نشریه علمی
علـوم باغبـانی
(علوم و صنایع کشاورزی)

دانشگاه فردوسی مشهد
Ferdowsi University of Mashhad

جلد ۳۳ شماره ۱
سال ۱۳۹۸

Vol. 33 No. 1
2019

Journal of Horticultural Science
(Agricultural Science and Technology)

شماره پیاپی ۴۱

شاپا: ۲۰۰۸-۴۷۳۰

ISSN:2008-4730

عنوان مقالات

تاثیرکم آبیاری، سطوح نیتروژن و اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه ۱
سحر ملکانی- احمد گلچین- سعید شفیعی

تأثیر کود نیتروژن و کود زیستی فسفات بارور۲ روی برخی ویژگی‌های پیاز رقم آذرشهر در منطقه ملکان ۱۱
علیرضا ایمانی- موسی ارشد

تنوع ژنتیکی، همبستگی و تجزیه علیت در توده‌های بومی پیاز ایران ۲۷
سید علی موسوی‌زاده

بررسی اثر کیفیت نور و رقم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زراعی نشای خربزه (*Cucumis melo* Gr. Inodorus) ۳۹
آزاده رشیدی- سید حسین نعمتی- نرگس بزرگ

اثر نیتریک اکساید و آربوسکولار میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه شیرین‌بیان تحت تنش شوری ۵۱
آرزو صفرزاده - گیتی برزین - داریوش طالعی

بررسی تاثیر نیتریک اکسید (NO) بر پرآوری و ریشه‌زایی ریزقلمه پایه‌های سیب MM و MM0 در شرایط درون‌شیشه‌ای ۶۵
سید محمد حسین حیات‌الغیبی- علی‌اکبر مظفری

تأثیر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای ۷۹
مهسا فاتح- طاهر برزگر- فرهنگ رضوی

بررسی پاسخ اکوفیزیولوژیکی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی دو توده طالبی و گرمک ایرانی در شرایط تنش شوری ۸۹
الهه رجبی پور- محمود رقامی- حمیدرضا کریمی- رضا صالحی

واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی در شرایط کمبود آهن ۱۰۱
اعظم رحیمیان - محمود اثنی عشری- حسن ساری خانی

مقایسه مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال شش گونه سبزی در مرحله میکروگرین در دو سیستم آبکشت و کشت خاکی ۱۱۳
لاله پورشاه آبادی - سید حسین میردهقان- حمیدرضا روستا

بررسی اثر کلشیسین بر القاء پلی‌پلوئیدی و اثرات آن بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی شنبلیله ۱۲۷
امیر حسین کشتکار- نوشین فلاحی- محمد رضا عبداللهی- حسن ساری‌خانی- هوشمند صفری- ژاله محسنی عراقی

بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های محلی انبه (*Mangifera indica* L.) استان هرمزگان با استفاده از صفات ریخت‌شناسی و نشانگر ISSR ۱۴۱
عبدالنبی باقری- حامد حسن‌زاده خانکهدانی- وجیهه قنبری- مجید عسکری سیاهویی- سید سعید مدرس نجف‌آبادی

تأثیر اختلاط مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری با خاک بر خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو (*Festuca arundinaceae* Schreb.) در شرایط تنش رطوبتی ۱۵۵
محمد سادات فریزنی- حمیدرضا خزاعی- غلامعلی گزانچیان

Contents

The Effects of Deficit Irrigation, Nitrogen Levels and Bulb Size on Seed Yield and Reproduction Traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh) 10
S. Malekani - A. Golchin – S. Shafiei

Effect of Nitrogen and Phosphate Bio-fertilizer on Qualitative and Quantitative Characteristics of Azarshahr Red Onion Cultivar 26
A.R. Imani - M. Arshad

Genetic Variability, Correlation and Path Analysis in Iranian Onion Landraces 37
S. A. Mousavizadeh

The Effect of Light Quality and Cultivar on some Physiological and Vegetative Characteristics of Melon (*Cucumis melo* Gr. Inodorus) Transplant 49
A. Rashidi - S. H. Nemati- N. Bozorg

Effect of Nitric Oxide and Arbuscular Mycorrhiza on some Physiological Traits of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) Plant under Salinity Stress 63
A. Safarzade - G. Barzin- D. Talei

The Study of Nitric Oxide (NO) Effect on Proliferation and Rhizogenesis of the MM0 and MM Apple Rootstocks Micro Cutting under *In vitro* Conditions 77
S. M. H. Hayatolgheibi - A. A. Mozafari

The Effect of Foliar Application of Ascorbic Acid and Calcium Lactate on Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper 87
M. Fateh - T. Barzegar- F. Razavi

Investigation on Eco-physiological Responses of Grafted and Non-grafted Plants in Two Iranian Melon Accessions under Salinity Stress 100
E. Rajabipour -M. Raghami- H. R. Karimi- R. Salehi

Comparison of Minerals and Bioactive Compounds of Six Vegetable Species in Microgreen under Iron Deficiency Conditions 111
Rahimian – M. Esna-Ashari – H. Sarikhani

Stage in Hydroponic and Soil Production Systems 125
L. Poorshahabadi - S. H. Mirdehghan - H. R. Roosta

Effect of Colchicine on Polyploidy Induction and Its Effects on Morphophysiological and Biochemical Properties of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) 139
A. H. Keshtkar - N. Fallahi- M. R. Abdollahi- H. Sarikhani- H. Safari- J. Mohseni Araghi

Genetic Diversity among Mango (*Mangifera indica* L.) Genotypes in Hormozgan Province Using Morphological and ISSR Markers 154
A. Bagheri - H. Hassanzadeh Khankahdani - V. Ghanbari - M. Askari Seyahooei- S. S. Modarres Najafabadi

Evaluating the Effect of Mixing Different Amounts of Municipal Solid Waste (MSW) Compost with Soil on Root Properties of Tall Fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) Under Moisture Stress Conditions 167
M. Sadat Farizani - H. R. Khazaie- Gh. A. Gazanchian

نشریه علمی علوم باغبانی
جلد ۳۳
شماره ۱
سال ۱۳۹۸
2019
No. 1
Vol. 33
Journal of Horticultural Science

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه ــــــــ 21/2015 و درجه علمی – پژوهشی شماره ــــــــ 26524 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

68/4/11 73/10/19

جلد 33 شماره 1 بهار 1398

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)
خانی زاده، شاهرخ	پژوهشگر - موسسه کشاورزی و غذا اوتاوا کانادا
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)
فلاحی، اسماعیل	استاد- گروه علوم باغبانی دانشگاه آیداهوی آمریکا
فارسی، محمد	استاد- ژنتیک واصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
کافی، محسن	استاد- گلکاری ومهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
لاهوتی، مهرداد	استاد- فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
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 سایت http://jm.um.ac.ir به صورت مقاله کامل نمایه شده است .

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

تاثیرکم آبیاری، سطوح نیتروژن و اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه 1
سحر ملکانی- احمد گلچین- سعید شفیعی

تأثیر کود نیتروژن و کود زیستی فسفات بارور2 روی برخی ویژگی‌های پیاز رقم آذرشهر در منطقه ملکان 11
علیرضا ایمانی- موسی ارشد

تنوع ژنتیکی، همبستگی و تجزیه علیت در توده‌های بومی پیاز ایران 27
سید علی موسوی‌زاده

بررسی اثر کیفیت نور و رقم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زراعی نشای خربزه (*Cucumis melo* Gr. Inodorus) 39
آزاده رشیدی- سید حسین نعمتی- نرگس بزرگ

اثر نیتریک اکساید و آربوسکولار میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه شیرین‌بیان تحت تنش شوری 51
آرزو صفرزاده - گیتی برزین - داریوش طالعی

بررسی تاثیر نیتریک اکسید (NO) بر پرآوری و ریشه‌زایی ریزقلمه پایه‌های سیب MM و MM0 در شرایط درون‌شیشه‌ای 65
سید محمد حسین حیات‌الغیبی- علی‌اکبر مظفری

تأثیر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای 79
مهسا فاتح- طاهر برزگر- فرهنگ رضوی

بررسی پاسخ اکوفیزیولوژیکی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی دو توده طالبی و گرمک ایرانی در شرایط تنش شوری 89
الهه رجبی پور- محمود رقامی- حمیدرضا کریمی- رضا صالحی

واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی در شرایط کمبود آهن 101
اعظم رحیمیان - محمود اثنی عشری- حسن ساری خانی

مقایسه مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال شش گونه سبزی در مرحله میکروگرین در دو سیستم آبکشت و کشت خاکی 112
لاله پورشاه آبادی - سید حسین میردهقان- حمیدرضا روستا

بررسی اثر کلشیسین بر القاء پلی‌پلوئیدی و اثرات آن بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی شنبلیله 127
امیر حسین کشتکار- نوشین فلاحی- محمد رضا عبداللهی- حسن ساری‌خانی- هوشمند صفری- ژاله محسنی عراقی

بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های محلی انبه (*Mangifera indica* L.) استان هرمزگان با استفاده از صفات ریخت‌شناسی و نشانگر ISSR 141
عبدالنبی باقری- حامد حسن‌زاده خانکهدانی- وجیهه قنبری- مجید عسکری سیاهویی- سید سعید مدرس نجف‌آبادی

تأثیر اختلاط مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری با خاک بر خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو (*Festuca arundinaceae* Schreb.) در شرایط تنش رطوبتی 155
محمد سادات فریزنی- حمیدرضا خزاعی- غلامعلی گزانچیان

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۱-۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 1-11
ISSN: 2008 - 4730

تاثیرکم آبیاری، سطوح نیتروژن و اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

سحر ملکانی[۱]- احمد گلچین[۲]- سعید شفیعی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

چکیده

به منظور بررسی اثرات زمان‌های قطع آبیاری، سطوح مختلف نیتروژن و اندازه سوخ مادری بر عملکرد بذر پیاز رقم قولی قصه (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh) آزمایشی به صورت کرت‌های نواری خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه زنجان اجرا گردید. در این مطالعه چهار زمان قطع آبیاری شامل قطع آبیاری در زمان شروع گلدهی، قطع آبیاری در زمان پایان گلدهی، قطع آبیاری در زمان شیری شدن بذر و آبیاری کامل در کرت‌های افقی، چهار سطح مصرف نیتروژن شامل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در کرت‌های عمودی و دو سطح اندازه سوخ مادری پیاز شامل ۷-۵ و ۹-۷ سانتی‌متر در کرت‌های فرعی قرار داده شدند و در پایان فصل برداشت عملکرد بذر، درصد زودرسی، میانگین قطر گل، تعداد گلاذین در سوخ و روز تا شروع گلدهی اندازه‌گیری گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار زمان‌های قطع آبیاری بر صفات زودرسی و عملکرد بذر در سطح احتمال یک و پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. قطع آبیاری در زمان شیری شدن، پایان گلدهی و شروع گلدهی عملکرد بذر را به ترتیب ۱۰/۵، ۱۲ و ۳۹/۵ درصد نسبت به آبیاری کامل (شاهد) کاهش داد. بیشترین میزان عملکرد بذر از تیمار آبیاری کامل به مقدار ۶۵۹/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار صفات قطر گل‌آذین و عملکرد بذر را نسبت به شاهد افزایش و درصد زودرسی بذر کاهش یافت. اثر اندازه سوخ مادری بر صفات روز تا شروع گلدهی، میانگین تعداد گل آذین در سوخ و عملکرد بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و سوخ مادری درشت با قطر ۷-۹ سانتی متر نسبت به سوخ‌های با قطر کمتر برتری داشت. بنابراین در بذرگیری پیاز استفاده از آبیاری کامل، سوخ مادری درشت با قطر ۷-۹ سانتی متر و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای شرایط آب و هوایی مشابه با استان زنجان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: زودرسی؛ زمان‌های آبیاری؛ سوخ؛ گل آذین؛ گلدهی

مقدمه

کشور ایران از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود و آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی به علت کمبود نزولات آسمانی و توزیع نامتناسب آن از طریق آبیاری تأمین می‌شود. محدودیت منابع آب در این مناطق موجب گردیده که آب به عنوان مهمترین نهاده تولید تلقی شود (۲). کم آبیاری با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب، می‌تواند به افزایش سطح زیر کشت در حالت عدم محدودیت زمین و تعیین الگوی بهینه کشت کمک کند (۱۹).

