باشیم. گوجه فرنگی یکی از پر مصرف‌ترین محصولات مزرعه‌ای و گلخانه‌ای می‌باشد که بسته به شرایط پرورش ممکن است با تنش شوری مواجه شود. سالیسیلیک اسید از جمله سیگنال‌های القا مقاومت در شرایط تنش می‌باشد. آزالئیک اسید ترکیبی آلی است که می‌تواند سبب افزایش تجمع سالیسیلیک اسید در گیاه شود. از این رو پژوهش حاضر به منظور بررسی خصوصیات رویشی و فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی در شرایط استفاده توام از آزالئیک اسید و آبیاری با آب شور به صورت فاکتوریل با فاکتورهای سطوح مختلف شوری (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و سطوح مختلف آزالئیک اسید (۰، ۸، ۱۰ و ۲۴ میلی‌گرم در لیتر) در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار طرح ریزی شد. نتایج نشان داد با افزایش سطوح شوری اعمال شده کاهش توانایی تولید بیومس بوجود می‌آید. کاربرد آزالئیک اسید به ویژه در تیمار آزالئیک اسید ۸ میلی گرم در لیتر با کمک به بهبود کارایی مصرف آب فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی تاثیر مثبتی را بر خصوصیات فتوسنتزی بر جای گذاشته است به طوری که در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار و کاربرد آزالئیک اسید چهار میلی گرم در لیتر هدایت روزنه‌ای را تا ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در سطوح پایین شوری کاربرد آزالئیک اسید در بهبود شرایط فتوسنتزی موثر واقع شد اما زمانی که سطح شوری به بیش از ۱۰۰ میلی‌مولار رسید شاخص‌های فتوسنتزی حتی با کاربرد آزالئیک اسید نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که با در سطوح شوری اعمال شده کاهش ۱۵-۱۰ درصدی را در سرعت فتوسنتز نسبت به حال شاهد مشاهده گردید. با کاربرد آزالئیک اسید تا حدودی تعادل اسمزی درون گیاه ایجاد شده است و به دنبال آن از غلظت پرولین این تیمارهای فاقد آزالئیک اسید کاسته شد. بطورکلی کاربرد آزالیئک اسید در شرایطی که شوری در محدود ۱۰۰ میلی مولار باشد با حفظ تبادلات گازی در حد مطلوب و ایجاد تعادل اسمزی در کاهش اثرات مخرب تنش موثر واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: آب شور،، اسید آلی، سالیسیلیک اسید

مقدمه

گوجه فرنگی یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی می‌باشد که در طیف وسیعی از شرایط و سیستم‌های کاشت پرورش می‌یابند. گوجه فرنگی از سبزی های فصل گرم بوده که از لحاظ سطح زیرکشت و تولید در بین سبزیجات در ایران، دارای اهمیت ویژه ای است. اهمیت گوجه فرنگی و مطرح شدن آن به صورت امروزی به علت وجود انواع ویتامین‌ها و املاح معدنی است که به مقادیر زیاد در آن یافت می شود. میزان مقاومت به تنش در میان ارقام متفاوت گوجه فرنگی با یکدیگر متفاوت می‌باشد (۱۸). تنش‌های غیر زیستی همانند خشکی، شوری، دماهای نامناسب معمولا رشد و توسعه گیاهان و عملکرد آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۱۲). تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان در سرتاسر جهان به ویژه مناطق خشک و نیم خشک می‌باشد. در شرایط تنش شوری جذب یون‌ها، آب و مواد غذایی توسط ریشه‌ها دچار اختلال می‌گردد. علاوه بر این انتقال شیره آوند چوب در گیاه نیز دچار اختلال می‌گردد. به دنبال کاهش فشار اسمزی ایجاد شده تورژسانس سلول‌ها از دست رفته و رشد و تقسیمات سلولی مختل می‌شود. همچنین با نشت ترکیبات درون سلول به فضای بین سلولی گیاه به سمت مرگ پیش می‌رود. تنش‌های شوری ممکن است مراحل مختلف رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. حساس‌ترین مرحله رشد از نظر تنش شوری در اکثر گونه های گیاهی، مراحل اولیه رشد می‌باشد و بیشتر پژوهش

۱ و ۲- استادیار و دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.64405

های مربوط در این زمینه در همین مرحله از رشد انجام گرفته است. آستانه‌های متفاوت تحمل به شوری نشان می دهد که گیاهان مکانیزم های متفاوتی برای تحمل شوری دارند. تنش یکنواخت در طول فصل رویش گوجه فرنگی عملکرد را به میزان زیادی کاهش می‌دهد. زمان گلدهی و رشد میوه‌ها مراحل حساس به شوری در گوجه فرنگی می‌باشد (۲). تحت شرایط تنش، گیاهان مکانیسم‌های متفاوتی را در پیش می‌گیرند برخی از شرایط تنش می‌گریزند، بعضی دیگر با تولید برخی مواد سازگار به مقابله با شرایط تنش می‌پردازند. اثرات مخرب تنش شوری بر گیاهان از طریق پتانسیل اسمزی پایین (تنش آبی)، عدم تعادل مواد غذایی، تاثیر یون و اثرات متقابل این عوامل بر گیاه اعمال می‌گردد (۱۳) در شرایط شوری معمولا یون‌های غیر آلی سدیم و کلر در محلول خاک به وفور یافت می‌شود (۱۴). مقایسه میان ارقام مقاوم و حساس گیاهان مختلف نشان داده است که در گیاهان مقاوم نرخ انتقال یون‌های سدیم و کلر در سیستم آوندی به طرف برگ‌ها آهسته‌تر می‌باشد و قابلیت تقسیم‌بندی و هدایت یون‌های اضافی به داخل واکوئل‌ها در این گروه از گیاهان وجود دارد (۱۱). از جمله فرآیندهایی که به شدت تحت تاثیر تنش شوری قرار می‌گیرد فتوسنتز می‌باشد (۹) که معمولا با کاهش رنگدانه کلروفیل (۱۶) ممانعت از فعالیت آنزیم روبیسکو (۸)، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فشار کربن دی اکسید موجود در روزنه‌ها همراه است (۵). برخی از مواد گیاهی ساخته شده در شرایط تنش همانند ترکیبات فنولی موجود در گیاه دارای نقش دفاعی بوده که تحت شرایط تنش‌های زیستی و غیر زیستی غلظت آن‌ها در گیاهان افزایش می‌یابد (۹). آزالئیک اسید یک ترکیب آلی با فرمول شیمیایی $(CH_2)_7(CO_2H)_2$ می‌باشد که در گندم و جو یافت می‌گردد که در گیاهان می‌تواند به عنوان سیگنال تحریک کننده ساخت سالیسیلیک اسید در شرایط تنش ایفای نقش کند و به عنوان یک واکنش دفاعی در گیاهان شناخته می‌شود.

هدف از انجام این پژوهش بررسی واکنش‌های رویشی و فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی در شرایط استفاده توام از آزالئیک اسید و آبیاری با آب شور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و آزالئیک اسید (AZ) بر خصوصیات رویشی، فتوسنتزی و فنول گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum*) ، آزمایشی به صورت فاکتوریل شامل فاکتورهای سطوح مختلف شوری ۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار و سطوح مختلف آزالئیک اسید شامل ۰، ۸، ۱۰ و ۲۴ میلی‌گرم در لیتر در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. پس از استقرار کامل نشاهای انتقال یافته به گلدان‌ها تیمارها اعمال گردید. بدین منظور تیمارهای شوری طی سه مرحله به صورت تدریجی در سه روز همراه با آب آبیاری به گیاهان داده شد تا به غلظت مورد نظر رسید. پس از گذشت یک هفته از اعمال تیمار شوری، تیمارهای آزالئیک اسید به صورت هفتگی بر روی گیاهان محلولپاشی شدند. پس از گذشت دو هفته شاخص‌های فتوسنتزی و میزان پرولین، در پایان آزمایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول کل، وزن تر و خشک شاخساره، ریشه و میزان سدیم اندازه‌گیری شدند.

به منظور اندازه‌گیری وزن تر شاخساره و ریشه، شاخساره و ریشه از محل طوقه از هم جدا و توسط ترازوی دیجیتال وزن شد و برای اندازه گیری وزن خشک نمونه‌ها داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و مجددا توزین شدند. شاخص سبزینگی توسط دستگاه کلروفیل سنج (مدل ۵۰۲ ساخت شرکت مینولتا، ژاپن) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه)، مقاومت روزنه‌ای (مترمربع در ثانیه در مول)، میزان تعرق (میلی مول بر مترمربع بر ثانیه) و غلظت CO_2 درون روزنه‌ای (میکرو مول بر مول) از دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (LI, 6100 شرکت لای کور، ایالات‌متحده آمریکا) استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱۲۰۰-۱۴۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه انجام شد در هر تیمار صفات موردنظر از برگ‌های میانی کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد (فیشر و همکاران، ۱۹۹۸). اندازه‌گیری میزان فنول کل شاخساره با استفاده از فولین کالتیو بر اساس روش مک دونالد و همکاران بر اساس میزان گالیک اسید در هر گرم وزن تازه شاخساره با استفاده از اسپکتروفتومتر (V-530, JASCO, Japan) با طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. درصد فعالیت آنتی اکسیدانی بر اساسکاهش در جذب نمونه‌های متانولی در طول موج ۵۱۵ نانومتر تعیین گردید.

$$DPPH_{sc} = ((A_{cont} - A_{samp})/ A_{cont}) \times 100$$

$DPPH_{sc}$ درصد بازدارندگی، A_{samp} میزان جذب (نمونه+DPPH)، A_{cont} میزان جذب DPPH.

داده‌ها در نرم‌افزار اکسل طبقه‌بندی و با برنامه آماری Statestix 8 آنالیز شدند و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه شد.

نتایج

نتایج به دست آمده در جدول تجزیه واریانس نشان دهنده آن است که تیمارهای اعمال شده در تمام شاخص‌های اندازه گیری شده بجز تاثیر مستقیم شوری بر وزن تر شاخساره و تاثیر مستقیم کاربرد آزالئیک اسید بر وزن خشک ریشه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات رویشی گیاه گوجه فرنگی تحت تاثیر کاربرد آزالئیک اسید در شرایط تنش شوری

Table 1- ANOVA of some growth charectristics of *Lycopersicum esculentum* under salinity stress using Azealic acid application

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares							
		وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	میزان سدیم Sodium	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	میزان فنول Phenol	میزان پرولین Proline
شوری Salinity (S)	3	0.45266$^{n.s}$	0.30760*	0.40395*	0.20396*	41.7517*	0.03687*	35.6795*	4.2113*
اسیدآزالئیک Azaleic acid (A)	3	0.55251$^{n.s}$	0.64935*	0.29450*	0.02581$^{n.s}$	19.3076*	0.09309*	16.1407*	12.8300*
شوری×اسیدآزالئیک S×A	9	1.47647*	0.35318*	0.36186*	0.04339*	62.2026*	0.06837*	9.87294*	19.0494*
خطا Error	30	0.76582	0.15593	0.12142	0.03019	1.094E-08	1.094E-08	1.094E-08	0.3625

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

ns: no significant , *: significant at 5%

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی تحت تاثیر کاربرد آزالئیک اسید در شرایط تنش شوری

Table 2- ANOVA of some photosynthetic charectristics of *Lycopersicum esculentum* under salinity stress using Azealic acid application

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares						
		محتوای کلروفیل SPAD value	فتوسنتز Photosynthesis rate	میزان تعرق Transpiration	کارایی مصرف آب فتوسنتزی PWUE	کلروفیل فلورسانس	هدایت روزنه Stomata conductance	هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance
شوری Salinity (S)	3	5.1704*	25.6235*	3.90410*	52705.5*	0.61127*	0.00196*	0.02430*
اسیدآزالئیک Azaleic acid (A)	3	12.4330*	3.13019*	6.81392*	9190.27*	0.39303*	0.00196*	0.01959*
شوری×اسیدآزالئیک S×A	9	3.9524*	43.4831*	3.23599*	82445.2*	0.32359*	0.00122*	0.02730*
خطا Error	30	2.2098	1.094E-08	1.094E-08*	1.131E-08*	0.02746*	1.094E-08*	1.094E-08*

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

ns: no significant , *: significant at 5%

علاه بر این نتایج به دست آمده در جدول تجزیه واریانس نشان دهنده آن است کلیه تیمارهای به کار رفته به صورت تفکیک شده و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص‌های فتوسنتزی بررسی شده تاثر معنی‌داری داشته‌اند (جدول ۲).

با افزایش شوری، وزن خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه کاهش. میزان سدیم، فعالیت آنتی اکسیدانی، فنول شاخساره و پرولین افزایش و وزن تر شاخساره تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

جدول۳- تاثیر سطوح مختلف شوری بر وزن تر و خشک شاخساره، ریشه، میزان سدیم، پرولین، فعالیت آنتی‌اکسیدان و میزان فنول گیاه گوجه-فرنگی

Table3- Effect of salnity levels on shoot, root fresh and dry weight, sodium, proline, antioxidant activity and phenol in tomato plant

سطوح شوری Salinity levels	وزن تر شاخساره (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره (گرم) Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	میزان سدیم (میلی گرم بر وزن خشک) Sodium (mg/g dry weight)	فعالیت آنتی اکسیدانی(در صد) Antioxidant activity (%)	میزان فنول (پی‌پی‌ام) Phenol (ppm)	میزان پرولین (پی‌پی‌ام) Proline (ppm)
S0	5.96a	1.07b	0.81b	0.18b	4.12c	0.79b	1.78d	6.92a
S1	3.33a	1.18ab	0.82b	0.21b	1.21d	0.75d	2.73c	5.85b
S2	3.07a	1.07b	0.83b	0.28b	5.01b	0.78c	3.67b	5.8b
S3	3.35a	1.41a	1.19a	0.47a	5.29a	0.88a	5.79a	5.61b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند. (S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰، S2 شوری ۱۵۰، S3 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test. (control: S0, Salinity 100: S1, salinity150: S2, salinity200: S3)

جدول٤- تاثیر سطوح آزالئیک‌اسید بر وزن تر و خشک شاخساره، ریشه، میزان سدیم، فعالیت آنتی‌اکسیدان و میزان فنول گیاه گوجه‌فرنگی

Table4- Effect of azelaic acid on shoot fresh and dry weight, root, sodium, antioxidant activity, proline, phenol in tomato plant

آزالئیک اسید azelaic acid	وزن تر شاخساره (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره (گرم) Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	میزان سدیم (میلی گرم بر وزن خشک) Sodium (mg/g dry weight)	فعالیت آنتی اکسیدانی(در صد) Antioxidant activity (%)	میزان فنول (پی‌پی‌ام) Phenol (ppm)	میزان پرولین (پی‌پی‌ام) Proline (ppm)
Az0	2.96a	1.14b	0.96ab	0.25a	5.11a	0.67d	6.94a	5.54d
Az1	3.33a	1.52a	1.11a	0.25a	4.28b	0.83c	4.74c	3.48b
Az2	3.07a	1.04b	0.78b	0.25a	4.15c	0.87a	5.68b	2.79c
Az3	3.35a	1.03b	0.8b	0.29a	2.09d	0.84b	6.81a	5.17a

میانگین‌هایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند. (Az0 شاهد، Az1 هشت، Az2 شانزده، Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید)

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test.(control: Az0, 8: Az1, 16: Az2, 24: Az3 mgr/lit azelaic acid)

میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی با افزایش شوری کاهش و میزان تعرق افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل فلورسنس و محتوای کلروفیل در S_1 وکارایی مصرف آب فتوسنتزی در S_2 مشاهده شد (جدول ۴).

اثرات ساده آزالئیک اسید بر صفحات رویشی و فتوسنتزی نشان داد که بیش‌ترین وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه در AZ_1 و بیش‌ترین میزان سدیم، فنول در AZ0 و بیشترین میزان پرولین در AZ0 و AZ3 دیده شد و وزن خشک ریشه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف AZ تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

تغییرات فتوسنتزی تحت تاثیر آزالئیک اسید نشان دادکه بیشترین محتوای کلروفیل، فتوسنتز، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی در AZ_2 و کلروفیل فلورسنسی در AZ_2 و AZ_3 افزایش داشت. تعرق در AZ_1 بیشترین مقدار دیده شد (جدول ۶).

جدول ۵- تاثیر سطوح شوری بر شاخص‌های فتوسنتزی گیاه گوجه‌فرنگی

Table 5-Effect of salinity levels on Photosynthesis characteristics of tomato plant

آزالئیک اسید azelaic acid	محتوای کلروفیل (عدد اسپاد) SPAD value	فتوسنتز(میکرومول Co_2بر مترمربع برثانیه) Photosynthesis rate ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)	میزان تعرق(میلی مول بر مترمربع بر ثانیه) (Transpiration ($mmolm^{-2}\ s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی(میکرومول دی‌اکسیدکربن برمیلی مول آب) PWUE ($\mu molCO_2mol\ H_2O^{-1}$)	کلروفیل فلورسانس (Fv/Fm)	هدایت روزنه(میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) Stomata conductance ($mmol^{-2}\ s^{-1}$)	هدایت مزوفیلی(میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) Mesophyll Conductance ($mmolCO_2m^{-2}s^{-1}$)
S0	4.42ab	14.46b	1.59c	20.56b	0.09c	0.47a	0.02b
S1	5.01a	12.37b	1.64b	17.67c	0.63a	0.27c	0.01c
S2	3.45b	14.66a	1.03d	20.94a	0.35b	0.2d	0.1a
S3	0.42b	14.04ab	2.42a	16.82d	0.27b	0.42b	0.01d

میانگین‌هایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند. (S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، S2 شوری ۲۰۰ میلی‌مولار)

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test.(control: S0, Salinity 100 mM: S1, salinity150 mM: S2, salinity200 mM: S3)

جدول ٦- تاثیر آزالئیک‌اسید بر شاخص‌های فتوسنتزی گیاه گوجه‌فرنگی

Table 6- Effect of azelaic acid on characteristics of tomato plant

آزالئیک اسید azelaic acid	محتوای کلروفیل (عدد اسپاد) SPAD value	فتوسنتز(میکرومول Co_2بر مترمربع برثانیه) Photosynthesis rate ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)	میزان تعرق(میلی مول بر مترمربع بر ثانیه) (Transpiration ($mmolm^{-2}\ s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی(میکرومول دی‌اکسیدکربن برمیلی مول آب) PWUE ($\mu molCO_2mol\ H_2O^{-1}$)	کلروفیل فلورسانس (Fv/Fm)	هدایت روزنه(میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) Stomata conductance ($mmol^{-2}\ s^{-1}$)	هدایت مزوفیلی(میلی مول بر متر مربع بر ثانیه) Mesophyll Conductance ($mmolCO_2m^{-2}s^{-1}$)
Az0	5.32a	12.75d	1.55b	18.22d	0.11c	0.32b	0.09a
Az1	4.79ab	13.34b	2.72a	19.06b	0.28b	0.52a	0.01d
Az2	3.77bc	13.18c	0.93d	18.83c	0.44a	0.22d	0.02c
Az3	3.05c	13.98a	1.48c	19.98a	0.52a	0.3c	0.03b

میانگین‌هایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند. (Az0 شاهد، Az1 هشت میلی گرم در لیتر، Az2 شانزده میلی گرم در لیتر، Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید)

In each column means followed with similar letters are not different at 5% level of probability based on LSD test. (control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid)

شکل ۱- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری ×آزالئیک اسید بر وزن تر شاخساره (الف) و وزن خشک شاخساره (ب) گوجه فرنگی (Az0 شاهد، Az1 هشت میلی گرم در لیتر ، Az2 شانزده میلی گرم در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 1- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on Shoot fresh weight(a), shoot dry weight (b)(control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid, control: S0, salinity 100 mM: S1, salinity 150 mM: S2, salinity 200 mM: S3)

اثرات متقابل آزالئیک اسید و شوری بر وزن گیاه نشان داد که با افزودن AZ به گیاه در غلظت S_0 و S_2 وزن تر شاخساره افزایش اما در S_3 کاهش یافت. وزن خشک شاخساره تغییرات کمتری نشان داد؛ به‌طوری‌که در غلظت S_0، S_1 و S_2 اگرچه افزایش وزن خشک با افزودن AZ دیده شد اما این افزایش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود، به جز AZ_3 و S_2 که نسبت به سایر غلظت‌های AZ در همین سطح شوری افزایش معنی‌داری نشان داد از طرفی بیشترین وزن خشک شاخساره در AZ_3 در هر سطح شوری نسبت به سایر سطوح شوری دیده شد. با وجود افزایش شوری از S_0 به S_3 همراه با افزایش AZ کاهش معنی‌داری در وزن تر وخشک شاخساره دیده نمی‌شود و کمترین وزن تر و خشک شاخساره مربوط به غلظت‌های AZ_0 در سطوح مختلف شوری است (شکل ۱ الف و ب).

شکل ۲- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × آزالئیک اسید بر وزن تر ریشه (الف) و وزن خشک ریشه (ب) گوجه فرنگی (Az0 شاهد، Az1 هشت میلی گرم در لیتر ، Az2 شانزده میلی گرم در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 2- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on root fresh weight(a), root dry weight (b)(control: Az0, 8mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 mgr/lit azelaic acid, control: S0, salinity 100 mM: S1, salinity 150 mM: S2, salinity 200 mM: S3)

باافزودن AZ به محیط ریشه وزن خشک ریشه در S_0 و S_1 و S_2 افزایش یافت که در AZ_3 و S_0 نسبت به AZ_0 و S_0 و در AZ_3 و S_1 نسبت به AZ_0 و S_1 و در S_2 و AZ_3 و AZ_2 نسبت به AZ_0 و S_2 افزایش معنی‌دار بود. وزن تر ریشه شبیه وزن خشک تحت تأثیر اثر متقابل شوری و آزالئیک اسید قرار گرفت و علاوه بر تیمارهای ذکر شده در وزن خشک AZ_2 و S_1 نیز افزایش یافت (شکل ۲ الف و ب). به نظر می‌رسد غلظت‌های بالاتر AZ یعنی AZ_2 و AZ_3 مؤثرتر از غلظت‌های پایین بر وزن ریشه از شوری‌های کم یعنی S_2 و S_1 و S_0 بودند اما این روند افزایش در شوری‌های بالا S_3 دیده نشد (شکل ۲ الف و ب).

هدایت مزوفیلی روند خاصی را با تغییرات سطوح شوری و تیمار آزالئیک اسید نشان نداد. تیمار AZ_2 در تیمارهای فاقد شوری حداکثر مقدار را نشان داد. بعد از آن در سطح شوری S1 تیمار AZ3 با ۶ درصد کاهش بالاترین مقدار هدایت مزوفیلی دیده شد. لیکن در سطوح شوری S2 و S3 تیمارهای فاقد آزالئیک اسید مقدار هدایت مزوفیلی بیش‌تری را نسبت به سایر سطوح آزالئیک اسید در این تیمارها نشان دادند. هدایت روزنه‌ای بالاترین مقادیر را در تیمارهای S0×AZ0 و S3×AZ3 نشان داد. سپس با ۱۵ درصد کاهش در تیمارهای S3×AZ2 و S3×AZ3 مشاهده شد. حداقل مقدار هدایت روزنه‌ای با ۹۰ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در تیمار S1×AZ0 مشاهده شد (شکل۳ الف و ب).

شکل ۳- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × آزالئیک اسید بر هدایت روزنه ای(الف) و هدایت مزوفیلی(ب) گوجه‌فرنگی (Az0 شاهد، Az1 هشت میلی گرم در لیتر ، Az2 شانزده میلی گرم در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری میلی مولار ۱۰۰، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 3- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on stomata conductance (a), mesophyll conductance (b) of tomato (control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid, control: S0, Salinity 100 mM: S1, salinity150 mM: S2, salinity200 mM: S3)

شکل ٤- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × آزالئیک اسید بر میزان پرولین(الف) و فعالیت آنتی اکسیدانی(ب) گوجه فرنگی (Az0 شاهد، Az1 هشت میلی گرم در لیتر، Az2 شانزده میلی گرم در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 4-Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on Proline (a), antioxidant activity (b) of tomato (control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid, control: S0, salinity 100 mM: S1, salinity 150 mM: S2, salinity 200 mM: S3)

میزان پرولین در کلیه سطوح شوری بدون کاربرد آزالئیک اسید بیشتر از زمانی بود که AZ اضافه شد و در AZ_2 و AZ_3 در S_0 و S_3، $AZ_{1,2,3}$ در $S_{1,2}$ کاهش معنی‌داری داشت. باوجود افزایش شوری به نظر می‌رسد که AZ سطح تنش در گیاه را در حدی کنترل

کرده است که از افزایش پرولین جلوگیری کند و یا به نظر می‌رسد AZ جایگزین فعالیت‌های پرولین در جلوگیری اثرات تخریبی تنش شده است. با افزودن AZ فعالیت آنتی اکسیدان در $S_{0,1,2}$ افزایش و در S3 کاهش یافت و در AZ3 و S3 تغییر معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد با افزودن AZ گیاه با افزودن سطح آنتی اکسیدانی خود به حفظ گیاه در برابر تنش پرداخته است. اما در شوری‌های بالا S3 اثرات تخریبی تنش به حدی بوده است که AZ در این سطح استفاده شده نیز نتوانسته است اثرات منفی حاصل از آن را کاهش دهد (شکل ۴ الف و ب).

شکل ۵- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × غلظت‌های آزالئیک اسید بر شاخص کلروفیل(الف) و کلروفیل فلورسانسی(ب) گوجه فرنگی (Az0 شاهد، Az1 هشت در لیتر ، Az2 شانزده در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی مولار ، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 5- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on spad value (a), Fv/Fm (b) of tomato. (Control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid, control: S0, Salinity 100 mM: S1, salinity 150 mM: S2, salinity 200 mM: S3)

شکل ٦- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × آزالئیک اسید بر سرعت فتوسنتز(الف) و میزان تعرق(ب) گوجه فرنگی (Az0 شاهد، Az1 هشت در لیتر ، Az2 شانزده در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار، S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 6- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on photosynthesis rate (a), transpiration (b) of tomato. (Control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid, control: S0, salinity 100 mM: S1, salinity 150 mM: S2, salinity 200 mM: S3)

در سطوح مختلف شوری AZ فقط در دو سطح S_0 و AZ_1 و S_3 و AZ_1 باعث بهبود میزان شاخص سبزینگی شد و در سایر سطوح شوری تأثیری بر بهبود کلروفیل نداشت. میزان کلروفیل فلورسنسی در تیمارهای شوری S1,2,3 فاقد آزالئیک اسید دارای بالاترین مقدار بود و در $S_{2,3}$ با افزایش سطح آزالئیک اسید از میزان فلورسنسی کاسته شد (شکل ۵ الف وب).

سرعت فتوسنتز با افزودن AZ در سطح بدون شوری افزایش یافت و بیشترین مقدار در AZ_3 و S_0 رسید. میزان فتوسنتز در S_1 با بالاترین سطح AZ افزایش یافت. در $S_{2,3}$، AZ_1 باعث حفظ فتوسنتز در سطح شاهد شد و در سطوح بالاتر کاهش یافت. در S_3 نیز، AZ اثر مطلوبی بر سرعت فتوسنتز نداشت. میزان تعرق با افزودن AZ در $S_{0,1}$ کاهش معنی‌داری داشت و در $S_{2,3}$ روند مشخصی دیده شد، به طوریکه تعرق با افزودن AZ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۶ الف و ب).

شکل ۷- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × آزالئیک اسید بر کارایی آب مصرفی فتوسنتز(الف) و میزان سدیم (ب) گوجه فرنگی. (Az0 شاهد، Az1 هشت در لیتر ، Az2 شانزده در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 7- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on PWUE(a), sodium (b)of tomato. (control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3 azelaic acid, control: S0, salinity 100 mM: S1, salinity 150 mM: S2, salinity 200 mM: S3)

کارایی مصرف آب فتوسنتزی با افزودن AZ در S_0 افزایش یافت و در $S_{1,3}$ ابتدا کاهش و در AZ_3 افزایش یافت. در S_2 این روند ابتدا افزایش AZ_1 و سپس کاهش AZ_3 و AZ_2 یافت (شکل ۷ الف). حداکثر مقدار سدیم با ۲۲ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار S3×AZ1 تجمع یافت. در سطح شوری S1 با افزایش سطح آزالئیک اسید به کار رفته از میزان تجمع سدیم به طور معنی‌داری کاسته شد (شکل ۷ ب).

میزان فنول با افزودن AZ در سطح شوری $S_{0,1,2,3}$ افزایش معنی‌داری داشت و این افزایش در $S_{1,2,3}$ و در سطح AZ_3 بیشترین مقدار نسبت به شاهد را نشان داد (شکل ۸).

بحث

در پژوهش حاضر با افزایش سطوح شوری اعمال شده از توانایی تولید بیومس گیاه کاسته شد. این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش مقدار فتوسنتز و در نتیجه تولید مواد آسیملاته کم‌تر توسط گیاه بوده باشد. همانند نتایج به دست آمده از این پژوهش مشاهده شده است که درشرایط تنش شوری به دلیل آسیب اکسیداتیو وارد شده به سیستم فتوسنتزی از توانایی تولید مواد غذایی گیاه کاسته می‌شود و درنتیجه رشد اندام‌هایی گیاهی محدود شده و از میزان تولید بیومس آن‌ها کاسته می‌شود (۹). لیکن بر خلاف نتایج به دست آمده از این پژوهش که مقادیر سدیم، فنول، پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش شوری دستخوش تغییر نشدند در پژوهش پونیران-هارتلی و همکاران (۱۵) با تجمع اسمولیت‌ها و فعالیت آنتی اکسیدانی مقاومت به تنش شوری در گیاه جو القا شد. به نظر می‌رسد که کاربرد آزالئیک اسید به ویژه در تیمار AZ2 با کمک به بهبود کارایی مصرف آب فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی تاثیر مثبتی را بر خصوصیات فتوسنتزی بر جای گذاشته است. در راستای این نتایج

برخی مشاهدات حاکی از آن بود اسیدهای آلی با کمک به برقراری تعادل اسمزی ممکن است به باز بودن روزنه‌ها و ادامه یافتن فرآیندهای فتوسنتزی کمک کرده باشد (۱۱). تحت شرایط تنش معمولا سالیسیلیک اسید به عنوان یک سیگنال برای القای مقاومت محسوب می‌شود و در صورتی که این مقاومت در گیاه ایجاد شود جذب آب و مواد غذایی و رشد گیاه بهبود می‌یابد (۹). در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که آزالئیک اسید در ساخت سالیسیلیک اسید و القا مقاومت موثر بوده و کاربرد تیمار AZ1 سبب بهبود خصوصیات رشد در این پژوهش شده است.