کم آبی پدیده‌ای است که بسیاری از گیاهان خشکی‌زی اغلب و به دفعات آن را تجربه می‌کنند. بنابراین می‌توان چنین تصور کرد که مکانیسم مقاومت به خشکی در طول تکامل گیاهان پدید آمده و گیاه را قادر ساخته تا بتوانند با تنش‌های متفاوت کم‌آبی مقاومت نمایند و به نوعی سازش دست یابند (۹). کمبود آب بر متابولیسم، فیزیولوژی و مرفولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد. واکنش‌های مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان به کمبود آب، بسته به شدت تنش و طول دوره‌ی آن متغیر است. یک تنش بسیار ملایم تنها حساسترین فرایندها را تغییر می‌دهد، با افزایش تنش، این تغییرات تشدید شده و فرایندهای دیگر (بسته به حساسیت آنها به تنش) تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۱۳). حسن (۱۳) در بررسی که بر روی سه سطح آبیاری ۷، ۱۰ و ۱۴ روز و سه سطح نیتروژن صفر، ۹۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار انجام داد، نشان داد که کاربرد نیتروژن بیشترین میانگین وزنی غده و بالاترین عملکرد را می‌دهد و تعداد ساقه‌ها نیز افزایش می‌یابد، همچنین بیان کرد که ترکیب ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه آبیاری به فاصله‌ی ۱۰

۱ و ۲ – دانش آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان
۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه جیرفت
(*- نویسنده مسئول: Email: Saeid55@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.22310

روز بهترین عملکرد را می‌دهد.

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی در چرخه زندگی گیاه به شمار می‌رود و تمام مراحل متابولیکی و ساختمانی گیاه وابسته به این عنصر است (۲۲). همان طور که کمبود نیتروژن می‌تواند باعث کاهش عملکرد شود زیادی آن نیز می‌تواند اثرات سوئی داشته باشد. (۲۱). همچنین زیادی نیتروژن مقاومت گیاهان در برابر سرمازدگی را کاهش داده، و برای حمله حشرات و ظهور بیماری‌ها مستعد می‌سازد (۲۷). هالدر (۱۲) گزارش نمود که نیتروژن کم در موقع بیرون آمدن جوانه‌های پیاز از خاک، تعداد جوانه‌های بیشتری را ایجاد و در نتیجه عملکرد افزایش یافته و از طرف دیگر با به کار بردن نیتروژن زیاد غده‌ها نارس نگه داشته شده و عملکرد نیز کاهش می‌یابد. پیازهای مبتلا به کمبود نیتروژن نازک بوده، قطر گردن کمی داشته، برگ‌ها حالت راست و کشیده پیدا می‌کنند. گیاه در این حالت به کندی رشد نموده، اغلب رشد متوقف می‌گردد. درمقابل با مصرف زیاد نیتروژن پیازها درشت‌تر، نرم‌تر و محل ورود مواد غذایی بزرگتر و همچنین خاصیت انبارداری چنین پیازهایی که نیترات بالایی نیز دارند به شدت کاهش می‌یابد (۱، ۹ و ۱۰).

ایلین (۱۴) در آزمایشی که بر روی ۵ سطح نیتروژن شامل صفر، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار انجام داد به این نتیجه رسید که مصرف نیتروژن در سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار ۱۳ درصد و در سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۷ درصد نسبت به کرت شاهد یا سطح کودی صفر، عملکرد را افزایش داد. هالدر و همکاران (۱۲) در آزمایشی که در سه سطح نیتروژن (۷۰، ۸۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که نیتروژن به کار رفته در سطح ۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین جذب عناصر غذایی و میزان ماده خشک غده را ایجاد کرد. همچنین مطالعات آنها نشان داد که وزن تر پیاز، میزان مواد خشک و عناصر غذایی برداشت شده به طور معنی‌داری با کود نیتروژنه ارتباط دارد. میشرا (۲۴) بر اساس مشاهداتش گزارش کرد که کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه افزایش معنی‌داری در تعداد ساقه‌های گلدهنده، اندازه گل‌آذین، درصد جوانه‌زنی و عملکرد بذر دارد.

در گیاهان پیازی، ویژگی‌های غده می‌تواند تأثیر زیادی بر تولید بذر و صفات مربوط داشته باشد. این تأثیر می‌تواند از طریق وزن غده در صفاتی مانند تعداد ساقه گل‌دهنده، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و تعداد گل در هر گل‌آذین به وجود آید. تعداد ساقه گل‌دهنده از اجزای عملکرد است که همبستگی زیادی با میزان تولید بذر دارد. بنابراین، اگر بتوان رابطه‌ای میان ویژگی‌های غده و تعداد نقاط رشد در غده پیدا کرد، با برگزیدن غده‌های مناسب می‌توان به طور غیرمستقیم تولید بذر را افزایش داد، زیرا نقاط رشد بیشتر، موجب تولید ساقه گل‌دهنده بیشتر از غده مادری می‌گردند (۲۶، ۲۷ و ۳۰). اسلام و همکاران (۱۵) در مطالعه‌ای که انجام دادند ماکزیمم عملکرد پیاز (۳۳/۷ تن در هکتار) را با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پیازهای با قطر ۷-۵/۵ سانتی متر به دست آوردند. علی و همکاران (۴) در آزمایشی که بر روی اندازه سوخ انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کاشت سوخ‌های بزرگتر و با قطر ۵/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در مقایسه با کاشت سوخ‌های کوچکتر با قطر ۳/۵ تا ۴/۵ سانتی‌متر میزان تولید و عملکرد بذر پیاز را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش دادند. سینگ و همکاران (۳۲) نتیجه گرفتند که برای تولید بذر در پیاز رقم پنجاب رد، پیازهای مادری با قطر ۵ تا ۶ سانتی‌متر یا بیشتر مناسب‌ترند. پرتس پرز و همکاران (۲۹) در مطالعه بر روی سه اندازه سوخ، سوخ‌های کوچک با قطر ۳ تا ۳/۹ سانتی‌متر، سوخ‌های متوسط با قطر ۴ تا ۵/۹ سانتی‌متر و سوخ‌های بزرگ با قطر ۶ تا ۷/۹ سانتی‌متر، بیشترین عملکرد بذر را از پیازهای با قطر متوسط به دست آوردند. با توجه به موارد ذکر شده در بالا هدف این پژوهش بررسی تاثیر کم آبیاری، سطوح نیتروژن و اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه است تا بتوان مناسبترین مقدار نیتروژن و اندازه سوخ را جهت بدست آوردن حداکثر عملکرد بذ پیشنهاد داد.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه تأثیر کم آبیاری، مقدار نیتروژن مصرفی و اندازه سوخ و تأثیر متقابل آنها بر عملکرد بذر پیاز، آزمایشی با ۳۲ تیمار و در ۳ تکرار به صورت استریپ اسپلیت پلات، در مزرعه کشاورزی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. در اواخر فروردین ماه ۱۳۹۰، زمین مورد نظر دیسک و ماله زده شد. قبل از انجام هر گونه عملیات از قسمت-های مختلف قطعه آزمایشی، ۳ نمونه مرکب خاک برداشت شد و بعضی از خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی مورد نظر مطابق روش-های معمول و استاندارد مؤسسه خاک و آب اندازه گیری شدند (جدول ۱) (۳).

آزمایش به صورت استریپ اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید، به طوری که رژیم‌های آبیاری در کرت-های افقی و میزان نیتروژن مصرفی و اندازه غده به ترتیب در کرت-های عمودی و فرعی قرار داده شدند. کرت‌های افقی، عبارت بودند از«آبیاری کامل:I_1 »، «آبیاری تا مرحله شیری شدن بذر:I_2 »، «آبیاری تا پایان گلدهی:I_3 » و «آبیاری تا شروع گلدهی:I_4 ». هر کرت افقی شامل ۸ کرت عمودی بود که ترکیب ۴ سطح نیتروژن صفر= N_0، N_1 =۷۵، N_2 =۱۵۰ و N_3 = ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و دو اندازه سوخ مادری (۷-۵=b_1 و ۹-۷=b_2 سانتی‌متر) را در خود جا می‌دادند. طول هر کرت ۳ متر و عرض آن ۲ متر بود. با استفاده از دستگاه فارور جوی و پشته هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Chemical characteristics of studied experimental soil site

نیتروژن کل	آهک	کربن آلی	شوری خاک	pH	بافت خاک	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
Total Nitrogen	T.N.V.	Organic Carbon	EC		Soil texture	قابل جذب Available					
	%		dS m^{-1}			mg kg^{-1}					
0.06	5.1	0.7	0.95	7.7	Clay loam	8	364	7.6	5	1.7	2.8

سوخ‌های مادری انتخاب شده در این طرح از رقم قولی قصه (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh) بودند (این رقم، بومی منطقه زنجان بوده که رنگ صورتی دارد، روز بلند و زودرس است و عملکرد بالایی دارد). فاصله سوخ‌ها روی خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله خطوط از هم ۵۰ سانتی متر بود. هر کرت دارای ۴ خط کاشت بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط میانی جهت نمونه برداری در نظر گرفته شد. کاشت در تاریخ ۶ اردیبهشت صورت گرفت. بعد از کاشت اولین آبیاری در تمام واحدهای آزمایشی به طور یکسان انجام شد و آبیاری‌های بعد طبق برنامه آزمایش در طول دوره رشد ادامه یافت. عملیات وجین علف‌های هرز دو مرتبه در طول فصل رشد صورت گرفت و نصف کود نیتروژنه مورد نیاز هر کرت به صورت سرک و به شیوه نواری به خاک اضافه گردید. در طول دوره داشت، ویژگی‌های زایشی اندازه‌گیری شده عبارت بودند از قطر گل آذین، تعداد گل آذین در سوخ و تعداد روز تا شروع گلدهی.

عملیات برداشت با دست انجام شد. زمانی که در هر گل آذین حداقل یک کپسول ترک برداشت، زمان رسیدن بذر تلقی گردید. برای دقت در کار تک تک گل آذین‌های ردیف وسط هر کرت بازرسی شد و تعداد گل آذین‌هایی که کپسول ترک خورده داشتند در شهریور ماه به تقریب هر سه روز یکبار شمارش شد و درصد گل آذین‌هایی که بذر آنها رسیده بود محاسبه شد. هر کرتی که ۵۰ درصد از گل آذین-های آن به مرحله رسیدگی بذر رسیدند، برداشت شد. برای برداشت به وسیله قیچی باغبانی گل‌آذین‌های بوته میانی از ردیف وسط، همراه با ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر از ساقه گل‌دهنده بریده و درون کیسه به آزمایشگاه منتقل شد. سپس تمام گل‌آذین‌ها خشک شدند. برای جدا کردن بذرها، کلیه کپسول‌ها از ساقه جدا شدند و بعد مالش داده شدند سپس به وسیله الک کردن و بعد بوجاری با دست، بذر بدست آمد. پس از بدست آوردن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای محاسبات آماری و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار MSTATC استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید.

نتایج وبحث

تأثیرتیمارهای آزمایشی بر روی عملکرد بذر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کم آبیاری و اندازه سوخ بر عملکرد بذر در سطح یک درصد معنی‌دار است ولی تغییر میزان نیتروژن مصرفی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بذر نداشت. اثرات متقابل تمام تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بذر معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول (۳) اثر قطع آبیاری بر روی عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی را نشان می‌دهد. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بذر گردید. همانطور که در جدول ۳ نیز مشاهده می‌شود بالاترین عملکرد بذر مربوط به تیمار با آبیاری کامل (۶۵۹/۴ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین عملکرد بذر (۳۹۸/۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیماری است که زمان قطع آبیاری در آن، شروع گلدهی است (۳۹/۵ درصد کاهش عملکرد نسبت به شاهد). محققین گزارش کردند که کم آبیاری چترهای گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد می شود (۹).

جدول (۴) تأثیر سطوح نیتروژن بر روی عملکرد و سایر اجزای عملکرد را نشان می‌دهد. بررسی تأثیر مقدار نیتروژن مصرفی از منبع اوره نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بذر افزایش می‌یابد ولی افزایش مصرف تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد کمتری نسبت به تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار دارد مصرف نیتروژن بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بعلت افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها و تحریک رشد رویشی سبب افزایش شاخ و برگ شده در نتیجه عملکرد بذر در سطوح بالای نیتروژن کاهش می‌یابد (۱۱ و ۲۲). بیشترین میزان عملکرد در کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه مربوط به تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که عملکرد بذر را از ۴۹۳/۲۶ به ۵۹۷/۷ کیلوگرم در هکتار افزایش داد (۲۱/۲ درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد). نتایج به دست آمده در این تحقیق با تحقیقات انجام شده توسط ایلین (۱۴) و سلامی و سعادت (۳۱) در ارتباط با افزایش عملکرد مطابقت دارد.

جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر کم آبیاری، سطوح نیتروژن مصرفی و اندازه سوخ بر عملکرد بذرو ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه
Table 2- ANOVA of the effects of deficit irrigation, nitrogen levels and bulb size on seed yield and reproduction traits of onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بذر	زود رسی	قطر گل آذین	تعداد گل آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
S.O.V	df	Sesd yield	Early maturity	Inflorescence diameter	Number of inflorescence in bulb	Days to beginning of flowering
Replication	2	14394.57^{ns}	0.128^{ns}	0.826^{ns}	0.362^{ns}	19.04^{ns}
Factor -A	3	297321.2^{**}	0.82^{**}	1.124^{ns}	0.489^{ns}	12.375^{ns}
Factor-B	3	49872.2^{ns}	0.105^{*}	0.809^{ns}	0.268^{ns}	0.042^{ns}
Interaction A×B	9	17791.25^{ns}	0.027^{ns}	0.173^{ns}	0.195^{ns}	4.153^{ns}
Factor-C	1	1389633.5^{**}	0.020^{ns}	0.521^{ns}	34.8^{**}	330.042^{**}
Interaction A×C	3	25801.94^{ns}	0.07^{ns}	0.116^{ns}	0.381^{ns}	9.375^{ns}
Interaction B×C	3	12381.53^{ns}	0.056^{ns}	0.094^{ns}	0.025^{ns}	1.375^{ns}
Interaction A×B×C	9	12731.8^{ns}	0.038^{ns}	0.249^{ns}	0.304^{ns}	10.634^{ns}
Error	32	25355.06	0.036	0.266	0.356	10.00

*، ** و : ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری
*, ** and ns: Significantly at 5% and 1% and non-significant
(A= سطوح کم آبیاری؛ B= سطوح نیتروژن؛ C= اندازه سوخ)
(C = Bulb size ;B= Nitrogen levels ;A=Deficit irrigation levels)

جدول (۵) تأثیر اندازه سوخ بر روی عملکرد بذر و سایر اجزای عملکرد را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول مقدار عملکرد برای سوخ‌های ریز ۴۳۷/۰۷ و برای سوخ‌های درشت ۶۷۷/۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. محققین افزایش عملکرد با افزایش قطر سوخ مادری را تأیید کرده‌اند (۱۷، ۲۰).

جدول (۸) مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و سطوح نیتروژن مصرفی بر عملکرد بذر را نشان می‌دهد. بیشترین میزان تولید بذر (۷۴۴/۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار مربوط به آبیاری کامل با کود نیتروژنه مصرفی ۷۵ کیلوگرم در هکتار (تیمارI_1N_1) و کمترین آن مربوط به تیمار I_4N_1 با میانگین ۳۸۰/۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

جدول (۷) اثرات متقابل زمان‌های قطع آبیاری و اندازه سوخ را نشان می‌دهد. بالاترین عملکرد بذر (۷۴۹/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار آبیاری کامل و اندازه سوخ درشت (I_1b_2) و پایینترین عملکرد (۳۰۴/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیماری است که آبیاری آن در زمان شروع گلدهی قطع شده است و اندازه سوخ کوچکتر دارد. همانطوری که در جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود قطع آبیاری هم در سوخ‌های درشت و هم در سوخ‌های ریز باعث کاهش عملکرد می‌شود و این کاهش در قطع آبیاری در شروع گلدهی شدید است. همچنین در تیمارهای مختلف آبیاری سوخ‌های درشت نسبت به سوخهای کوچک عملکرد بیشتری دارند که همسو با نتایج امین پور و عقدائی (۷) است. امین‌پور (۶) بیان کرده است که اندازه پیاز مادری در تحمل گیاه نسبت به کمبود آب مؤثر است به طوری که معمولاً تحت شرایط تنش کمبود آب پیازهای مادری بزرگ بهتر از پیازهای مادری کوچک دوام می‌آورند.

جدول (۶) اثرات متقابل سطوح نیتروژن و اندازه سوخ را نشان می‌دهد. تیماری که سطح نیتروژن مصرفی آن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده و اندازه سوخ درشتی داشت (N_2 b_2)، نسبت به بقیه بیشترین میزان عملکرد بذر (۷۲۷/۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. تیمار عدم مصرف کود نیتروژنه و اندازه سوخ ریز (N_0 b_1) کمترین میزان عملکرد بذر(۳۹۹/۴ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. با توجه به جدول ۶ مشاهده می‌شود هم در سوخ‌های بزرگ و هم در سوخ‌های کوچک با افزایش مصرف کود نیتروژنه تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که در سطوح مختلف نیتروژن سوخ‌های بزرگ نسبت به سوخ‌های ریز برتری نشان داده و میزان بذر بیشتری تولید می‌کنند مصرف نیتروژن تا حد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تاثیر معنی‌داری بر تعداد ساقه گل‌دهند و اندازه گل آذین داشت و در گیاهان پیازی اندازه غده تاثیر زیادی بر صفاتی مانند تعداد ساقه گل دهنده، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و تعداد گل در گل آذین دارد. بنابراین تامین نیتروژن کافی در غده‌های بزرگ سبب افزایش میزان عملکرد بذر گردید. (۲۶، ۲۷ و ۳۰).

تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر ویژگی درصد زودرسی

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار زمان‌های قطع آبیاری و همچنین اثر فاکتور سطوح نیتروژن مصرفی بر روی ویژگی درصد زودرسی به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد ولی اثر اندازه سوخ و

اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۲).

با توجه به جدول ۳، نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد بیشترین درصد زودرسی با مقدار ۶۳/۴ مربوط به تیماری است که زمان قطع آبیاری در آن موقع شروع گلدهی است و کمترین درصد زودرسی با مقدار ۲۷/۹ مربوط به تیمار با آبیاری کامل است. با توجه به جدول (۳) به نظر می‌رسد که با افزایش دفعات آبیاری دوره رشد رویشی کامل شده و گیاه به طور کامل این دوره را طی کرده سپس وارد مرحله رشد زایشی می‌شود. با قطع آب در زمان‌های مختلف به ناچار گیاه دوره رشد رویشی خود را کوتاه کرده و وارد مرحله زایشی می شود و بنابراین درصد زودرسی بیشتر می‌شود (۲۳).

بر اساس جدول ۴ با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار درصد زودرسی در پیاز کاهش می‌یابد به طوری که این تفاوت معنی‌دار می‌باشد. همانطور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود بیشترین میزان درصد زودرسی(۴۸/۴۲ درصد) از تیمار عدم مصرف کود نیتروژنه بدست آمد. دلیل این موضوع این است که نیتروژن عنصری است که بر دوره رشد رویشی گیاه مؤثر است و با طولانی کردن این دوره، زودرسی گیاه را به تعویق انداخته و باعث می شود که گیاه دیرتر وارد مرحله زایشی شود، در نتیجه درصد زودرسی در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنه بیشترین مقدار است (۲۳).

در جدول (۸) اثرات متقابل قطع آبیاری و سطوح نیتروژن مصرفی بر درصد زودرسی نشان می‌دهد که تیمار I_4N_0 با مقدار ۷۶/۴۹ درصد بیشترین درصد زودرسی را دارد و تیمارهای I_2N_2 (۱۹/۰۴ درصد)، I_1N_2 (۲۲/۳۴ درصد) و I_1N_3 (۲۳/۱۴ درصد) درصد زودرسی کمتری دارند (به ترتیب ۷۵/۱، ۷۰/۸ و ۶۹/۸ درصد نسبت به شاهد). داده‌های جدول (۸) نشان می‌دهد در تیمارهای مختلف آبیاری با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی به دلیل طولانی شدن دوره رشد رویشی درصد زودرسی کاهش می یابد. از طرف دیگر تیمار آبیاری کامل در سطوح مختلف نیتروژن دارای درصد زودرسی کمتری بوده و قطع آبیاری در شروع گلدهی در تمامی سطوح نیتروژن دارای درصد زودرسی بیشتری نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری می‌باشد. نتایج بدست آمده در جدول (۷) نشان می‌دهد که بیشترین درصد زودرسی (۶۶/۹ درصد) از تیماری حاصل شده است که آبیاری آن در زمان شروع گلدهی قطع شده است و اندازه سوخ آن بزرگ است و کمترین درصد زودرسی (۲۳/۹ درصد) مربوط به تیمار با آبیاری کامل و اندازه سوخ بزرگ است. با توجه به جدول (۷) می‌توان اظهار داشت که در تیمارهای مختلف آبیاری هم در سوخ‌های بزرگ و هم در سوخ‌های کوچک با افزایش تنش خشکی، درصد زودرسی افزایش می‌یابد یعنی گیاه دوره رشد رویشی را کوتاه کرده و زودتر وارد مرحله رشد زایشی می‌شود.

در جدول (۶) اثرات متقابل سطوح نیتروژن و اندازه سوخ بر روی درصد زودرسی آورده شده است همانطوری که مشاهده می‌شود بیشترین درصد زودرسی (۵۰/۲۷ درصد) از تیمار فاقد کود نیتروژنه و اندازه سوخ کوچک حاصل شده است. با دقت در جدول (۶) مشاهده می‌شود که با افزایش میزان نیتروژن مصرفی تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سوخ‌های بزرگ درصد زودرسی کاهش می‌یابد. در سوخ-های کوچک و در تیمار بدون مصرف کود نیتروژن درصد زودرسی در مقایسه با سایر تیمارها که نیتروژن در آنها مصرف شده است، زیاد است.