شکل ۸- اثرمتقابل سطوح مختلف شوری × آزالئیک اسید بر میزان فنول گوجه فرنگی(Az0 شاهد، Az1 هشت در لیتر ، Az2 شانزده در لیتر و Az3 بیست و چهار میلی گرم در لیتر آزالئیک‌اسید، S0 شاهد، S1 شوری ۱۰۰ میلی مولار، S2 شوری ۱۵۰ میلی مولار و S2 شوری ۲۰۰ میلی مولار)

Figure 8- Interaction effect of salinity × azelaic acid levels on phenol of tomato (control: Az0, 8 mg/l: Az1, 16 mg/l: Az2, 24 mg/l: Az3azelaic acid, control: S0, salinity 100 mM: S1, salinity150 mM: S2, salinity200 mM: S3)

تنش‌ها معمولا فرآیندهای فیزیولوژیکی را با کاهش نرخ فتوسنتز، کاهش محتوای رنگیزه‌ها، کاهش قندهای محلول، کاهش تجمع نشاسته و افزایش تنفس تحت تاثیر قرار می‌دهند. به دنبال این تغییرات قابلیت تولید مواد غذایی و رشد گیاه محدود شده و کاهش عملکرد مشاهده می‌گردد (۱۰). همان‌گونه که در پژوهش حاضر مشاهده شد کاربرد آزالئیک اسید در سطوح شوری مختلف تفاوت چشمگیری را در مقدار وزن خشک نمونه‌ها ایجاد نکرد. با این وجود کم‌ترین مقدار وزن تر و خشک شاخساره در تیمارهای فاقد آزالئیک مشاهده شد و در تیمار AZ3×S2 بیش‌ترین مقدار وزن خشک شاخساره مشاهده گردید. همچنین کاربرد آزالئیک اسید سبب افزایش وزن خشک ریشه‌ها در شرایط شوری گردید. این افزایش وزن ممکن است به دلیل تولید مواد شیمیایی خاص القا کننده مقاومت (۱۷) ناشی از مصرف آزالئیک بوده باشد. از آن‌جایی که آزالئیک اسید می‌تواند محرک تولید ساخت سالیسیلیک اسید باشد ممکن است این افزایش عملکرد ناشی از القا مقاومت توسط سالیسیلیک اسید بوده باشد (۴). در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش قابلیت نفوذپذیری سلول‌ها در برابر گازها غلظت کربن دی اکسید زیر روزنه کاهش می‌یابد و در نتیجه ممکن فتوسنتز دچار محدودیت گردد (۷). در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که با کاربرد آزالئیک اسید نفوذپذیری غشاها حفظ شده و از محدودیت فتوسنتزی در اثر تیمارهای شوری اعمال شده کاسته شد است. همانند نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در پژوهشی دیگر که بر روی گوجه‌های گیلاسی انجام گرفت در اثر تنش شوری بیشتر فاکتورهای فتوسنتزی مانند هدایت مزوفیلی، نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و خصوصیات رویشی همانند وزن تر و خشک و حجم ریشه‌ها و قطر ساقه‌ها کاهش یافت (۳). تنش شوری با ایجاد مشکلاتی از قبیل آسیب غشاها و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاهش تبادلات گازی سبب محدود شدن شاخص‌های فتوسنتزی می‌گردد (۱). در پژوهش حاضر در سطوح پایین شوری کاربرد آزالئیک اسید در بهبود شرایط فتوسنتزی موثر واقع شده است اما زمانی که سطح شوری به بیش از ۱۰۰ میلی مولار می‌رسد شاخص‌های فتوسنتزی حتی با کاربرد آزالئیک اسید نیز به طور معنی‌داری کاهش می‌یابند.

از جمله مواد سازگاری که با وزن مولکولی پایین در واکوئل‌ها و سیتوپلاسم سلول‌های تحت تنش ساخته می‌شود پرولین می‌باشد. پرولین و سایر مواد سازگار با کمک به حفظ تعادل اسمزی و ذخیره کربن به بازیابی گیاهان تحت شرایط تنش موثر می‌باشند (۶). در پژوهش حاضر در تیمارهای فاقد آزالئیک اسید غلظت پرولین افزایش یافت اما به نظر می‌رسد که با کاربرد آزالئیک اسید تا حدودی تعادل

اسمزی درون گیاه ایجاد شده است و به دنبال آن از غلظت پرولین این تیمارها کاسته شد. براساس گزارشات (۶) نقش این ترکیبات سازگار افزایش پتانسیل اسمزی می‌باشد و به نظر می‌رسد که در پژوهش انجام گرفته آزالئیک اسید با برقراری تعاد اسمزی و فعال کردن سایر سیگنال‌های مقاومتی همانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نیاز گیاه به تولید پرولین را کاهش داده است در نتیجه غلظت پایین‌تری از پرولین در تیمارهchlای دارای آزالئیک اسید مشاهده گردید. درشرایط تنش شوری معمولا با ایجاد اختلال در فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، غلظت رادیکال‌های آزاد درون سلول‌ها افزایش می‌یابند و دنبال آن از فعالیت‌ها و متابولیسم‌های طبیعی جلوگیری به عمل می‌آید. از آن‌جایی که آزالئیک اسید به حفظ پتانسیل اسمزی کمک کرده است تولید گونه‌های آزاد اکسیژن کم‌تر صورت گرفته است در نتیجه نیاز کم‌تری به فعالیت‌های آنتی اکسیدانی به وجود آمده است (۶) و همان طور که در پژوهش حاضر مشاهده شده است در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار کاربرد آزالئیک اسید سبب کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی گردیده است.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج به دست آمده کاربرد آزالئیک اسید با غلظت ۸ میلی گرم در لیتر تاثیر مثبتی بر شاخص‌های فتوسنتزی داشته است که به دنبال آن هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی در مقایسه با حالت شاهد افزایش معنی‌داری را نشان دادند. همچنین در شرایطی که گیاهان در معرض شوری قرار نگرفتند و یا سطح شوری پایین بوده در حد ۱۰۰ میلی مولار کاربرد آزالئیک اسید شاخص‌های فتوسنتزی را بهبود بخشید. پرولین یک آمینو اسید دفاعی در گیاه می‌باشد که در واکنش به تنش‌های اسمزی مقدار آن در گیاه افزایش می‌یابد اما با کاربرد آزالئیک اسید در سطوح بالاتر شوری مقدار پرولین کاهش می‌یابد که می‌تواند حاکی از تعادل اسمزی ایجاد شده در اثر کاربرد آزالئیک اسید می‌باشد. در نهایت نتایج این پژوهش نشان داد که در صورتی که شوری در حد ۱۰۰ میلی مولار باشد کاربرد آزالئیک اسید با حفظ تبادلات گازی و پایداری سیستم فتوسنتزی در حد مطلوب و ایجاد تعادل اسمزی می‌تواند به کاهش اثرات مخرب تنش شوری در گیاه گوجه فرنگی کمک کند.

منابع

1- Arfan M., Athar H.R. and Ashraf M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress?, Plant Physiology, 164:685–94.
2- Haghighi M., Sheibanirad A. and Pessarakli M. 2015. Plant Responses under Environmental Stress Conditions, Advances in Plants & Agriculture Research, Advances in Plants and Agriculture Research, 2(6):1-12.
3- Haghighi M. and Pessarakli M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage, Scientia Horticulturae, 161: 111–117.
4- Halim V.A., Vess A., Scheel D. and Rosahl S. 2006. The role of salicylic acid and jasmonic acid in pathogen defence, Plant Biology, 8(3):307–13.
5- Howladar S.M. 2014. A novel Moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Ecotoxicology and Environmental Safety, 100: 69–75.
6- Kafi M., Borzooei A., Salehi M., Kamandi A., Masumi A. and Nabati J. 2012. Environmental stress in plant physiology, Publications University of Mashhad. (In Persian).
7- Kafi M. and Rahimi Z. 2011. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.), Soil Science and Plant Nutrition, 57: 341–347.
8- Kahrizi S., Sedghi M. and Sofalian O. 2012. Effect of salt stress on proline and activity of antioxidant enzymes intend rum wheat cultivars, Annal of Bioloical Research, 3: 3870–3874.
9- Misra N. and Saxena P. 2009. Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress, Plant Science, 177: 181–189.
10- Miteva E., Hristova A.D., Nenova B.V. and Maneva S. 2005. Arsenic as a factor affecting virus infection in tomato plants: changes in plant growth, peroxidase activity and chloroplast pigments, Horticultural science, 105: 343–58.
11- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress, Plant, Cell & Environment, 20: 239–250.
12- Nakashima K., Ito Y. and Yamaguchi-Shinozaki K. 2009. transcriptional regulatory networks in response to abiotic stresses in arabidopsis and grasses, Plant Physiology, 149: 88-95.
13- Shannon M.C. 1998. Adaptation of plants to salinity, Advances in Agronomy, 60: 75–119.
14- Parida A.K. and Das A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants, Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324–349.
15- Puniran-Hartley N., Hartley J., Shabala L. and Shabala S. 2014. Salinity-induced accumulation of organic osmolytes in barley and wheat leaves correlates with increased oxidative stress tolerance: In planta evidence for cross-tolerance, Plant Physiology and Biochemistry, 83:32-39.

16- Rady M.M. 2011. Effect of 24-epibrassinolide on growth, yield, antioxidant system and cadmium content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants under salinity and cadmium stress, Scientia Horticulturae, 129: 232–237.
17- Uta V.R., Martin J. and Mueller J.D. 2005. Evaluation of natural and synthetic stimulants of plant immunity by microarray technology, New Phytologist, 165:191–202.
18- Yurtseven E., Kesme G.D. and Ünlükara. F.A. 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species (*Lycopersicon esculentum*), Agricultural Water Management, 78: 128–135.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 287-300
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۰۰-۲۸۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluating of Azealic Acid on Tomato Vegetative and Photosynthetic Parameters under Salinity Stress

M. Haghighi[1*] - A. Sheibanirad[2]

Received: 20-08-2017
Accepted: 22-05-2018

Introduction: Soil salinity is a global problem that affects approx. 20 % of irrigated land and reduces crop yields significantly. Since, salinity is one of the most important abiotic stress and limiting factor for plant growth all around the world. It is necessary to find some way to ameliorate these damages. The physiological responses of a plant to salinity are often complex and multi-faceted, which makes experiments difficult to design and interpret. At basic level, the response of plants to salinity can be described in two main phases: the shoot ion-independent response occurs first, within minutes to days, and is thought to be related to Na^+sensing and signaling. Tomato is one the most popular crop in open door and greenhouse cultivation which could face with salinity stresses. Salinity with inducing osmotic stress could have irreversible damages on plant growth and function. Three main salinity tolerance mechanisms have been proposed: on exclusion – the net exclusion of toxic ions from the shoot; tissue tolerance – the compartmentalization of toxic ions into specific tissues, cells and subcellular organelles; and shoot ion-independent tolerance – the maintenance of growth and water uptake independent of the extent of Na^+ accumulation in the shoot. In order to face with stresses plant make some internal signals which cause producing different compound and inducing stress resistance. Salicylic acid is one these resistances induced agent. Azealic acid is an organic compound which could increase salicylic acid accumulation in plants.

Materials and Methods: So that, the present experiment was conducted to evaluate the effect of azealic acid and saline irrigation on tomato vegetative and photosynthetic parameters in factorial design based on CRD with three replications. The treatments were salinity level (0, 100, 150 and 200 mM) and azealic acid (0, 8, 10, and 24 mg l^{-1}). The experiment was conducted in pot and in the greenhouse. Gradually in a week salinity treatments applied for plants after that each week once azelaic treatments also applied in each plant. Two weeks later each gas exchange parameters and all parameters needed fresh plant were measured and at the end all parameters with dry matter measured. The photosynthesis traits like transpiration, photosynthesis rate, mesophyll conductance, stomata conductance some stress indices like proline and antioxidant phenol were measured.

Results and Discussion: Results indicated that with increasing salinity level biomass production reduced. It seems that with azealic supplement especially in AZ_2 treatment with improving photosynthetic water use efficiency, stomatal and mesophyll conductance has positive effect on photosynthesis. Under low salinity level azealic acid was an effective treatment in photosynthetic parameters although when salinity exceeds more than 100 mM photosynthetic parameters even with azealic acid application reduced. Azealic acid causes a kind of osmotic balance following that the proline content of these treatment reduced. In all salinity levels when azaleic acid applied the phenolic compound increased significantly and the highest was in AZ3. Azaleic acid reduced the Na concentration of leaves it causing the most tolerate reason against salinity when the azaleic acid applied. Although the photosynthetic rate increased with azaleic acid it is not because of chlorophyll content, because the chlorophyll content decreased with azaleic acid. The increase of photosynthesis could be due to decreasing Na concentration of leaves and increasing defense system of plants. Chlorophyll florescence decreased even with azaleic acid in salinity, it means that azaleic acid cannot completely compensate the stress harmful effect. The growth was improved with azaleic acid in salinity; the improvement was greater in root weight compare with shoot weight. Azaleic acid not only prevent decreasing the weight but also improved them in salinity. In defense system of tomato it seems that antioxidant and phenol content were more effective than proline because they are increased with azaleic acid in saline condition effectively compare with proline.

Conclusions: Finally, it seems that until 100mM salinity level azealic acid with maintaining gas exchange capacity in optimum level and inducing osmotic balance could reduce salinity damages. Conclusively, when azaleic acid was applied in 8mg/l that it improved photosynthetic traits like stomata conductance, mesophyll

1, 2- Assistant Professor and PhD student Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*- Corresponding Author Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir)

conductance, and photosynthetic water use efficiency compare with control. Azaleic acid can improve the photosynthetic traits when salinity was in low level like 100mM. Proline which is amino acid role as a defense system of plants increased the osmotic adjustment in plant in response to azaleic acid

Keywords: Azealicacid, Organic acid, Salicylic acid, Saline water

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 301-310
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۱۰-۳۰۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

بهینه‌سازی شرایط کشت درون‌شیشه‌ای پایه رویشی گلابی Pyrodwarf

احمد شریفی[۱]- آزاده خادم[۲*]- مریم مرادیان[۳]- مهدیه خرازی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

چکیده

گلابی (*Pyrus sativus*) به عنوان یکی از مهم‌ترین میوه‌های دانه‌دار شناخته شده است. کشت پایه رویشی پیرودوارف (pyrodwarf) بدلیل عملکرد مناسب در شرایط تنش، مقاومت در مقابل سرمای زمستانه و قابلیت رشد در محیط خاک‌های قلیایی به عنوان راهکاری موثر به منظور افزایش بازدهی باغات گلابی شناخته شده است. از این‌رو این تحقیق با هدف بهینه‌سازی شرایط ریزازدیادی پایه پیرودوارف در شرایط درون‌شیشه‌ای انجام شد. به منظور پرآوری، ریزنمونه‌های گره از گیاهچه‌های استریل و یکنواخت تهیه و در محیط کشت‌های پایه مختلف شامل محیط کشت‌های MS، WPM، QL و QL تغییریافته در ترکیب با ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون BA و ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون IAA و یا IBA کشت شدند. به منظور بهینه‌سازی ریشه‌زایی نیز در مرحله اول از محیط کشت‌های حاوی عناصر معدنی مختلف استفاده شده و در مرحله دوم اثر کاربرد هورمون اکسین و زغال فعال بر صفات ریشه‌زایی گیاهچه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که تعادل عناصر معدنی پرمصرف بر میزان باززایی گیاهچه‌ها موثر است اما بر رشد گیاهچه‌ها اثر معنی‌داری نداشت. طبق این نتایج، محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA به همراه ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر IBA به عنوان محیط کشت مناسب به منظور پرآوری گیاهچه‌ها تعیین شد. علاوه بر این در بین تیمارهای ریشه‌زایی، کاربرد هورمون IAA با غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر و یا زغال فعال به میزان ۱ گرم در لیتر در محیط کشت MS ½ از لحاظ صفات مورد بررسی به عنوان محیط کشت مناسب ریشه‌زایی مشخص شد. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که عناصر پرمصرف و حضور هورمون اکسین بیشترین تاثیر را به ترتیب در طی مراحل پرآوری و ریشه‌زایی گیاهچه‌های پیردوارف در شرایط درون شیشه‌ای داشتند.

واژه‌های کلیدی: اکسین، زغال فعال، ریزازدیادی، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی

مقدمه

یکی از راهکارهای افزایش عملکرد باغات، بکارگیری پایه‌های رویشی مقاوم به تنش‌های محیطی بویژه آفات و بیماری‌ها است، بطوری که در سال‌های اخیر، پایه‌های رویشی با سازگاری بالا بدلیل عملکرد مناسب در تنش‌های محیطی و نیز ارتباط فیزیولوژیکی بهتر با ارقام مورد استفاده به عنوان پیوندک، جایگزین پایه‌های قبلی در باغات شده‌اند. گلابی (*Pyrus sativus*) از خانواده رزاسه (Rosaceae) به لحاظ اهمیت در بین میوه ها، جایگاه چهارم و یا پنجم را به خود اختصاص داده است (۱۸). در این بین پایه رویشی پیرودوارف (pyrodwarf) به عنوان پایه رویشی گلابی، دارای ویژگی‌های زودرسی، عملکرد بالا، میزان بالای سازگاری با انواع ارقام گلابی، مقاومت به سرمای زمستانه و خاک‌های قلیایی است که این ویژگی‌ها موجب شده تا این پایه رویشی در سطح وسیعی از باغات گلابی مورد استفاده قرار گیرد (۸).

پایه‌های رویشی به روش سنتی معمولا از طریق تقسیم کردن و یا قلمه زدن تکثیر می‌شوند که از جمله معایب این روش‌ها می‌توان به سرعت کند تکثیر و نیاز به صرف نیروی انسانی زیاد دانست. از سوی دیگر، تکثیر از طریق بذر نیز امکان ایجاد تنوع را افزایش داده و تولید جمعیت غیریکنواخت را بدنبال خواهد داشت (۱۷). موفقیت آمیز بودن روش‌های مختلف کشت بافت به منظور تکثیر سریع و کم هزینه پایه‌های رویشی موجب شده است تا این فنون در تولید پایه‌های رویشی در مقیاس وسیع بکار گرفته شوند. همچنین تولید گیاهان عاری از ویروس و یکنواخت از لحاظ ژنتیکی و مرفولوژیکی باعث شده است تا کشت بافت به عنوان راهکاری موثر در جهت تولید تجاری پایه‌های رویشی مورد توجه قرار گیرد (۱۴). دستیابی به پروتکل تکثیر پایه‌های رویشی در شرایط کشت بافت نیازمند شناخت ارتباط بین اجزای محیط کشت و هورمون‌های گیاهی با میزان تکثیر و عملکرد گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت است که این مهم از

۱، ۲، ۳ و ۴- استادیار، مربیان و استادیار گروه پژوهشی بیوتکنولوژی گیاهان زینتی، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، سازمان جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
(*-نویسنده مسئول: Email: Akh.agri69@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.67149

طریق بررسی اجزای عملکرد در محیط کشت‌های مختلف بدست خواهد آمد (۹).

بررسی تحقیقات متعددی که با هدف تکثیر پایه‌های گلابی صورت گرفته است، بیانگر آن است که نمک‌های موجود در محیط کشت یکی از عوامل موثر بر میزان باززایی گیاهچه‌های گلابی است. علاوه بر آن در بین اجزای محیط کشت، نوع منابع نیتروژن موجود در محیط کشت و نسبت آنها مهم‌ترین عامل تعیین کننده میزان باززایی گیاهچه‌ها است. به عنوان مثال، میزان باززایی گیاهچه‌های رقم Beurré Bosc در محیط کشت DKW نسبت به LP، WPM و MS بیشتر بوده است. همچنین گیاهچه‌های رقم Bartlett کمترین میزان باززایی را در محیط کشت MS دارا بودند (۱۲). علاوه بر آن، بررسی اثر هورمون‌های گیاهی مختلف بر باززایی ارقام مختلف گلابی انجام شده است که نشان می‌دهد بیشترین میزان باززایی با کاربرد هورمون BA در محیط کشت بدست آمده است و سایر هورمون‌ها در صورت کاربرد در محیط کشت همراه با BA استفاده شده‌اند (۱۰، ۱۶ و ۱۸). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که حضور هورمون 2ip همراه با هورمون BA در بزرگ شدن برگ‌ها موثر بوده اما در صورت فقدان هورمون BA در محیط کشت، میزان شکست خواب جوانه‌ها کاهش یافته است (۱ و ۱۱). مجموع نتایج حاصل نشان می‌دهد که عوامل محیطی متنوعی بر میزان باززایی گیاهچه‌های ارقام مختلف گلابی موثر است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف تکثیر پایه رویشی پیرودوارف از طریق بررسی محیط کشت‌های مختلف و تیمارهای هورمونی متفاوت انجام شد.

مواد و روش‌ها

مرحله باززایی

جهت اجرای آزمایش از گیاهچه‌های استریل و یکنواخت پایه رویشی پیرودوارف گلابی (*Pyrus communis* L.) که به مدت یک ماه در شرایط درون‌شیشه‌ای آزمایشگاه کشت بافت سازمان جهاد دانشگاهی خراسان رضوی نگهداری شده بودند، استفاده شد. به منظور بررسی اثر محیط کشت‌های مختلف و ترکیبات هورمونی متفاوت، در مرحله باززایی ۱۲ تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت که شامل محیط کشت‌های MS، WPM، QL و QL تغییریافته (جدول ۱) در ترکیب با ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون BA و ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون IAA و یا IBA بود.

جدول ۱- مقدار عناصر پرمصرف در محیط کشت‌های QL، QL تغییریافته، Knop و Knop تغییریافته

Table 1- Amount of macronutrients in QL, modified QL, Knop and modified Knop basal media

	محیط کشت QL QL media	محیط کشت QL تغییریافته Modified QL media	محیط کشت Knop Knop media	محیط کشت Knop تغییریافته Modified Knop media
		($mg.L^{-1}$)		
Ca(NO3)2.4H2O	1123.77	550	1000	1000
CaCl2	0	100	0	0
KH2PO4	405	405	250	405
KNO3	1800	800	250	500
K2SO4	0	200	0	0
MgSO4.7H2O	355.79	355.79	250	250
NH4NO3	400	0	0	0

انتخاب محیط کشت‌های پایه مورد بررسی عمدتا بر اساس تفاوت در میزان ترکیبات نیترات، آمونیوم و مقدار کل عنصر نیتروژن موجود در محیط کشت صورت گرفت (جدول ۲). به منظور مشخص نمودن تیمار باززایی مناسب، پس از گذشت یک ماه صفاتی مانند تعداد جوانه، ارتفاع و وزن خشک گیاهچه‌ها اندازه گیری شد.

جدول ۲- مقدار ترکیبات حاوی نیتروژن و نسبت آنها در محیط کشت‌های پایه مورد بررسی

Table 2- Different nitrogen sources and their ratio in studied basal media

محیط کشت Media	مقدار نیترات Nitrate Concentration $mmol.L^{-1}$	مقدار آمونیوم Ammonium Concentration $mmol.L^{-1}$	مقدار کل نیتروژن Total Nitrogen $mmol.L^{-1}$	نسبت آمونیوم به نیترات Ammonium/Nitarte Ratio
QL	31.3	4.3	34.6	0.14
QLm	12.6	0	12.6	0
WPM	8.7	4.3	13	0.49
MS	38	20	58	0.53
MS-NH4NO3	18	0	18	0

مرحله ریشه‌زایی

به منظور اعمال تیمارهای ریشه‌زایی، گیاهچه‌های رشد یافته با ارتفاع ۱۵ میلی‌متر از ریزنمونه جدا شده و در مرحله اول در ۹ نوع محیط کشت مختلف شامل MS، MS بدون نیترات آمونیوم و حاوی ۸۵ میلی‌گرم در لیتر فسفات پتاسیم، 1/2 MS، Knop، Knop تغییریافته، QL، QL تغییریافته (جدول ۱)، QL تغییریافته به همراه ۵۰ گرم در لیتر ساکارز، QL تغییریافته به همراه ۱ میلی‌گرم در لیتر سولفات مس و DKW کشت شدند. در مرحله دوم از محیط کشت 1/2 MS همراه با هورمون IAA با غلظت‌های ۰ و ۱ میلی‌گرم در لیتر در ترکیب با در تمام محیط کشت‌ها بجزء مورد ذکر شده از ساکارز با غلظت ۳۰ گرم در لیتر به همراه آگار با غلظت ۸ گرم در لیتر استفاده شد. pH محیط کشت‌ها قبل از اتوکلاو در ۵/۷ تنظیم گردید و سپس محیط کشت‌ها در اتوکلاو با فشار یک اتمسفر و دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد استریل شدند. پس از کشت، نمونه‌ها به اتاق رشد با شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی (۳۰۰۰-۲۵۰۰ لوکس) در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از ۴۰ روز، صفاتی مانند ارتفاع، وزن خشک، تعداد جوانه، تعداد برگ، تعداد ریشه و طول ریشه در هر یک از گیاهچه‌ها اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری داده‌ها

بررسی عملکرد رشدی در مرحله باززایی بصورت طرح کاملا تصادفی و در قالب آزمایش فاکتوریل با استفاده از دو عامل شامل نوع محیط کشت پایه (۶ سطح) و نوع هورمون اکسین مورد استفاده (۲ سطح) و با ۳ تکرار انجام شد. همچنین بررسی عملکرد گیاهچه‌ها در مرحله ریشه‌زایی نیز بصورت طرح کاملا تصادفی و با ۷ تکرار انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها توسط نرم افزار JMP و با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

پس از گذشت ۱۵ روز از کشت ریزنمونه‌ها، باززایی در تمام ریزنمونه‌ها مشاهده شد. بررسی تعداد جوانه در تیمارهای باززایی مختلف نشان داد که نوع هورمون اکسین اثر معنی‌داری بر القای جوانه در گیاهچه‌ها در سطح ۵ درصد نداشت. برخلاف آن، اثر نوع محیط کشت پایه بر تعداد جوانه القایی معنی‌دار بود، بطوری که گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت MS بیشترین تعداد جوانه را تولید کردند و حذف ترکیب نیترات آمونیوم از محیط کشت MS نیز موجب کاهش ۵۰ درصدی تعداد جوانه در هر گیاهچه شد (شکل ۱). در تحقیقات پیشین نیز مشخص شده است که عناصر پرمصرف بیشترین اثر را بر رشد گیاهچه‌های گلابی در شرایط این‌ویترو داشته است بطوری که رشد گیاهچه‌ها در محیط کشت‌های MS و TK که دارای عناصر کم‌مصرف و ویتامین‌های مشترک بودند، با یکدیگر تفاوت چشمگیری داشتند (۱۲).

شکل ۱- اثر متقابل نوع محیط کشت پایه (۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA) × نوع اکسین (۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) بر میزان تولید جوانه در شاخساره‌های پیردوارف

Figure 1- Interaction effect of basal media (0.5 mg.l^{-1} BA) ×auxin type (0.05 mg.l^{-1}) on bud formation of pyrodwarf shoots

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تعداد جوانه تولید شده در هر گیاهچه در محیط کشت QL در مقایسه با محیط کشت MS تفاوت معنی‌داری نداشت اگرچه با کاهش مقدار عنصر نیتروژن در محیط کشت QL تغییر یافته، میزان تولید جوانه در مقایسه با محیط کشت QL کاهش چشمگیری داشت (شکل ۱). علاوه بر آن گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت WPM نسبت به محیط کشت MS تعداد جوانه کمتری تولید کردند اما این میزان نسبت به محیط کشت QL تفاوت معنی‌داری نشان نداد. از این‌رو افزایش و یا کاهش نسبت نیترات به آمونیوم بر میزان باززایی گیاهچه‌های پیرودوارف اثر معنی‌داری نداشته است اما آمونیوم به عنوان یکی از منابع ضروری نیتروژن به منظور القای جوانه در گیاهچه‌های پیرودوارف شناخته شده بطوری که حذف آن از محیط کشت موجب کاهش تولید جوانه شده است. نتایج تحقیقات پیشین نیز نشان می‌دهد اثر متقابل نوع محیط کشت پایه و نوع هورمون مورد استفاده بویژه هورمون اکسین بر تعداد جوانه تولید شده در پایه رویشی GF677 در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است، اما میزان القای جوانه در دو نوع محیط کشت MS و WPM با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته است (۲). اگرچه سیکوتی و همکاران (۵) با بررسی باززایی ۱۲ رقم سیب (*Malus sieboldii*) گزارش کرده‌اند که القای جوانه در ریزنمونه‌های رشد یافته در محیط کشت MS نسبت به محیط کشت‌های QL، WPM و DKW به میزان بیشتری صورت گرفته است.

اندازه‌گیری ارتفاع گیاهچه‌ها نشان داد نوع محیط کشت پایه و ارتباط متقابل آن با نوع هورمون اکسین مورد استفاده، اثر معنی‌داری بر میزان رشد طولی گیاهچه‌ها داشته است، اما نوع هورمون اکسین به تنهایی بر ارتفاع گیاهچه‌های باززا شده تاثیر گذار نیست (شکل ۲).

شکل ۲- اثر متقابل نوع محیط کشت پایه (۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA) × نوع اکسین (۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر) بر ارتفاع شاخساره‌های پیرودوارف

Figure 2- Interaction effect of basal media (0.5 mg.l^{-1} BA) ×auxin type (0.05 mg.l^{-1}) on height of pyrodwarf shoots

طبق این نتایج، محیط کشت MS در رشد طولی گیاهچه‌ها اثر بسزایی داشته است. همچنین کاهش عنصر نیتروژن موجب کاهش ارتفاع گیاهچه‌ها شد، بطوری که گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت QL و محیط کشت MS فاقد ترکیب نیترات آمونیوم از ارتفاع کمتری برخوردار بودند (شکل ۲). کانونتیپات و همکاران (۴) نیز با بررسی باززایی پایه رویشی دو رقم بادام (*Prunus dulcis*) در ۵ نوع محیط کشت، در نهایت محیط کشت MS را به عنوان محیط کشت مناسب باززایی گزارش کردند.

داده‌های وزن خشک گیاهچه‌های رشد یافته این آزمایش بیانگر آن بود که رشد تحت تاثیر نوع ترکیبات موجود در محیط کشت، نوع هورمون اکسین مورد استفاده و اثر متقابل آنها قرار نگرفت بطوری که تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک گیاهچه‌ها در تیمارهای مورد بررسی وجود نداشت (جدول ۳). اگرچه در گزارش‌های ارائه شده، غلظت بالای آمونیوم در محیط کشت MS باعث شیشه‌ای شدن گیاهچه‌ها و کاهش وزن خشک آنها شده است.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس مربوط به وزن خشک شاخساره‌های حاصل از تیمارهای باززایی شاخه در گلابی پیرودوارف

Table 3- Analysis of variance summary table for the weight of shoots from pyrodwarf shoot regeneration

منبع Source of Variation	درجه آزادی Degrees of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه معنی‌داری Significance Value
محیط کشت Medium	4	0.00509167	0.5408 ns
اکسین Auxin	1	0.00018750	0.7354 ns
محیط کشت×اکسین Medium Auxin×	4	0.00471433	0.5767 ns
خطا Error	20	0.07581	
کل Total	29		

ns : عدم معنی داری

ns: non significant

در بین تیمارهای مختلف ریشه‌زایی نیز از لحاظ ارتفاع گیاهچه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت، بطوری که گیاهچه‌های رشد یافته در تیمارهای DKW و MS نسبت به محیط کشت‌های QL و Knop از ارتفاع بیشتری برخوردار بودند. همچنین حذف ترکیب نیترات آمونیوم از محیط کشت MS و QL موجب کاهش ارتفاع گیاهچه‌ها شد. این نتایج نشان می‌دهد که حضور آمونیوم به عنوان یکی از منابع نیتروژن در طی رشد گیاهچه‌های پیرودوارف ضروری بوده تا آنجا که حذف و یا کاهش آن نسبت به ترکیبات نیترات موجود در محیط کشت، بازدارنده رشد گیاهچه‌ها بوده است. علاوه بر این کاهش چشمگیر ارتفاع گیاهچه‌ها بدنبال کاهش غلظت نمک‌های محیط کشت MS به میزان پنجاه درصد بیانگر آن است که مقدار نمک‌های موجود در محیط کشت 1/2 MS کمتر از مقدار بهینه برای رشد گیاهچه‌های پیرودوارف بوده است. کاهش غلظت عناصر پرمصرف در طول کشت درون شیشه‌ای گیاه درختی *Arbutus unedo* نیز موجب کاهش میزان باززایی این گیاه شده است (۷). اگرچه روگینی و ورما (۱۵) باززایی و رشد گیاهچه‌های بادام (*Prunus amigdalus*) را در محیط کشت 1/2 MS کمتر از محیط کشت 1/2 B5 گزارش کردند.

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه‌ها نشان داد تیمارهای ریشه‌زایی مختلف اثر اندکی بر رشد گیاهچه‌ها داشته است (جدول ۴)، بطوری که افزایش غلظت ساکارز در محیط کشت QL تغییر یافته موجب افزایش وزن خشک گیاهچه‌ها شد اما این تفاوت از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود.