تأثیرتیمارهای مورد مطالعه بر میانگین قطر گل آذین

بر مبنای داده های بدست آمده، اثر اصلی و اثرات متقابل تمام تیمارهای آزمایشی بر قطر گل آذین معنی‌دار نبود(جدول۲). جدول (۳) نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی و قطع آبیاری قطر گل آذین نسبت به آبیاری کامل (شاهد) کاهش می‌یابد.

مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میانگین قطر گل آذین را تا ۵/۶ درصد افزایش داد. جدول ۵ نشان می‌دهد که سوخ‌های بزرگتر قطر گل آذین کمتری نسبت به سوخ‌های کوچکتر دارند. احتمالاً به دلیل افزایش تعداد ساقه‌های گل‌دهنده به موازات افزایش اندازه سوخ، قطر گل آذین کاهش می‌یابد (رقابت و عدم رقابت). این نتیجه با نتیجه آمبولکار و همکاران (۵) مطابقت دارد. بر اساس جدول (۸) که اثرات متقابل زمان‌های قطع آبیاری و سطوح نیتروژن بر میانگین قطر گل آذین را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که در تیمارهای مختلف آبیاری، با افزایش سطح نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قطر گل آذین کاهش می‌یابد. از طرف دیگر در سطوح مختلف نیتروژن مصرفی تیمار آبیاری کامل دارای بیشترین قطر گل آذین و تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی قطر گل آذین کمتری دارد.

اثرات متقابل زمان‌های قطع آبیاری و اندازه سوخ بر قطر گل آذین نشان می‌دهد (جدول ۷) که در تیمارهای مختلف آبیاری سوخ-های کوچکتر نسبت به سوخ‌های بزرگتر از نظر اندازه قطر گل آذین برتری نشان می دهند. همچنین بر اساس نتایج افزایش تنش خشکی هم در سوخ‌های بزرگ و هم در سوخ‌های کوچک باعث کاهش قطر گل آذین می شود و بیشترین قطر گل آذین در هر دو اندازه سوخ مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان مربوط به تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی است. بررسی اثرات متقابل سطوح نیتروژن مصرفی و اندازه سوخ بر قطر گل آذین در جدول (۶) نشان می‌دهد در تمامی سطوح نیتروژن، سوخ‌های کوچکتر دارای قطر گل آذین بیشتری نسبت به سوخ‌های بزرگتر می‌باشند. همچنین داده‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سطح نیتروژن مصرفی تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار هم در سوخ‌های بزرگ و هم در سوخ‌های کوچک مقدار قطر گل آذین افزایش یافته و پس از آن کاهش می‌یابد.

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تعداد گل آذین در سوخ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول۲ نشان می‌دهد که اثر اندازه سوخ مادری بر تعداد گل آذین در سطح یک درصد معنی دار ولی اثر سایر تیمارهای آزمایشی بر روی این ویژگی معنی‌دار نیستند.

نتایج مقایسات میانگین (جدول ۵) نشان می‌دهد با افزایش اندازه سوخ مادری، تعداد گل آذین در سوخ افزایش می‌یابد و اندازه سوخ درشت (۹-۷ سانتی متر) از لحاظ آماری در گروه A قرار دارد. این مطلب توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است(۲۵،۱۸)، اما اولادیران وایفر (۲۸) چنین رابطه‌ای را بدست نیاوردند. دلیل افزایش تعداد گل آذین در سوخ‌های درشت‌تر را می‌توان به تعداد بیشتر مریستم‌های جانبی در این سوخ‌ها مربوط دانست (۲۵). علت این پدیده که سوخ‌های بزرگتر، تعداد مریستم بیشتری دارا می‌باشند را می‌توان به مقدار مواد غذایی ذخیره شده (به ویژه کربوهیدراتها) مربوط دانست (۳۳،۱۰). در مجموع می‌توان با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش و آزمایش‌های سایر پژوهشگران بیان داشت که افزایش اندازه سوخ مادری، تعداد گل آذین در بوته را افزایش داده و باعث افزایش عملکرد می‌شود(۲۵،۱۸،۱). بنابراین برای تولید بذر بیشتر باید از سوخ‌های بزرگتر که تعداد گل آذین زیادتری تولید می‌کنند استفاده شود. با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که کمترین میانگین تعداد گل آذین در سوخ (۲/۷۷)، مربوط به تیمار I_3b_1 و بیشترین میانگین تعداد گل آذین (۴/۳۹) را تیمار I_1b_2 دارد در واقع تیمار I_1b_2 نسبت به تیمار I_3b_1 تعداد گل‌آذین در سوخ را ۵۸/۵ درصد افزایش داد.

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر تعداد روز تا شروع گلدهی

چنانچه در جدول (۲) دیده می‌شود اثر اندازه سوخ بر تعداد روز تا شروع گلدهی معنی‌دار است و اثر زمان‌های قطع آبیاری و سطوح نیتروژن و اثرات متقابل تاثیر معنی‌داری بر روز تا شروع گلدهی نداشتند. شروع گلدهی گیاه ممکن است هم در گیاهان در حال رشد در مزرعه و هم در پیازهای نگهداری شده در انبار اتفاق بیفتد و این حالت زمانی صورت می‌گیرد که گیاه از مرحله‌ی نونهالی (داشتن حداقل ۱۴-۱۰ برگ) گذشته باشد. اندازه نسبی پیازها یک شاخص مهم برای سن فیزیولوژیکی می‌باشد و به طور کلی اندازه‌ی گیاه معیار مهمی برای شروع گلدهی است (۳۳،۸). همانطور که در جدول (۵) دیده می‌شود سوخ‌های درشت نسبت به سوخ‌های ریز زودتر شروع به گلدهی می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

آبیاری کامل مزارع پیاز همراه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و کاشت سوخ درشت به اندازه ۷-۹ سانتی‌متر موجب افزایش عملکرد بذر پیاز می گردد. پیاز گیاهی حساس به تنش آبی بوده و قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد موجب افزایش بذر پیاز می‌شود. بنابراین برای داشتن عملکرد مطلوب باید رطوبت مورد نیاز گیاه ، در تمام فصول رشد تامین گردد. مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قطر گل آذین و عملکرد بذر را افزایش داد ولی درصد زود رسی گل آذین ها را کاهش داد. با افزایش اندازه سوخ مادری عملکرد بذر، میانگین تعداد گل آذین در بوته و شمار روز تا شروع گلدهی افزایش یافت. پیشنهاد می‌شود در بذر گیری پیاز از سوخ مادری درشت و با قطر ۷-۹ سانتی متر استفاده گردد و افزایش سطح نیتروژن تا میزان ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار ضمن افزایش عملکرد بذر باعث رقیق شدن غلظت عناصر گردیده ولی در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌شود.

جدول ۳- اثر زمان‌های آبیاری بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

Table 3- Effect of Irrigation times on seed yield and reproduction traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

زمان‌های آبیاری	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	زودرسی (درصد)	قطر گل‌آذین (سانتی‌متر)	تعداد گل‌آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
Irrigation times	**Seed yield (kg/ha)**	**Early maturity (%)**	**Inflorescence diameter (cm)**	**Number of inflorescence in bulb**	**Days to beginning of flowering**
I_1	659.41a	27.91b	7.94a	3.69a	66.33a
I_2	590.13ab	29.6b	7.76a	3.35b	60.08a
I_3	581.12b	40.75b	7.56a	3.48a	67.33a
I_4	398.9c	63.44a	7.45a	3.45a	67.17a

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

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

(I_1=آبیاری کامل ؛ I_2=شیری شدن بذر ؛ I_3=پایان گلدهی ؛ I_4=شروع گلدهی)

(I_4= Beginning of flowering ;I_3= End of flowering ; I_2= Milking stage of seed; I_1=Full Irregantion)

جدول ٤- تأثیر سطوح نیتروژن بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

Table 4- Effect of nitrogen levels on seed yield and reproduction traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	زودرسی (درصد)	قطرگل آذین (سانتی‌متر)	تعداد گل آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
Nitrogen levels (kg/ha)	Seed yield (kg/ha)	Early maturity (%)	Inflorescence diameter (cm)	Number of inflorescence in bulb	Days to beginning of flowering
N_0	493.26a	4842a	7.5b	3.4a	67a
N_1	579.64a	39.41b	7.59ab	3.5a	67.17a
N_2	597.7a	35.66b	7.92a	3.44a	67.75a
N_3	558.95a	38.2b	7.71ab	3.64a	67a

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

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

(N_0=0; N_1=75; N_2=150; N_3=300 kg/ha)

جدول ٥- تأثیر اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

Table 5- Effect of bulb size on seed yield and reproduction traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

اندازه سوخ (سانتی متر)	عملکرد بذر (کیلو گرم در هکتار)	زودرسی (درصد)	قطرگل آذین (سانتی متر)	تعداد گل آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
Bulb size (cm)	Seed yield (Kg/ha)	Early maturity (%)	Inflorescence diameter (cm)	Number of inflorescence in bulb	Days to beginning of flowering
b1	437.07b	40.1a	7.75a	2.89b	69.1a
b2	677.7a	40.75a	7.61a	4.1a	65.37b

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

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

(b_1=5-7; b_2=7-9 cm)

جدول ٦- اثرات متقابل سطوح نیتروژن و اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

Table 6- Interaction between nitrogen level and bulb size on seed yield and reproduction traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

سطوح نیتروژن و اندازه سوخ	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	زودرسی (درصد)	قطرگل آذین (سانتی متر)	تعداد گل آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
Nitrogen level & bulb size	Seed yield (Kg/ha)	Early maturity (%)	Inflorescence diameter (cm)	Number of inflorescence in bulb	Days to beginning of flowering
N_0b_1	399.34c	50.27a	7.6ab	2.82b	69a
N_0b_2	587.195ab	46.59a	7.39b	4a	65b
N_1b_1	468.66bc	35.48a	7.66ab	2.85b	68.67a
N_1b_2	690.61a	43.34a	7.52b	4.15a	65.67b
N_2b_1	467.47bc	37.61a	8.05a	2.85b	69.67a
N_2b_2	727.93a	33.72a	7.8ab	4.02a	65.83b
N_3b_1	412.83c	37.05a	7.7ab	3.06b	69a
N_3b_2	705.07a	39.34a	7.73ab	4.23a	65b

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

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

(N0=0; N1=75; N2=150; N3=300 kg/ha) (b_1=5-7; b_2=7-9 cm)

جدول ۷- اثرات متقابل زمان‌های آبیاری و اندازه سوخ بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

Table 7- Interaction between irrigation times and bulb size on seed yield and reproduction traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

زمان آبیاری و اندازه سوخ	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	زودرسی (درصد)	قطرگل آذین (سانتی متر)	تعداد گل آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
Irrigation times & bulb size	**Seed yield (Kg/ha)**	**Early maturity (%)**	**Inflorescence diameter (cm)**	**Number of inflorescence in bulb**	**Days to beginning of flowering**
I_1b_1	569.09b	23.59a	8.05a	2.99c	67.83ab
I_1b_2	749.73a	32.24a	7.83ab	4.39a	64.83d
I_2b_1	447.18b	31.48a	7.92ab	2.89c	69.33ab
I_2b_2	733.08a	27.72a	7.61ab	3.82b	66.83bcd
I_3b_1	427.24bc	38.44a	7.61ab	2.77c	69.33ab
I_3b_2	735a	43.07a	7.52b	4.2abc	65.33cd
I_4b_1	304.78	66.9a	7.44b	2.93c	69.83a
I_4b_2	493b	59.97a	7.46b	3.98ab	64.5d