جدول ٤- جدول تجزیه واریانس مربوط به وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از تیمارهای ریشه‌زایی گلابی پیرودوارف

Table 4- Analysis of variance summary table for the weight of pyrodwarf plantlets induced by rooting treatments

منبع Source of Variation	درجه آزادی Degrees of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	میانگین مربعات Mean of Squares	درجه معنی‌داری Significance Value
تیمار Treatment	9	0.01676201	0.001862	0.0254*
خطا Error	60	0.04801555	0.0008	
کل Total	69	0.06477756		

*:معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد

*:significant at 5% probability level

علاوه بر این کاهش مقدار ترکیب فسفات پتاسیم و حذف همزمان نیترات آمونیوم نسبت به محیط کشت MS و 1/2 MS موجب کاهش چشمگیر وزن خشک گیاهچه‌ها شد که بیانگر آن است که این دو ترکیب از جمله مواد معدنی ضروری برای رشد گیاهچه‌های پیرودوارف در شرایط درون‌شیشه‌ای است. همچنین تعداد جوانه‌ها در هر گیاهچه مشخص نمود تمام تیمارهای ریشه‌زایی مورد بررسی، بازدارنده القای جوانه در گیاهچه‌ها بوده‌اند زیرا در بیشتر تیمارها هیچ جوانه جانبی مشاهده نشد. با توجه به اعمال تیمارها به منظور بهبود ریشه‌زایی گیاه و حضور غلظت بالای اکسین در این تیمارها، کاهش القای جوانه‌های جانبی طبیعی به نظر می‌رسد زیرا حضور هورمون اکسین در طی رشد گیاه عمدتا از توسعه اندام‌های هوایی آن جلوگیری می‌کند. یئو و رید (۱۹) نیز حضور هورمون اکسین در محیط کشت را در کاهش تعداد گیاهچه‌های باززایی گلابی (*Pyrus calleryana*) موثر دانسته‌اند.

بین تیمارها از لحاظ تعداد برگ تولید شده در هر گیاهچه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با توجه به نتایج بدست آمده، گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت MS و MS تغییر یافته از تعداد برگ بیشتری برخوردار بودند اما کاهش غلظت نمک‌ها در محیط کشت 1/2 MS، موجب کاهش تعداد برگ تولید شده در هر گیاه شد. همچنین تغییر غلظت نمک‌ها، افزایش مقدار ساکارز و یا سولفات مس در محیط کشت QL در کاهش تعداد برگ گیاهچه‌ها موثر بود (جدول ۵).

جدول ۵- اثر محیط کشت‌های مختلف بر صفات ریشه‌زایی شاخساره‌های پیردوارف*

Table 5- Effect of basal media on rooting properties of pyrodwarf shoots

تیمار Treatment	ارتفاع height	وزن خشک Dry weigth (mg)	تعداد جوانه No. of buds	تعداد برگ No. of leaves	تعداد ریشه No. of roots
MS	4.01 ab	115 ab	0.8 a	29.85 a	1.14 a
1/2 MS	2.97 d	99 ab	0.6 ab	23.42 bc	8.43 b
MS-NH4NO3+85 mg.L^{-1} KH2PO4	3.41 cd	65 c	0.6 ab	30.28 a	1.57 b
QL	3.5 bcd	89 bc	0 b	28.57 ab	0.86 b
QL(m)	3.34 cd	107 ab	0 b	24.71 abc	0 b
QL(m)+5% suc	3.02 cd	117 a	0 b	21.42 c	0.43 b
QL(m)+1 mg.L^{-1} CuSO4	3.2 cd	89 abc	0.3 ab	21.85 c	0.86 b
Knop	3.56 bc	117 a	0 b	27.14 abc	0.28 b
Knop(m)	3.6 bc	105 ab	0.1 ab	25.42 abc	1 b
DKW	4.36 a	95 abc	0.4 ab	26 abc	0 b

*اعداد دارای حروف مشابه در آزمون LSD و در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) by LSD test.

اندازه‌گیری تعداد ریشه در هر گیاهچه مشخص نمود کاهش غلظت نمک‌ها اثر چشمگیری بر تعداد ریشه تولیدی داشت بطوری که گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت 1/2 MS بطور میانگین با دارا بودن ۸ ریشه در هر گیاهچه بیشترین میزان تولید ریشه را به خود اختصاص دادند که در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با سایر تیمارها داشت. این در حالی است که سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. همچنین داده‌های حاصل از اندازه‌گیری طول ریشه‌ها بیانگر آن بود که تیمارهای مورد بررسی از لحاظ رشد ریشه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته و ریشه‌های تولید شده در هر تیمار بطور میانگین حدود ۲ سانتی‌متر طول داشتند.

در مرحله دوم آزمایش، اثر زغال فعال و هورمون IAA بر ریشه‌زایی گیاهچه‌های پیرودوارف بررسی شد. نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر آن بود که هورمون IAA اثر معنی‌داری بر رشد طولی گیاهچه‌ها داشته است بطوری که گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت 1/2 MS حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر هورمون IAA از ارتفاع بیشتری نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند. همچنین کاربرد زغال فعال نیز موجب افزایش رشد گیاهچه‌ها شد. این در حالی است که کاربرد همزمان هورمون IAA به همراه زغال فعال در محیط کشت اثر بازدارنده بر رشد گیاهچه‌ها داشت و ارتفاع گیاهچه‌ها تحت تاثیر این تیمار و تیمار شاهد با یکدیگر برابر بود (جدول ۵). در صفت تعداد برگ نیز روندی مشابه با نتایج حاصل از ارتفاع گیاهچه‌ها مشاهده شد اما میزان تفاوت بین تیمارها ناچیز بود بطوری که تعداد برگ در تمام تیمارها از لحاظ آماری با یکدیگر یکسان بود.

جدول ۵- اثر کاربرد هورمون IAA و زغال فعال بر صفات ریشه‌زایی گیاهچه‌های پیرودوارف

Table 4- Effect of IAA and charcoal on rooting properties of pyrodwarf plantlets

تیمار Treatment	تعداد ریشه No. of roots	طول ریشه Root lenght	ارتفاع Height	تعداد برگ No. of leaves	وزن خشک Dry weight
1/2 MS	4.6 bc	3.33 a	4.33 b	25 b	61.05 b
1/2 MS+IAA	8.5 a	2.33 a	6 a	33 a	104.15 a
1/2 MS+زغال فعال 1/2 MS+Charcoal	5.1 b	2.16 a	5.67 a	30 ab	78.06 ab
1/2MS+IAA+زغال فعال 1/2MS+IAA+Charcoal	1.3 c	1.98 a	4.47 b	25 b	87.56 ab

*اعداد دارای حروف مشابه در آزمون LSD و در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) by LSD test.

مقایسه تعداد ریشه‌ها نیز بیانگر آن بود که کاربرد هورمون IAA و یا زغال فعال در محیط کشت، افزایش تولید ریشه را در گیاهچه‌ها بدنبال داشته است، اما حضور همزمان این دو ترکیب در محیط کشت باعث کاهش چشمگیر تولید ریشه در گیاهچه‌ها شده است. همچنین گیاهچه‌های رشد یافته در محیط کشت‌های حاوی هورمون IAA، زغال فعال و یا ترکیب همزمان این دو ماده در مقایسه با تیمار شاهد از وزن خشک بیشتری برخوردار بودند اما تفاوت معنی‌داری بین سه تیمار فوق مشاهده نشد (جدول ۵). در گزارش شارما و همکاران (۱۷) نیز کاربرد همزمان هورمون اکسین و زغال فعال در محیط کشت موجب کاهش درصد ریشه‌زایی گیاهچه‌های M7 نسبت به تیمارهای حاوی هورمون IAA به تنهایی شده است . بر خلاف تعداد ریشه‌های تولیدی، طول ریشه‌ها تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفت. دی‌کلرک و همکاران (۶) نیز گزارش کردند که کاربرد هورمون IAA در محیط کشت MS موجب افزایش دو برابری تعداد ریشه در گیاهچه‌های سیب رقم Jork9 شده است. با توجه به نتایج حاصل، محیط کشت MS 1/2 حاوی یک میلی‌گرم در لیتر هورمون IAA از لحاظ صفات ریشه‌زایی مورد بررسی مناسب ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری کلی

داده‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که نوع محیط کشت و ترکیبات هورمونی مورد استفاده بر عملکرد گیاه در دو مرحله باززایی و ریشه‌زایی موثر است. طبق این نتایج، عناصر پر مصرف و ترکیبات هورمونی موجود در محیط کشت تاثیر مهمی در باززایی گیاهچه‌های پیرودوارف در شرایط درون شیشه‌ای دارند، بطوری که در مرحله پرآوری محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BA به همراه ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر IBA موجب تولید بیشترین تعداد جوانه در ریزنمونه‌ها شده و گیاهچه‌های حاصل نیز از ارتفاع بیشتری برخودار بودند. همچنین در مرحله ریشه‌زایی نیز محیط کشت MS ۱/۲ حاوی یک میلی‌گرم در لیتر IAA از لحاظ صفات مورد ارزیابی به عنوان تیمار مناسب ریشه‌زایی مشخص شد.

منابع

1- Bell R.L. 1995. Preconditioning effects of proliferation medium on adventitious regeneration of pear. HortScience, 30:832.

2- Bolandi A.R., Hamidi H., and Rezagholi A.A. 2016. Effects of culture media and growth regulators on propagation of rootstock GF677 in tissue culture conditions. Journal of Plant Researches, 29(1): 1-14. (in Persian with English abstract)

3- Cerović R., Kuzmanović M., Ružić D.J., and Vujović,T. 2008. The influence of imidazole fungicides on multiplication *in vitro* of low vigorous pear and cherry rootstocks. International Symposium on Biotechnology of Fruit Species: 79-86.

4- Channuntapipat C., Sedgley M., and Collins G. 2003. Micropropagation of almond cultivars Nonpareil and Ne Plus Ultra and the hybrid rootstock Titan× Nemaguard. Scientia Horticulturae, 98(4): 473-484.

5- Ciccotti A.M., Bisognin C., Battocletti I., Salvadori A. Herdemertens M. and Jarausch W. 2008. Micropropagation of apple proliferation-resistant apomictic Malus sieboldii genotypes. Agronomy Research, 6(2): 445-458.

6- De Klerk G.J., Ter Brugge J., and Marinova S. 1997. Effectiveness of indoleacetic acid, indolebutyric acid and naphthaleneacetic acid during adventitious root formation *in vitro* in Malus 'Jork 9'. Plant cell, tissue and organ culture, 49(1): 39-44.

7- Gomes F., and Canhoto J.M. 2009. Micropropagation of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) from adult plants. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology-Plant, 45(1): 72-82.

8- Jacob H.B. 1997. Pyrodwarf, a new clonal rootstock for high density pear orchards. In VII International Symposium on Pear Growing: 169-178.

9- Jamshidi S., Yadollahi A., Ahmadi H. Arab M.M., and Eftekhari M. 2016. Predicting *in vitro* culture medium macro-nutrients composition for pear rootstocks using regression analysis and neural network models. Frontiers in plant science, 7:1-12.

10- Kadota, M., and Niimi, Y. 2003. Effects of cytokinin types and their concentrations on shoot proliferation and hyperhydricity in *in vitro* pear cultivar shoots. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 72(3): 261-265.

11- Moretti, C., Scozzoli, A., Pasini, D. and Paganelli, F., 1990. *In vitro* propagation of pear cultivars. *In Vitro* Culture, 300: 115-118.

12- Nezami Alanagh E., Garoosi G.A., Haddad R., Maleki S., Landín M., and Gallego P.P. 2014. Design of tissue culture media for efficient Prunus rootstock micropropagation using artificial intelligence models. Plant Cell,

Tissue and Organ Culture, 117(3):349-359.
13- Rathore J.S., Rathore V., Shekhawat N.S., Singh R.P., Liler G., Phulwaria M., and Dagla H.R. 2004. Micropropagation of woody plants. In Plant Biotechnology and Molecular Markers, p.195-205.
14- Rugini E., and Verma D.C. 1983. Micropropagation of difficult-to-propagate almond (Prunus amygdalus, Batsch) cultivar. Plant science letters, 28(3): 273-281.
15- RUŽIĆ D., Vujović T., Nikolić D., and Cerović, R. 2011. *In vitro* growth responses of the 'Pyrodwarf' pear rootstock to cytokinin types. Romanian Biotechnological Letters, 16(5): 6631.
16- Sharma T., Modgil M., and Thakur M. 2007. Factors affecting induction and development of *in vitro* rooting in apple rootstocks. Indian Journal of Experimental Biology, 45: 824-829.
17- Silva, G.J., Souza, T.M., Barbieri, R.L., and Costa de Oliveira, A. 2014. Origin, domestication, and dispersing of pear (*Pyrus* spp.). Advances in Agriculture, 12:1-8.
18- Vujovic T., Ruzic D.J., and Cerovic R. 2012. *In vitro* shoot multiplication as influenced by repeated subculturing of shoots of contemporary fruit rootstocks. Hort. Sci., 39: 101-7.
19- Yeo D.Y., and Reed B.M. 1995. Micropropagation of three Pyrus rootstocks. HortScience, 30(3): 620-623.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 301-310
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۱۰-۳۰۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Optimization of *In Vitro* Culture of Pear Rootstock (Pyrodwarf)

A. Sharifi[1]- A. Khadem[2*]- M. Moradian[3]- M. Kharrazi[4]

Received: 02-09-2017
Accepted: 27-06-2018

Introduction: Application of stress-tolerant rootstocks is known as one of the effective methods to enhance the productivity of fruit gardens. Pear is one of the four or five major classes of fruits that are produced worldwide. Among pear cultivars, Pyrodwarf rootstock is tolerant to alkaline soil and low temperatures of winter. In addition, many cultivars of pear with high productivity could be grafted to this rootstock. These advantages result in widespread culture of pyrodwarf rootstock in pear gardens. The increasing market demand of this rootstock presents an opportunity to investigate alternative methods for efficient production of pyrodwarf. Therefore, this study has been conducted to increase the efficiency of pyrodwarf propagation through tissue culture methods.

Materials and Methods: For this experiment, sterile plantlets of pyrodwarf rootstocks in a same growth phase were used. Plantlets were cultured in different 12 media including MS, WPM, KNOP, modified KNOP, QL and modified QL basal media supplemented with 0.5 $mg.L^{-1}$ BA and 0.05 $mg.L^{-1}$ IAA or IBA and solidified with 8 $g.L^{-1}$ agar. After that, cultures were transferred to the growth room at 25 ± 1°C under a 16/8h light/dark photoperiod (light intensity 30 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$, cool-white fluorescent light). In the next step for rooting optimization, two separate experiments were conducted. In the first, 10 different basal media containing various nutritional compounds were examined for rooting properties of pyrodwarf plantlets. The following experiment was performed to reveal the effects of IAA and active charcoal on the efficiency of plantlets rooting. All the experiments were carried out in acompletelyrandomized design. The study of propagation efficiency of plantlets was arranged in a factorial approach with twofactors including the type of basal media (sixlevels) and auxins (twolevels) with threereplications. The both experiments of plantlet rooting were performed with sevenreplications. Data were analyzed using JMP-8 statistical software and the meanswere compared by using LSD test at 5% probability.

Results and Discussion: All explants were regenerated 15 days after cultivation. The number of buds per explants indicates that nutritional compounds significantly affected bud formation. MS basal media induced the most number of adventitious buds and decreasing amount of nitrogen in the culture medium (either in its ammonium or nitrate form) leads to 50%-decrease in the number of buds induced per explant. Previous reports mentioned that macronutrients have the most significant effect on bud formation of peach hybrid rootstock GF677. In addition, high amount of nitrogen is necessary to achieve the highest height of pyrodwarf*in vitro* plantlets. In contrast to the basal media, neither bud formation nor height of plantlets did not affected by the type of auxins, IAA and IBA. Also weight of plantlets was similar in all treatments and shows the effect of basal media and auxins were not significant on biomass production. According to the results of rooting experiment, plantlets that were cultured in MS and DKW had higher height than QL and Knop in rooting phase. Also, 1/2 MS-cultured plantlets have the lowest height among all treatments. These results showed that macronutrients have positive effects on the growth of pyrodwarf plantlets as decreasing concentration; the growth of plantlets was inhibited. In contrast to shoot growth, number of roots per explants in 1/2 MS medium was significantly higher than the other media. These results are expected as shoots and roots of plants have different response to environmental stimuli. Data obtained from the following experiment of rooting indicated that IAA improved root induction similar toother functional traits of plants but the presence of both of those compounds in medium have inhibitory effect on the functional traits of plants.

1, 2, 3 and 4- Assistant Professor, Instructors and Assistant Professor, Research group of Ornamntal Plants Biotechnology, Department of Industrial Biotechnology, Khorasan Razavi Branch of Academic Center of Education, Culture and Research
(*- Corresponding Author Email: Akh.agri69@gmail.com)

Conclusion: These data suggest that macronutrients and hormonal compounds have impressive impact on the regeneration of pyrodwarf plantlets. In this regard, MS medium supplemented with 0.5 $mg.L^{-1}$ BA and 0.05 $mg.L^{-1}$ IAA or IBA induced most number of buds and the regenerated plantlets hadthe highest height in that medium compared to the other treatments. Also, 1/2 MS medium containing 1 $mg.L^{-1}$ IAA was identified as the best media in case of rooting parameters.

Keywords: Auxin, Charcoal, Micropropagation, *Pyruscommunis*

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 311-325
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۲۵-۳۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

تأثیر شدت نور بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک و گل‌دهی جعفری آفریقایی و فرانسوی در کشت دیرهنگام

مهری مهدوی فرد[۱]- عبدالحسین رضایی‌نژاد[۲]- صادق موسوی فرد[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۳

چکیده

گل جعفری *Tagetes* spp. یک گیاه زینتی مهم در فضای سبز شهری است و همانند سایر گیاهان زینتی جهت رشد و گل‌دهی نیازمند شدت نور مناسب می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر شدت‌های نور مختلف بر رشد و گل‌دهی دو گونه‌ی گل جعفری در کشت دیرهنگام بود. این آزمایش به‌صورت کرت خرده شده در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار انجام شد. شدت نور با سه سطح (۱۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به‌عنوان عامل اصلی و دو گونه گل جعفری آفریقایی و فرانسوی، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شدت نور بر صفات مورد مطالعه به‌جز قطر دمگل و محتوای نسبی آب تأثیر معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد واکنش گونه‌های مختلف گل جعفری نسبت به شرایط نوری متفاوت است. گونه آفریقایی در شدت نور زیاد (۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) از بین رفت که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این گونه به کشت دیرهنگام است. با آن‌که شدت نور زیاد بر رشد و گل‌دهی دو گونه گل جعفری اثرات نامطلوبی داشت اما گونه فرانسوی در تمامی سطوح شدت نور توانایی رشد داشته و بنابراین قابل توصیه در کشت دیرهنگام است. گونه آفریقایی در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه، بهترین رشد و گل‌دهی را در مقایسه با شدت نورهای دیگر نشان داد، لذا در کشت دیرهنگام در سایه درختان و هرجایی که سایه‌دهی مطلوبی وجود داشته باشد، قابل کشت و توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جعفری فرانسوی، زنده‌مانی، عمر گل، کلروفیل

مقدمه

گل جعفری، گیاه زینتی متعلق به تیره میناسانان (Asteraceae) بوده و پراکنش آن بیشتر در مناطق معتدله و حاره می‌باشد (۹ و ۱۷). این گیاه دارای سه گونه مهم یک‌ساله جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta* L.)، جعفری فرانسوی (*Tagetes patula* L.) و جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) می‌باشد. جعفری فرانسوی، به عنوان گل جعفری پاکوتاه با ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر شناخته شده است (۲۶، ۲۷ و ۲۸). جعفری آفریقایی یک گیاه دارویی و زینتی محسوب می‌شود و ارتفاع آن به ۹۰ سانتی‌متر می‌رسد. گل‌های این گونه به رنگ زرد متمایل به نارنجی است. این گونه نسبت به گونه فرانسوی برای رسیدن به مرحله گل‌دهی به مدت زمان طولانی‌تری نیاز دارد (۲۳). این گل از ارزش زینتی بالایی برخوردار است (۳۱).

اقلیم، تغذیه خاک و آب به عنوان سه فاکتور مهم برای رشد گیاهان مطرح شده‌اند. تغذیه خاک و آب به‌طور نسبی از طریق کود دهی و آبیاری به راحتی قابل کنترل می‌باشد، اما نور فاکتور بسیار مهم اقلیمی بوده که کنترل آن بسیار مشکل است (۳ و ۶). نور، رشد و توسعه گیاهان را از طریق فرآیند فتوسنتز و به ویژه از طریق جذب دی‌اکسید کربن کنترل می‌کند. در هر زیستگاه شدت نور مؤثر در فتوسنتز (PPFD[۴]) بسته به زمان و مکان متفاوت است، اگرچه در برابر شدت‌های مختلف نور سازگاری خود را افزایش می‌دهند (۳۵). رشد مطلوب گیاه نیازمند شدت نور مناسب است. نور بیش از اندازه یا شدت کم آن، فتوسنتز گیاه را کاهش می‌دهد (۲ و ۳). تغییر نور نه تنها روی مورفولوژیک، فیزیولوژیک و تشریح گیاه مؤثر است، بلکه تأثیر مهمی هم بر روی تولید دارد (۴ و ۶). در شدت نور زیاد، گیاهان برگ‌های بیشتری تولید می‌کنند ولی اندازه برگ به دلیل کند شدن

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sadeghmosavifard@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.68129

4- Photosynthetic photon flux density

تقسیم یاخته‌ای، کوچک‌تر می‌شود، همچنین شکل برگ و جهت آن نیز تغییر می‌یابد (۱۴). گل‌دهی زودهنگام گیاهان تحت شدت نور کم، مشابه پاسخ گیاهان سایه‌پسندی است که در سایه گیاهان مجاورشان رشد کرده‌اند. از دست دادن رنگ و رشد سریع طولی ساقه پاسخ مهم فنوتیپی دیگر در برابر شدت نور کم است (۱ و ۱۹).

رکنل و منگ (۲۰) با مطالعه اثر نور آبی در ترکیب با سایر نورها در پنج گیاه زینتی از جمله *Tagetes erecta* نشان دادند که نور آبی در شدت زیاد از طریق مولکول‌های سیگنالینگ در گل‌دهی گیاهان مورد مطالعه نقش داشته و باعث تنظیم گل‌دهی می‌شود. نتایج پژوهشی دیگر که با هدف تأثیر شدت نور بر ویژگی‌های زایشی و رویشی رز (*Rosa hybrid* L.) رقم باکارا[1] انجام شد، نشان داد که نور مطلوب، عملکرد گل را بهبود می‌بخشد و ضمن کاهش تعداد شاخه کور، گل‌دهی را تسریع می‌کند (۲۱). نتایج پیرز و همکاران (۲۲) در مطالعه تأثیر شدت‌های مختلف نور در گل ساعتی (*Passiflora morifolia*، *P. suberosa litoralis* و *P. palmeri* var. sublanceolata) نشان داد که گیاهان نگهداری شده در سایه نسبت به گیاهان کشت شده در نور کامل خورشید، غلظت کلروفیل کل بیشتر داشته و نسبت کلروفیل a/b در گیاهان رشد کرده در سایه‌کاهش یافته بود. نتایج ژائو و همکاران (۳۶) حاکی از آن است که صفات مورفولوژیک گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی و تعداد گره در گیاهان رشد یافته در شرایط نور کامل بهتر از حالت سایه بود. نتایج مطالعه هاتامیان و همکاران (۱۴) روی دو رقم رز 'رد وان'[2] و 'گلمیرا'[3] تحت شدت‌های مختلف نور شامل ۲۴۰، ۵۲۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد) میکرومول بر مترمربع در ثانیه نشان داد که ویژگی‌های مرتبط با رشد و نمو مانند تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد شاخساره جانبی، طول ساقه گل‌دهنده و قطر گل در هر دو رقم در تیمار ۵۲۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بیشترین مقدار بود. اما وزن تر و خشک ساقه و برگ با افزایش سایه‌دهی در تیمار ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه افزایش یافت.

کاشت گل جعفری معمولاً همراه با خزانه‌گیری است، بدین صورت که در اواخر اسفندماه تا اواخر فروردین خزانه‌گیری و نشاء ظرف مدت دو ماه آماده انتقال به زمین اصلی می‌شود (۱۱). در این شرایط معمولاً گیاه شدت نور بالا را با توجه به دمای پایین‌تر اردیبهشت تحمل می‌کند. ولی اگر به هر دلیلی کشت و انتقال گیاه با تأخیر همراه باشد، عکس‌العمل گیاه به شدت نور مشخص نیست و نیاز به مطالعه و بررسی دارد. لذا این مطالعه باهدف بررسی اثر شدت‌های مختلف نور بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو گونه‌ی گل جعفری در کشت دیر هنگام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهر خرم‌آباد صورت گرفت. این منطقه در محدوده ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۱۴۸ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر اقلیمی نیز دارای حداقل و حداکثر دمای ۱۴/۶- و ۴۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۴۹۹ میلی‌متر می‌باشد. بذرهای F1 دو گونه‌ی گل جعفری آفریقایی و فرانسوی (*Tagetes erecta* و *T. patula*) از شرکت تولید بذر شکوفه اصفهان تهیه و در ۱۹ اردیبهشت‌ماه سال ۹۵ در محیط کشت شامل خاک (لومی رسی)، ماسه و کود دامی پوسیده به نسبت ۱: ۱: ۱ در گلدان پلاستیکی ۱۸×۱۸ سانتی‌متری کشت شد. با توجه به در نظر گرفتن ظرفیت زراعی خاک، طی یک ماه اول کشت، آبیاری به‌صورت دو روز یک بار و در ماه‌های بعدی روزانه صورت گرفت. آزمایش به صورت اسپلیت پلات (ناقص) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. این آزمایش شامل سه سطح شدت نور (۱۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به‌عنوان عامل اصلی و دو گونه گل جعفری، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. تیمار شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در شرایط نور کامل (شاهد)، تیمار ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه با پوشش ساران (سایبان) سبزرنگ یک لایه و تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه با پوشش ساران سبزرنگ دولایه اجرا شد. سایه‌دهی از زمان ظهور دو برگ حقیقی تا انتهای آزمایش و در تمام مدت شبانه روز اعمال گردید. اندازه‌گیری کلیه صفات در زمان گل‌دهی انجام شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

صفات اندازه گیری شده شامل ارتفاع گیاه، قطر اولین میانگره ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، طول ریشه، طول میانگره، تعداد برگ، قطر گل، قطر دمگل، عمر گل، زنده‌مانی، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه بود.

ارتفاع گیاه، طول میانگره، طول ریشه، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ: با استفاده از خط‌کش و شمارش اندازه‌گیری شد.

قطر اولین میانگره ساقه، قطر گل و قطر دمگل: با استفاده کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

عمر گل: از زمان باز شدن کامل گل تا زمان پژمردگی گل محاسبه شد.

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه: جهت اندازه‌گیری

1- Baccara
2- Red One
3- Gulmira

وزن‌تر و خشک، قسمت هوایی (شامل برگ، ساقه و گل) و ریشه از هم جدا و بلافاصله وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک، تمامی بخش‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید.

زنده‌مانی: در حین و تا پایان آزمایش تعداد گلدان‌های هر دو گونه را در شدت‌های نور مختلف مورد بررسی قرار داده و درصد زنده‌مانی محاسبه شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

محتوای نسبی آب: جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ طبق روش ریچی و هانسون (۲۵) از برگ‌های جوان توسعه‌یافته، نمونه‌ای انتخاب و بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر (FW)، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد. سپس وزن تورژسانس (TW) آن اندازه‌گیری و جهت اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، نمونه به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. درنهایت محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید:

رابطه (۱)

$$RWC\ (\%) = (FW- DW\ /TW - DW)$$

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

کلروفیل و کارتنوئید: برای سنجش میزان کلروفیل و کارتنوئید از روش لیچتنالر (۱۸) استفاده شد. برای این کار ۰/۱ گرم برگ تازه در هاون چینی با ازت مایع خرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص مخلوط گردید. سپس نمونه در فالکن ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتری، جذب محلول در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۶۲ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. استون به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری استفاده گردید. میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها برحسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ به ترتیب از طریق روابط (۲)، (۳)، (۴) و (۵) محاسبه شدند:

رابطه (۲)

$$Chla\ (mg/g) = (11.24 \times A662) - (2.04\ C\ A645)$$

رابطه (۳)

$$Chlb\ (mg/g) = (20.13 \times A645) - (4.19 \times A662)$$

رابطه (۴)

$$Total\ Chl\ (mg/g) = chl\ a + chl\ b$$

رابطه (۵)

$$Car = 1000 \times (A470 - 1.90\ Chl\ a - 63.14\ Chl\ b) / 214$$

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه آماری از نرم افزارهای SAS Version 9.4 و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج

زنده‌مانی

گونه جعفری آفریقایی در شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه (شاهد) تا قبل از مرحله گل‌دهی به‌خوبی رشد کرده ولی بعد از آن به‌طور کامل از بین رفت. این گونه در شدت نور ۱۲۰۰ و ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه به‌طور کامل زنده ماند. گیاهان گونه جعفری فرانسوی در هر سه سطح شدت نور مورد مطالعه زنده ماندند (شکل ۱).

ویژگی‌های مورفولوژیکی

ارتفاع گیاه، قطر ساقه و طول میانگره: نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه (جدول ۱) نشان داد که اثرات اصلی و متقابل عوامل مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری ($P<0/01$) بر ویژگی ارتفاع گیاه داشت. مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول ۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد و گونه آفریقایی نسبت به گونه فرانسوی ارتفاع بیشتری داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل (شکل ۲a) نشان داد که با افزایش شدت نور، ارتفاع گیاه در هر دو گونه کاهش یافت. مقدار کاهش ارتفاع گونه فرانسوی در تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در مقایسه با ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه معنی‌دار بود (شکل ۲a). طول میانگره تنها در فاکتور شدت نور اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). بیشترین طول میانگره (۲/۵۱ سانتی‌متر) مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین میانگین این صفت (۲/۰۴ سانتی‌متر) در تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس برای صفت قطر ساقه نشان داد که اثر عوامل اصلی گونه و نور معنی‌دار بوده، اما اثر متقابل این عوامل معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱). بیشترین قطر ساقه مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و در بین گونه‌ها، به گونه آفریقایی اختصاص داشت (جدول ۲).

تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ: نتایج تجزیه واریانس تعداد شاخه‌های جانبی (جدول ۱) نشان داد اختلاف معنی‌داری ($P<0/01$) بین سطوح شدت نور وجود دارد. این در حالی است که تأثیر گونه و اثر متقابل گونه و شدت نور بر تعداد شاخه‌های جانبی معنی‌دار نشد.

شکل ۱ – مقایسه دو گونه جعفری آفریقایی (a) و فرانسوی (b) در شدت‌های نوری مختلف از نظر زنده‌مانی. در این آزمایش گونه آفریقایی در تیمار شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در ادامه آزمایش از بین رفت

Figure 1- Comparison of two species of marigold (*Tagetes erecta* (a) and *T. patula* (b)) in terms of survival in different light intensities. In this study, *Tagetes erecta* lost in 1800 µmol m^{-2} s^{-1} treatment during study

تعداد برگ نیز در اثرات اصلی سطوح شدت نور و گونه و اثر متقابل شدت نور و گونه اختلاف معنی‌داری نشان داد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، با افزایش شدت نور تعداد برگ در گونه فرانسوی کاهش یافت ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه آفریقایی نداشت. بیشترین تعداد برگ (۷۶/۳۳) مربوط به گونه آفریقایی در شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین تعداد برگ (۲۶/۵) مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه فرانسوی بود (شکل ۲b).

طول ریشه: نتایج تجزیه واریانس طول ریشه (جدول ۱) نشان داد تأثیر شدت نور و اثر متقابل عوامل شدت نور و گونه در سطح آماری ۰/۰۱ و تأثیر گونه در سطح آماری ۰/۰۵ بر این صفت تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، طول ریشه در گونه فرانسوی کاهش یافت اما تأثیر معنی‌داری بر گونه آفریقایی نداشت. بیشترین طول ریشه مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و در گونه فرانسوی بود (شکل ۲c).

عمر گل: نتایج تجزیه واریانس عمر گل (جدول ۱) نشان داد که تأثیر شدت نور و گونه بر این ویژگی به ترتیب در سطح آماری ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی‌دار شد. اثر متقابل شدت نور و گونه بر عمر گل، تأثیر معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲)، در بین سطوح مختلف شدت نور بیشترین عمر گل مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و کمترین عمر گل در تیمار ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد. همچنین در بین دو گونه مورد مطالعه بیشترین عمر گل (۱۳ روز) مربوط به گونه آفریقایی بود.

قطر گل و قطر دمگل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات اصلی شدت نور و گونه و اثر متقابل شدت نور و گونه تأثیر معنی‌داری بر قطر گل داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، با افزایش شدت نور قطر گل هر دو گونه مورد مطالعه کاهش یافت و بیشترین قطر گل (۵۱/۱۹ میلیمتر) مربوط به تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی و کمترین قطر گل (۲۸/۲۱ میلیمتر) مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه فرانسوی بود (شکل ۲d). در صفت قطر دمگل تنها نوع گونه اختلاف معنی‌داری در این صفت ایجاد نمود (جدول ۱) اما از نظر سطح‌های شدت نور و اثر متقابل شدت نور و گونه تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که گونه آفریقایی نسبت به گونه فرانسوی دارای قطر دمگل بیشتری بود (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو گونه گل جعفری

Table 1- ANOVA for Morpho-physiological and biochemical characteristics of two species of marigold

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squers										
		ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	طول میانگره Internode length	تعداد شاخه جانبی Numbers of axillary shoots	تعداد برگ Leaf number	طول ریشه Root length	عمر گل Flower vase Life	قطر گل Flower diameter	قطر دمگل Peduncle diameter	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight
شدت نور light Intensity (LI)	2	55.98**	1.15*	0.34**	18.77**	889.29**	95.60**	13.29**	149.97**	0.026ns	95.15**	9.57**
خطای a Error a	6	1.09	0.11	0.026	0.72	2.30	0.62	0.77	1.60	0.03	0.64	0.36
گونه Species (Sp)	1	365.20**	33.83**	0.31ns	0.33ns	1302.08**	11.21*	6.75*	416.89**	3.58**	312.52**	779.07**
شدت نور × گونه Sp × LI	1	23.12**	0.046ns	0.11ns	1.33ns	200.08**	51.66**	2.08 ns	40.88*	0.016ns	36.54**	1.09 ns
خطای b Error b	4	0.99	0.075	0.04	0.58	2.83	0.62	0.66	3.05	0.057	0.44	0.59
ضریب تغییرات CV (%)		4.35	5.33	9.31	14.50	2.92	2.43	7.16	4.76	7.29	6.49	8.68

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns Non_Significant, * and ** Significant at 5% and 1% of probability level, respectively

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو گونه گل جعفری

Table 1- continued ANOVA for Morpho-physiological and biochemical characteristics of two species of marigold

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squers												
		وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن تر کل Total fresh weight	وزن خشک کل Total dry weight	محتوی نسبی آب RWC	کلروفیل a chl a	کلروفیل b chl b	کارتنوئید carotenoids	کلروفیل کل Total Chl
شدت نور light Intensity (LI)	2	20.57**	3.43*	0.45**	0.06*	0.14**	0.05**	359.2**	1.35**	75.34ns	240.61**	13.59**	15.08**	489.26**
خطای a Error a	6	0.67	0.33	0.002	0.009	0.004	0.002	1.29	0.11	28.95	0.35	0.05	0.30	0.69
گونه Species (Sp)	1	141.38**	59.0**	8.11**	12.44**	10.28**	1.24**	4513.6**	114.45**	43.81ns	219.43**	22.99**	11.40*	99.73**
شدت نور × گونه Sp × LI	1	4.18ns	7.44*	0.27**	0.20*	0.13*	0.21**	192.88*	0.79ns	37.91ns	50.04**	0.86ns	2.24 *	100.25**
خطای b Error b	4	0.83	0.56	0.005	0.015	0.016	0.004	1.15	0.28	10.90	0.40	0.38	0.12	0.93
ضریب تغییرات CV (%)		7.63	22.53	5.53	11.44	8.21	13.36	3.07	11.84	4.52	3.91	12.85	7.35	3.90

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns Non_Significant, * and ** Significant at 5% and 1% of probability level, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو گونه گل جعفری و در شدت‌های نور مختلف

Table 2- Mean comparison of Morpho-physiological and biochemical characteristics of two species of marigold and in different levels of light intensities

مقایسه میانگین شدت نور Mean Comparison Light Intensity ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)				مقایسه میانگین دو گونه Mean Comparison Species	
600	1200	1800	ویژگی‌ها Traits	جعفری آفریقایی *T. erecta*	جعفری فرانسوی *T. patula*
27.34[a]	22.37[b]	14.99[c]	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	30.37[a]	17.89[b]
5.91[a]	5.37[a]	3.12[b]	قطر ساقه Stem diameter (mm)	7.32[a]	3.68[b]
2.51[a]	2.35[a]	2.04[b]	طول میانگره Internode length (cm)	2.27[a]	2.40[a]
6.16[a]	6.16[a]	1.66[b]	تعداد شاخه جانبی No. of axillary shoots (per plant)	6.33[a]	4.55[a]
69[a]	62[b]	26.5[c]	تعداد برگ Leaf number (per plant)	75.83[a]	45.61[b]
36.04[a]	31.72[ab]	26.62[b]	طول ریشه Root length (cm)	32.91[a]	32.10[b]
12.66[a]	11.83[a]	8[b]	عمر گل Flower vase life (day)	13[a]	10.33[b]
43.45[a]	34.23[b]	28.21[c]	قطر گل Flower diameter (mm)	44.74[a]	31.37[b]
3.19[a]	3.07[a]	2.52[a]	قطر دمگل Peduncle diameter (mm)	3.68[a]	2.56[b]
15.76[a]	8.65[b]	2.72[c]	وزن تر برگ Leaf FW (g/plant)	17.31[a]	5.64[b]
11.92[a]	9.78[a]	1.15[b]	وزن تر ساقه Stem FW (g/plant)	18.91[a]	2.24[b]
14.75[a]	13.10[a]	5.65[b]	وزن تر ریشه Root FW (g/plant)	17.77[a]	8.60[b]
4.59[a]	3.11[b]	1.30[c]	وزن تر گل Flower FW (g/plant)	6.07[a]	1.52[b]
1.82[a]	1.36[a]	0.40[b]	وزن خشک برگ Leaf DW (g/plant)	2.41[a]	0.65[b]
1.39[a]	1.22[a]	0.15[b]	وزن خشک ساقه Stem DW(g/plant)	2.33[a]	0.24[b]
1.92[a]	1.72[ab]	0.59[b]	وزن خشک ریشه Root DW (g/plant)	2.75[a]	0.79[b]
0.65[a]	0.46[b]	0.22[c]	وزن خشک گل Flower DW (g/plant)	0.88[a]	0.23[b]
47.04[a]	34.65[b]	10.83[c]	وزن تر کل Total FW (g/plant)	60.07[a]	18.2[b]
5.62[a]	4.96[a]	1.38[b]	وزن خشک کل Total DW (g/plant)	8.38[a]	1.93[b]
76.30[a]	73.16[a]	69.44[a]	محتوی نسبی آب RWC (%)	74.87[a]	71.80[a]
13.85[a]	10.60[b]	4.05[c]	کلروفیل a chl a (mg g^{-1} FW)	13.92[a]	8.84[b]
6.71[a]	4.50[b]	1.69[c]	کلروفیل b chl b (mg g^{-1} FW)	6.98[a]	3.38[b]
5.91[a]	4.58[b]	2.70[c]	کارتنوئید carotenoids (mg g^{-1} FW)	4.27[b]	5.05[a]
20.57[a]	15.81[b]	5.74[c]	کلروفیل کل Total Chl (mg g^{-1} FW)	20.91[a]	12.23[b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

Means with the same letter in each row are not significantly different at 5% of probability level-using LSD test.

شکل ۲- اثر متقابل شدت نور × گونه بر ارتفاع گیاه (a)، تعداد برگ (b)، طول ریشه (c)، قطر گل (d)، وزن تر برگ (e)، وزن خشک برگ (f)، وزن خشک ساقه (g) و وزن خشک ریشه (h) گل جعفری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیستند

Figure 2- Interaction effects of light intensity ×species on plant height (a), leaf number (b), root length (c), flower diameter (d), leaf fresh weight (e), leaf dry weight (f), stem dry weight (g) and root dry weight (h) of marigold. Means with the same letter in each treatment are not significantly different at 5% of probability level-using LSD test

وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل، ریشه و وزن کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین دو گونه از نظر صفات اندازه‌گیری شده در این بخش اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بررسی میانگین‌های وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل، ریشه و کل گیاه نشان داد گونه فرانسوی کمترین و گونه آفریقایی بیشترین میانگین‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). سطوح مختلف شدت نوری بر ویژگی‌های وزن تر برگ، ساقه، ریشه و کل، وزن خشک برگ، ریشه، گل و کل در سطح آماری ۰/۰۱ و بر ویژگی‌های وزن تر گل و وزن خشک ساقه در سطح آماری ۰/۰۵ تأثیر معنی‌داری داشتند. بیشترین وزن تر ساقه و ریشه و وزن خشک کل در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل شدت نور و گونه بر روی صفات وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک گل، وزن خشک ساقه و ریشه و وزن تر کل دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، وزن تر و خشک برگ و وزن تر کل در هر دو گونه کاهش یافت و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی و کمترین مرتبط با شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه فرانسوی بود (شکل ۲e,f و ۳c). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، وزن خشک ساقه در گونه آفریقایی افزایش و وزن خشک ریشه این گونه کاهش یافت ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه فرانسوی نداشت. بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به شدت نور ۱۲۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی بود. همچنین بیشترین وزن خشک ریشه در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی مشاهده شد (شکل ۲g,h). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با کاهش شدت نور وزن تر و خشک گل در گونه آفریقایی افزایش یافته ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه فرانسوی نداشته است. بیشترین وزن تر و خشک گل مربوط به گونه آفریقایی در شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بود (شکل ۳a,b).

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

محتوای نسبی آب: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که سطح‌های مختلف شدت نور، گونه و برهمکنش بین شدت نور و گونه بر روی صفت محتوای نسبی آب اختلاف معنی‌داری نشان نداد.

کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثرات اصلی شدت نور و گونه بر کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح آماری ۰/۰۱ تفاوت معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین این صفات نشان داد با کاهش شدت نور میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل افزایش یافت. همچنین گونه آفریقایی نسبت به گونه فرانسوی کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بیشتر و کارتنوئید کمتری داشت (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر متقابل شدت نور و گونه به جز کلروفیل b روی بقیه صفات این بخش معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، کلروفیل a و کلروفیل کل در هر دو گونه کاهش یافت و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و گونه آفریقایی بود (شکل ۳d,f). همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش شدت نور، کارتنوئید در گونه فرانسوی کاهش یافت ولی تأثیر معنی‌داری بر گونه آفریقایی نداشت. بیشترین میزان کارتنوئید مربوط به شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و در گونه فرانسوی بود(شکل ۳e).

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با کاهش شدت نور ارتفاع، طول میانگره، قطر ساقه، تعداد برگ، طول ریشه، تعداد شاخه‌های جانبی، عمر و قطر گل افزایش یافت. سایه‌دهی عموماً به عنوان ابزاری در کشت گیاهان باغبانی استفاده می‌شود که با تغییر شرایط مطلوب می‌تواند بر رشد و نمو گیاه تأثیر بگذارد (۲۹ و ۳۰) و این بارزترین اثر سایه بر ویژگی مورفولوژیک گیاه است (۳۶). همچنین سایه‌دهی باعث تغییر در طول موج نوری می‌شود که این تغییر، می‌تواند بر رشد و ریخت‌شناسی گیاه اثر بگذارد (۳۷). مقدار سایتوکنین داخلی در شاخساره‌های قرار گرفته در سایه کم‌تر از شاخساره‌های قرار گرفته در معرض نور است (۳۹). این امر نشان می‌دهد، سایه ممکن است سبب غیرفعال شدن سایتوکنین داخلی شود، در نتیجه کاهش قابل توجهی در تعداد شاخساره جانبی در سایه مشاهده می‌شود (۳۸). شدت نور بیش از حد می‌تواند بر رشد رویشی گیاهان اثر منفی داشته باشد و همچنین در این شرایط گیاهان برگ کمتری تولید می‌کنند و اندازه برگ کوچکتر می‌شود (۲۴). در پژوهش حاضر نیز در شدت نور زیاد (۱۸۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) به دلیل ایجاد تنش، فتوسنتز و رشد رویشی کاهش یافته و تعداد برگ نیز کمتر شده است. با افزایش سطح سایه، ارتفاع گل میخک (*Dianthus caryohyllus*) افزایش و تعداد برگ کاهش یافت (۱۵).

شکل ۳- اثر متقابل شدت نور × گونه بر وزن تر گل (a)، وزن خشک گل (b)، وزن تر کل (c)، کلروفیل a (d)، کارتنوئید (e) و کلروفیل کل (f) گل جعفری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD نیستند.

Figuer 3- Interaction of light intensity and species on flower fresh weight (a), flower dry weight (b), total fresh weight (c), chloroghyll a (d), carotenoids (e) and total chloroghyll (f) of marigold. Means with the same letter in each treatment are not significantly different at 5% of probability level-using LSD test.

پژوهش کرمنو و همکاران (۵) نشان داد که کاهش متوسط نور، باعث افزایش ارتفاع گل داوودی شده است. ژائو و همکاران (۳۶) گزارش نمودند که ارتفاع، قطر ساقه، تعداد برگ و تعداد شاخه در گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) با افزایش سایه کاهش پیدا کرده که با نتایج پژوهش حاضر متناقض می‌باشد، که نشان دهنده واکنش متفاوت گیاهان مختلف به شدت نور می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر با وجودی که سایه‌دهی ارتفاع گل سیکلامن (*Cyclamen persicum*) را کاهش داد، اما اثر معنی‌داری بر تعداد برگ این گیاه نداشت (۳۲).

نتایج بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که میزان شدت نور می‌تواند بر مشخصات ظاهری گیاهان تأثیر بگذارد، به گونه‌ای که در برخی از گیاهان وزن تر و خشک اندام هوایی دچار تغییر می‌شود. در

این پژوهش میزان وزن تر و خشک برگ، ساقه، گل، ریشه و کل با افزایش شدت نور، کاهش یافت که این می‌تواند به دلیل اثر منفی شدت نور زیاد در فتوسنتز و رشد رویشی گیاه باشد. این نتایج همسو با هاتامیان و همکاران (۱۳) می‌باشد که اظهار داشتند، وزن تر و خشک ساقه، برگ و ساقه گل‌دهنده دو واریته رز با افزایش شدت نور کاهش یافت، اما در آزمایش این محققین با افزایش شدت نور وزن تر و خشک گل افزایش یافت. در پژوهش ژانلوین و زیسلین (۱۰) نیز کاربرد سایه (۴۰ درصد) باعث افزایش معنی‌داری در وزن تر و خشک جوانه‌های گل رز در مقایسه با شاهد (در معرض نور) شد. اما در گل رز رقم آوالانژ۱ افزایش سایه‌دهی به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک شاخه گل‌دهنده را کاهش داد (۸). در شرایط تابش کم، ATP کافی برای تثبیت کربن و بیوسنتز کربوهیدرات تولید نمی‌شود که این منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (۲۹).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد با کاهش شدت نور میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل افزایش یافت. گیاهان موجود در آفتاب، کلروفیل کمتری نسبت به گیاهان موجود در سایه دارند. گیاهان رشد یافته در سایه، نور کمتری برای فتوسنتز دریافت می‌کنند، در نتیجه ملزم به افزایش سطح برگ و مقدار رنگیزه‌ها در برگ خود هستند تا بتوانند تا حدودی این کمبود نور را جبران کنند. درنتیجه مقدار کلروفیل در آن‌ها افزایش می‌یابد (۱۲). مطالعات قبلی نشان داده است که سایه می‌تواند تا حد زیادی محتویات رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ را تغییر دهد، به‌طوری‌که کلروفیل کل و نسبت a/b شاخص مهم برای ارزیابی تحمل گیاه سایه‌دار بوده و گیاهان متحمل به سایه محتوای کلروفیل کل بالا دارند و نسبت کلروفیل a/b پایینی دارند (۳۳ و ۳۴). از سویی شدت نور زیاد سبب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود که این امر منجر به آسیب و کاهش رشد گیاه می‌شود. در پژوهش ژائو و همکاران (۳۶)، پیرز و همکاران (۲۲) میزان کلروفیل با افزایش سطح سایه افزایش یافته که با مطالعات این پژوهش همسویی دارد. در پژوهش دولت‌خواهی و همکاران (۷) که اعمال سایه‌دهی را در شرایط گلخانه انجام داده‌اند، نتایج نشان داد میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل با افزایش سطح سایه کاهش یافت اما پژوهش حاضر در شرایط فضای آزاد انجام گرفته است که باعث می‌شود شدت نورها متفاوت شود و نتایج این دو پژوهش همسو نباشند. همچنین میزان کارتنوئید نیز با کاهش شدت نور افزایش یافت. در بافت‌های فتوسنتزی، کارتنوئید عامل حفاظتی محسوب می‌شود و از اکسید شدن مولکول‌های کلروفیل در حضور نور و اکسیژن جلوگیری می‌کند.

هاتشویو و وحم (۱۵) با بررسی اثر سطح‌های مختلف سایه (صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۷۰ درصد) روی گل میخک (*Dianthus caryohyllus*) به این نتیجه رسیدند که بیشترین قطر گل مربوط به سایه ۲۰ درصد بود. پژوهش هاتامیان و همکاران (۱۴) نشان داد که بیشترین مقدار قطر گل دو رقم گل رز مربوط به شدت نور ۵۲۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه نسبت به تیمارهای ۲۴۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد) بوده است. پژوهش ژائو و همکاران (۳۶) روی گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) نشان داد که عمر گل در سایه نسبت به نور کامل بیشتر بود.

محتوای نسبی آب برگ معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه می‌باشد (۱۶). با اعمال تنش خشکی محتوای نسبی آب (RWC) در گیاهان کاهش می‌یابد که این کاهش RWC بر رشد و نمو گیاه تأثیر زیادی خواهد داشت (۲۹). در مطالعه حاضر با توجه به اینکه هدف بررسی شدت نور بود، لذا میزان آب خاک در حد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شده، بنابراین تأثیر شدت نور بر محتوای نسبی آب (RWC) معنی‌دار نشد.

با بررسی تمامی ویژگی‌های مورد مطالعه این احتمال وجود دارد که شدت نور زیاد از طریق تنش اکسیداتیو تأثیراتی بر رشد و نمو دو گونه جعفری مورد مطالعه داشته است، به گونه‌ای که در شدت نور زیاد علاوه بر کاهش ویژگی‌های رشدی باعث از بین رفتن گونه آفریقایی شد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزایش شدت نور که معمولاً در اواخر بهار و تابستان اتفاق می‌افتد سبب شده است که رشد دو گونه جعفری آفریقایی و فرانسوی کاهش یابد. با این وجود گونه آفریقایی به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار گرفته است، لذا حساسیت بیشتری به شدت نور بالا دارد و با توجه به نتایج این مطالعه، تنها در سایه درختان و هر مکان دیگری که شدت نور کمتری داشته باشد قابل توصیه جهت کاشت می‌باشد. شرایط رشد و گل‌دهی گونه فرانسوی متفاوت بود و حتی در شدت نور بالا نیز به رشد و نمو خود ادامه داد و لذا چنانچه کشت و انتقال گیاهان به زمین اصلی دچار وقفه شود، امکان کشت این گونه وجود دارد. لذا در مناطق شهری با شدت نور و حتی دمای بالا (مانند خرم‌آباد) قابل کشت و توصیه است، اگرچه در کشت دیرهنگام، کاشت این گونه نیز در مناطق دارای سایه رشد بهتری را خواهد داشت. نکته قابل ذکر عمر گل گونه آفریقایی (۱۳ روز) می‌باشد که در مقایسه با گونه فرانسوی (۱۰/۳۳) به طور معنی‌داری بیشتر است (جدول ۲) و لذا اگر شدت نور زیاد نباشد، با توجه به بیشتر بودن عمر گل گونه آفریقایی کاشت این گونه در این شرایط قابل توصیه است.

1- *Rosa hybrid* cv. Avalanche

سپاسگزاری

در پایان از دانشگاه لرستان که در تأمین هزینه‌های مطالعه انجـام شده همکاری و مساعدت لازم را داشتند، نویسندگان کمـال تشـکر و قدردانی را دارند.

منابع

1. Adams P., Nelson D.E., Yamada S., Chmara W., Jensen R.G., Bohnert H.J. and Griffiths H. 1998. Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* (Aizoaceae). New Phytologist, 138(2): 171-190.
2. Bertamini M., Muthuchelian K., Rubinigg M., Zorer R., Velasco R. and Nedunchezhian N. 2006. Low-night temperature increased the photo inhibition of photosynthesis in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) leaves. Environmental and Experimental Botany, 57(1): 25-31.
3. Boyer J.S. 1982. Plant productivity and environment. Science, 218 (4571): 443-448.
4. Cavagnaro J.B. and Trione S.O. 2007. Physiological, morphological and biochemical responses to shade of *Trichloris crinita*, a forage grass from the arid zone of Argentina. Journal of Arid Environments, 68(3): 337-347.
5. Cermeno P., Sotomayor J.A., Serrano Z. and Escobar A.I. 2001. The effects of solar radiation on *Dendranthema*. Acta Hortrticulturae, 559: 339–344.
6. Dai Y., Shen Z., Liu Y., Wang L., Hannaway D. and Lu H. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany, 65(2): 177-182.
7. Dolatkhahi A., Matloobi M., Motallebiazar A. and Vahdati N. 2013a. Shading impact on qualitative characteristics and chlorophyll content of cut rose (*Rosa hybrid* cv. Avalanche). Journal of Ornamental Plants, 3(4): 215-220.
8. Dolatkhahi A., Mtluby M. and Mtlbyazr A. 2013b. Responses of arching and traditional training systems to shading in cut roses (*Rosa hybrida* cv. Avalanche). Journal of Science and Technolog of Greenhouse Culture, 5(18):115-121. (In Persian)
9. Funk V.A., Chan R. and Holland A. 2007. *Cymbonotus* (Compositae: Arctotideae, Arctotidinae): an endemic Australian genus embedded in a southern African clade. Botanical Journal of the Linnean Society, 153: 1-8.
10. Ganelevin R. and Zieslin N. 2000. Effects of flower bud shading on growth and development of rose flowers. In III International Symposium on Rose Research and Cultivation, 547: 403-412.
11. Ghasemi Ghasareh M. and Kafi M. 2009. Scientific and practical flowering. Razavi Publications (1): Pp313. (In Persian)
12. Hamerlynck E.P., Tuba Z., Csintalan Z., Nagy Z., Henebry G. and Goodin D. 2000. Diurnal variation in photochemical dynamics and surface reflectance of the desiccation-tolerant moss, *Tortula ruralis*. Plant Ecology, 151(1): 55-63.
13. Hatamian M., Arab M. and Roozban M. 2014a. Photosynthetic and non-photosynthetic pigments of two rose cultivars under different light intensities. Journal of Crops Improvement, 16 (2): 259-270. (In Persian)
14. Hatamian M., Arab M., Roozban M. and Salehi H. 2014b. Evaluation of growth and developmental characteristics of two rose cultivars as influenced by different levels of shading. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 15(3): 331-344. (In Persian)
15. Hlatshwayo M.S. and Wahome P.K. 2010. Effects of shading on growth, flowering and cut flower quality in carnation (*Dianthus caryophyllus*). Journal of Agriculture and Social Sciences, 6(2): 34-38.
16. Kaya M.D., Okçu G., Atak M., Çıkılı Y. and Kolsarıcı O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24(4): 291-295.
17. Kotilainen M., Helariutta Y. and Mehto M. 1999. GEG participates in the regulation of cell and organ shape during corolla and carpel development in Gerbera hybrida. The Plant Cell, 11(6): 1093-1104.
18. Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and cartenoides: pigments of hotosynthetice biomembranes. Method in Enzymol, 148: 350-382.
19. Lorrain S., Allen T., Duek P.D., Whitelam G.C. and Fankhauser C. 2008. Phytochrome-mediated inhibition of shade avoidance involves degradation of growth-promoting bHLH transcription factors. The Plant Journal, 53(2): 312-323.
20. Meng Q. and Runkle E.S. 2017. Moderate-intensity blue radiation can regulate flowering, but not extension growth, of several photoperiodic ornamental crops. Environmental and Experimental Botany, 134: 12-20.
21. Moe R. and Kristoffersen T. 1968. The effect of temperature and light on growth and flowering of Rosa 'Baccara' in greenhouses. In Symposium on Flower Regulation in Florist Crops, August. 14: 157-166.
22. Pires M.V., Almeida A.A., Figueiredo A.L., Gomes F.P. and Souza M.M. 2011. Photosynthetic characteristics of

ornamental passion flowers grown under different light intensities. Photosynthetica, 49(4): 593-602.

23. Priyanka D., Shalini T. and Navneet V.K. 2013. A brief study on marigold (*Tagetes species*). A review. International Research Journal of Pharmacy, 4(1): 43-48.
24. Rhie Y.H., Lee S.Y., Jung H.H. and Kim K.S. 2014. Light intensity influences photosynthesis and crop characteristics of (*Jeffersonia dubia*). Horticultural Science and Biotechnology, 32(5):584-589.
25. Ritchie S.W. and Hanson A.D. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111
26. Romagnoli C., Bruni R., Andreotti E., Rai M.K., Vicentini C.B. and Mares D. 2005. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. Protoplasma, 225(1-2): 57-65.
27. Romagnoli C., Mares D., Fasulo M.P. and Bruni A. 1994. Antifungal effects of α-terthienyl from *Tagetes patula* on five dermatophytes. Phytotherapy Research, 8(6): 332-336.
28. Sairam R.K. and Srivastava G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science, 186(1): 63-70.
29. Shao Q., Wang H., Guo H., Zhou A., Huang Y., Sun Y. and Li M. 2014. Effects of shade treatments on photosynthetic characteristics, chloroplast ultrastructure, and physiology of *Anoectochilus roxburghii*. Plos One, 9(2): e85996.
30. Song R., Kelman D., Johns K.L. and Wright A.D. 2012. Correlation between leaf age, shade levels and characteristic beneficial natural constituents of tea (*Camellia sinensis*) grown in Hawaii. Food Chemistry, 133(3): 707-714.
31. Tian Z., Wang F., Zhang W., Liu C. and Zhao X. 2012. Antioxidant mechanism and lipid peroxidation patterns in leaves and petals of marigold in response to drought stress. Horticulture, Environment and Biotechnology, 53(3): 183-192.
32. Villegas E., Perez M. and Lao M.T. 2005. Influence of lighting levels by shading cloths on *Cyclamen persicum* quality. In V International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture, 711: 145-150.
33. Wittmann C., Aschan G. and Pfanz H. 2001. Leaf and twig photosynthesis of young beech (*Fagus sylvatica*) and aspen (*Populus tremula*) trees grown under different light regime. Basic and Applied Ecology, 2(2): 145-154.
34. Zhang B.B., Jiang W.B., Weng M.L. and Han J. 2009. Research progress on photosynthetic characteristics of horticulture and landscape tree species under shading condition. Nonwood Forest Research, 27(3): 115-119.
35. Zhang S., Ma K. and Chen L. 2003. Response of photosynthetic plasticity of Paeonia suffruticosa to changed light environments. Environmental and Experimental Botany, 49(2): 121-133.
36. Zhao D., Hao Z. and Tao J. 2012. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). Plant Physiology and Biochemistry, 61: 187-196.
37. Zieslin N. and Moe R. 1985. Rosa. p. 280-287. In: A.H. Halevy, (ed.). Handbook of Flowering. CRC Press, Boca Raton, FL. 723 p.
38. Zieslin N. and Mor Y. 1990. Light on roses. A review. Scientia Horticalturae, 43: 1-14.
39. Zieslin N. and Tsujita M.J. 1990. Response of miniature rose to supplementary illumination. II. Effect of stage of plant development and cold storage. Scientia. Horticalturae, 42: 123-131.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 311-325
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۲۵-۳۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Light Intensity on Morpho-PhysiologicalTraits and Flowering of *Tagetes patula* and *T. erecta* under Late Season Planting Conditions

M. Mahdavifard[1]– A. Rezaei Nejad[2] – S. Mousavi-Fard[3*]

Received: 25-10-2017
Accepted: 04-07-2018

Background and Objectives: Marigold species(*Tagetes* spp.) are ornamental plants which belong to Asteraceaefamily and their geographical dispersal occur mainly in temperate regions. Climate conditions, soil nutritional properties and water are considered as three important factors for plant growth. The majority of these plants are cultivated as bedding plant, flowerbed edging and mass planting from January through May in spring and early summer. During this period, plants are exposed to a wide range of temperature and light conditions. Light is an absolute requirement for plant growth and development. However, different plants have optimum requirements and both deficient and excessive light intensities are injurious. The aim of this study was to investigate the effect of different light intensity on the growth and flowering of two species of the Marigold under the late season planting dates, conditions in which young plants have to grow under high light intensity.

Material and Methods: In order to evaluate the effect of light intensity on the growth and flowering of two species of marigold (*Tagetes erecta*and*Tagetes patula*), an experiment was conducted at the research station of Lorestan University (Khorramabad, Iran) in 2016. The experimental design was a split plot based on a completely randomized design with three replications. The treatments were consisted of three light intensity levels (600, 1200 and 1800 µmol m^{-2} s^{-1}) as main factor and two species of marigold as a sub-plot factor. F1 seeds were growninto the pots containing equal amount of soil, sand and manure. Different levels of light intensities (1200 and 600 µmol m^{-2} s^{-1}) were achieved by shading with one or two thin layers of green screen (Saran), respectively. Control plants were grown under natural light condition (no shading) with light intensity of about 1800 µmol m^{-2} s^{-1}. The shading was applied at the two leaf stage until the end of the experiment. Plant height, stem diameter, numbers of axillary shoots, root length, internode length, leaf number, flower diameter, flower vase life, peduncle diameter, root, shoot and total dry and fresh weights, relative water content, chlorophyll and carotenoid content were measured at the flowering stage.

Results: The result of the present study showed that the effects of light intensity, species and their interaction effects were significant for plant height, leaf number, root length, flower diameter, leaf fresh weight, flower fresh weight, total fresh weight, leaf dry weight, stem dry weight, root dry weight, flower dry weight, chlorophyll a, carotenoids and total chlorophyll.The main effects of light intensity and species had also significant effects on stem diameter, flower vase life, stem fresh weight, root fresh weight, total dry weight and chlorophyll b. The highest mean of the most traits was found in plants grown under 600 µmol m^{-2} s^{-1}, followed by that in 1200 µmol m^{-2} s^{-1}. The mean comparison revealed that with increasing light intensity, plant height decreased in both cultivars. With decreasing light intensity, flower fresh and dry weight increased in *T. erecta*, while no differences were found in those of *T. patula*. The highest flower fresh and dry weight was found in *T. erecta* plants grown under 600 µmol m^{-2} s^{-1}.In the present study, high light intensity had a detrimental effect on *T.erecta* as all plants died under the 1800 µmol m^{-2} s^{-1} level. However, under 600 or 1200 µmol m^{-2} s^{-1}*T. erecta* performed much better than *T. patula*in most studied traits.