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

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

(I_1=آبیاری کامل ؛ I_2=شیری شدن بذر ؛ I_3=پایان گلدهی ؛ I_4=شروع گلدهی)

(I_4= Beginning of flowering ;I_3= End of flowering ; I_2= Milking stage of seed; I_1=Full Irregantion)

(b_1=5-7; b_2=7-9 cm)

جدول۸- اثرات متقابل زمان‌های آبیاری و سطوح نیتروژن بر عملکرد بذر و ویژگی‌های زایشی پیاز رقم قولی قصه

Table 8- Interaction between irrigation times and nitrogen level on seed yield and reproduction traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

زمانهای آبیاری و سطح نیتروژن	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	زودرسی (درصد)	قطرگل آذین (سانتی متر)	تعداد گل آذین در سوخ	تعداد روز تا شروع گلدهی
irrigation times & nitrogen	**ed yield (Kg/ha)**	**Early maturity (%)**	**Inflorescence diameter (cm)**	**Number of inflorescence in bulb**	**Days to beginning of flowering**
I_1N_0	501.24bcde	37.9a	7.71ab	3.59ab	66.67ab
I_1N_1	744.41a	28.27a	7.82ab	3.63ab	66.67ab
I_1N_2	741.59a	22.34a	8.15a	3.85a	66b
I_1N_3	650.38ab	23.14a	8.08a	3.69ab	66b
I_2N_0	584.82abcde	30.35a	7.73ab	3.17b	67ab
I_2N_1	574.07abcde	31.7a	7.67ab	3.46ab	67.67ab
I_2N_2	633.93ab	19.04a	8.09a	3.19ab	70a
I_2N_3	567.7abcde	37.31a	7.56ab	3.59ab	67.67ab
I_3N_0	502.39bcde	48.96a	7.33b	3.26ab	68ab
I_3N_1	619.74abc	36.71a	7.34b	3.7ab	66.67ab
I_3N_2	592.52abcd	42.78a	7.71ab	3.32ab	67.33ab
I_3N_3	609.83abcd	34.54a	7.88ab	3.64ab	67.33ab
I_4N_0	384.59e	76.49a	7.22b	3.59ab	66.33ab
I_4N_1	380.32e	60.95a	7.51ab	3.21ab	67.67ab
I_4N_2	422.76cde	58.5a	7.73ab	3.33ab	67.67ab
I_4N_3	407.89de	57.8a	7.34b	3.64ab	67ab

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

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

(I_1=آبیاری کامل ؛ I_2=شیری شدن بذر ؛ I_3=پایان گلدهی ؛ I_4=شروع گلدهی)

(I_4= Beginning of flowering ;I_3= End of flowering ; I_2= Milking stage of seed; I_1=Full Irregantion)

(N_0=0; N_1=75; N_2=150; N_3=300 kg/ha)

منابع

1-Abou El-Magd M.M., Zaki- Faten M.F., Abd El-Al S. and Abd El-Samad E.H. 2013. Growth Analysis and Chemical Constituents of Garlic Plants in Relation to Morphological Growth Stages. Journal of Applied Sciences Research. 9 (2): 1170-1180.

2-Akbari M. 1998. Effect of irrigation deficit on sugar beet yield. 9th Seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. 21:177-183. (in Persian).

3- Ali Ehyaei M. and Behbahanizadeh A.A. 1993. Guidelines for Laboratory Analysis of Soil Samples. Water and soil research institute. Tehran. Iran. (in Persian).

4-Ali N., Baloch M.A., and Hussain A. S. 1998. Study of the effects of planting space and bulb size on seed production. Sarhad Journal of Agriculture. pp: 14.

5-Ambulkar M.R., Kale P.B., Gonge V.S., and Mahorkar V.K. 1995. Effect of bulb size and spacing on the yield and quality of onion seed (*Allium cepa* L.). P.K.V. Research Journal. 19 (2): 107-109.

6-Aminpour R. 1999. Principles of Onion Seed Production. Agricultural organization in Isfahan. Isfahan. Iran.60pp

7-Aminpour R. and Aqdaee M. 2003. Effect of irrigation regimes and onion size on yield and seed yield components of onion (*Allium cepa* L.). 8th Iranian soil science congress. p: 916-918. (in Persian).

8-Asaduzzaman M.D., Malnul- Hasan M.D., Mahmudul-Hasan M.D., Moniruzzaman M.D. and Kabir-Howlader M.H. 2012. Effect of bulb size and plant spacing on seed production of onion (*Allium cepa* L.). Bangladesh Journal of Agricultural Research. 37 (3): 405-414.

9-Ayas S. and Demittas C. 2009. Deficit irrigation effects on onion (Allium cepa L. E. T. Grano 502) yield in unheated greenhouse condition. Journal of Food, Agriculture and Environment. 7 (3&4): 239-243.

10-Currah L. and Orchard J.E. 1996. Onion New Letter for the Tropics. Natural Resources Institute. 111pp.

11-Haghperasttanha, M.R. 1992. Nutrition and Metabolism of Plant. Ialamic Azad University – Rasht Beranch. Iran. 527pp. (in Persian).

12-Halder N.K., Zaman M.W.U., Chowdhury M.M.U., Vllah M.H., and Nag B.L. 1998. Effect of nitrogen and phosphorus on the uptake of different nutrient elements by onion bulb. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research. 33 (3): 404-408.

13-Hassan M.S. 2001. Effects of frequency of irrigation and fertilizer nitrogen on yield and quality of onions in the arid tropics. VIII. African Symposium on Horticultural Crops. Wed Medani, Sudan

14-Ilin Z. 1994. Onion seed yield in relation to nitrogen nutrition. Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad, Serbia, Yugos lavia. Selekcija i Semenarstvo. 1(1): 163- 165.

15-Islam K.M., Awal M.A., Ahmed S.U., and Baten M.A. 1998. Effects of different set size, spacing and nitrogen levels in the growth and bulb yield of onion. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2: 1143-1146.

16-Itali C. and Benzioni A. 1976. Water Stress and Hormone Response in Water and Plant Life. Spriger Verlag, Berlin. P 225.

17-Jilani M.S. Ahmed P., Waseem K. and Kiran M. 2010. Effect of plant spacing on growth and yield of two varities of onion (Allium cepa L.) undr the agro-climatic condition of D. I. Khan. Pakistan Journal of Science. 62 (1): 37-41.

18-Kadams A.M., and Amans E.B. 1991. Onion Seed Production in Relation to Field management in Nigeria. pp. 47–49. In. L., Currah. and J.E Orchard (ed.). Onion Newsletter for the Tropics. Natural Resources Institute.

19-Khirabi J., Tavakoli A., Entesari M. and Salamt A. 1996. Working group Guidelines Deficit Irrigation Water for Plants. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (in Persian).

20-Khodadadi M. 2012. The effects of planting date and mother bulb size on quantitative and qualitative seed traits of onion red variety. International Journal of Agriculture Research and Review. 2 (4), 324-327.

21-ldigbor C.M., Asawalam D.O., Onweremadu E.U. and Ndukwu B.N. 2009. Potassium quantity-intensity relationship of fauna modified soils of Abia State. International Journal of Sustainable Agriculture. 1 (2): 49-52.

22- Malakouti, M.J. and M.N. Gheybi, 1997. Determination of Nutrient Critical Levels in Strategic Crops and Correct Fertilizer Recommendation in Iran. Agricultural Education Publication, Iran Tehran, pp: 56. (in Persian).

23-Marschner H. 1995. Mineral nutrition of Higher Plants. Academic Press. New York.

24-Mishra H.P. 1994. Effect of nitrogen and potassium on onion seed production in calcareous soil. Journal of potassium research. 10: 236- 249.

25-Mobli M.1992. Quantitative effects of bulb size, pre- and post – planting environment on flowering and seed production in onions, Allium cepa L. Ph.D. Thesis. Department of horticulture. University of Reading, U.K. 286 P.

26-Nasripour-Yazdi M.T. and Tehranifar A. 1995. Vegetable Seed Production. Publications of the Jihad-e Daneshgahi of the Mashhad University, Mashhad. 300 pp. (in Persian).

27-Nikus O. and Mulugeta F. 2010. Onion Seed Production Techniques. FAO-CDMDP National Consultant on Seed and horticulture production. Asella, Ethiopia. p31.

28-Oladiran J.A., and Ifere S.O. 1996. Effects of onion (Allium cepa L.) bulb size and spacing on seed yield and quality at Minna, Nigeria. pp. 36–38. In. L., Currah. and J. E Orchard (ed.). Onion Newsletter for the Tropics. Natural Resources Institute.

29-Prats- Perez A., Munozdecon L., and Fundora Mayor Z. 1996. Influence of onion bulb size and its locality of origin on seed yield. pp. 25–32. In. L., Currah. and J.E Orchard (ed.). Onion Newsletter for the Tropics. Natural Resources Institute.

30-Rafieipour M., Motallebi_Azar A., Mahna N., Davati Kazemnia H., Kazemiani S. and Yarmohamadi F. 2011. Evaluation of genetic variability of six Iranian landraces of onion (Allium cepa L.) for seed yield and yield components .Russian Agricultural Sciences. 37 (5): 385-391.

31-Salami M. and Saadat S. 2013. Study of potassium and nitrogen fertilizer levels on the yield of sugar beet in jolge cultivar. Journal of Novel Applied Sciences. 2 (4): 94-100.

32-Singh D., Singh H., Rewal H.S., Brar S.S., and Singh L. 1990. Effect of bulb size, spacing, time of planting and insecticides and fungicides on the production of onion seed in the south-western region of Punjab, India. p. 40–41. In. L., Currah. and J.E Orchard (ed.). Onion Newsletter for the Tropics. Natural Resources Institute.

33-Tesfay S.Z., Bertling I., Odindo A.O., Greenfield P. L. and Workneh T.S. 2011. Growth responses of tropical onion cultivars to photoperiod and temperature based on growing degree days. African Journal of Biotechnology. 10 (71): 15875-15882.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 1-11
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۱-۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effects of Deficit Irrigation, Nitrogen Levels and Bulb Size on Seed Yield and Reproduction Traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh)

S. Malekani[1]- A. Golchin[2] – S. Shafiei[3]*

Received: 26-06-2013
Accepted: 03-03-2019

Introduction: Water stress limits crop production throughout the world and contrary to other limiting factors (acidity, sodicity and salinity). It is highly variable within growing season and from year to year. Plants response to water deficit at morphological, anatomical and cellular levels by modifications allowing them to avoid stress or increase tolerance. When supply of water is limited, crop management practices that improve water stress resistance can benefit plant growth and improve water use efficiency. Onion seed production has high requirements in inorganic fertilizers. The applied amount depends on the type and fertility status of the soil. The use of inorganic fertilizers is common in onion production. Onion is responsive to nitrogen fertilizer. The bulb refers to a fleshy structure serving as storage organ, and containing simple and sugars, sulfur, protein and nitrogen compound containing flavor precedents as well as a significant amount of water in the swollen cells producing the bulk of the bulb scales. In order to evaluate the effects of deficit irrigation, nitrogen levels and bulb size on seed yield and reproduction traits of onion (Allium cepa var. Ghooli gheseh), was conducted in Zanjan areas.

Materials and Methods: In order to study the effects of nitrogen levels, bulb size and water tension at various growth stages on onion seed yield (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh), an experiment was conducted in Zanjan University in 2014. The experiment was strip split plot with a randomized complete block design with three replications. Water tension was applied at the beginning of flowering, end of flowering, as well as the milking stage of seed by avoiding irrigation at those stages. The obtained seed yield was compared with that of control or treatment with normal irrigation (no water tension). The irrigation treatments including control were located on horizontal plots and vertical plots allocated to nitrogen levels (0, 75, 150 and 300 kg N ha^{-1}) and bulb sizes (5-7 and 7-9 cm diameter). Traits such as days to inflorescence emergence, days to flowering, number of inflorescence per plant and seed yield were measured. All data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS 9.3 software. When F test indicated statistical significance at $P< 0.01$ or $P < 0.05$, the least significant difference (LSD) was used to calculate the means.

Results and Discussion: The effect of water tension on seed yield and days to seed ripening were significant at 1% probability level. Water tension at milking stage of seed, end of flowering and beginning of flowering reduced seed yield in comparison with the control and yield decreased by 10.5, 12 and 39.5%, respectively. The highest seed yield (659.4 kg ha^{-1}) was obtained in the control. Although the main effect of nitrogen was not significant, application of 150 kg N/ha increased inflorescence diameter, percentage of fertile florets and seed yield about 5.6, 4.9 and 20%, respectively in comparison with the control (N0). Application of nitrogen up to 150 kg ha^{-1} significantly increased days to seed ripening. Days to inflorescence emergence, days to flowering, number of inflorescence per plant and seed yield were affected significantly by bulb size. In onions, many factors such as bulb weight, cultivars, spacing, date of planting, climate, soil, besides fertilizer application seem to affect seed yield and quality. Moreover, according to Mishra, (1994), applying nitrogen has been revealed to enhance the number of umbels per plant in onion. Based on Islam et al. (1998), the larger sets associated with the closest spacing resulted in the highest bulb yield. Smaller set with zero nitrogen level led to the maximum number of single bulbs. The closest spacing with 120 N/ha resulted in the highest bulb yield, as well. The highest bulb yield from the combination of larger sets and closest spacing was equal to 120 kg N/ha. Smaller sets and the closest spacing zero N level yielded the highest number of single bulbs.

Conclusion: For onion seed production in climatic conditions similar to those in Zanjan areas, application of normal irrigation, bulb diameter of 7-9 cm and 150 kg N ha^{-1} are recommended.

Keywords: Bulb, Early maturity, Flowering, Inflorescence, Irrigation times

1 and 2- M. Sc. and Professor of Soil Science, College of Agriculture, Zanjan University
3- Assistant Professor of Soil Science, College of Agriculture, University of Jiroft
(*- Corresponding Author Email: Saeid55@gmail.com)

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۸-۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 13-28
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر کود نیتروژن و کود زیستی فسفات بارور۲ روی برخی ویژگی‌های پیاز رقم آذرشهر در منطقه ملکان

علیرضا ایمانی[۱]- موسی ارشد[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۷

چکیده

یکی از عوامل افزایش عملکرد پیاز، تعیین مقدار مناسب کود برای کشت این گیاه است. به منظور بررسی تأثیر کود ازته و فسفات زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی پیاز قرمز آذرشهر، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو آزمایش جداگانه در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش اول شامل کود ازته در سه سطح (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول پاشی فسفات بارور۲ در سه سطح (عدم محلول پاشی، ۱ و ۲ در هزار) و آزمایش دوم، کود ازته در سطوح مذکور و تلقیح بذر با فسفات بارور۲ در سه سطح (عدم تلقیح، ۱ و ۲ در هزار) بود. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد کود زیستی فسفات بارور۲ و کود ازته باعث افزایش ارتفاع بوته، متوسط وزن پیاز، عملکرد پیاز، محتوای ترکیبات قندی، میزان پروتئین و شاخص کلروفیل شد. در آزمایش اول، بالاترین عملکرد پیاز (۱۸/۹۸ تن در هکتار)، متوسط وزن پیاز (۱۲۷/۵۱ گرم)، ارتفاع بوته (۵۱/۶۸ سانتی متر)، نیترات (۱۱۶/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) و شاخص کلروفیل (۶۴/۱۲) با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و بیشترین عملکرد پیاز (۱۷/۷۴ تن در هکتار)، متوسط وزن پیاز (۱۱۲ گرم)، ارتفاع بوته (۵۰/۹۶ سانتی متر) و میزان پروتئین (۹/۹۶ گرم بر صد گرم) در تیمار محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ مشاهده گردید. در آزمایش دوم نیز بیشترین مقدار صفات مذکور با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن و به غیر از میزان نیترات در تلقیح بذور با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اوره، میزان پروتئین، تلقیح، محلول پاشی

مقدمه

پیاز (*Allium cepa* L.) گیاه علفی، دو ساله، تک لپه و دگربارور بوده و یکی از سبزیجات مهم در سرتاسر جهان می‌باشد (۳۱). این گیاه دارای ویتامین B، ویتامین C، کربوهیدرات‌ها و مقدار کمی پروتئین است (۱۱). پیاز با داشتن موادی از قبیل فروکتانها، فلاونوئیدها و سولفور آلی دارای خواص دارویی فراوانی است (۳).

یکی از عوامل افزایش عملکرد پیاز، تعیین مقدار مناسب کود برای کشت این گیاه است. نیتروژن عنصری ضروری برای رشد و تولید در گیاهان است. نیتروژن به دلیل اینکه از اجزای اسیدهای آمینه و کلروفیل است و باعث تسریع در رشد، افزایش محتوای پروتئین و عملکرد گیاه می‌شود دارای اهمیت زیادی است (۱۳). نیتروژن از اجزای رنگدانه‌ها، متابولیت‌های ثانوی و از اجزای اصلی پروتئین‌ها است و در سایر بیومولکول‌های مهم زیستی مانند ATP و اسید نوکلئیک نیز یافت می‌شود (۱و۱۲). کمبود نیتروژن باعث کاهش فعالیت نیترات ردوکتاز، نیتریت ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز، گلوتامات سنتتاز و گلوتامین دهیدروژناز می‌شود (۴).

محمدی فاتیده و حسن پور اصل (۲۴) تاثیر کاربرد کود نیتروژنه با سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) را در پیاز بررسی نمودند. این محققین افزایش معنی دار اندازه و وزن پیاز تحت تاثیر کود نیتروژنه را مشاهده نموده و سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار را مطلوب ترین تیمار کودی اعلام کردند. یاداو و همکاران (۳۸) نیز تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه (۰ ، ۴۵ ، ۹۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد کود نیتروژنه طول برگ، تعداد برگ، طول ساقه گل دهنده و تعداد گل در هر چتر پیاز را افزایش داد. آنها بیشترین مقادیر پارامترهای رشدی را در تیمار ۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. کومار و همکاران (۲۰) تاثیر فاصله کاشت و میزان نیتروژن در پیاز را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه فاصله کشت ۱۶ در ۱۸ سانتی متر بوته ها، ارتفاع بوته، تعداد برگ،

۱و ۲- گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mo_arshad2002@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jhorts4.v33i1.63704

طول برگ، قطر طویل ترین برگ، طول دوره رسیدگی، طول پیاز، قطر پیاز، وزن تر پیاز و عملکرد پیاز را بطور معنی دار افزایش میدهد. سلیمانی و شهراجابیان (۳۵) تاثیر تیمارهای صفر، ۱۰۰ ، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار را در پیاز بررسی نمودند. طبق نتایج به دست آمده از این مطالعه، کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار بیشترین مقدار قطر پیاز، طول پیاز، متوسط وزن پیاز، عملکرد پیاز و محتوای نیترات پیاز را بطور معنی دار افزایش داد ضمن اینکه تفاوت معنی دار بین تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده نگردید. نتایج حاصل از مطالعات استون(۳۶) در زمینه تاثیر سطوح مختلف کود ازته روی پیاز نشان داد که افزایش در سطح کود نیتروژنه تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش پایداری را در عملکرد پیاز موجب میگردد. با این وجود، این کاربرد بر میزان ماده خشک، کل مواد جامد محلول و کل ترکیبات قندی تاثیر معنی داری نداشت. گسسو و همکاران (۱۳) تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه (۰ ، ۴۶ ، ۶۹ ، ۹۲ ، ۱۱۵ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) را بر عملکرد و اجزای عملکرد پیاز بررسی نمودند. بر اساس نتایج حاصل از بررسی این محققین، کود نیتروژنه باعث افزایش معنی داری میزان عملکرد و بازار پسندی پیاز گردید. تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار از نظر عملکرد و اجزای عملکرد پیاز بهترین تیمار کودی بود. خان و همکاران (۱۹) نیز در بررسی پاسخ پیاز به سطوح مختلف کود نیتروژنه (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده نمودند که بیشترین طول برگ، ارتفاع بوته، وزن سوخ و عملکرد سوخ در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار به دست آمد

کودهای زیستی به شکل جامد، مایع یا نیمه جامد بوده و معمولا شامل سلول‌های زنده میکروارگانیسم‌ها، تثبیت کننده‌های نیتروژن و باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول خاک هستند و در واقع منبع اصلی کودهای زیستی باکتری‌ها، قارچ‌ها و سیانوباکترها (جلبک‌های سبز آبی) هستند (۳۴). به دلیل افزایش تولید گیاهان زراعی، حفظ حاصلخیزی خاک و توسعه کشاورزی پایدار اهمیت زیادی یافته است. استفاده مطلوب از کودهای زیستی نه تنها اثر مثبتی بر خصوصیات خاک دارد، بلکه بر رشد گیاه، حفظ نیتروژن و سایر مواد آلی خاک، گیاه و کاهش نیاز به کودها نیز تأثیر می‌گذارد (۱۶). فسفر در گیاهان نقش مهمی را در متابولیسم گیاه مانند توسعه ریشه، فتوسنتز، انتقال مواد غذایی درون گیاه، تقسیم میوز، رشد و توسعه اندام‌های زایشی گیاه بر عهده دارد(۶). کودهای شیمیایی از منابع مهم فسفر در گیاهان است، ولی هزینه بالای کودهای شیمیایی و مشکلات زیست محیطی در اثر مصرف بیش از حد آن‌ها باعث شده تا محققان در پی روش‌هایی در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی باشند. در این راستا استفاده از میکروارگانیسم‌ها کمک خواهد کرد تا میزان مصرف کودهای گران قیمت فسفره کاهش یابد (۳۲). یک نوع از کودهای زیستی، باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول خاک هستند که فرم نامحلول فسفر خاک را به فرم محلول گیاه تبدیل می‌کنند(۲۱). علاوه بر ظرفیت باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول خاک، این باکتری‌ها می‌توانند نیروی تولید گیاهان زراعی را با ترشح سایر متابولیت‌ها مانند اسید ایندول استیک، اکسین، جیبرلین و سایدروفورها افزایش دهند. این باکتری‌ها همچنین فعالیت سایر میکروارگانیسم‌های مفید خاک را افزایش می‌دهند (39). کود بیولوژیک فسفات بارور۲ با نقش مهمی که در انحلال برخی از عناصر از جمله فسفر دارد می‌تواند به صورت تلفیق با کود فسفره، جذب عناصر را تحت تأثیر خود قرار دهد. این کود حاوی دو نوع باکتری حل کننده فسفات از گونه‌های پانتوآ آگلومرانس (سویه P25) و سودوموناس پوتیدا (سویه P13) می‌باشد که به ترتیب با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (۱). بلندنظر و همکاران (۸) در بررسی تأثیر کود زیستی فسفات بارور۲ بر چهار رقم پیاز خوراکی (آذرشهر، تسوج، هوراند و رزیتای هلند) نشان دادند تیمار با کود زیستی بر صفات رویشی و عملکرد پیاز خوراکی تأثیر مثبت دارد. در پیاز کمبود فسفر، اندازه غده و عملکرد غده را کاهش می‌دهد (۲۹). شاهین و همکاران (۳۱) گزارش کردند کاربرد کود سوپر فسفات میزان پروتئین، نیتروژن و فسفر پیاز را افزایش داد. ریزک و همکاران (۳۰) اظهار داشتند کاربرد کود نیتروژنه و فسفره در پیاز موجب افزایش معنی‌دار متوسط وزن غده و ابعاد غده شد. بر اساس نتایج مولاتو و همکاران (۲۶) کود فسفره عملکرد پیاز را به طور معنی‌داری افزایش داد.