Discussions: The obtained results showed that by decreasing light intensity, plant height, internode length, stem diameter, leaf number, root length, number of axillary shoots, flower vase life and flower diameter increased which revealed that marigold is a sensitive plant to light intensity in late planting date, and so suitable planting date is very important for good performance of this plant. The responses of various species of marigold were different to light intensity and also toplanting date. Although the mean of most traits in *T. erecta*was higher compared to *T. patula*, *T. erecta* was more sensitive to light intensity compared to *T. patula*since high light

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
(*- Corresponding Author Email : Sadeghmosavifard@gmail.com)

intensity could kill the *T. erecta*. Considering all the investigated traits, there is a possibility that high light intensity can affect marigold growth and development through oxidative stress. The results of present study suggest that, in late season planting conditions, *T. patula* and *T. erecta*are recommended for sunny and shaded area, respectively.

Keywords: Chlorophyll, Flower vase life, Survival, *Tagetespatula*

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 327-334
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۳۴-۳۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانتی میوه کنار هندی (*Ziziphus mauritiana*)

شاداب فرامرزی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱

چکیده

کنار هندی با نام علمی *Ziziphus mauritiana* گیاهی از خانواده عناب‌سانان (Rhamnaceae) است که دارای خاصیت ضدسرطان، ضدالتهاب، ضددیابت، ضدچاقی و خاصیت آنتی‌اکسیدانتی می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی پارامترهای فیزیک وشیمیایی و خواص آنتی اکسیدانتی ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی موجود در کلکسیون شماره ۱ ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب در استان هرمزگان، شامل متوسط وزن میوه، طول و قطر میوه، طول و قطر هسته، سفتی، مواد جامد محلول (TSS)، میزان فنل کل (TPC) و ظرفیت آنتی اکسیدانتی انجام شد. نتایج نشان داد متوسط وزن میوه بین ۱۰/۵۷ و ۲۳/۶۶ گرم بود. بیشترین مقدار نسبت طول به قطر هسته در رقم Z11 با مقدار ۵/۷۶ دیده شد. مقدار پارامتر سفتی در ژنوتیپ Z2 بیشتر بود (۶/۶۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع). میزان TSS در ژنوتیپ‌های Z6 و Z9 بیشترین مقدار را داشت (به ترتیب ۲۰/۶۹ و ۲۰/۰۱ درجه بریکس). مقدار TPC استخراج شده با حلال اتیل استات، به ترتیب در ژنوتیپ های Z11 و Z2 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار (۸۰ و ۳۸ میلی گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک میوه) بود. مقدار TPC عصاره آبی، نتایج مشابهی نداشت. بیشترین مقدار TPC در ژنوتیپ Z10 مشاهده شد. میزان جذب ABTS° در عصاره حاصل از حلال اتیل استات در ارقام مختلف، متفاوت بود. بیشترین میزان جذب در غلظت ۴۰ میکروگرم عصاره در ژنوتیپ‌های Z7 وZ11 مشاهده شد. کمترین قدرت مهار کنندگی ٪ ۵۰ رادیکال ABTS (IC_{50}) در ژنوتیپ Z8 مشاهده شد. بیشترین مقدار IC_{50} از عصاره آبی مربوط به ژنوتیپ Z6 و در حلال اتیل استات مربوط به ژنوتیپ Z8 بود.

واژه‌های کلیدی: کنار هندی، فنل کل، فعالیت آنتی اکسیدانت، رادیکال ABTS، TSS

مقدمه

کنار هندی با نام علمی *Ziziphus mauritiana* گیاهی از خانواده عناب (Rhamnaceae) می‌باشد. منشا این میوه‌ی نیمه گرمسیری که ارتفاع آن ممکن است به ۱۵ متر برسد در نواحی جنوب و شرق آسیا می باشد (۱۲). این میوه بیشتر به صورت تازه خوری در بازار وجود دارد.

میزان ترکیبات فنلی و خواص آنتی اکسیدانتی میوه‌ها و سبزیجات نقش مهمی در تعیین ارزش تغذیه ای آنها دارد. میوه کنار هندی حاوی مقادیر بالایی از قندهای محلول، اسیدهای غیرفرار و ترکیبات فنلی می‌باشد (۷). خواص آنتی اکسیدانتی و اثرات سیتوتوکسی مربوط به میوه و پوست درخت کنار هندی نشان داده شده است (۴ و ۸). دانه کنار هندی دارای مواد فنلی و فلاونوئیدی بالایی است (۱۴). همچنین اثرات دارویی دانه کنار هندی در درمان بی خوابی و اضطراب به اثبات رسیده است (۷).

تحقیقات متعددی در زمینه تنوع ژنتیکی براساس صفات مورفولوژیکی و مارکرهای مولکولی صورت گرفته است(۱و ۲) (۶،۱۲و۱۳). همچنین از نظر مورفولوژیکی نیز تنوع زیادی در میوه درsخت کنار هندی وجود دارد و خواص مهم تجاری مربوط به میوه شامل وزن میوه، طول میوه، وزن دانه، طول دانه، قطر دانه، وزن گوشت میوه و TSS میوه مورد بررسی قرار گرفته است (۲ و ۶) (۱۱و ۱۲).

این تحقیق به منظور بررسی پارامترهای فیزیکی مهم شامل وزن تر، طول و قطر میوه، طول و قطر هسته، سفتی و TSS میوه و از خواص شیمیایی میوه بررسی میزان فنل کل (TPC) و ظرفیت آنتی اکسیدانی در ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی جمع آوری شده از ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب (طول جغرافیایی ۰۵° ۵۷ و عرض جغرافیایی ۰۶° ۲۷) انجام شد.

مواد و روش ها

آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. میوه های کنار هندی از درختان ده ساله پیوند شده روی پایه *Ziziphus*

۱- استادیار باغبانی، دانشکده کشاورزی میناب، دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: faramarzi@hormozgan.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.69082

spinachristi واقع در کلکسیون شماره یک ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب انتخاب شدند و پس از چیدن، به منظور اندازه گیری برخی صفات، به آزمایشگاه مجتمع آموزش عالی میناب انتقال پیدا کردند. تعدای از میوه ها هم به دانشگاه تربیت مدرس منتقل و در دستگاه فریز-درایر خشک شدند. صفات اندازه گیری شده شامل موارد زیر بودند:

متوسط وزن میوه

تعداد ۱۰ میوه انتخاب و به وسیله ترازوی دیجیتال وزن میوه‌ها اندازه گیری شد.

طول و قطر میوه

طول و قطر میوه های مذکور به وسیله کولیس (ساخت چین) تعیین شد. نسبت طول به قطر میوه نیز محاسبه گردید.

کل مواد جامد محلول (TSS) میوه

میزان کل مواد جامد محلول در عصاره میوه (TSS) میوه‌های مذکور به کمک رفرکتومتر (مدل ATCIEATAGO، ساخت ژاپن) به دست آمد.

سفتی بافت میوه

تعداد ده میوه از هر رقم انتخاب و سفتی آنها به کمک سفتی‌سنج (ساخت ایتالیا) با پلانگر ۰/۵ سانتی متر اندازه گیری شد.

طول و قطر هسته

پس از جداسازی گوشت میوه، طول و قطر هسته ها به وسیله کولیس اندازه گیری شد. نسبت طول به قطر هسته نیز محاسبه گردید.

میزان فنل کل

میوه ها پس از انتقال به آزمایشگاه گروه باغبانی دانشگاه تربیت مدرس، به صورت قاچ های نازک درآمدند و در دمای پایین (C ۲۰-) در دستگاه فریز درایر خشک شدند. پس از پودر شدن نمونه های خشک شده، به آنها دو حلال آب و اتانول به صورت جداگانه اضافه شد و با روش اولترا سونیک استخراج مواد فنلی صورت گرفت. به علت ترکیبات قندی فراوان موجود در میوه کنار هندی، استخراج به روش مایع-مایع و با اتیل استات و آب مقطر انجام شد. پس از استخراج ترکیبات فنلی، میزان فنل کل به روش فولین سیوکالتیو بر حسب میلی گرم اکی والان گالیک اسید در یک گرم وزن خشک میوه اندازه گیری شد (۹).

اندازه گیری خاصیت آنتی اکسیدانتی

از عصاره فنلی استخراج شده از مرحله قبل برای تعیین خاصیت آنتی اکسیدانتی عصاره میوه به روش ABTS استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا محلول آبی ABTS[1] به غلظت ۷ میلی مول تهیه شد و برای تولید رادیکال پر سولفات پتاسیم به آن اضافه گردید و در دمای اتاق و تاریکی نگهداری شد. سپس برای تعیین مقدار IC_{50}، از عصاره مقدار ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۵۰ میکروگرم برداشته شد و میزان جذب رادیکال ABTS در طول موج ۷۳۴ نانومتر قرائت شد (۹).

تجزیه داده ها

داده ها با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 آنالیز شدند و مقایسه میانگین به روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات اندازه گیری شده مربوط به میوه ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی در سطح احتمال ٪۵ معنی دار است، به طوری که براساس مقایسه میانگین های به دست آمده با آزمون LSD، بیشترین متوسط وزن میوه مربوط به ژنوتیپ های Z2، Z10 و Z11 به ترتیب با مقادیر ۲۲/۴۳، ۲۳/۴۶ و ۲۳/۶۶ گرم بود (جدول -۱) که با نتایج تحقیق رستگار و حسن زاده (۱۱) که بر روی همین ژنوتیپ ها انجام شده بود، مطابقت داشت که در آن دو ژنوتیپ Z2 و Z11 دارای بیشترین متوسط وزن میوه بودند. (۹). در تحقیقی روی ۲۲ ژنوتیپ در پاکستان، وزن میوه از ۶/۰۸ تا ۳۷/۶۴ گرم متفاوت بود (۲). بیشترین طول میوه در رقم Z11 (۴/۶۶ mm) و بیشترین قطر میوه در رقم Z2 (۳/۱۵ mm) مشاهده شد (جدول-۱). پارامتر نسبت طول به قطر میوه که بیانگر شاخص شکل میوه می‌باشد، با مقدار ۱/۶۱ به رقم Z11 متعلق بود که دارای شکل میوه درشت و کشیده تری بود و کمترین مقدار مربوط به رقم Z4 (۱/۱۳) بود که دارای میوه کوچک تر و کروی بود. بیشترین طول هسته و قطر هسته به ترتیب متعلق به Z11 (۲/۵ mm) و Z1 (۰/۷۵ mm) بود. بیشترین مقدار نسبت طول به قطر هسته در ژنوتیپ Z11 با مقدار ۵/۷۶ که میوه و هسته ای کشیده داشت، دیده شد. بیشترین مقدار پارامتر سفتی در رقم Z2 (۶/۶۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) وجود داشت که دیررس هم بود. در تحقیق رستگار و حسن زاده (۱۱)، بیشترین میزان سفتی مربوط به ارقام Z9 و Z11 گزارش شد (۹). میزان مواد جامد محلول (TSS) برحسب درجه بریکس در ارقام Z6 و Z9 بیشترین مقدار را داشت (به ترتیب ۲۰/۶۹ و ۲۰/۰۱ درجه بریکس). این مقدار در تحقیق سعیدی و همکاران (۱۳) که روی درختچه‌های عناب در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قم انجام شد، بین ۱۶/۱ و ۳۶/۱۳ گزارش شد. بین میزان سفتی و میزان مواد جامد محلول در ژنوتیپ‌های مطالعه شده رابطه معکوس وجود داشت (۱۲). در نتایج پیشین نیز نشان داده شده است که تنوع زیادی در برگ و میوه کنار هندی وجود دارد (۲و ۱۰).

1- 2, 2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)

جدول ۱- پارامتر های فیزیکو شیمیایی ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی

Table 1- The physicochemical parameters of 11 Indian jujube genotypes

ژنوتیپ‌ها Genotypes	وزن تر میوه Fresh weight (g)	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	طول به قطر میوه L:D fruit	طول هسته Seed length (mm)	قطر هسته Seed diameter (mm)	طول به قطر هسته L:G seed	سفتی Firmness N/mm^2	موادجامد محلول TSS °Brix
Z1	19.92 b	3.18 cd	3.03 abc	1.05 ed	1.65 de	0.75 a	2.21 g	2.90 f	17.67 bc
Z2	22.41 a	3.98 b	3.15 a	1.26 c	1.75 cd	0.54 c	3.13 e	6.68 a	10.87 f
Z3	10.57 d	3.09 cd	2.40 de	1.29 c	1.70 de	0.49 de	3.46 bcd	4.27 c	12.42 e
Z4	14.35 c	2.83 e	2.50 d	1.13 d	1.70 de	0.53 cd	3.22 de	2.80 f	18.49 b
Z5	18.73 b	3.08 cd	2.97 bc	1.04 e	1.55 f	0.63 b	2.50 f	3.75 de	17.10 c
Z6	12.79 cd	3.00 de	2.36 def	1.27 c	1.86 b	0.52 cd	3.57 b	2.75 f	20.69 a
Z7	11.03 d	3.04 cd	2.15 g	1.42 b	1.55 f	0.47 ef	3.29 cde	4.10 cd	15.01 d
Z8	13.95 c	3.23 c	2.31 ef	1.41 b	1.82 bc	0.51 de	3.54 b	3.53 e	17.30 c
Z9	11.14 d	3.05 cd	2.25 fg	1.36 bc	1.64 ef	0.47 ef	3.52 bc	3.01 f	20.01 a
Z10	22.43 a	3.96 b	3.08 ab	1.30 c	1.89 b	0.53 cd	3.56 b	4.90 b	13.30 e
Z11	23.66 a	4.66 a	2.89 c	1.61 a	2.5 a	0.44 f	5.76 a	3.48 e	14.45 d

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

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

نتایج حاصل از استخراج محتوای کل فنل با دو حلال آب و اتیل استات درژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت بود. محتوای کل فنل استخراج شده با حلال اتیل استات، در رقم Z11 با میزان ۸۰ میلی گرم اکی والان گالیک اسید در یک گرم وزن خشک میوه بیشترین مقدار را دارا بود و پس از آن ارقام Z10، Z5، Z7 و Z1 به ترتیب قرار گرفتند. کمترین مقدار در رقم Z2 با میزان ۳۸ میلی گرم اکی والان گالیک اسید در یک گرم وزن خشک میوه مشاهده شد (شکل-۱).

شکل ۱- مقادیر محتوای کل فنل استخراج شده با اتیل استات بر حسب گالیک اسید در ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی

Figure 1- Total phenol content extracted with ethyl acetate based on gallic acid in 11 Indian jujube genotypes

محتوای کل فنل در حلال آبی، نتایج مشابهی نداشت. بیشترین مقدار در رقم Z10، و پس از آن در Z5 مشاهده شد. در سایر ژنوتیپ‌های، محتوای کل فنلی کمتر بود (شکل ۲). در تحقیقات قبلی نیز نشان داده شده است کنار هندی دارای قندهای محلول و مواد فنلی بالایی است. ۱۲ ترکیب فنلی به وسیله HPLC در کنار هندی شناسایی شده است که از این میان کافئیک، p- هیدروکسی بنزوئیک اسید، فرولیک اسید و p-کوماریک اسید دارای بیشترین مقدار بودند (۷). در گونه دیگر کنار هندی (عناب)، Z. jujuba نیز

میزان TPC، (۶۵۱۸ میلی گرم اکی والان گالیک اسید در کیلوگرم وزن تر میوه) رقم بالایی بود (۳). در مطالعه ای دیگر روی ۷ گونه عناب ، مقدار فنل و فلاونوئید کل بین ۴۵۳/۳ تا ۱۲۹۸/۹ میلی گرم اکی والان گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن خشک میوه بود (۱۶).

شکل۲- مقادیر محتوای کل فنل استخراج شده با پراکسید هیدروژن بر حسب گالیک اسید در ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی

Figure 2- Total phenol content extracted with hydrogen peroxide based on gallic acid in 11 Indian jujube genotypes

شکل ۳- میزان فعالیت آنتی اکسیدانتی بر حسب جذب رادیکال ABTS عصاره استخراج شده با اتیل استات در ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی

Figure 3- Antioxidant activity based on radical absorption of ABTS extracted with ethyl acetate in 11 Indian jujube genotypes

میزان جذب رادیکال ABTS در عصاره حاصل از حلال اتیل استات در ارقام مختلف، متفاوت بود. در ۴ غلظت مختلف (۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۵۰ میکروگرم بر میلی لیتر)، بیشترین میزان جذب در غلظت ۵۰ میکروگرم در ارقام Z3 و Z5 و در غلظت ۴۰ میکروگرم عصاره در ارقام Z7 وZ11 مشاهده شد. میزان جذب رادیکال ABTS در رقم Z7 بیشتر از سایر ارقام بود و غلظت ۲۰ میکرولیتر عصاره این رقم تقریبا به اندازه غلظت ۴۰ و ۵۰ سایر ارقام قدرت مهار رادیکال را داشت. کمترین قدرت مهار رادیکال در غلظت ۱۰ میکروگرم در رقم Z4 و در غلظت ۵۰ میکروگرم در رقم Z8 مشاهده شد (شکل ۳). میزان جذب رادیکال FRAP در عصاره گونه z. jujube، برابر با ۵۰/۹ ترولوکس در گرم وزن تر میوه بود (۳).

در عصاره استخراج شده با حلال آب، بیشترین میزان جذب

رادیکال ABTS در رقم Z3 و بـا غلظـت ۵۰ میکروگـرم و کمتـرین میزان جذب رادیکال در رقم Z6 مشاهده شد (شکل ۴).

شکل ٤- میزان فعالیت آنتی اکسیدانتی بر حسب جذب رادیکال ABTS عصاره استخراج شده با پراکسید هیدروژن در ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی

Figure 4- Antioxidant activity based on radical absorption of ABTS Extracted with hydrogen peroxide in 11 Indian jujube genotypes

مقدار IC_{50} مربوط به رادیکال ABTS در ۱۱ رقم کنار هنـدی و دو حلال آب و اتیل استات در جدول ۲ آمده است. بیشـترین میـزان IC_{50} عصـاره آبـی مربـوط بـه رقـم Z6 و بـا مقـدار ۷۶۰/۵۶±۳/۹ و کمترین میزان مربوط به رقم Z3 و با مقدار ۱۹/۶۸±۰/۱۵ بود. مقـدار IC_{50} عصاره حاصل از حلال اتیل اسـتات پـایین تـر بـود و بیشـترین مقدار در رقم Z8 بـا میـزان ۴۸/۰۶±۰/۸۹ و کمتـرین مقـدار در رقـم Z11 و با مدار ۱۲/۸۴±۰/۱۱ مشاهده شد (جدول ۲). تحقیقات پیشین نشان داده است بذر و برگ کنار هندی دارای خواص آنتی اکسـیدانتی بـالایی اسـت و تـوان جـذب رادیکـال هـای آزاد زیـادی را داراسـت (۴،۵و۱۰). مقدار آنتی اکسیدانت کل بین ۷/۴۱ تـا ۱۳/۹۳ میکرومـول ترولوکس در گرم FRAP بود (۴) .

جدول ۲- مقادیر IC_{50} حاصل از $ABTS^+$ در ۱۱ ژنوتیپ کنار هندی

Table 2- IC_{50} values of $ABTS^+$ in 11 Indian jujube genotypes

ژنوتیپ Genotype	میزان IC_{50} مربوط به $ABTS^+$	
	حلال آب H2O fraction	حلال اتیل استات Ethyle acetate fraction
Z1	73.54±1. 6 d	21.00±2.1 c
Z2	52.58±0.22 de	27.83±0.14 bc
Z3	19.68 ±0.15 f	24.35±0.33 bc
Z4	37.35 ±1.8 e	33.81±1.2 b
Z5	57.05 ±2.3 de	17.77±0.11 cd
Z6	760.56 ±3.9 a	25.66±2.3 bc
Z7	57.33 ± 1.4 de	17.67±1.3 cd
Z8	199.78 ±2.6 c	48.06±0.89 a
Z9	217.43 ±3.1 b	31.12±1.1 b
Z10	68.45 ±0.12 d	20.05±0.18 c
Z11	55.17±1.16 de	12.84±0.11 d

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

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

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری های بی دریغ کارشناسان محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب، آقایان مهندس زارع، مهندس سعیدی و دکتر حسن زاده تشکر می شود.

منابع

1- Abbasi S. Malekzadeh Shafarui, S. Ghous K. and Shahriari F. 2012. Genetic variation of Iranian jujube ecotypes (*Ziziphus* spp.) using RAPD molecular marker. Iranian Journal of Agricultural Research. 10: 583-590 (In Persian).

2- Ahmad I. Nafees M. Ashraf I. Al-Khayri J.M. Yousaf M.M., Ahmad B. and Qureshi R. 2016. Fruit morphological attributes to assess genetic diversity in jujube (*Ziziphus mauritiana* L.) germplasm of Bahawalpur. Pure and Applied Biology, 5(4): 1.

3- Gündüz K. and Saraçoğlu O. 2014. Changes in chemical composition, total phenolic content and antioxidant activities of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruits at different maturation stages. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 13(2): 187-195.

4- Koley T.K. Kaur C. Nagal S. Walia S. and Jaggi S. 2016. Antioxidant activity and phenolic content in genotypes of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.). Arabian Journal of Chemistry, 9: S1044-S1052.

5- Mishra T. Khullar M. and Bhatia A. 2010. Anticancer potential of aqueous ethanol seed extract of *Ziziphus mauritiana* against cancer cell lines and Ehrlich ascites carcinoma. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2011.

6- Mighani H. Ghasemnejad M. and Hashempour A. 2017. Investigation of physicochemical characteristics and antioxidant compounds of various Hindi-related genotypes of Hormozgan province. Beh Zeraei agricultural Journal, 18: 965-975 (In Persian).

7-San A.M.M. Thongpraditchote S. Sithisarn P. and Gritsanapan W. 2013. Total phenolics and total flavonoids contents and hypnotic effect in mice of Ziziphus mauritiana Lam. seed extract. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013.

8- Muchuweti M. Zenda G. Ndhlala A.R. and Kasiyamhuru A. 2005. Sugars, organic acid and phenolic compounds of *Ziziphus mauritiana* fruit. European Food Research and Technology, 221(3-4): 570-574.

9- Pacifico S. Piccolella S. Galasso S. Fiorentino A. Kretschmer N. Pan S. P. ... & Monaco P. (2016). Influence of harvest season on chemical composition and bioactivity of wild rue plant hydroalcoholic extracts. Food and Chemical Toxicology, 90: 102-111.

10- Rahman S. 2012. Antioxidant, analgesic, cytotoxic and antidiarrheal activities of ethanolic *Zizyphus mauritiana* bark extract. Oriental Pharmacy and Experimental Medicine, 12(1): 67-73.

11- Rastegar S. and Hasanzadeh KhanKahdani H. 2015. Evaluation of Quantitative and Qualitative Characteristics of Fruit of 11 Indian jujube Genotypes (*Ziziphus mauritiana*) in Hormozgan Province. Plant Production, 38: 105-111 (In Persian).

12- Razi M.F. Anwar R. Basra S. M.A. Khan M.M. and Khan I.A. 2013. Morphological characterization of leaves and fruit of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) germplasm in Faisalabad, Pakistan. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 50(2): 211-216.

13- Saeedi K. Shah Hoseini R. Tavakoli Neko H. and Saadat Jou B. 2016. Evaluation of some phytochemical, morphological, and mineral elements of different populations of medicinal plant Jujube (*Ziziphus jujube* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32: 245-255 (In Persian).

14- Saran P.L. Godara A.K. and Dalal R.P. 2007. Biodiversity among indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) Genotypes for powdery mildew and other traits. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 35(2): 15.

15- San A.M.M. Thongpraditchote S. Sithisarn P. and Gritsanapan W. 2013. Total phenolics and total flavonoids contents and hypnotic effect in mice of Ziziphus mauritiana Lam. seed extract. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.

16- Zhao H. X. Zhang H.S. and Yang S.F. 2014. Phenolic compounds and its antioxidant activities in ethanolic extracts from seven cultivars of Chinese jujube. Food Science and Human Wellness, 3(3), 183-190.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 327-334
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۳۴-۳۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Study of Phytochemical Traits and Antioxidant Properties of Indian Jujube (*Ziziphus mauritiana*) Fruit

Sh. Faramarzi[1*]

Received: 02-01-2018
Accepted: 22-05-2018

Introduction: *Ziziphus mauritiana* is a plant from the family of Rhamnaceae. The fruits of Indian jujube contain high amounts of soluble sugars, non-volatile acids and phenolic compounds. Antioxidant properties and cytotoxic effects of the fruit, bark and seed of the Indian jujube has been reported. Also, it have been proven the effects of Indian jujube seed on insomnia and anxiety. Several studies have been conducted on genetic diversity based on morphological traits and molecular markers. This research was conducted to investigate the morphological traits including fresh weight, fruit length, fruit diameter, length and diameter of seed, firmness, total soluble solids (TSS), total phenol content (TPC) and antioxidant capacity of 11 Indian jujube varieties are located in Minab agricultural research station (longitude 57˚ 05, latitude 27˚ 06).

Materials and Methods: This experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD). Fruits were selected from trees in Minab agricultural research station and transferred to the laboratory of Minab education center. Some of fruits were also transferred to the laboratory of TarbiatModarres University and were liophylized in the Freeze-Dayer. The traits included fruit weight, length and diameter of the fruit, total soluble solids (TSS), tissue firmness and length and diameter of the seed were measured. Due to the abundant sugar content of the fruit, extraction was carried out using liquid-liquid method and with two solvents: ethyl acetate and distilled water. Total phenol content (TPC) was measured by Folinciocalteu in terms of mg of equivalent gallic acid/g of fruit dry weight. The phenolic compounds extracted was used to determine the antioxidant properties of the fruit. Scavenging of ABTS radical was calculated by spectrophotometry method at 734 nm wavelength.

Results and Discussion: The results showed that the fresh weight of the fruit was between 10.57 (Z3) and 23.66 (Z11) grams. In a study on 22 genotypes in Pakistan, fruit weight varied from 6.8 to 37.64 grams. The highest amount of fruit length to diameter ratio was seen in the genotype Z11 with a value of 5.76. For firmness parameter, the highest value was related to Z2. The highest amount of TSS was found in Z6 and Z9 genotypes (20.69 and 20.01 ˚Brix, respectively). The results of using two solvents for TPC extraction, had different results in studied genotypes. TPC extracted with ethyl acetate solution was highest in Z11 with 80 mg equivalent gallic acid / g of fruit dry weight, and then Z10 (70), Z5 (65), Z7 (60) and Z1 (55) genotypes were in order. The lowest amount of TPC was observed in Z2 with 38 mg equivalent gallic acid / g of fruit dry weight. The highest amount (45) of TPC extracted with water solvent was observed in Z10. In previous studies, it has been shown that the fruit of Indian jujube has high soluble sugars and high phenolic compounds. 12 phenolic compounds have been identified by HPLC from Indian jujube's fruit, including caffeic, p-hydroxybenzoic acid, ferrolic acid and p-cumaric acid. The total phenol content and total flavonoid content was between 453.3 to 1298 mg equivalent gallic acid / 100 g of dry weight for seven Z. jujube species. Radical scavenging of ABTS˚ was different in ethyl acetate extracted solution in the studied Indian jujubes. The highest amount of ABTS˚ absorption was observed in the concentration of 40 ug of ethyl acetate extracted solution, in Z7 and Z11 genotypes, and the lowest radical inhibitory was seen in Z8. The highest IC_{50} in water and ethyl acetate solvents was related to Z6 and Z8 genotypes, respectively.

Conclusions: We can conclude that there was a significant morphological diversity in fruits of studied genotypes. In this study, genotype Z11 had the larger fruit than others (23.66 g), with the highest ratio of length to diameter. In a study on Indian jujubes in Pakistan, the highest fruit weight was 37.64 g. TSS in Z6 and Z9 genotypes was the highest amount (20 ˚Brix), and TSS in previous studies has been reported between 11 to 18.

1- Assistant Professor of Horticulture, Faculty of Agriculture (Minab), University of Hormozgan
(*-Corresponding Author Email: faramarzi@hormozgan.ac.ir)

TPC and antioxidant capacity were different in all genotypes based on the used solvent (water and ethyl acetate). Therefore, different solvents can effect on the amount of phenolic content and radical scavenging properties. But, the highest TPC extracted with ethyl acetate solvent was observed in Z11 with 80 mg equivalent gallic acid / g of fruit dry weight, and the lowest amount was observed in Z2 with 38 mg equivalent gallic acid / g of fruit dry weight. From antioxidant capacity point of view, the highest amount of ABTS$^{\circ}$ absorption was observed in ethyl acetate extracted solution of Z7 and Z11 genotypes.

Keywords: ABTS radical, Antioxidant activity, Indian jujube, Phenol content, TSS

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 335-344
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۴۴-۳۳۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

تاثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و تغذیه‌ای پایه فلائینگ دراگون تحت تنش شوری

بهرام عابدی[1*]- بهنام اسفندیاری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۹

چکیده

مرکبات یکی از مهمترین درختان میوه مناطق نیمه گرمسیری و جز درختان حساس به تنش شوری طبقه‌بندی می‌شود. قارچ‌های آرباسکولار مایکوریزا، با ایجاد یک رابطه همزیستی با ریشه گیاه، باعث دسترسی بهتر عناصر معدنی در گیاهان می‌شوند. در پژوهش حاضر، دو قارچ مایکوریزا (*Paraglomus occultum* و *Glomus mosseae*) و چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) در دانهال‌های فلایینگ دراگون مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تلقیح قارچ ها با ریشه دانهال‌ها، تنش شوری به‌صورت تدریجی جهت جلوگیری از شوک اسمزی به هر کدام از تیمارها اعمال شد. با توجه به نتایج، درصد کلون سازی مایکوریزا، میزان آب نسبی بافت، تعداد برگ، سطح برگ، قطر ساقه، وزن خشک ریشه و شاخساره با افزایش سطوح شوری، کاهش نشان داد. اما در بین تیمارها دانهال‌های تلقیح‌شده با قارچ آرباسکولار مایکوریزا اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار فاقد تلقیح داشتند. قارچ های مایکوریزا بطورمعنی‌داری میزان سدیم کمتر و میزان پتاسیم، کلسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم بالاتری را در ریشه دانهال‌های تلقیح‌شده داشتند. علاوه بر این مشخص شد که گیاهان تحت شرایط تنش شوری، تیمارهای تلقیحی کاهش غلظت ساکارز در برگ ها و افزایش غلظت فروکتوز و پرولین را به همراه داشتند. در آخر می‌توان اظهار داشت که قارچ‌های همزیست مایکوریزا از طریق تنظیم اسمزی برگ و برقراری تعادل یونی باعث تعدیل اثرات مخرب تنش شوری می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آرباسکولار مایکوریزا، دانهال، شوری، مرکبات

مقدمه

مجموع مناطقی که در جهان تحت تنش شوری قرار دارند، در حال افزایش بوده و بنا بر تخمین‌های صورت گرفته تقریبا ۵۰ درصد اراضی جهان مناطقی با خاک شور به شمار می‌روند. حدود ۳۰ درصد اراضی فاریاب ایران نیز تحت تنش شوری قرار دارند (۱۰). تنش شوری عاملی است که بطور جدی تولیدات باغی را در مناطق مختلف از جمله مناطق خشک و نیمه خشک با محدودیت مواجه می‌کند. آبیاری با آب شور از مهمترین عوامل افزایش نمک، شور شدن خاک و در نهایت ایجاد تنش شوری می باشد. کاهش رشد ناشی از تنش شوری را عمدتا با افت در ظرفیت فتوسنتزی و کاهش محتوای کلروفیل ارتباط می‌دهند (۱۷).

مرکبات از جمله مهمترین درختان مناطق نیمه گرمسیری ایران و جهان هستند، که در بیش از ۵۰ کشور جهان مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۲۶). مرکبات جز درختان حساس به تنش شوری در مقایسه با سایر درختان میوه دسته‌بندی می‌شوند، بطوری که شوری کم تا متوسط نیز منجر به بروز عوارض نامطلوب فیزیولوژیک، کاهش رشد و عملکرد می شود (۹). از آنجایی که ازدیاد مرکبات از طریق پیوند صورت می‌گیرد، میزان تحمل پیوندک به نوع پایه آن بستگی دارد. بنابراین در این پژوهش، پایه فلائینگ دراگون به عنوان یکی از پایه‌های پاکوتاه‌کننده مرکبات که در خاک‌های غیرقلیایی می‌تواند به عنوان پایه مورد استفاده قرار بگیرد به عنوان ماده آزمایشی به کار برده شده است. تحمل به شوری در مرکبات با توجه به رقم، ترکیب پایه و پیوندک، غلظت نمک و سن درخت متفاوت می‌باشد (۲۱).