با توجه به اینکه در کشور ما به دلیل تغییرات شدید pH، میزان فسفر محلول در ریزوسفر گیاه محدود می‌باشد بنابراین استفاده از کودهای بیولوژیک آزادکننده فسفر تا حدود زیادی می‌تواند مشکلات جذب این عنصر را تعدیل نموده و بر جذب سایر عناصر در گیاهان به عنوان یک معیار کیفی تأثیرگذار باشد. با توجه به اهمیت تغذیه با کود زیستی فسفات بارور ۲ و کود ازته، اثرات آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد پیاز در شرایط اقلیمی شهرستان ملکان مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه‌ی تحقیقات کشاورزی واقع در شهرستان ملکان با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹ دقیقه ی شمالی با ارتفاع ۱۳۰۲ متر از سطح دریا اجرا گردید. منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد با متوسط بارندگی سالانه ۲۷۱ میلی‌متر و بطور میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه، حداکثر دمای سالانه ۱۶ و حداقل آن ۲/۲ درجه‌ی سیلسیوس می‌باشد. PH خاک‌های منطقه در محدوده‌ی قلیایی قرار دارد. سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ برآورد گردیده است.

جدول۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

Table1- Physico-Chemical properties of Soil of studies place

مشخصه Properties	pH	EC (ds/m)	آهک Lime	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت Texture	کربن آلی Organic Carbon	فسفر P	پتاسیم K
			% (درصد)				Loam Sandy	(%)	(mg/kg)	
مقادیر Content	7.81	2.62	20	16	26	58	لومی شنی	0.71	35.2	300

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو آزمایش جداگانه اجرا گردید. در آزمایش اول تأثیر کود شیمیایی شامل کود اوره در سه سطح (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول پاشی کود زیستی فسفات بارور۲ در سه سطح (عدم محلول پاشی، ۱ در هزار و ۲ در هزار) و در آزمایش دوم، تأثیر کود شیمیایی در سطوح ذکر شده و تلقیح بذور به مدت یک ساعت با کود فسفات بارور۲ در سه سطح (عدم تلقیح، ۱ در هزار و ۲ در هزار) مورد مطالعه قرار گرفت. زمان محلول پاشی در تیمارهای مربوطه در روز پانزدهم ماه‌های خرداد (۴ برگی)، تیر (۸-۶ برگی) و مرداد (بیش از ۸ برگی) بود. یک سوم کود نیتروژنه قبل از کاشت و مابقی آن بعد از کاشت به صورت سرک در روز پانزدهم ماه‌های خرداد و تیر به نسبت مساوی به کار برده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. پس از آماده نمودن زمین و ایجاد کرت-ها در تاریخ ۹۴/۱/۱۴ عملیات کاشت صورت گرفت. جهت حذف عوامل جانبی تاثیر گذار از جمله تراکم بر روند آزمایش، کشت به صورت ردیفی با فاصله ۲۵ سانتی متر بین ردیف و ۱۷ سانتیمتر روی ردیف در ۲۱۰ متر مربع و به طریق خشکه‌کاری انجام گرفت. جهت جلوگیری از سله بستن سطح خاک، حدود ۱-۲ سانتیمتر ماسه بادی بر روی بذرها داده شد و پس از کاشت آبیاری صورت گرفت. از هر تکرار تعداد ۲۰ بوته جهت انجام آزمایشات بطور تصادفی انتخاب گردید. آبیاری به طریقه نشتی و با کمک سیفون و در طول فصل رشد بسته به نیاز گیاه تقریبا هفته‌ای یک‌بار انجام شد. مبارزه با علف-های هرز به صورت دستی و در چندین نوبت انجام شد. به منظور مبارزه با آفت تریپس از سموم آندوسولفان با غلظت ۱/۵ در هزار و استامی پراید با غلظت ۰/۵ در هزار برای همه تیمارها به همراه شاهد استفاده گردید. بعد از بزرگ شدن پیازها و خشک شدن ۸۰ درصد برگ‌ها، تمام بوته‌ها برداشت گردید و تعداد پیازها شمارش و وزن گردید و عملکرد هر کرت اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان نیترات، ابتدا از ماده خشک پیاز و اسید استیک عصاره پیاز تهیه گردید و در مرحله بعد با استفاده از دستگاه نیترات‌سنج محتوای نیترات اندازه‌گیری شد (۱۸). برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول، ۰/۵ گرم از پودر برگ‌ها را در داخل هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد کاملاً له نموده و عصاره به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و قسمت شفاف عصاره در لوله‌های آزمایش درپوش‌دار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا تعیین میزان قندهای محلول نگهداری گردید (۱۷). ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده را با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده مخلوط نموده و به مدت ۱۰ دقیقه در داخل حمام جوش با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. محلول داخل لوله‌های آزمایش، به رنگ آبی سیر درآمده و پس از سرد شدن میزان جذب با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید. برای تهیه نمونه‌های استاندارد از گلوکز خالص استفاده شد. پس از قرائت جذب در ۶۲۵ نانومتر و رسم منحنی‌های استاندارد، میزان قندهای محلول موجود در نمونه‌ها محاسبه گردید (۱۷). به منظور تعیین میزان پروتئین از روش کجلدال استفاده شد. میزان پروتئین از حاصل ضرب درصد نیتروژن در عدد ثابت ۶/۲۵ تعیین گردید (۲۶).

برای تعیین شاخص کلروفیل، ۵ عدد پیاز در حال رشد به طور تصادفی از هر کرت در زمان حداکثر رشد گیاه انتخاب و با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج مدل CCM- ۲۰۰، شاخص کلروفیل هر بوته اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون Duncan در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس مربوط به آزمایش اول اثر اصلی نیتروژن بر روی تمام صفات مورد مطالعه به غیر از محتوای ترکیبات قندی معنی‌دار گردید. اثر اصلی محلول پاشی فسفات بارور۲ بر تمام صفات به غیر از میزان نیترات و شاخص کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر ترکیب تیماری نیتروژن و محلول پاشی فسفات بارور۲ بر صفات ارتفاع بوته، عملکرد پیاز، میزان نیترات و درصد پروتئین معنی‌دار گردید (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و محلول پاشی فسفات بارور۲ بر صفات مورد بررسی در پیاز (آزمایش اول)

Table2- ANOVA for the effects of nitrogen and Bio-phosphate foliar 2 on traits in onion

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته Plant hieght	متوسط وزن پیاز Average weight of onion	عملکرد Yield	نیترات Nitrate	ترکیبات قندی Sugar compounds	پروتئین Protein	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
تکرار Replication	2	45.388	84.668	0.287	347.583	0.127	1.736	2.136
نیتروژن Nitrogen	2	293.514**	5346.47**	22.584**	4660.74**	0.294 ns	16.183*	116.48**
محلول پاشی فسفات بارور۲ Bio-Phosphat Foliar	2	191.815**	1039.235*	5.055*	253.00 ns	6.678**	3.471*	25.76 ns
نیتروژن × محلول پاشی فسفات بارور۲ Bio-Phosphat Foliar×Nitrogen	4	66.618**	519.59 ns	2.482*	567.793*	1.346 ns	2.503*	6.09 ns
خطا Error	16	18.116	203.323	0.818	173.967	0.552	0.636	9.442
ضریب تغییرات C.V.	-	9.16	13.62	12.52	16.52	6.29	8.49	5

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

ns, **and* indicate no significant, meaning at 1% and 5 level, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و تلقیح بذور با فسفات بارور۲ بر صفات مورد بررسی در پیاز (آزمایش دوم)

Table 2- ANOVA for the effects of nitrogen and Bio-phosphate2 inoculation on traits in onion

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته Plant height	متوسط وزن پیاز Average weight of onion	عملکرد Yield	نیترات Nitrate	ترکیبات قندی Sugar compounds	پروتئین Protein	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
تکرار Replication	2	11.398	36.268	0.245	11.398	3.145	0.444	3.218
نیتروژن Nitrogen	2	284.538**	5249.215 **	25.551**	284.538**	12.343**	19.514**	99.4*
تلقیح با فسفات بارور ۲ Bio-Phosphate2 inoculation	2	170.534**	2485.51*	10.04**	170.534**	12.405**	9.563**	13.116 ns
نیتروژن × تلقیح با فسفات بارور ۲ Nitrogen× Bio-Phosphate2 inoculation	4	11.696 ns	635.29**	1.665*	11.696 ns	11.81**	0.871 ns	3.393 ns
خطا Error	16	15.042	111.049	0.514	15.042	0.906	0.822	4.749
ضریب تغییرات C.V.	-	8.45	9.87	9.64	8.45	7.75	9.46	3.57

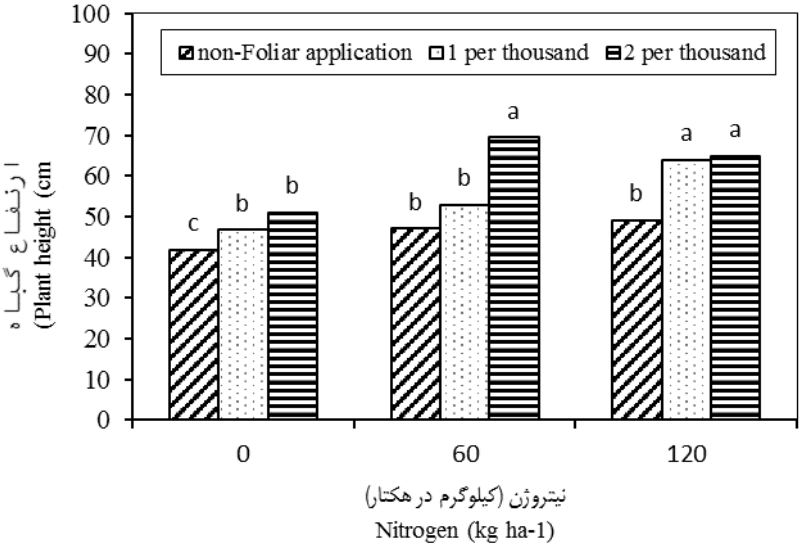
ns، ** و * به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns,**and* indicate of non- significant, meaning at 1% and 5 level respectively.

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آزمایش دوم، اثر اصلی نیتروژن بر روی تمام صفات معنی‌دار گردید. اثر اصلی تلقیح بذور با فسفات بارور ۲ بر تمام صفات به غیر از رطوبت نسبی پیاز و شاخص کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر ترکیب تیماری نیتروژن و تلقیح بذور با فسفات بارور۲ بر صفات متوسط وزن پیاز، عملکرد پیاز و محتوای ترکیبات قندی معنی‌دار بود (جدول ۳).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین آزمایش اول نشان داد که با کاربرد نیتروژن و محلول پاشی فسفات بارور۲ به صورت جداگانه، ارتفاع بوته نسبت به شاهد به طور معنی دار افزایش یافت طوریکه بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و محلول پاشی با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ به دست آمد (جدول ۴). اثر ترکیب تیماری نیتروژن و محلول‌پاشی فسفات بارور۲ مشخص نمود که بیشترین ارتفاع بوته از ترکیب تیماری ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با محلول‌پاشی ۲ در هزار فسفات بارور(۶۹/۵۰ سانتی متر)۲ به دست آمد (شکل ۱).