یکی از اثرت اولیه شوری در مرکبات کاهش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه کاهش فتوسنتز و افزایش تجمع یون‌ها می‌باشد (۴). شوری بیش از حد از طریق کاهش پتانسیل آب خاک باعث ایجاد تنش اسمزی و برهم خوردن تعادل آبی گیاه می‌شود. تنظیم اسمزی با بهبود ترکیبات ارگانیک و یا غیر ارگانیک قادر به حفظ فشار تورژسانس و کاهش اثرات زیان آور تنش شوری در گیاهان می‌باشد

۱ و ۲- استادیار و دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: abedy@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.70246

(۱۲). شوری خاک از طریق کاهش در پتانسیل اسمزی خاک باعث خشکی فیزیولوژیک شده، از طرفی اثر سمیت یون‌های سدیم و کلر باعث تخریب غشا پلاسمایی، ساختار پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، اختلال در فتوسنتز و عدم تعادل یونی می‌شود، که در نهایت کاهش رشد در گیاه را به همراه دارد (۳۱). غلظت‌های بالای یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها از طریق ممانعت از فعالیت بیوشیمیایی فرایند فتوسنتز بطور مستقیم باعث کاهش آسیمیلاسیون دی اکسیدکربن می‌شود (۹). تنش شوری درمرکبات می‌تواند از طریق عدم تعادل تغذیه‌ای باعث آسیب به گیاه شود. در صورت وجود نمک در آب آبیاری، کاهش در غلظت عناصری چون کلسیم، منیزیم و پتاسیم گزارش شده است (۱۳، ۲۴). از آنجا که احیای زمین‌های شور نیاز به بودجه و زمان فراوانی دارد، استفاده از قارچ‌های همزیست ریشه می‌تواند کمک شایان توجهی در جهت تعدیل اثرات نامطلوب‌ای تنش غیرزیستی ایفا کند. ارتباط همزیستی بین قارچ مایکوریزا و ریشه گیاهان بطور گسترده‌ای در طبیعت وجود دارد (۸). مایکوریزا نقش مهمی در تغذیه گیاه از طریق تسهیل در قابلیت دسترسی عناصر خاک به ریشه گیاه دارد (۱۴ و ۲۲). رابطه همزیستی باعث تبادل دوجانبه عناصرغذایی غیرارگانیک نظیر روی، فسفر و کربن بین قارچ و گیاه می‌شود. جمعیت قارچ یک عامل کلیدی در رشد موفقیت آمیز گیاه است. رشد هیف‌های قارچ مایکوریزا باعث افزایش سطح ریشه، افزایش کارایی جذب آب و محدودیت پراکندگی عناصرغذایی (بخصوص روی و فسفر) در خاک‌های دارای کمبود این عناصر می‌شود (۲ و ۲۰). بر اساس مطالعات گسترده صورت گرفته، کلون سازی قارچ مایکوریزا باعث تعدیل صدمات شوری خاک از طریق تنظیم اسمزی می‌شود (۱۹ و ۳۱). پژوهشگران، وزن زیست توده بیشتر و مقدار پرولین کمتر را در سیترانج رقم کاریزا تلقیح شده با قارچ *Glomus intraradices* در مقایسه با نمونه شاهد (بدون تلقیح) تحت سطوح مختلف شوری گزارش کردند (۷). دو قارچ همزیست دیگر به نام های *G.mosseae* و *Paraglomus occultum* نیز از طریق بهبود رشد، فتوسنتز و ساختار ریشه تحت تنش ۱۰۰ میلی مولار کلریدسدیم باعث ایجاد مقاومت به تنش شوری شدند (۲۹). با این حال *G.intraradices* در پرتقال نتوانست تاثیر مثبتی در سطوح تنشی ۳۰ و ۶۰ میلی مولار داشته باشد (۱۴). مایکوریزهای ترکیب شده گونه *Glomus* و *Gigaspora*، تاثیر معنی‌داری بر میزان عناصر غذایی (فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر و سدیم)، کلروفیل برگ، مواد حل شونده سازگار مانند پرولین و قند کل را در سیترنج رقم ترویر در برابر تنش ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار نشان نداد (۱۸). این امر نشانگر این است که پژوهش‌های بیشتر بر روی اثرات متقابل مرکبات و قارچ‌های مایکوریزا تحت تنش شوری ضروری است.

تحمل به تنش شوری را در مرکبات به توانایی گیاه در عدم ورود آنیون کلر نسبت می‌دهند (۲۶). محققان تحت شرایط تنش تجمع پرولین جهت تنظیم اسمزی را گزارش کرده‌اند. تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، را یکی از مکانیزم‌های تحمل به شوری گزارش می‌کنند (۴). روش‌های مختلفی جهت تعدیل اثرات نامطلوب شوری مانند استفاده از ترکیبات بازدارنده تولید اتیلن چون اتوکسی وینیل گلایسین، یون کبالت و یون نقره می‌باشد (۹ و ۱۰). اما استفاده از این ترکیبات شیمیایی علاوه بر این که گران قیمت بودن، به همان نسبت برای سلامتی انسان و خاک سمی می‌باشد (۱).

هدف از پژوهش حاضر ارزیابی احتمالی تاثیرات تعدیل کنندگی دو نوع قارچ مایکوریزا (*Paraglomus occultum* و *Glomus mosseae*) بر روی خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای پایه فلائینگ دراگون است.

مواد و روش‌ها

بذور فلائینگ دراگون از پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری واقع در شهرستان رامسر تهیه و به گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال داده شد. بذور پس از پنج دقیقه ضدعفونی با الکل ۷۰ درصد در شرایط تاریکی و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در کاغذ صافی مرطوب جوانه زدند. سپس به گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۰ سانتی‌متر که حاوی ترکیب خاک اتوکلاو شده و ورمیکولیت به نسبت ۵:۲ بودند، منتقل شدند. سپس به هر کدام از گلدان‌ها، مقدار ۱۵ گرم قارچ *G.mosseae* و *Paraglomus occultum* جهت تلقیح به خاک اضافه شد. در نمونه شاهد تلقیحی صورت نگرفت. دانهال‌ها جهت سازگاری و رشد بیشتر به مدت ۹۰ روز نگه‌داری و سپس تیمار تنش شوری به مدت هشت هفته اعمال شد. تیمارهای شوری شامل غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود. خاک گلدان‌ها جهت جلوگیری از شوک اسمزی قبل از تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار بطور روزانه با استفاده از کلریدسدیم ۲۵ میلی‌مولار آبیاری شدند. در ابتدا، سه عدد گلدان با حجم مشخص آبیاری و توزین شد و پس از گذشت سه روز تفاضل وزن آنان جهت تعیین میزان آب از دست رفته مشخص شد، که عدد حاصل بیانگر حجم آب مصرفی بود.۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول تیمارها هر سه روز یک بار جهت جلوگیری از افزایش غلظت نمک ناشی از هدررفت آب حاصل از تبخیر و تعرق به گلدان‌ها اعمال شد. از آب مقطر بعنوان تیمار شاهد استفاده شد. در همه تیمار به جز تیمار شاهد، به سبب جلوگیری از تجمع نمک، با یک لیتر آب مقطر آبشویی شدند. دانهال‌ها پس از ۸ هفته جهت سنجش پارامترهای مورد اندازه‌گیری برداشت شدند. شاخص‌هایی شامل ارتفاع گیاه، قطر ساقه اصلی (پنج سانتیمتری فوقانی طوقه با استفاده از کولیس دیجیتال)، تعداد برگ در گیاه، سطح برگ، وزن خشک ریشه و شاخساره مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. از شمارش برگ‌های فعال (برگ‌های سبز) و غیرفعال

(برگ‌های زرد)، شش هفته پس از اعمال تنش تعداد برگ در گیاه تعیین شد. جهت تعیین وزن خشک، پس از برداشت برگ‌ها بصورت تصادفی از تیمارها، در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت، سنجش شدند. شاخص سطح برگ با استفاده از سطح برگ‌سنج دلتا- تی حاصل شد. نمونه‌ها وزن تر نسبی با استفاده از روش وو و ژیا (۲۸) تعیین شد. بدین صورت که پس از آماده‌سازی برگ‌ها و از برگ‌ها ۵ قطعه به مساحت تقریبی ۹-۱۰ میلی مترمربع تهیه و سریعاً وزن تازه آن‌ها تعیین گردید. سپس تکه‌های برگ در پتری دیش‌های درب دار داخل آب مقطر در شرایط آزمایشگاه و نور کم به مدت ۳-۲ ساعت شناور شدند، پس از این مدت تکه‌های برگ از آب مقطر خارج و سطح آن‌ها به آرامی به‌وسیله دستمال کاغذی خشک و سریعاً وزن آماس آن‌ها تعیین شد. بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها گرفته شد. بر اساس فرمول زیر میزان محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد:

$$(\%)\ RWC= [(WF - WD) / (WT - WD)] \times 100$$

در رابطه فوق RWC آب نسبی برگ، WF وزن تازه برگ، WD وزن خشک برگ، WT وزن برگ آماس شده است.

درصد کلون‌سازی قارچ مایکوریزا پس از اتمام آزمایش با استفاده از میکروسکوپ نوری و بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (۱۴):

درصد کلون‌سازی= طول ریشه مشاهده شده/ طول ریشه تلقیحی×۱۰۰

جهت سنجش پرولین بر اساس روش بیتس و همکاران (۳) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا ۰/۵ گرم برگ تازه با ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳ درصد سائیده و به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۲ میلی لیتر از عصاره حاصل با ۲ میلی لیتر معرف ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک خالص مخلوط گردیده و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم (دمای ۹۰ درجه سلسیوس) قرار گرفتند. سپس به منظور خنک شدن نمونه‌ها، به داخل مخلوط آب و یخ منتقل شدند. در این مرحله با افزودن تولوئن به هر یک از لوله‌های آزمایش و تکان شدید آن‌ها، میزان جذب نور فاز فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۱۶۰۱ شرکت شیمادزو، ژاپن) قرائت شد.

جهت سنجش ساکارز و گلوکز از روش وو و همکاران (۲۹) استفاده شد. گلوکز آزاد به روش آنزیمی سنجش شد. بدین صورت که پس از هموژنیزه‌کردن نیم گرم برگ بالغ، با نیم میلی‌لیتر محلول ترکیبی (حاوی ۲۰۰ میلی مولار بافر سود-هپس، ۱۰ میلی مولار کلرید منیزیم، ۱۰ میلی مولار دی‌کلرو دی‌فنیل تری‌کلرو اتان، ۲ میلی مولار آدنوزین تری فسفات، ۲ میلی مولار نیکوتین‌امید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات و ۲ واحد هگزوکیناز) در دمای ۲۲ درجه سلسیوس بمدت ۳۰ دقیقه در انکوباتور قرار داده شد. احیا نیکوتین‌امید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات توسط گلوکز دهیدروناز توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۴۰ نانومتر قرائت، غلظت گلوکز در مقایسه با نمونه استاندارد محاسبه شد. جهت سنجش ساکارز، مقدار نیم گرم برگ بالغ، توزین شده، پس از هموژنیزه کردن به مدت یک دقیقه با سه میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد ترکیب شد. اتانول دور ریخته شده، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. بعد از خنک شدن میکروتیوب‌های حاوی نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز فوقانی خارج و دو بار مجددا با اتانول ۸۰ درصد عصاره‌گیری صورت گرفت. یک میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم ۰/۲ مولار اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از خنک‌شدن جهت تنظیم pH به ۵/۵ مقدار دو میلی‌لیتر اسید استیک یک مولار به محلول اضافه شد. مقدار ساکارز توسط دستگاه HPLC (مدل هیتاچی ۷۰۰۰، ساخت کشور ژاپن) تعیین شد.

آنالیز عناصر با استفاده از نمونه‌های خشک گیاهی انجام شد. بدین صورت که یک گرم نمونه از برگ بالغ پودر شده، در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت در کوره خاکستر شده، با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک نیم مولار حل شد. محلول‌های حاصله توسط کاغذ صافی فیلتر شده، غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (AI1200 ، ساخت چین) اندازه‌گیری شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی و بصورت فاکتوریل با ۴ سطح شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ میلی مولار) و ۳ تیمار مایکوریزایی (دو تیمار مختلف قارچ مایکوریزا و تیمار سوم عدم تلقیح با قارچ) در شش تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار JMP8 و توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱ درصدکلون‌سازی قارچ مایکوریزا حداقل ۴۱ و حداکثر ۶۶ درصد بود. هیچ کلون‌سازی در دانهال‌هایی که مورد تلقیح قرار نگرفتند، مشاهده نشد. بیشترین کلون‌سازی در تیمار فاقد شوری توسط قارچ *P.occultum* و کمترین مقدار کلون‌سازی در قارچ *G.mosseae* و در تیمار ۱۵۰ میلی مولار نمک مشاهده شد (جدول ۱). شوری باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای بر میزان کلون‌سازی قارچ *G.mosseae* در مقایسه با *P.occultum* شد. این امر نشانگر آنست که هر کدام از گونه های قارچ مایکوریزا پتانسیل متفاوتی در برابر تنش شوری از خود نشان می‌دهند. این نتایج با شنگ و همکاران (۲۵) و کولا و همکاران (۶) مطابقت داشت. بر اساس جدول ۱ تیمارهای تلقیح شده با قارچ‌های مایکوریزا اثرات معنی‌داری بر روی صفاتی چون تعداد برگ، سطح برگ، میزان آب نسبی برگ، وزن

خشک ریشه و وزن خشک شاخساره در مقایسه با تیمار بدون تلقیح در برابر سطوح مختلف شوری از خود نشان دادند. نتایج فوق با نتایج مطالعات گذشته مطابقت داشت (۶،۲۷). در بیشتر صفات رشدی اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری بین دو قارچ مایکوریزای مورد استفاده، دیده نشد (جدول ۱). تعداد برگ در تیمار *G.mosseae* بیشترین مقدار و در تیمار فاقد قارچ کمترین مقدار را نشان داد. با افزایش سطح شوری، برگ‌های بیشتری ریزش داشت، اما با این وجود اختلاف معنی‌داری با تیمارهای تلقیحی با قارچ نشان دادند (جدول ۱). سایر فاکتورهای رشدی دیگر نظیر قطر ساقه اصلی، سطح برگ، وزن خشک ریشه و شاخساره، در تیمارهای تلقیحی با قارچ مایکوریزا در مقایسه با تیمار فاقد تلقیح اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند. همچنین اختلاف معنی‌داری بین دو نوع قارچ مورد آزمایش در زمینه فاکتورهای رشدی در این پژوهش دیده نشد (جدول ۱).

جدول ۱- اثر متقابل شوری × تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا بر کلون سازی و برخی ویژگی‌های رشدی دانهال فلائینگ دراگون

Table 1- interaction effects of salinity ×inoculation with micorrhiza fungi on colonization and some growth parameters of Flying dragon seedling

(Glomus mosseae = Gm, Paraglomus occultum = Po, No micorrhiza = Nmi)

سطح نمک Salt level (mM)	نوع مایکوریزا Micorriza type	کلون سازی Colonization (%)	تعداد برگ Leaf number	مقدارنسبی آب RWC (%)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight (g)
0	Gm	63.91 a	14.72 a	70.95 a	0.20 a	48.42 a	0.19 a	0.36 a
	Po	66.86 a	13.45 ab	71.45 a	0.22 a	47.25 a	0.18 a	0.35 a
	Nmi	0	12.52 b	65.32 ab	0.21 a	39.63 b	0.18 a	0.33 b
50	Gm	62.50 a	14.34 a	68.63 a	0.20 a	45.22 a	0.17 ab	0.32 b
	Po	63.26 a	13.25 ab	70.55 a	0.21 a	45.38 a	0.15 b	0.33 a
	Nmi	0	11.22 c	61.12 b	0.18 bc	38.11 b	0.14 b	0.26 bc
100	Gm	44.51 b	12.30 b	67.11 ab	0.19 ab	38.55 b	0.12 bc	0.27 ab
	Po	61.75 ab	12.40 b	66.02 ab	0.19 ab	39.01 ab	0.12 bc	0.26 bc
	Nmi	0	10.33 c	56.43 bc	0.16 d	32.41 c	0.11 bc	0.17 c
150	Gm	41.05 b	12.11 b	64.56 ab	0.17 d	33.04 c	0.10 c	0.24 bc
	Po	55.83 ab	12.05 b	64.50 ab	0.15 e	30.65 c	0.11 bc	0.25 bc
	Nmi	0	8.55 d	52.25 c	0.14 e	25.73 d	0.06 c	0.16 c

حروف مشابه در جدول نشانگر عدم معنی‌داری تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns by LSD test (P<0.05)

تحریک رشد توسط قارچ مایکوریزا، در شرایط تنش شوری را به افزایش جذب عناصرغذایی معدنی و بخصوص فسفر نسبت داده‌اند (۲۹). اما با این حال در قارچ‌های مایکوریزا، مکانیسمی که باعث تعدیل کاهش رشد در شرایط شوری می‌شود، همچنان تا حدی ناشناخته می‌باشد (۱۵). آنالیز وزن خشک ریشه و شاخساره مشخص کرد که با افزایش غلظت نمک وزن خشک ریشه و شاخساره کاهش می یابد، که این نتایج با نتایج زو وهمکاران (۳۱) مطابقت داشت.

میزان آب نسبی برگ با افزایش سطح شوری کاهش یافت (جدول ۱). در بین تیمارهای مختلف میزان آب نسبی برگ فقط در تیمار شاهد و سطح ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم اختلاف معنی‌دار نشان داد و در سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دیده نشد. با این وجود با توجه به جدول ۱، تیمارهای شاهد و تیمارهای حاوی قارچ مایکوریزا به نسبت دارای میزان آب نسبی بیشتری هستند. این امر بیانگر این نکته می‌باشد که هیف‌های قارچ مایکوریزا منجر به بهبود روابط آبی در دانهال‌های تلقیح شده با قارچ، را داشتند. این نتایج با آزمایش شنگ و همکاران (۲۵) مطابقت داشت.

از لحاظ میزان ساکارز در بافت برگی تنها در سطح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار نمک تفاوت معنی دار بین تیمارها دیده شد (جدول ۲). در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار بین دو نوع قارچ آزمایش شده و در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار بین قارچ *P.occultum* با تیمار شاهد (فاقد تلقیح با قارچ) اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۲). ریشه دانهال‌های تلقیح شده با قارچ های مایکوریزا غلظت بیشتری از ساکارز و گلوکز نسبت به تیمارهای شاهد نشان دادند (جدول ۲). این روند با افزایش سطح تنش نیز چندان تغییری نکرد. در مقایسه با تیمارهای بدون تنش غلظت پرولین در تیمار تلقیحی با قارچ *P.occultum* تفاوت معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان داد (جدول ۲). در سطوح بالاتر تنش (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار) هر دو نوع قارچ مایکوریزا در مقایسه با تیمار بدون تلقیح اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

جدول۲- اثرات متقابل شوری × تلقیح با قارچ های مایکوریزا بر ترکیبات اسمزی برگ دانهال فلائینگ دراگون.

Table 2- Interaction effects of salinity ×inoculation with micorrhiza fungi on some leaf osmotic compounds of Flying dragon seedling.

(Glomus mosseae = Gm, Paraglomus occultum = Po, No micorrhiza = Nmi)

سطح نمک Salt level (mM)	نوع مایکوریزا Micorriza type	ساکارز Sucrose (mg/g)	گلوکز Glucose (mg/g)	پرولین Proline (mg/g)
	Gm	8.35[bc]	38.65[a]	0.27[ab]
0	Po	8.77[ab]	42.11[a]	0.25[b]
	Nmi	7.21[cd]	37.32[a]	0.19[c]
	Gm	8.30[bc]	37.22[a]	0.2[ab]
50	Po	8.46[bc]	42.10[a]	0.26[ab]
	Nmi	7.28[cd]	29.67[b]	0.19[c]
	Gm	7.69[c]	39.76[a]	0.29[ab]
100	Po	6.42[d]	36.66[a]	0.31[a]
	Nmi	9.87[b]	23.65[c]	0.19[c]
	Gm	7.03[cd]	35.50[a]	0.33[a]
150	Po	6.14[d]	37.10[a]	0.33[a]
	Nmi	12.55[a]	19.87[c]	0.20[c]

حروف مشابه در جدول عدم معنی داری تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns by LSD test (P<0.05)

تنظیم اسمزی از جمله روش های مهم جهت به تعویق انداختن فرایند دهیدراسیون در تنش‌های غیرزیستی به شمار می‌رود، که باعث حفظ فشار تورژسانس سلول و فرایندهای فیزیولوژیک طی رشد گیاه می‌شود (۵). ساکارز و فروکتوز از جمله اسمولیت‌هایی هستند، که جهت تنظیم اسمزی سیتوسول سلول‌های گیاهی در شرایط تنش شوری بکار می روند. در این پژوهش مقادیر قندهای ساکارز و فروکتوز در تیمار تلقیح شده با قارچ مایکوریزا بیشتر از شاهد بود. در شرایط بدون تنش شوری، تیمار با قارچ مایکوریزا باعث افزایش غلظت ساکارز و گلوکز در برگ‌ها می شود، در حالی که در شرایط تنش غلظت ساکارز در تیمارهای تلقیحی با قارچ روند کاهشی نشان داد. به علت همزیستی قارچ مایکوریزا و ریشه دانهال فلائینگ دراگون، قارچ‌های مایکوریزا مقادیری از کربن مورد نیاز خود را (که عمدتا ۶ کربنه می‌باشد)، از ریشه دانهال می‌گیرد. بنابراین مقادیر کمتر ساکارز طی تنش شوری در دانهال‌های تیمارشده با قارچ و افزایش سطح فروکتوز، حاکی از وقوع پدیده فوق می‌باشد. این نتایج با گزارشات پژوهش‌های سابق همخوانی داشت (۲۸، ۱۵).

غلظت سدیم با شورتر شدن تدریجی خاک در دانهال‌های تلقیحی و غیرتلقیحی افزایش یافت (جدول ۳). با این حال طی سطوح مختلف شوری غلظت سدیم در ریشه دانهال‌های تلقیح شده با قارچ مایکوریزا نسبت به شاهد کمتر بود (جدول ۳). این امر می‌تواند به علت تحریک رشدی ناشی از کلون‌سازی قارچ مایکوریزا باشد (۶). به نظر می‌رسد مایکوریزا با تاثیرات مثبتی که بر ترکیبات عناصر غذایی (بخصوص عناصری با سیالیت کم مانند فسفر) و جذب بیشتر پتاسیم می‌گذارد، باعث بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شوری می‌شود (۲۷).

غلظت یون سدیم در قارچ *G.mosseae* کمتر از تیمار *P.occultum* بودند، اما با این حال تفاوت معنی‌داری بین این دو نوع قارچ مشاهده نشد. غلظت عناصر پتاسیم و کلسیم در ریشه در تمام سطوح شوری تیمارهای تلقیح شده با قارچ‌های مایکوریزا بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). این نتایج با گزارشات پیشینه همخوانی داشت (۳۰). غلظت کلسیم در تیمار فاقد تلقیح نسبت به تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ کمتر بود (جدول ۳). غلظت یون سدیم در تیمار تلقیح‌شده با قارچ *G.mosseae* بیشتر از تیمار تلقیحی *P.occultum* بود، با آن که تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). نسبت پتاسیم به سدیم نیز در تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ به نسبت شاهد، تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۳ را مشاهده کنید). نتایج بدست آمده با نتایج گیری و همکاران (۱۱) مطابقت داشت. بر اساس جدول ۳ هیچ گونه تفاوت معنی‌داری بین دو نوع قارچ مایکوریزای مورد استفاده در این پژوهش وجود ندارد. به‌جز دانهال‌های تیمارشده با قارچ *P.occultum* در سطح ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، نسبت کلسیم به سدیم در بین تیمارهای تلقیح‌شده با مایکوریزا و شاهد، اختلاف معنی‌دار نشان داد. نسبت کلسیم به سدیم در دانهال های تلقیحی با *G.mosseae* نسبت به *P.occultum* بیشتر بود، اما با این وجود، بین دانهال‌های تلقیح‌شده با قارچ‌های مایکوریزا در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳). بطور کلی این نتایج نشان داد، که قارچ مایکوریزا از طریق تشکیل کلونی باعث بهبود در قابلیت دسترسی و انتقال عناصر غذایی و در نتیجه کاهش اثرات مضر تنش شوری در پایه فلائینگ دراگون می‌شود.

جدول ۳- اثر متقابل شوری × تلقیح با قارچ های مایکوریزا بر برخی عناصر غذایی برگ دانهال‌های فلائینگ دراگون

Table 2- Interaction effects of salinity ×inoculation with micorrhiza fungi on nutritious elements of Flying dragon seedling (Glomus mosseae = Gm, Paraglomus occultum = Po, No micorrhiza = Nmi)

سطح نمک Salt level (mM)	نوع مایکوریزا Micorriza type	K^+ (mg/g)	Na^+ (mg/g)	Ca^{2+} (mg/g)	K^+/Na^+	Ca^{2+}/Na^+
0	*Gm*	18.31[a]	4.86[d]	7.85[ab]	3.76[a]	1.61[a]
	Po	17.79[a]	5.02[d]	7.56[ab]	3.54[a]	1.50[a]
	control	16.12[b]	5.35[d]	6.53[c]	3.01[ab]	1.22[b]
50	*Gm*	18.11[a]	6.78[cd]	7.83[ab]	2.67[b]	1.15[b]
	Po	17.05[a]	7.34[bc]	7.51[ab]	2.32[b]	1.02[bc]
	control	14.42[c]	7.86[bc]	6.56[c]	1.83[c]	0.83[c]
100	*Gm*	15.78[b]	9.22[c]	8.15[a]	1.71[c]	0.88[c]
	Po	15.81[b]	9.14[c]	8.07[a]	1.72[c]	0.88[c]
	control	14.21[c]	10.93[b]	7.13[bc]	1.30[c]	0.65[d]
150	*Gm*	13.68[c]	11.56[b]	8.22[a]	1.18[cd]	0.71[d]
	Po	13.75[c]	12.45[b]	8.19[a]	1.10[cd]	0.65[d]
	control	11.61[d]	14.77[a]	7.78[ab]	0.78[d]	0.52[e]

حروف مشابه در جدول بیانگر عدم معنی‌داری تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns by LSD test (P<0.05)

بطورکلی شوری از سه طریق رشد و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند. نخستین اثر شوری که اصطلاحا اثر اسمزی گفته می‌شود، به کل املاح موجود در خاک مربوط می‌شود که منجر به کاهش پتانسیل اسمزی می‌شود. با کاهش پتانسیل اسمزی، انرژی آزاد آب کاهش و گیاه برای به دست آوردن مقدار مشخصی آب باید انرژی بیشتری را صرف کند (۸). بنابراین، آن بخش از انرژی که باید برای رشد و نمو گیاه استفاده شود، صرف به دست آوردن آب می‌شود، و رشد عمومی گیاه کاهش می‌یابد. دومین اثر به اثر ویژه یا اختصاصی یونی معروف می‌باشد و مربوط به یون‌های خاص محلول در خاک می‌باشد. یون‌هایی نظیر کلر و سدیم به تنهایی می‌توانند باعث بروز سمیت در گیاه شده و در مکانیسم‌های جذب گیاه اختلال ایجاد کنند. اثر سوم در واقع از اثر دوم نشات می‌گیرد، که موجب بروز عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاه می‌شود (۸). بدین صورت که وجود یون‌های کلر و سدیم به مقدار زیاد باعث بهم خوردن تعادل عناصرغذایی در محلول خاک شده و در نهایت جذب و انتقال عناصرغذایی چون کلسیم، پتاسیم و منیزیم در گیاه دچار اختلال می‌شود (۲۴ و ۴). شوری با اخلال در فعالیت ناقل‌ها و کانال‌های انتخابی یون پتاسیم در ریشه و توقف رشد ریشه بدلیل اثرات اسمزی یون سدیم، باعث کاهش جذب آب و مواد معدنی می‌شود (۱۴). شوری، با جایگزین نمودن یون سدیم به جای کلسیم در غشا، در نفوذپذیری غشا اختلال ایجاد می‌کند. همچنین غلظت بالای یون سدیم برای متابولیسم سلول سمی است و از تقسیم سلولی جلوگیری می‌کند. یون پتاسیم در شرایط شوری با یون سدیم جهت جذب در ریشه با هم رقابت می‌کنند. نگه‌داری نسبت بالای یون پتاسیم به سدیم یک خصوصیت کلیدی در گیاهان مقاوم به تنش شوری به شمار می‌رود (۱۲). پژوهش حاضر تایید کرد که ریشه‌های تلقیح شده با مایکوریزا نسبت بالای یون پتاسیم به سدیم را در ریشه حفظ می‌کنند، که باعث رقابت پتاسیم با سدیم در غشا سلولی می‌شود. یون کلسیم نیز از جمله یون‌های مهم جهت مقاومت گیاهان به شوری می‌باشد. نسبت بالای کلسیم به سدیم در شرایط شوری از طریق حفظ ساختار غشا سلولی، باعث محافظت گیاهان در برابر اثرات نامطلوب شوری می‌شود (۱۴ و ۱۵).

قندهای محلول از جمله اسمولیت‌های مهم جهت تنظیم اسمزی در سیتوسول تحت شرایط تنش شوری هستند. افزایش تجمع قندهای محلول در پاسخ به شوری در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (۱۳). با این حال در پژوهش حاضر، تنش شوری باعث کاهش در میزان قندهای محلول در تیمارهای تلقیحی با قارچ و شاهد شد. این پدیده نشان می‌دهد که پایه‌های فلائینگ دراگون حساس به شوری، قادر به تجمع قندهای محلول جهت تحمل به شوری نیستند. از طرف دیگر تنش شوری از طریق کاهش کارایی فتوسنتز در بافت‌های فعال فتوسنتزی، باعث کاهش تجمع قندهای محلول در برگ می‌شود. در تمام سطوح شوری، دانهال‌های تلقیحی با قارچ میزان قندهای محلول بیشتری نسبت به شاهد از خود نشان دادند، که بیانگر این است که ریشه گیاهان همزیست با قارچ های مایکوریزا قادر به حفظ بهتر تعادل اسمزی طی تنش شوری می‌باشند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله کمال تشکر را از معاون پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی جهت تامین مالی طرح پژوهشی به شماره ۲۷۹۴۸ را دارند.

منابع

1- Ahmadi N., Mibus, H., and Serek M. 2009. Characterization of ethylene-induced organ abscission in F1 breeding lines of miniature roses (*Rosa* hybrid L.). Postharvest Biology and Technology, 52:260-266.
2- Bagyaraj D.J., and Reddy B.J.D. 2000. Arbascular mycorrhiza in sustainable agriculture. Scientific, Jodhpur, India.
3- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39:205-207.
4- Brumos J., Talon M., Bouhlal R., and Colmenero F.J. 2010. Cl-homeostasis in include and excluder citrus rootstocks: transport mechanisms and identification of candidate genes. Plant Cell & Environment, 33:2012-2027.
5- Chen H., and Jiang J.G. 2010. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. Environmental Review, 18:309-319.
6- Colla G., Rouphael Y., Cardarelli M., Tullio M., Rivera C.M., and Rea E. 2008. Alleviation of salt stress by arbascularmycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. Biology and Fertility of Soils, 44:501-509.
7- Duke E.R., Johnson, C.R., and Koch K.E. 1986. Accumulation of phosphorus, dry matter and betaine during NaCl stress of root citrus seedling colonized with vesicular- arbascular mycorrhizal fungi on zero, one or two halves. New Phytologist, 104:583-590.
8- Dutt S., Sharma S. D., and Kumar P. 2013. Arbascular mycorrhizas and Zn fertilization modify growth and physiological behavior of apricot (*Prunus armeniaca*). Scientia Horticulturae, 155:97-104.
9- Garcia-Sanchez F., Syversten J.P., Martinez V., and Melgar J.C. 2006. Salinity tolerance of Valencia orange trees on rootstocks with contrasting salt tolerance is not improved by moderate shade. Journal of Expiremental Botany, 57:3697-3706.
10- Ghassemi F., Jackman A.J., and Nix H.A. 1995. Salinization of land and water resources: Human causes extend management and case studies. UNSW Press, Australia.
11- Giri B., Kapoor R., and Mukerji K.J. 2007. Improved tolerance of *Anacia nilotica* to salt stress by arbascular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. Microbiology & Eclology, 54:753-760.
12- Hajlaoui H., El Ayeb N., Garrec J.P., and Denden M. 2010. Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation on the basis of root and leaf tissue senescence of two silage maize (*Zea mays* L.) varieties. Individual Crop Product, 31:122-130.
13- Hashem A., Abd Allah E.F., Abdulaziz, A., and Alqarawi A. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi enhances salinity tolerance of *Panicum turgidum* Forssk by altering photosynthetic and antioxidant pathways. Journal of Plant Interactions, 10:1-14.
14- Khalili H.A., Eissa A.M., El-Shazly S.M., and Aboul Nasr A.M. 2011. Improved growth of salinity- stressed cirus after inoculation with mycorrhizal fungi. Scientia Horticulturae, 130:624-632.
15- Kumar A., Sharma S., and Mishra S. 2010. Influence of arbascular mycorrhizal fungi and salinityon seedling growth, Solute accumulation and mycorrhizal dependency of *Jatropha curcas* L. Journal of Plant Growth and Regulators, 29:297-306.
16- Mademba S.Y., Lbegin S., and Lomerre-Desprez Z. 1999. Use of *Puncirus trifoliate* and flying dragon as dwarfing rootstocks for citrus under tropical climatic conditions. Fruits, 54(5):299-310.
17- Melgar J.C., Syvertsen J.P., Martinez V., and Garcia-Sanchez F. 2008. Leaf gas exchange, water relation, nutrient content and growth in citrus and olive seedling under salinity. Biologia Plantarum, 52 (2):385-390.
18- Murkute A.A., Sharma S., and Singh S.K. 2006. Studies on salt stress tolerance of citrus rootstock genotypes with arbascular mycorrhizal fungi. Horticulure Science, 33:70-76.
19- Nemati I., Moradi F., Gholizadeh S., Esmaeili M.A. and Bihamta M.R. 2011. The effect of salinity stress on ions and soluble sugers distribution in leaves, leaf sheaths and roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedling. Plant and Soil Environment, 57:26-33.
20- Nichols K.A., and Toro M. 2011. A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation. Soil Tillage Resourse, 111:99-104.
21- Nieves M., Cerda A., and Botella M. 1991. Salt tolerance of two lemon scions measured by leaf chloride and sodium accumulation. Journal of Plant Nutrition, 14:623-636.
22- Peng S.L., Shen H., Yuan J.J., Wei C.F., and Guo T. 2011. Impact of arbascular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil. Acta Ecology Sinica, 31:498-505.
23- Phillips J.M., and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbascular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transaction of the British Mycological Society, 55:158- 161.

24- Romero- Aranda R., Moya L., Tadeo F.R., Legaz F., Primo- Millo E., and Talon M. 1998. Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and tolerant citrus: beneficial and detrimental effects of cations. Plant Cell Environment, 21:1243-1253.
25- Sheng M., Tang M., Chen H., Yang B., Zhang F., and Haung Y. 2008. Influence of arbascular mycorrhiza on photosynthesis and water statues of maize plants under salt stress. Mycorrhiza, 18:287-296.
26- Storey R., and Walker R.R. 1999. Citrus and salinity. Scientia Horticulturae, 78:39-81.
27- Tsang A., and Maum M.A. 1999. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Strophostyle helvola* in coastal foredunes. Plant Ecology, 144:159-166.
28- Wu Q.S., and Xia R.X. 2006. Arbascular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well- watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology, 163:417-425.
29- Wu Q.S., Zou Y.N., and He H.X. 2010. Contribution of arbascular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedling under salt stress. Acta Physiologiae Plantarum, 32:297-304.
30- Zekri M., and Parsons L.R. 1992. Salinity tolerance of citrus rootstocks: Effects of salt on root and leaf mineral compositions. Plant Soil, 147:171-181.
31- Zou Y.N., Liang Y.C., and Wu Q.C. 2013. Mycorrhizal and non-mycorrhizal response to salt stress in trifoliate orange: plant growth, root architecture and soluble suger accumulation. International Journal of Agriculture & Biology, 15:565-569.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 335-344
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۴۴-۳۳۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Mycorrhizal Fungi on Morphophysiologicaland Nutritional Factors of Flying Dragon Rootstock under Salt Stress

B. Abedi[1]*- B. Esfandiari[2]
Received: 28-01-2018
Accepted: 18-04-2018

Introduction: Citrus is highly sensitive to water and soil salinity. About 13 percent decrease of citrus yield per each 1 dS m^{-1} increase in salinity above 1.4 dS m^{-1}. Arbuscularmycorrhizal (AM) fungi are probably distributed in most soils and approximately 90% of higher plant species examined interact with AM fungi.AM growth hyphae increased root level, water absorption efficiency and nutrient distribution specially phosphorus and zinc. More biomass and less proline content in citrange "carrizo" inoculated with *Glomusintraradices* in compare with non-inoculated treatment under different salinity levels. Two symbiosis AM (*Glomusmosseae* and *Paraglomusoccultum*) through growth improving, photosynthetic rate and root structure could reduce adverse effects of salinity under 100 mM sodium chloride concentration. We analyzed the impact of two mycorrhizal fungi under salinity stress. Our objectives were to determine how AM symbiosis can alleviate adverse effect of salinity and which of our mycorrhizal fungi show better results.

Materials and Methods: Seed of Flying dragon were sterilized by immersion in 70% alcohol for 4 min, rinsed 5 times with distilled water and germinated in jiffy pots at 27ºC. 25 g of fungi (Glomusmosseae and Paraglomusoccultum) per pot were used while non-AM fungi treatments received the same weight of growth media. The experimental design conducted in a completely randomized design as a factorial form. First factor was four levels of salinity (0, 50, 100 and 150 mMNaCl) and the second factor was two different genotypes of mycorrhizal fungi. Six replicates of each treatment were applied. Control treatments were irrigated with distilled water. Shoot and root dry weight were measured. Concentration of proline was measured by the method of Bates et al (3). AM colonization was estimated in according to with Hashem et al (14) with using light microscopy. Relative water content (RWC) was measured by Wu and Xia (28). The sucrose and glucose were determined by Wu et al (29) method. Na+, K+ and Ca+ concentrations in leaves were measured by using atomic absorption spectrometer. The data were analyzed by two factor ANOVA using JMP 7 software. Least significant difference (LSD, $\alpha<0.05$) was used in order to compare the significant difference between treatments.

Results and Discussion: The highest colonization occurred in control treatmentin which inoculated with *Paraglomusoccultum*, andthe lowest colonization was in 150 mM treatment of NaCl that inoculated with *Glomus mosseae*. Salinity cause more remarkable decrease on colonization of *Glomus mosseae*than*Paraglomusoccultum*. This indicated that each different mycorrhizal species had different potential during salinity. Salinity had reduced leaf number, relative water content stem diameter, leaf area index, root and shoot dry weight, regardless of the inoculation with AM fungi. Byincreasing salt levels, stem diameter and leaf area index (LEI) remarkably decreased, but colonized seedlingespecially in low salt concentration partly displayed better condition. In LEI and stem diameter, according to the results of mycorrhizal inoculation, even in high salinity (150 mM) had shown significance difference (Table 1). During increasing of salinity level, sucrose content in inoculated treatments decreased, while in un-inoculated ones it was reverse. Only in 100 mM sodium chloride treatments observed different significant between two AM fungi. In addition, the inoculated AM fungi had higher concentration of glucose than un-inoculated treatments. Proline concentration was increased 22% and 32% in *G. mosseae*and*P.occultum,*respectively. Although proline content increased with salinity intensity, no significant differences were observed between two AM fungi. In high salinity treatments (100 and 150 mM), proline content has been shown significantly difference in compare with no AM fungi inoculation (Table 2). Compared to the control treatment, Na^+ but not K^+ concentrations were markedly increased under 100 mM sodium chloride. With comparing two different AM fungi, no significant difference were found in K^+, Na^+, Ca^+ ,K^+/ Na^+ and Ca^+/ Na^+. Under the non salinity and salinity conditions, AM symbiosis notably decreased the Na^+ concentration in compared with non-inoculated treatments.Salinity significantly decreased the ratio of K^+/ Na^+ and Ca^+/ Na^+. Leaves of AM seedlings have shown higher K^+/Na^+ and Ca^+/Na^+ ratios than the non-AM inoculated seedlings at three salinity levels. A reduction in mycorrhizal fungi colonization in citrus plants grown under saline condition was expected since it has been shown that AM fungi may be influenced by salinity during spore germination. This is consistent with other results. According to the results colonization rate of two AM

1-Assistant Professor and Ph.D student of Department of Horticulture and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran
(*- Corressponding Author Email: abedy@um.ac.ir)

fungi displayed different results, suggesting that *P.occultum*contained a better colonization than *G. mosseae*. Significant increase in growth parameters, namely, height, diameter, root length, and leaf area was more evident for the seedlings inoculated with *G. fasciculatum* and *G.mosseae*. Salinity reduces the water potential of the roots, causing reduction in growth rate, along with a suite of metabolic changes similar to those caused by water stress. From the present results it can be deduced that the reduction in plant growth due to increased salinity can be attributed to the osmotic effects of salts. Osmotic stress is a problem stemming from salt stress, and the resulting decrease in chemical activity causes cells to lose turgor.

Conclusions: Under salt stress, plant growth and biomass would be slowed down. The reasons may be the non-availability of nutrients and the expenditure of energy to counteract the toxic effects of NaCl. However, mycorrhization was found to increase the compatibility of the host plant by enhancing its growth. Several researchers have reported that AM fungi-inoculated plants grew better than non-inoculated plants under salt stress. Conclusion based on various studies on the effect of several mycorrhizalinoculums on the seedling growth, it was clear that AMfungi could be infected effectively, and their shoot and rootgrowth, especially fibrous root growth, was significantlyimproved, compared with the control. For alleviating the adverse effects of salinity in Flying Dragon rootstock, inoculating with mycorrhizal fungi is suggested. However, in respect of AM symbiosis, the fundamental pertinent mechanism pathways are still not completely clear.

Keywords: Arbascular mycorrhizal, Citrus and salinity

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 345-357
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۵۷-۳۴۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

تأثیر ترکیب خاک معدنی توف با بسترهای آلی مرسوم بر برخی ویژگی‌های رشدی و گلدهی آلسترومریا گلدانی

جیران قنبری زاده[۱]- داود نادری[۲*]- احمد رضا گلپرور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

چکیده

گیاه زینتی آلسترومریا با عمر گل بالا به صورت شاخه بریده و گلدانی در منازل و فضاهای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه، انتخاب بستر کشت مناسب یکی از عوامل اصلی تولید گیاهان گلدانی با کیفیت می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر بسترهای کشت پیت‌ماس، کوکوپیت، خاک‌برگ و کمپوست مصرفی قارچ در سه سطح (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد) در ترکیب با خاک معدنی و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد خاک معدنی توف) بر خصوصیات رشدی و گلدهی آلسترومریا گلدانی، در سال ۱۳۹۴ آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) اجرا شد. در نهایت تعداد برگ، تعداد گل و تعداد شاخه گل‌دهنده، وزن تر و خشک اندام هوایی، اندازه ریزوم و ماندگاری گل‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد، بیشترین تعداد برگ، گل و تعداد شاخه‌های گل‌دهنده، اندازه ریزوم و وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۸۰ درصد پیت‌ماس به همراه ۲۰ درصد خاک معدنی مشاهده گردید. همچنین بیشترین ماندگاری گل در تیمارهای ۸۰ درصد پیت‌ماس و ۴۰ درصد کوکوپیت در ترکیب با خاک معدنی حاصل شد. از طرفی، بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمارهای ۸۰ درصد پیت‌ماس و ۶۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ به همراه خاک معدنی مشاهده شد. طبق نتایج این پژوهش، وجود پیت‌ماس و کوکوپیت در بستر تأثیر معنی‌داری بر افزایش خصوصیات رشدی و گلدهی آلسترومریا نشان دادند. بنابراین کاربرد این مواد در ترکیبات بستر جهت رشد گیاهان گل‌دار به خصوص آلسترومریا توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، پیت‌ماس، خاک‌برگ، کمپوست مصرفی قارچ، کوکوپیت

مقدمه

گل آلسترومریا یا سوسن پرویی[۴] از خانواده سوسن‌سانان[۵]، گیاهی علفی و تک لپه به صورت یک‌ساله یا چندساله حساس به سرما که در مناطق گرمسیری گیاهی علفی دائمی است (۳۹) و به علت دارا بودن گل‌های بسیار زیبا با طیف رنگ‌های نارنجی، صورتی، بنفش، قرمز، زرد، سفید، دوره گلدهی مناسب و همچنین عملکرد بالا، مورد توجه بسیاری از افراد می‌باشد (۱۷ و ۲۲). آگاهی از شرایط محیطی مطلوب شامل دما، نور، تهویه و بستر کشت مناسب جهت رشد بهینه در افزایش عملکرد و کیفیت گیاهان نقش مؤثری دارد. یکی از عوامل تولید که در پرورش گل و گیاهان زینتی دارای اهمیت فراوان است، توجه به بستر کشت آن‌ها می‌باشد. یک بستر کشت مناسب افزون بر داشتن ویژگی‌های مطلوب فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، باید در دسترس، به نسبت ارزان، پایدار و به اندازه کافی سبک باشد تا کار با آن آسان‌تر و هزینه حمل و نقل آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد (۴۲ و ۳). امروزه کشاورزی پایدار بر پایه‌ی مصرف مواد آلی و کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش مصرف مواد شیمیایی می‌تواند نقش مهمی در باروری، حفظ فعالیت‌های زیستی، بهبود سلامت محصولات کشاورزی و راه حلی برای کاهش خسارات زیست محیطی حاصل از مصرف کودهای شیمیایی به شمار آید (۲۳ و ۵۱). بسترهای آلی مورد استفاده در این صنعت شامل پیت‌ماس، بقایای چوب، الیاف نارگیل، تفاله‌ی نیشکر، خاکبرگ، کمپوست مصرفی قارچ و بسترهای

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشکده کشاورزی گروه علوم باغبانی
۲- استادیار گروه علوم باغبانی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
۳- دانشیار گروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
(*-نویسنده مسئول: Email: d.naderi@khuisf.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.66183
4- *Alstroemeria* spp.
5- Liliaceae

معدنی شامل پرلیت، ورمی‌کولیت، پشم سنگ، فوم پلی‌استر، شن و غیره می‌باشند. مواد آلی به صورت عامل چسباننده، ذرات خاک را به هم متصل نموده، خاک را نرم و متخلخل می‌کند و باعث تهویه مطلوب، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و همچنین حاصلخیزی خاک می‌گردد (۱۸). استفاده از کودهای آلی مانند کود سبز و کمپوست نیز به افزایش ماده آلی، نیتروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی، تبادلات گازی، بهبود ساختمان خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک منتهی می‌شود (۹).

کمپوست مصرفی قارچ یکی از فرآورده‌های جانبی صنعت تولید قارچ‌های خوراکی است که به بقایای بستر پرورش قارچ اطلاق می‌شود و می‌تواند به عنوان یکی از اصلاح‌کننده‌های آلی با کیفیت، نقش مؤثری در افزایش پایداری سیستم‌های زراعی داشته باشد. این ماده آلی می‌تواند در موارد مختلف کشاورزی و باغبانی جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بهبود شرایط زهکشی و افزایش فعالیت میکروبی در خاک مورد استفاده قرار گیرد (۱۲ و ۲۷). کوکوپیت نیز بستری سبک با تخلخل بالا (بیش از ۹۴ درصد) و اسفنجی شکل شبیه پیت ماس است که از فرآوری پوسته‌ی میوه نارگیل به دست می‌آید. این ماده از تهویه مطلوبی برخوردار بوده، آب را نسبتاً به خوبی در دسترس گیاه قرار می‌دهد و به عنوان یک ماده جاذب مناسب برای حذف فلزات سنگین موجود در آب آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۱ و ۳۷). همچنین موادی مانند پیت و دیگر خاک‌های آلی به طور معمول در اسپانیا به عنوان سوبستریت در تولید گیاهان زینتی به کار می‌روند (۱۶).

پیت ماس به عنوان ماده گیاهی دارای pH اسیدی بین سه تا چهار است که به مقدار کمی تجزیه شده و در زمین‌های مرطوب و شرایط بی‌هوازی مانند مرداب‌ها و باتلاق‌ها تشکیل می‌گردد (۲۶ و ۱۴). اهمیت پیت به عنوان بخشی از مواد تشکیل‌دهنده بستر کشت مربوط به خصوصیاتی است که مهم‌ترین آن‌ها ظرفیت نگهداری آب بالا، تهویه مناسب، وزن حجمی کم، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و EC پایین است (۵). به طور کلی پیت دارای خصوصیاتی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی عالی برای رشد گیاه می‌باشد که این خصوصیات با توجه به شرایط اولیه تولید آن، می‌تواند متفاوت باشد (۲۴ و ۳۰). به عنوان مثال، پیت‌های جوان یا کمتر تجزیه شده نسبت به پیت‌هایی که بیشتر تجزیه شده‌اند، تمایل به ظرفیت نگهداری آب بیشتری دارند (۱۳ و ۴۱). خاکبرگ نیز یکی دیگر از مواد آلی است که به وسیله کاهش جرم حجمی باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود و همچنین موجب افزایش تخلخل کل و ظرفیت نگهداری آب می‌گردد (۴۵).

در یک پژوهش در ارتباط با تأثیر بسترهای مختلف کشت بر روی خصوصیات رویشی گیاه ژربرا مشخص شد که بیشترین طول دمگل و قطر گل در ترکیب بستر کشت حاوی کوکوپیت، کمپوست مصرف شده قارچ، خاک باغچه، سیلت و شن حاصل شده است (۱۹). در پژوهشی دیگر بیشترین ارتفاع گیاه، قطر گل، تعداد ریشه و شاخه جانبی گل کوکب در بستر کوکوپیت و بیشترین تعداد گل در ترکیب بستر حاوی سیلت، کوکوپیت، پسماند فاضلاب، کمپوست مصرفی قارچ و پوست برنج حاصل شد (۴۶). در مطالعه‌ای دیگر بیشترین تعداد ریشه اولیه، طول ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه و همچنین کیفیت در گیاه دراسنا، در بستر کشت حاوی ماسه، کمپوست مصرفی قارچ، کوکوپیت و پیت مشاهده گردید (۵۰). بیشترین قطر ساقه اصلی و برگ اولیه گیاه شاه‌پسند در بستر ترکیبی حاوی خاک معمولی، پرلیت و پیت (به ترتیب با نسبت‌های ۴۰، ۳۰ و ۳۰ درصد) حاصل شد (۳۳). همچنین، بیشترین وزن خشک ساقه گل‌های پریوش و حنا و بیشترین قطر ساقه گل پریوش در بستر کشت حاوی کمپوست زباله‌های گیاهی، پیت‌ماس و پرلیت (به ترتیب با نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۲۵ درصد) مشاهده گردید (۳۶).

با توجه به اهمیت گل آلسترومریا در صنعت گل‌کاری به صورت گل شاخه بریده و گلدانی، در این پژوهش تأثیر مواد آلی مختلف در ترکیب با ماده معدنی توف، در بستر کشت بر خصوصیات رشدی این گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است طبق تحقیقات صورت گرفته تابحال هیچ پژوهشی در مورد ماده معدنی توف گزارش نشده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در محل مرکز تحقیقات گلخانه‌ای دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) انجام شد. جهت کشت گیاهان در ترکیب‌های مختلف بستر کشت، ابتدا ریزوم‌ها با سایز نسبتاً یکسان دارای سه تا چهار ساقه‌ی دو تا دو و نیم سانتی‌متری در عمق پنج سانتی‌متری گلدان‌ها کشت شدند. کف هر گلدان چهار لیتری، حدود سه سانتی‌متر لیکا جهت زهکش ریخته شد و مابقی حجم گلدان با ترکیب‌های مختلف بسترهای کشت پر گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل خاک معدنی توف به عنوان شاهد، کوکوپیت، کمپوست مصرفی قارچ، پیت‌ماس و خاکبرگ (به ترتیب با نسبت‌های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد) در ترکیب با خاک معدنی (به ترتیب با نسبت‌های ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد) مورد بررسی قرار گرفت. منشأ خاک معدنی مورد استفاده از سنگی به نام توف بود که از تحکیم خاکسترهای آتشفشانی حاصل

می‌شود. حدود چهل روز پس از کاشت گیاهان، گل‌های به وجود آمده روی بوته‌ها حذف شد تا گیاهان در محیط کشت جدید استقرار یابند. پس از کاشت ریزوم‌ها و انجام آبیاری اولیه، آبیاری مطابق با شرایط بستر کشت و شرایط محیطی در فصل بهار سه روز یک‌بار و در فصل تابستان دو روز یک‌بار بر اساس ظرفیت مزرعه‌ای بسترها صورت گرفت. در طول مدت رشد، مبارزه با حشرات و آفات بر طبق روش‌های مبارزه بیولوژیک با استفاده از کارت زرد تله برای جذب حشرات مخصوصاً مگس سفید انجام شد. در طول مدت اجرای پژوهش برای خنک کردن محیط رشد گیاهان از سیستم فن و پد استفاده شد. دمای روزانه و شبانه در گلخانه به‌ترتیب ۲۵ و ۱۸ ± ۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی گلخانه حدود ۵۰ درصد بود.

برای ارزیابی صفات مورد نظر در پایان آزمایش تعداد برگ‌های هر ساقه در هر گیاه شمارش و در نهایت مجموع آن‌ها محاسبه شد. همچنین، تعداد گل‌های تشکیل شده روی هر بوته در طول اجرای پژوهش شمارش و در انتها میانگین گرفته شد. جهت ارزیابی میزان ماندگاری گل‌ها روی ساقه، زمان تغییر رنگ غنچه‌های گل از رنگ سبز و باز شدن آن‌ها تا زمان شروع پژمردگی و از بین رفتن گلبرگ‌ها یادداشت و تعداد روز محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری صفت اندازه ریزوم، تفاوت اندازه ریزوم در ابتدا و انتهای آزمایش مدنظر قرار گرفت. همچنین جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی، تمامی ساقه‌ها و جوانه‌ها از ریزوم جدا و به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از خشک شدن، وزن خشک آن‌ها ارزیابی شد.

آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی ترکیب‌های مختلف بستر کشت

بدین منظور، میزان اسیدیته (pH) با استفاده از دستگاه pH متر مدل ۲۶۲ و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC) توسط هدایت‌سنج متر – اهم مدل ۶۶۴ ارزیابی شد (۶).

میزان فسفر بسترهای کشت طبق روش اولسن با استفاده از اسپکتروفتومتر، نیتروژن طبق روش کجلدال و پتاسیم به وسیله فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (۷، ۲۵ و ۳۵). غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز نیز توسط دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۰۳۰[1] قرائت گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) از طریق اندازه‌گیری غلظت سدیم خارج شده به کمک روش شعله‌سنجی و محاسبه آن بر حسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم نمونه به دست آمد (۳۸). همچنین کربن آلی بر طبق روش والکی بلک[2] اندازه‌گیری شد (۲۰).

نتایج آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی ترکیب‌های آلی و معدنی مورد استفاده در جدول (۱ و ۲) گزارش شده است. جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری، نمونه‌های خشک شده به میزان ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب در استوانه مدرج قرار داده شد و پس از وزن شدن، جرم مخصوص ظاهری بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه گردید. وزن مخصوص حقیقی نیز توسط پیکنومتر بر طبق فرمول (وزن مخصوص حقیقی = وزن نمونه/ حجم نمونه) ارزیابی شد. به طوری که، حجم نمونه: (وزن خشک نمونه + وزن آب و پیکنومتر) – وزن پیکنومتر و محلول نمونه‌ها در نظر گرفته شد (۶).

جهت محاسبه ظرفیت نگهداری آب، بسترهای کشت توسط آب اشباع و سپس روی کاغذ صافی قرار داده شد تا آب ثقلی آن‌ها خارج شود. پس از خروج آب ثقلی، میزان رطوبت باقیمانده پس از خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، به روش وزنی تعیین گردید (ظرفیت نگهداری آب= وزن تر بستر – وزن خشک بستر / حجم سیلندر × ۱۰۰) (۲۹). برای اندازه‌گیری میزان تخلخل نیز، ابتدا یک استوانه فلزی را داخل بافت بستر مورد نظر فرو کرده و بدون اینکه بافت به هم بخورد، به اندازه آن نمونه انتخاب گردید. سپس در یک استوانه به حجم ۱۰۰۰ سی‌سی، ۶۰۰ سی‌سی آب به همراه نمونه مورد نظر ریخته شد. پس از آن تا زمانی که حباب‌های آن به طور کلی خارج شود، حجم مخلوط به دست آمده محاسبه شد که محاسبه این اختلاف میزان تخلخل کل بستر را مشخص کرد (درصد تخلخل خاک= ۱– وزن مخصوص ظاهری خاک / وزن مخصوص حقیقی خاک × ۱۰۰) (۶).

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه با ۱۳ تیمار و در چهار تکرار اجرا شد. در نهایت ۵۲ واحد آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد آماری و رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

1- Perkin-Elmer 3030

2- Walkely-Black

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک معدنی توف و بسترهای آلی

Table 1- Physical properties of tuff mineral soil and organic media

خصوصیات فیزیکی Physical properties	مواد اولیه Substrate				
	خاکبرگ Leaf manure	پیت‌ماس Peat moss	کمپوست مصرفی قارچ Mushroom compost	کوکوپیت Cocopeat	خاک معدنی توف Tuff mineral soil
تخلخل Porosity (%)	49	94	65.5	87	5.65
ظرفیت نگهداری آب Water holding capacity (%)	74.55	359.1	110.53	517.85	48.55
وزن مخصوص حقیقی Actual density of soil (g/cm^3)	1	0.16	2	0.43	2.2
وزن مخصوص ظاهری Apparent specific weight of soil (g/cm^3)	0.88	0.12	0.73	0.13	0.85

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک معدنی توف و بسترهای آلی

Table 2- Chemical properties of tuff mineral soil and organic media

خصوصیات شیمیایی Chemical Properties	مواد اولیه Substrate				
	خاکبرگ Leaf manure	پیت‌ماس Peat moss	کمپوست مصرفی قارچ Mushroom compost	کوکوپیت Cocopeat	خاک معدنی توف Tuff mineral soil
اسیدیته pH	7.53	4.85	7.43	6.39	7.96
هدایت الکتریکی EC (dS/m)	7.54	1.45	5.37	4.39	5.64
کربن آلی OC (%)	12.52	47.76	13.58	44.63	0.18
نسبت کربن به نیتروژن C/N	7.82	41.89	7.94	36.28	18
ظرفیت تبادل کاتیونی CEC	31.58	69.02	24.06	60.02	25.7
نیتروژن N (%)	1.6	1.14	1.71	1.23	0.01
فسفر P (mg/kg)	100.46	73.72	178.38	89.74	13.42
پتاسیم K (mg/kg)	5450	7291.4	6400	9217.1	189.95
آهن Fe (mg/kg)	72.74	63.31	47.53	0.563	87
منگنز Mn (mg/kg)	38.82	70	26.45	2.02	7.32
مس Cu (mg/kg)	1.3	6.09	2.83	46.60	1.43
روی Zn (mg/kg)	47.75	73.4	28.55	17.13	1.5

نتایج

تعداد برگ، گل و شاخه گل‌دهنده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، پارامترهای رشدی گیاه آلسترومریا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع بستر کشت قرار گرفتند به‌طوری که، اثر تیمار بسترهای کشت بر تعداد برگ، تعداد گل و تعداد شاخه گل‌دهنده در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بر طبق نتایج بیشترین تعداد برگ (۷۳۴/۵) و شاخه گل‌دهنده (۱۱/۷۵) در تیمار ۸۰ درصد پیت‌ماس حاصل شد که تفاوت معنی‌داری را با گروه شاهد (۱۰۰ درصد خاک معدنی توف) نشان داد. بیشترین تعداد گل (۵۱) نیز در تیمار ۸۰ درصد پیت‌ماس به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۶۰ درصد کوکوپیت به همراه خاک معدنی نشان نداد. علاوه بر آن، در تیمار ۱۰۰ درصد خاک معدنی، اندام هوایی گیاه هیچ‌گونه رشد رویشی نداشت و در بین سایر بسترهای کشت مورد مطالعه کمترین میانگین تعداد گل و تعداد برگ در تیمار ۸۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ به ترتیب با میزان ۴/۷۵ و ۱۷۱/۷۵ عدد حاصل شد (جدول ۴) و کمترین میزان تعداد شاخه گل‌دهنده در تیمارهای ۸۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ، ۴۰ و ۶۰ درصد خاکبرگ و خاک معدنی (۱۰۰ درصد) به دست آمد (جدول ۴).

اندازه ریزوم و ماندگاری گل

با توجه به نتایج، شاخص اندازه ریزوم و ماندگاری گل آلسترومریا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف بستر کشت قرار گرفتند (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین میانگین اندازه ریزوم (۷/۷۸ سانتی‌متر) در تیمار حاوی ۸۰ درصد پیت‌ماس مشاهده شد که با تیمار ۶۰ درصد کوکوپیت تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کمترین میزان این صفت نیز در تیمارهای خاک معدنی (۱۰۰ درصد) و ۸۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ به ترتیب با میزان ۳/۶۳ و ۳/۸ سانتی‌متر مشاهده شد.

در رابطه با شاخص ماندگاری گل، بیشترین میزان ماندگاری (۲۰ روز) در تیمارهای ۸۰ درصد پیت‌ماس و ۴۰ درصد کوکوپیت مشاهده گردید که با میانگین تیمارهای ۶۰ درصد پیت‌ماس و ۸۰ درصد کوکوپیت (۱۸/۲۵ روز) تفاوت معنی‌داری نداشت. در تیمار ۱۰۰ درصد خاک معدنی توف، گل آلسترومریا هیچ گونه ماندگاری نداشت و بعد از آن کمترین میزان ماندگاری گل در تیمار ۸۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ با ۱۰/۷۵ روز به دست آمد که با تیمار خاکبرگ ۴۰ درصد با میزان ۱۱/۵ روز تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴).

وزن تر و خشک اندام هوایی

بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارهای مختلف بستر کشت بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد، نسبت‌های مختلف ترکیب‌های آلی و معدنی ، تأثیرات متفاوتی را بر عملکرد وزن تر و خشک گیاه آلسترومریا به همراه داشت. به طوری‌که، افزودن ۸۰ درصد پیت ماس و ۶۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ در مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش وزن تر اندام هوایی گل آلسترومریا گردید. اگرچه کمترین وزن تر اندام هوایی در تیمارهای خاک معدنی (۱۰۰ درصد) و ۸۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ حاصل شد (شکل ۱). همچنین بیشترین وزن خشک اندام هوایی گیاه در تیمار ۸۰ درصد پیت‌ماس و کمترین میزان در تیمارهای خاک معدنی (۱۰۰ درصد) و ۸۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ به دست آمد (شکل ۲).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر بستر کشت بر برخی از خصوصیات گیاه آلسترومریا

Table 3- Analysis of variance for the effects of media culture on some traits of alstroemeria

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	ماندگاری گل Flower longevity	اندازه ریزوم Rhizome size	تعداد شاخه گل‌دهنده Number of flowering branches	تعداد گل Number of flower	تعداد برگ Number of leaves
بستر کشت Culture medium	12	50.78**	7346.30**	111.56**	5.52**	47.19**	1050.54**	150518.5**
خطا Error	39	0.44	43.62	4.57	0.57	0.63	10.78	1275.4
ضریب تغییرات CV (%)		8.17	7.26	15.03	14.27	16.36	14.08	9.46

**: معنی‌دار شدن در سطح آماری ۰/۰۱

**: statistically significant at the 0.01 probability level.

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای مختلف بستر کشت بر خصوصیات رویشی و ماندگاری گل آلسترومریا

Table 4- Mean comparison of the effects of different treatment of media culture on vegetative characteristics and shelf life of alstroemeria flower

تیمارهای بستر کشت Culture medium treatments (%)	ماندگاری گل Flower longevity (Day)	اندازه ریزوم Rhizome size (cm)	تعداد شاخه گل‌دهنده Number of flowering branches	تعداد گل Number of flower	تعداد برگ Number of leaves
کوکوپیت (۴۰ درصد) + خاک معدنی (۶۰ درصد) Mineral soil (60 %) + Cocopeat (40 %)	20^{a}	6.25^{bc}	8.75^{b}	40^{b}	654^{b}
کوکوپیت (۶۰ درصد) + خاک معدنی (۴۰ درصد) Mineral soil (40 %) + Cocopeat (60 %)	16.25^{bc}	6.9^{ab}	9^{b}	47^{a}	537^{c}
کوکوپیت (۸۰ درصد) + خاک معدنی (۲۰ درصد) Mineral soil (20 %) + Cocopeat (80 %)	18.25^{ab}	5.45^{cde}	5.5^{cd}	30.75^{c}	374^{def}
کمپوست مصرفی قارچ (۴۰ درصد) + خاک معدنی (۶۰ درصد) Mineral soil (60 %) + Mushroom compost (40 %)	14.5^{cde}	4.88^{def}	4.25^{ef}	23^{d}	357.5^{ef}
کمپوست مصرفی قارچ (درصد ٪) + خاک معدنی (۴۰ درصد) Mineral soil (40 %) + Mushroom compost (60 %)	15.5^{bcd}	5.7^{cd}	3.75^{f}	17.5^{e}	403^{de}
کمپوست مصرفی قارچ (۸۰ درصد) + خاک معدنی (۲۰ درصد) Mineral soil (20 %) + Mushroom compost (80 %)	10.75^{f}	3.8^{fg}	1.5^{g}	4.75^{g}	171.75^{h}
پیت‌ماس (۴۰ درصد) + خاک معدنی (۶۰ درصد) Mineral soil (60 %) + Peat moss (40 %)	15.25^{bcd}	5.05^{cde}	5.25^{de}	26.5^{cd}	267.75^{g}
پیت‌ماس (۶۰ درصد) + خاک معدنی (۴۰ درصد) Mineral soil (40 %) + Peat moss (60 %)	18.25^{ab}	5.18^{cde}	6.5^{c}	30.25^{c}	426.75^{d}
پیت‌ماس (۸۰ درصد) + خاک معدنی (۲۰ درصد) Mineral soil (20 %) + Peat moss (80 %)	20^{a}	7.78^{a}	11.75^{a}	51^{a}	734.50^{a}
خاکبرگ (۴۰ درصد) + خاک معدنی (۶۰ درصد) Mineral soil (60 %) + Leaf manure (40 %)	11.5^{ef}	4.25^{efg}	1.5^{g}	6.75^{fg}	238.75^{g}
خاکبرگ (۶۰ درصد) + خاک معدنی (۴۰ درصد) Mineral soil (40 %) + Leaf manure (60 %)	12.25^{def}	4.75^{d-g}	2^{g}	10.25^{f}	335^{f}
خاکبرگ (۸۰ درصد)+ خاک معدنی (۲۰ درصد) Mineral soil (20 %) + Leaf manure (80 %)	12.5^{def}	5.2^{cde}	3.25^{f}	15.25^{e}	405.5^{de}
خاک معدنی (۱۰۰ درصد) Mineral soil (100 %)	0^{g}	3.63^{fg}	0^{h}	0^{h}	0^{i}

در هر ستون، میانگین‌هایی با حروف مشترک یکسان فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD می‌باشند

The values in each column followed by the same letters are not significantly different according to LSD test at the 0.05 probability level

شکل ۱- مقایسه میانگین بسترهای کشت بر وزن تر اندام هوایی آلسترومریا. ستون‌ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. (مابقی نسبت‌های بستر کشت در هر تیمار، خاک معدنی توف می‌باشد)

Figure 1- Mean comparison of the effects of culture medium on shoot fresh weight of alstroemeria. The values followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 probability level of LSD, (Other ratios of the culture medium in each treatment are tuff mineral soils)

شکل ۲- مقایسه میانگین بسترهای کشت بر وزن خشک اندام هوایی آلسترومریا.، ستون‌ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. (مابقی نسبت‌های بستر کشت در هر تیمار، خاک معدنی توف می‌باشد)

Figure 2- Mean comparison of the effects of culture medium on shoot dry weight of alstroemeria. The values followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 probability level of LSD, (Other ratios of the culture medium in each treatment are tuff mineral soils)

بحث

تعیین بستر کشت مناسب جهت به دست آوردن گیاهانی زینتی با عملکرد مطلوب، بسیار حائز اهمیت است. بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش، ترکیب‌های آلی و معدنی بسترهای کشت با نسبت‌های ترکیبی مختلف، اثرات متفاوتی را بر رشد و نمو گیاه آلسترومریا نشان دادند. به طوری که، در بین ترکیب‌های مورد بررسی، بسترهای کشت حاوی ۸۰ درصد پیت‌ماس و ۶۰ درصد کوکوپیت در ترکیب با خاک معدنی توف بیشترین تأثیر را بر اکثر پارامترهای رشدی مورد بررسی به همراه داشتند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت می‌تواند تأثیر بسزایی در پارامترهای رشدی گیاهان داشته باشد. از

دلایل بهبود برخی از خصوصیات رشدی گیاه آلسترومریا از جمله تعداد برگ، گل، شاخه گل‌دهنده، اندازه ریزوم، ماندگاری گل و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه در بسترهای کشت حاوی ۸۰ درصد پیت‌ماس می‌تواند به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مطلوب بستر کشت باشد. پیت‌ماس به عنوان ماده آلی گیاهی دارای pH اسیدی، هدایت الکتریکی پایین و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا می‌باشد که به علت افزایش فعالیت میکروبی، ظرفیت نگه‌داری آب بالا، درصد تخلخل زیاد و در نتیجه تهویه و شرایط زهکشی مناسب، می‌تواند شرایط رشد و توسعه مطلوب ریشه و اندام هوایی گیاه را فراهم سازد (۵ و ۲۴).

همچنین بهبود خصوصیات رشدی گیاه در بستر کشت حاوی پیت‌ماس می‌تواند در نتیجه جذب بهینه عناصر غذایی از جمله ازت، پتاسیم و فسفر توسط گیاه در این بستر باشد که در نهایت منجر به افزایش خصوصیات کمی و کیفی گل از جمله تعداد گل و ماندگاری آن می‌گردد (۲۰ و ۱۰). با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز خصوصیات شیمیایی بسترهای کشت، بستر پیت‌ماس به لحاظ دارا بودن بیشترین میزان عناصر غذایی منگنز و روی نسبت به سایر بسترها، تأثیر بسزایی را در رشد و عملکرد گیاه نشان داد (جدول ۲). با توجه به رابطه بین وجود مقدار کافی روی در گیاه و تولید آنزیم کربونیک انیدراز، این آنزیم نقش مهمی در فتوسنتز گیاه به عهده دارد و سبب افزایش تولید کربوهیدارت‌ها می‌شود (۴۹). همچنین عنصر روی به عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز آمینو اسید تریپتوفان که به عنوان پیش ماده سنتز اکسین عمل می‌کند، حائز اهمیت است. برخی از محققان نیز معتقدند که این عنصر در مسیر تبدیل تریپتوفان به ایندول استیک اسید در مرحله نهایی سنتز اکسین عمل می‌کند (۱۵). منگنز نیز با فعال ساختن ایندول استیک اسید اکسیدازها سبب اکسایش ایندول استیک اسید می‌شود. وجود منگنز در فتوسیستم II که در واکنش‌های تجزیه آب شرکت می‌کند نیز ضروری به شمار می‌رود (۴۸ و ۴۷). بنابراین استنباط می‌شود، بالا بودن میزان برخی از عناصر غذایی در بستر کشت پیت‌ماس و در نتیجه آن جذب این عناصر توسط گیاه، منجر به افزایش شدت فتوسنتز گیاه و در نتیجه انتقال بیشتر کربوهیدرات به ریشه‌ها و افزایش رشد و عملکرد گیاه شده است. علاوه بر آن، بخشی از محصولات فتوسنتزی منتقل شده به ریشه‌ها که مصرف نمی‌شوند به بیرون از ریشه‌ها ترشح می‌شود که به شکل انواع اسیدهای آلی و کربوهیدارت‌ها ریزوسفری سبب افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین تأثیر مثبت بر آزادسازی عناصر غذایی مختلف، تشکیل کی‌لیت با کاتیون‌های فلزی مختلف و افزایش حلالیت عناصر غذایی از جمله فسفر، کلسیم، آهن و روی می‌شود که به دنبال آن خصوصیات رشدی گیاه آلسترومریا نیز افزایش یافت (۳۰ و ۴۹). از طرف دیگر وجود مواد غذایی کافی در بستر کشت پیت‌ماس منجر به افزایش عمر و دوام سطح برگ شده که این امر نیز به نوبه خود سبب حفظ سطح فتوسنتزکننده به مدت طولانی می‌شود و با دریافت نور بیشتر به مدت طولانی ماده خشک بیشتری تولید می‌شود که خود سبب افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌گردد (۴۴). در پژوهش ما نیز تیمارهای ۸۰ درصد پیت‌ماس و ۶۰ درصد کمپوست مصرفی قارچ بیشترین وزن تر را نشان دادند که این نتایج با یافته‌های ذکر شده مطابقت دارد و به نظر می‌رسد دلیل این امر میزان بالای عناصر غذایی در این ترکیبات است. نتایج حاصل از این پژوهش مبنی بر تأثیر پیت‌ماس بر پارامترهای مورد بررسی با نتایج پژوهش‌های خلج و همکاران (۲۱) روی ژربرا و شهبازی و همکاران (۴۳) روی میخک مطابقت دارد. همچنین، مشابه یافته‌های این پژوهش، در سایر پژوهش‌ها نیز به تأثیر مثبت بستر کشت حاوی پیت‌ماس بر تعداد گل اشاره شده است (۱ و ۲).

تأثیر مثبت کوکوپیت بر افزایش برخی از خصوصیات رشدی گیاه شامل تعداد گل، اندازه ریزوم و ماندگاری گیاه آلسترومریا ممکن است به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسب این ماده و توانایی بالای کوکوپیت در حفظ و نگهداری آب و عناصر غذایی باشد که شرایط رشدی مطلوبی را برای گیاه فراهم می‌نماید. کوکوپیت به دلیل اسفنجی بودن و اندازه کوچک ذرات، در بین تمامی بسترهای مورد بررسی در این پژوهش، بیشترین ظرفیت نگهداری آب را داشت (جدول ۱). این ماده، حالت غرقاب برای گیاهان ایجاد نمی‌کند چرا که خاصیت موئینگی در آن بالا بوده و بستر به تدریج آب خود را از دست می‌دهد (۳۴). این نتایج ممکن است به تفاوت بسترهای کشت مختلف در نگهداری و رهاسازی عناصر غذایی و ویژگی‌های فیزیکی بستر از جمله میزان مناسب آب در دسترس به همراه تهویه مناسب بستگی داشته باشد (۴۰). نتایج این پژوهش مبنی بر تأثیر بستر حاوی کوکوپیت بر پارامترهای رشدی گیاه آلسترومریا با نتایج پژوهش کانتلیف و همکاران (۸) روی گل داوودی تحت تأثیر بستر کشت حاوی کوکوپیت–پرلیت (۵۰–۵۰ درصد)، مطابقت دارد.

با توجه به نتایج می‌توان عملکرد بهتر ترکیب بسترهای آلی نسبت به خاک معدنی را به تخلخل و ظرفیت نگهداری آب بالای آن‌ها مربوط دانست (جدول ۱). در رابطه با عناصر غذایی نیز چنان‌چه در جدول ۲ مشخص است در بسترهای آلی درصد کربن بسیار بالاتر از درصد آن در خاک معدنی است که این موضوع می‌تواند سبب بالا رفتن نسبت کربن به نیتروژن شده و افزایش تعداد شاخه گل‌دهنده و

گل‌دهی را به همراه داشته باشد. در تیمارهای خاک معدنی و خاکبرگ علاوه بر شوری بالای ۵ دسی‌زیمنس بر متر که برای اکثر گیاهان مطلوب نیست، pH بالا و قلیایی این بسترها نیز سبب عدم جذب برخی از عناصر غذایی مانند آهن، منگنز، فسفر، مس و روی می‌شود که برای رشد ریزوم و اندام هوایی بسیار مهم است. همچنین از دلایل کاهش برخی از صفات در تیمارهای حاوی درصد بالایی از کمپوست مصرفی قارچ ممکن است میزان تخلخل و ظرفیت نگهداری آب کمتر این بستر در مقایسه با بسترهای حاوی پیت ماس و کوکوپیت باشد.

از دلایل کاهش خصوصیات رشدی گیاه در بسترهای کشت حاوی خاکبرگ می‌توان به هدایت الکتریکی بالای این بستر اشاره کرد. با افزایش هدایت الکتریکی بستر به دلیل کاهش پتانسیل آب و پسابیدگی از طریق بر هم زدن تعادل یونی و بروز سمیت یونی به وسیله تنش‌های ثانویه‌ای همانند اختلال تغذیه‌ای، تخریب غشای سلولی، سمیت متابولیک و جلوگیری از فعالیت فتوسنتزی، پارامترهای رشدی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۴). کاهش فتوسنتز گیاهان تحت شرایط شوری بستر می‌تواند ناشی از تأثیر منفی شوری بر دستگاه فتوسنتزی و میزان کلروفیل و یا اثر توأم هر دو عامل باشد (۳۱). بدین ترتیب، میزان رشد رویشی گیاه آلسترومریا در بسترهای حاوی خاکبرگ کاهش معنی‌داری را نشان داد. نیتروژن موجود در پسماند کمپوست مصرفی قارچ از نوع آلی بوده و به تدریج با فراهم آمدن شرایط نیتریفیکاسیون، معدنی می‌شوند که خود ممکن است سبب کند شدن رشد گیاه شود. از این رو، به دلیل پایین بودن سرعت معدنی شدن نیتروژن در پسماند کمپوست قارچ، برای رشد سریع گیاه نیاز به استفاده از کود تکمیلی نیتروژن معدنی می‌باشد (۳۲). به احتمال زیاد هر یک از دلایل فوق می‌تواند علت اصلی عملکرد نه چندان مناسب این ماده بر شاخص‌های رشدی گیاه در این آزمایش باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، تیمار حاوی ۸۰ درصد پیت ماس و ۲۰ درصد خاک معدنی بهترین عملکرد را در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده، نشان داد. بستر خاک معدنی در ترکیب با سایر بسترهای آلی البته در درصدهای پایین عملکرد مناسبی داشته اما استفاده از آن به تنهایی به عنوان بستر شاهد، سبب افت شدید عملکرد شد. همچنین اکثر بسترهای کشت آلی در درصدهای بالا عملکرد و تأثیر بهتری را نشان دادند.

منابع

1- Abd-Elmoniem E.M., Abdrabbo M.A, Farag A.A, and Medany M.A. 2006. Hydroponics for food production: comparison of open and closed systems on yield and consumption of water and nutrient .The International Conference on Water Resources and Arid Environment, 26-29 November, p. 674-683.

2- Albaho M., Bhat N., Rezq H., and Thomas B. 2009. Effect of three different substrates on growth and yield of two cultivars of Capsicum annuum. European Journal of Scientific Research, 28: 227-33.

3- Altman A., and Freudenberg D. 1983. Quality of Pelargonium graveolens cutting as affected by the rooting medium. Scientia Horticulturae, 19: 379-385.

4- Baisakh N., Subudhi P.K., and Bhardwaj P. 2008. Primary responses to salt stress in a halophyte, Smooth cordgrass (*Spartina alterniflora* Loisel). Functional and Integrative Genomics, 8: 287-300.

5- Barrett G.E., Alexander P.D., Robinson J.S., and Bragg N.C. 2016. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. Scientia Horticulturae, 212: 220–234.

6- Baruah T.C., and Barthakur H.P. 1997. A text book of soil analysis, Vikas Publishing house PVT LTD, NewDelhi.

7- Boltz D.F., and Howell J.A. 1978. Colorimetric determination of nonmetals. John Wiley and Sons, New York, pp. 197-202.

8- Cantliffe D.J., Shaw N., Jovicich E., Rodriguez J.C., Secker I., and Karchi Z. 2001. Passive ventilated high-roof greenhouse production of vegetables in a humid, mild winter climate. Acta Horticulturae, 1: 195-202.

9- Courtney R.G., and Mullen G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology, 99: 2913-2918.

10- Dufault R.J., Phillip T.L., and Kelly J.W. 1990. Nitrogen and potassium fertility and plant populations influence field production of gerbera. HortScience, 25: 1599-602.

11- Einollahipeer F., and Pakzadtoochaei S. 2013. Removing nickel and zinc from aqueous environments using modified cocopeat. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 10: 3434-3443.

12- Fidanza M.A., Sanford D.L., Beyer D.M., and Aurentz D.J. 2010. Analysis of fresh mushroom compost.

Horticultural Technology, 20: 449-453.
13- Grunert O., Perneel M., and Vandaele S. 2008. Peat-based organic grow bags as a solution to the mineral wool waste problem. Mires and Peat, 3: 1–5.
14- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T., and Geneve R.L. 1997. Plant propagation: Principles and practices. 6th. Prentice–Hall, Inc. USA, p. 710.
15- Hashemi Sh., Asrar Z., and Pourseyedi Sh. 2010. The effect of manganese on growth and some physiological and biochemical parameters of *Lepidium sativum* L. Journal of Plant Biology, 5: 1-12.
16- Hernandez-Apaolaza L., Antonio M., Gasco J.M., Gasco F., and Francisca G. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. Bioresource Technology, 96: 125–131.
17- Hofreiter A. 2006. The identity of the three earliest binomials in Bomarea Mirb. (Alstroemeriaceae). Feddes Repertorium, 117: 389-398.
18- Huang S.N., and Lin J.C. 2001. Current status of organic materials recycling in southern Taiwan. Tainan District Agriculture Improvement Station, p. 1-10.
19- Iftikhar A., Tanveer A., Arfan G., and Muhamad S. 2012. Growth and flowering of gerbera as influenced by various horticultural substrates. Pakistan Journal of Botany, 44: 291-299.
20- Jafari Haghighi M. 2003. Analytical methods of soil and the important physical and chemical sampling and analysis, with emphasis on theory and application. Nedaye zoha Publication, 236 p.
21- Khalaj M.A., Amiri M., and Azimi M.H. 2014. Effect of different growth media on nutrients uptake, growth characteristics and yield of gerbera (*Gerbera jamesonii*) in a soil less culture system. Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology), 4: 470-479.
22- King J.J., and Bridgen M.P. 1990. Environmental and Genotypic Regulation of *Alstroemeria* Seed germination. Horticultural Science, 25: 1607-1609.
23- Kocabas I., Kaplan M., Kurkcuoglu M., and Baser K.H.C. 2010. Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa* Mill.). Asian Journal of Chemistry, 22: 1599-1605.
24- Krucker M., Hummel R.L., and Cogger C. 2010. Chrysanthemum production in composted and non-composted organic waste substrates fertilized with nitrogen at two rates using surface and sub-irrigation. HortScience, 45: 1695–1701.
25- Kudsen D., and Peterson G.A. 1982. Lithium sodium and potassium. Pp: 225-245. *In*: A.L Page., R.H Miller., and R Kenny.(eds.) Methods of soil analysis. Part2: Chemical and microbiological propertirs (2nd ed.). Agronomy 9.
26- Lemaire F., Riviere L.M., Stivenard S., Marfa O., Gschwander S., and Guiffrida F. 1998. Consequences of organic matter biodegradability on the physical, chemical parameters of substrates. Acta Horticulturae, 469: 129-138.
27- Lohr V.I., Wang Sh.I., and Wolt J.D. 1984. Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. HortScience, 19: 681-683.
28- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition, Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347-364.
29- Mazari H., Mojtaba Delshad M., and Kashi A. 2015. Study of the effect of substrates with different effective air-filled pore space on greenhouse tomato transplant growth. Iranian Journal of Horticultural Science, 3: 407-419.
30- Michel J.C. 2010. The physical properties of peat: a key factor for modern growing media. Mires Peat, 6: 6.
31- Munns R., James R.A., and Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57: 1025-1043.
32- Mynard A.A. 1993. Nitrate leaching from compost amended soils. Compost Science, 1: 65-72.
33- Nektarios P.A., Kastritsis S., Ntoulas N., and Tsiotsiopoulou P. 2011. Substrate amendment effects on potted plant production and dry weight partition of *lantana camara*. HortScience, 46: 864–869.
34- Noguera P., Abad M., Noguera V., Puchades R., and Maquieira E. 2000. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. Acta Horticulturae, 517: 279-286.
35- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. pp. 403-430. *In*: A.L. Page., R.H. Miller., and R Kenny (eds) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph 9, ASA and SSSA, Madison, WI,
36- Olszewski M.W., Trego T.A., and Kuper R. 2009. Effects of peat moss substitution with arboretum and greenhouse waste compost for use in container media. Compost Science and Utilization, 17: 3.
37- Rahbarian P., and Salehi Sardoei A. 2014. Effect waste of palm trees and sand and perlite mixed with some growth indices *Ficus benjamina*. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2: 573-578.
38- Rhoades I.D. 1986. Cation exchange capacity. Pp. 149-157. *In*: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2, Soil Science Society of America Journal, Madison, WI.
39- Sadeghi A., Nasibi F., Farahmand H., and Hosseni F. 2015. Effect of hydrogen peroxide treatment on improvement of the postharvest quality of cut Alstroemeria cut flowers. Iranian Journal of Horticultural Science, 1: 123-131.
40- Savvas D. 2003. Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in

greenhouse. Journal of food Agriculture and Environment, 1: 80-6.

41- Schmilewski G. 2008a. The role of peat in assuring the quality of growing media. Mires and Peat, 3: 8.

42- Shabani T., Peyvast G.H., and Olfati J. 2011. Effect of different substrates on quantitative and qualitative traits of three pepper cultivars in soilless culture. Journal Science and Technology of Greenhouse Culture, 2: 11–21.

43- Shahbazi M., Chamani E., Shahbazi M., Mostafavi M., Pourbeirami EHir Y. 2010. Investigation of Media (Vermicompost, Peat and Coco- Peat) on Growth and Flowering of Carnation Flower. Agricultural Science and Sustainable Production, 22: 127-136.

44- Soumare M., Tack F., and Verloo M. 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresource technology, 86: 15-20.

45- Stabnikova O., Goh W.K., Ding H.B., Tay J.H., and Wang J.Y. 2005. The use of sewage sludge and horticultural waste to develop artificial soil for plant cultivation in Singapore. Journal of Bioresource Technology, 96: 1073–1080.

46- Tariq U., Rehma S.U., Khan M.A., Younis A., Yaseen M., and Muhammad Ahsan M. 2011. Agricultural and municipal waste as potting media components for the growth and flowering of *Dahlia hortensis* 'Figaro'. Turkish Journal of Botany, 36: 378-385.

47- Venkatesan S., Hemalatha K.V., and Jayaganesh S. 2007. Characterization of manganese toxicity and its influence on nutrient uptake, antioxidant enzymes and biochemical parameters in tea. Journal of Phytochemistry, 2: 52-60.

48- Yang S.X., and Deng H. 2008. Manganese uptake and accumulation in a woody hyperaccumulator, Schima superba. Plant Soil Environment, 10: 441-446.

49- Yassen A., Abou El-Nour E.A.A., and Shedeed S. 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of American Science, 6: 14-22.

50- Younis A., Riaz A., Siddique M.I., Lim K.B., Hwang Y.J., and Asif Khan M. 2013. Anatomical and morphological variation in *dracaena reflexa* 'Variegata' grown in different organic potting substrates. Flower Research Journal, 21: 162-171.

51- Zaidi A., Saghir Khan M., and Amil M.D. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy, 19: 15-21.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 345-357
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۵۷-۳۴۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effects of Tuff Combination with Conventional Organic Media on Some Vegetative and Flowering Characteristics of potted Alstroemeria

J. Ghanbarizadeh[1]- D. Naderi[2]*- A.R. Golparvar[3]

Received: 08-01-2018
Accepted: 27-06-2018

Introduction: Production of ornamental plants is a global trade. The economic value of ornamental plants has been significantly increased in the past two decades. These plants have high potential for continuous development of domestic and international markets in the future. Alstroemeria is a perennial, monocotyledon, ornamental plant which is used as a cut flower or potted flowering plant for the home and as herbaceous urban landscape plant. Popularity of this flower is increasing because of its beautiful flowers, wide range of colors (orange, pink, purple, red, yellow, white, and the other colors), year-round flowering, as well as high yield.Nowadays, soilless culture has been developed a lot. Permanent use of soil nutrients in developing countries without adequate replacement has reduced production capacity and nutrients of soils. Therefore, selecting a suitable substrate is one of the main factors in producing high quality potted plants. Many factors affect the quality and growth of flowers including medium. Thus, we try to use substrates which have positive effects on flowers' quality and its growth. Such substrates must be economical without any pollution of water or soil.

Materials and Methods: In this study, the effects of peat moss, cocopeat, leaf manure and spent mushroom compost in three levels of 40, 60 and 80% in combination with Tuff mineral soil plus control treatment (100% of Tuff mineral soil) were investigated on growth characteristics and flowering of potted alstroemeria. The experiment was conducted in a completely randomized design with 13 treatments and four replications in the research greenhouses of Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) branch. Alstroemeria rhizomes (2 to 2.5 cm) were grown in four liter pots. About three centimeters of leca was poured in the bottom of each container and then pots were filled with specific volume ratios of substrates which had been mixed completely. After that, rhizomes were planted and pots were irrigated. Irrigation was carried out every three days in spring and every two days in summer. At the end of the experiment, the number of leaves, flowers and flowering branches, fresh and dry weight of the shoot, rhizome size and flower life were evaluated.

Results and Discussion: Results showed that the highest number of flowering branches, leaf number, rhizome size and shoot dry weight were observed in peat moss 80% treatment. The highest vase life of the flowers was obtained from peat moss 80% and cocopeat 40%. The highest shoot fresh weight was observed in peat moss80% and fungal compost60%. On the other side, the lowest number of leaves and flowers, rhizome size, fresh and dry weights of aerial part were obtained from compost80%. The lowest number of flowering branches was produced by compost 80%, leaf manure 40%, leaf manure 60%, and control treatments. Also, the least vase life of flowers was observed in Tuff mineral soil and compost 80%.

Conclusions: According to results, the presence of peat moss and cocopeat in the culture medium increased the growth and flowering characteristics significantly so that the highest means of traits were observed in media with higher peat moss amounts. In substrates containing peat moss, optimum absorption of nitrogen and potassium will improve the quantity and vase life of the flowers. Absorption of the adequate phosphorus causes better root growth and therefore better absorption of nutrients and increases the number, longevity and size of flowers. Better performance of organic substrates than mineral soils can be due to higher porosity and water holding capacity of these substrates. Considering the results obtained from chemical analysis of culture media, peat moss had a significant effect on plant growth and yield because of higher levels of manganese and zinc nutrients. On the other hand, the positive effect of cocopeat on increasing some of the studied traits may be due to the physical and chemical properties of this substance and its high ability to keep up water and nutrients which

1- MSc student in Agriculture, Azad Islamic University, Isfahan Unit (Khorasgan(

2- Assistant Professor, Young Researchers and Elite Club, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(*-Corresponding Author Email: d.naderi@khuisf.ac.ir)

3-Associate Professor, Department of Plant Breeding Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

provide favorable growth conditions for plant. It seems that the use of this material in combination with the culture medium improves the nutrition, ventilation and growth of the plant; therefore, this medium is recommended for the growth of flowering plants, especially alstroemeria. The reason of decreased growth in media containing leaf manure can be high electrical conductivity of theses substrates.

Keywords: Cocopeat, leaf manure, Peat moss, Spent mushroom compost, Substrate

Contents

The Effect of Carvacrol, Thymol, BA and NAA on in vitro Regeneration in *Fritillaria imperialis* L. 197
E. Chamani- Z. Eftekhari- A.R. Ghanbari- H. R. Heydari- M. Arshad

Impacts of Nanosized and Bulk Titanium Dioxide on Flowering and Morpho-physiological Traits of Petunia (*Petunia hybrida*) under Salinity Stress 212
M. Kamali - M. Shoor- H. Feizi

Effect of Foliar Application of Zinc and Boron on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) in Hydroponic System in Hydroponic System 226
A. Alinejad Elahshah - H. Moradi - H. Sadeghi

The Effect of Preharvest Application of Calcium Chloride, Putrescine and Salicylic Acid on Some Quality and Quantity Characters of Hindi ber (*Ziziphus mauritiana* khormaee) 237
F. Shanbehpour Bandari - S. Rastegar- M. Ghasemi

Effect of Endophytic Fungi *Pirifomospora indica* on Flowering and Root Growth Parameters of Strawberry in Hydroponic Culture 249
H.R. Rahmani - E. Mohammadi Goltapeh

Evaluation of Humic Acid Application Methods and Ratios of Nitrogen on Characteristics of Morphological and Yield of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Paros 261
M. Rostami - A.A. Shokouhian

The Effect of Plant Density and Cultivar on Morphological Characteristics, Yield and Quality Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Hydroponic System 272
F. Badakhshan - F. Sedighi Dehkordi - S.H.M. Mortazavi

Influence of *Pseudomonas putida* Isolateson the Yield of Edible White Button Mushroom Agaricusbisporus 286
M. Lotfi - M. Farsi - A. Mirshamsi Kakhki - J. Janpoor

Evaluating of Azealic Acid on Tomato Vegetative and Photosynthetic Parameters under Salinity Stress 300
M. Haghighi - A. Sheibanirad

Optimization of *In Vitro* Culture of Pear Rootstock (Pyrodwarf) 310
A. Sharifi - A. Khadem- M. Moradian- M. Kharrazi

Effect of Light Intensity on Morpho-PhysiologicalTraits and Flowering of *Tagetes patula* and *T. erecta* under Late Season Planting Conditions 325
M. Mahdavifard - A. Rezaei Nejad - S. Mousavi-Fard

Study of Phytochemical Traits and Antioxidant Properties of Indian Jujube (*Ziziphus mauritiana*) Fruit 334
Sh. Faramarzi

Effect of Mycorrhizal Fungi on Morphophysiologicaland Nutritional Factors of Flying Dragon Rootstock under Salt Stress 344
B. Abedi*- B. Esfandiari

The Effects of Tuff Combination with Conventional Organic Media on Some Vegetative and Flowering Characteristics of potted Alstroemeria 357
J. Ghanbarizadeh - D. Naderi- A.R. Golparvar

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 32 No. 2 2018

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Editor in charge: Valizadeh,R.(Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

General Chief Editor: Tehranifar,A. (Horticultural Sciences) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Editorial Board:

Tehranifar,A.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Davarynejad, GH.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Talaie, A.	Pomologist	Prof. Tehran University.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Ebadi,A.	Horticultural Sciences	Prof .Tehran University.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Biology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mobli,M.	Horticultural Sciences	Prof. Isfahan University of Technology.

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad, press.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 8795620

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: http://jm.um.ac.ir