شکل۱- اثر متقابل نیتروژن × کاربرد برگی فسفات بارور ۲ بر ارتفاع گیاه پیاز

Figure 1– The interaction effect of nitrogen × Bio-phosphate2 foliar application on plant height of onion

مقایسه میانگین‌های مربوط به آزمایش دوم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و همچنین تلقیح بذر با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ نسبت به شاهد به دست آمد (جدول ۵).

باکتری‌های موجود در کود زیستی فسفات بارور۲ علاوه بر حلالیت فسفر موجب جذب سایر عناصر و کاهش بیماری‌ها شده و در نتیجه رشد گیاه را تحریک می‌کند. دیکشیت (۱۰) مشاهده نمود که کاربرد توأم کود زیستی و کود نیتروژنه موجب افزایش ارتفاع بوته پیاز شد. احمد (۲) نیز گزارش نمود که کاربرد کود نیتروژنه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته‌های پیاز می‌شود. شدید و همکاران (۳۲) اعلام نمودند که کاربرد کود زیستی ارتفاع بوته پیاز را به میزان ۴۴ درصد افزایش می‌دهد. مینا و همکاران (۲۳) نیز مشاهده نمودند که کاربرد توأم آزوسپریلیوم همراه با باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول خاک، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته پیاز گردید.

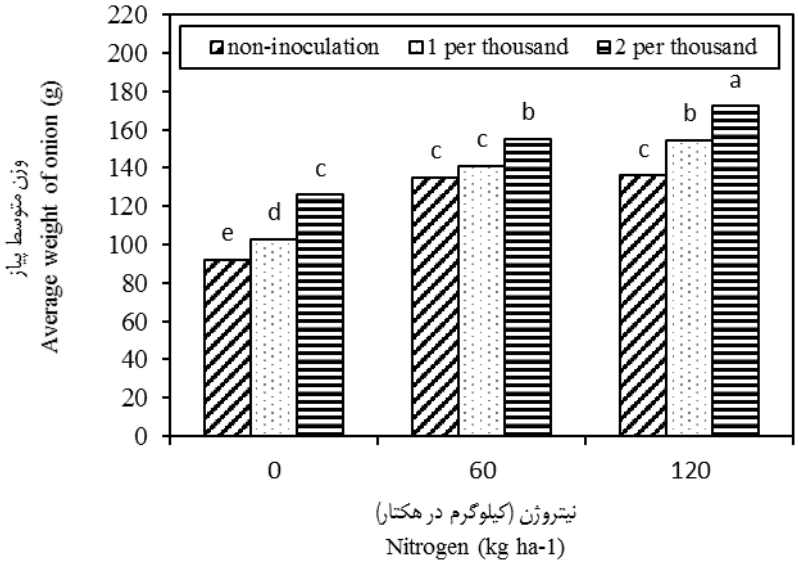
همان‌طوری‌که ذکر گردید نتایج آزمایشات متعدد بیانگر ارتباط تناتنگ بین وضعیت تغذیه‌ای گیاه و شرایط رشد و نمو و عملکرد محصول می‌باشد. در این آزمایش نیز با تامین عناصر مهم و موثر در رشد یعنی ازت و فسفر ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد به ویژه در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم ازت و محلول پاشی فسفات بارور ۲ به طور معنی داری افزایش یافت. بنابراین با توجه به رابطه بین ازت به عنوان کلیدی ترین عنصر موثر در رشد و تقسیم سلولی، بهبود ارتفاع گیاه می‌تواند ناشی از تاثیر مستقیم این عنصر بر ارتفاع گیاه پیاز باشد.

متوسط وزن پیاز

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از افزایش معنی‌دار متوسط وزن پیاز بود طوریکه بیشترین متوسط وزن پیاز با کاربرد ۱۲۰

کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دو آزمایش اول و دوم و نیز در تیمار محلول پاشی ۲ در هزار فسفات بارور۲ نسبت به شاهد به دست آمد (جدول۴ و۵). نتایج اثر تلقیح بذر با فسفات بارور۲ نشان داد که بیشترین متوسط وزن پیاز با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ نسبت به شاهد به دست آمد (جدول ۵). اثر ترکیب تیماری نیتروژن به همراه تلقیح بذر با فسفات بارور۲ مشخص کرد که بیشترین متوسط وزن پیاز در ترکیب تیماری ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تلقیح بذر با ۲ در هزار فسفات بارور(۱۷۲/۲ گرم) ۲ نسبت به شاهد بود (شکل ۲) که این امر بیانگر تاثیر مثبت نیتروژن و فسفر در متوسط وزن پیاز بود.

افزایش وزن پیاز در بررسی‌های انجام شده توسط سایر محققان نیز اشاره شده است. محمدی فاتیده و حسن‌پور اصل (۸) اظهار داشتند که کود نیتروژنه موجب بهبود رشد، بهبود فتوسنتز و انتقال ماده خشک به اندام‌های ذخیره‌ای می‌شود و از این طریق موجب افزایش قطر و وزن پیازها می‌گردد. سلیمانی و حسام‌شهراجابیان (۳۵) افزایش ۳۷ درصدی متوسط وزن پیاز را با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار گزارش نمودند. بهبهانی و خیام نکویی (۷) به این نتیجه رسیدند که کود زیستی فسفات بارور۲ با آزادسازی فسفر، موجب افزایش انتقال مواد غذایی به غده‌ها و افزایش وزن غده‌ها در سیب-زمینی می‌شود در نتیجه موجب افزایش میانگین وزن غده‌ها در تک بوته شده و در نهایت عملکرد کل افزایش می‌یابد. گوپتا و همکاران (۱۵) تأثیر مثبت فسفر در افزایش عملکرد پیاز را گزارش نمودند. شدید و همکاران (۳۲) مشاهده نمودند که محلول پاشی کود زیستی فسفات، متوسط وزن پیاز را افزایش می‌دهد. بلندنظر و همکاران (۸) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی بارور۲ باعث افزایش متوسط وزن پیاز می‌گردد.



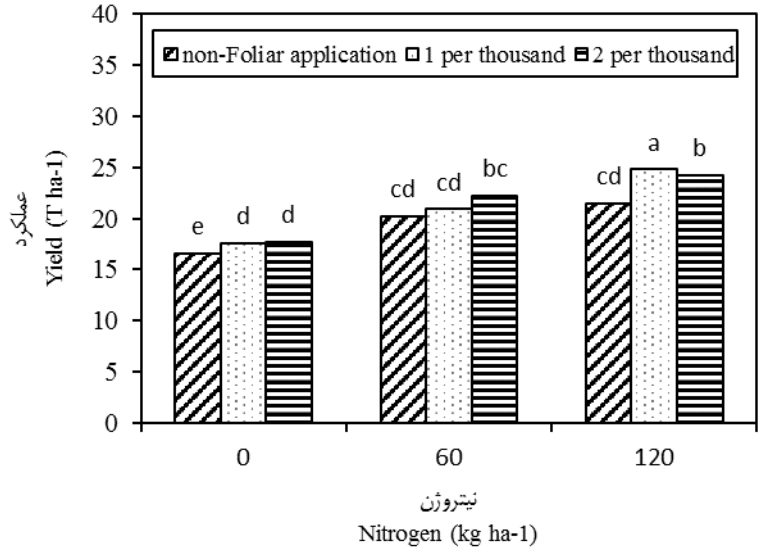
شکل۲- اثر متقابل نیتروژن × تلقیح با فسفات بارور ۲ بر متوسط وزن پیاز

Figure 2- The interaction effect of nitrogen ×Bio-phosphate2 inoculation on average weight of onion

عملکرد پیاز

مقایسه میانگین داده‌های آزمایش اول و دوم، بیشترین افزایش معنی‌دار عملکرد پیاز نسبت به شاهد را در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و نیز محلول پاشی ۲ در هزار فسفات بارور۲ نشان داد. ضمن اینکه در آزمایش دوم، تیمار تلقیح بذور پیاز با محلول ۲ در هزار فسفات بارور ۲ از بالاترین عملکرد نسبت به شاهد برخوردار بود (جدول ۴ و ۵). اثر ترکیب تیماری نیتروژن با محلول پاشی فسفات بارور۲ مشخص کرد که بیشترین عملکرد پیاز مربوط به ترکیب تیماری ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول پاشی ۱ در هزار فسفات بارور۲(۲۴/۸۰ تن در هکتار) و کمترین آن مربوط به شاهد بود (شکل ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر تلقیح بذر با فسفات بارور۲ نشان داد که بیشترین عملکرد پیاز (۱۸/۶۳ تن در هکتار) مربوط به تلقیح با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور ۲ و کمترین آن (۱۶/۶۳ تن در هکتار) مربوط به عدم تلقیح بود (جدول ۵). اثر ترکیب تیماری نیتروژن با تلقیح فسفات بارور۲ مشخص کرد که بیشترین عملکرد پیاز (۲۴/۷۰تن در هکتار) از ترکیب تیماری ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تلقیح بذر با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ و کمترین عملکرد پیاز (۱۶/۶۳ تن در هکتار) از تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۴).



شکل۳- اثر متقابل نیتروژن ×کاربرد برگی فسفات بارور۲ بر عملکرد گیاه پیاز

Figure 3- The interaction effect of nitrogen ×Bio-phosphate2 foliar application on yield of onion.

باکتری‌های موجود در کودهای زیستی با باکتری‌ها و قارچ‌های مضر خاک رقابت نموده و موجب کاهش بیماری‌های باکتریایی و قارچی می‌شوند و در نتیجه موجب افزایش عملکرد در واحد سطح می‌گردند(۲۷). رنجبر (۲۹) گزارش نمود که تلقیح با باکتری‌های سودوموناس منجر به افزایش عملکرد پیاز خوراکی می‌شود. ریزک و همکاران (۳۰) عامل اصلی گسترش طول و قطر پیازها و در نتیجه افزایش عملکرد را به نقش نیتروژن در سنتز اسیدهای آمینه و گسترش تقسیم‌های سلولی و طویل شدن سلول‌ها نسبت دادند. گسسو و همکاران (۱۳) گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژنه به میزان ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد پیاز را به میزان ۹۲ درصد افزایش داد. گانتی و شارانگی (۱۴) نیز افزایش معنی‌دار عملکرد پیاز را با کاربرد کود زیستی گزارش نمودند. تحقیقات نشان داده که در صورت کمبود کودهای شیمیایی در خاک، کودهای زیستی از کارایی کمتری در اثر بخشی بر رشد و عملکرد گیاه برخوردار خواهند بود (۲۰). دیکشیت (۱۰) مشاهده نمود که کاربرد توأم کود نیتروژنه و کود زیستی موجب افزایش عملکرد پیاز در مقایسه با کود شیمیایی به تنهایی می‌شود. بلندنظر و همکاران (۸) گزارش کردند که کود زیستی بارور۲ با افزایش جذب فسفر باعث افزایش رشد و عملکرد پیاز می‌شود. پراتاپ و همکاران (۲۸) در سیر مشاهده نمودند که کاربرد توأم کود زیستی و کود شیمیایی موجب افزایش عملکرد پیاز می‌شود. این محققین دلیل این امر را نیاز گیاه به کودهای نیتروژنه و فسفره که در سنتز کلروفیل و اسیدهای آمینه نقش مهمی دارند دانسته‌اند.

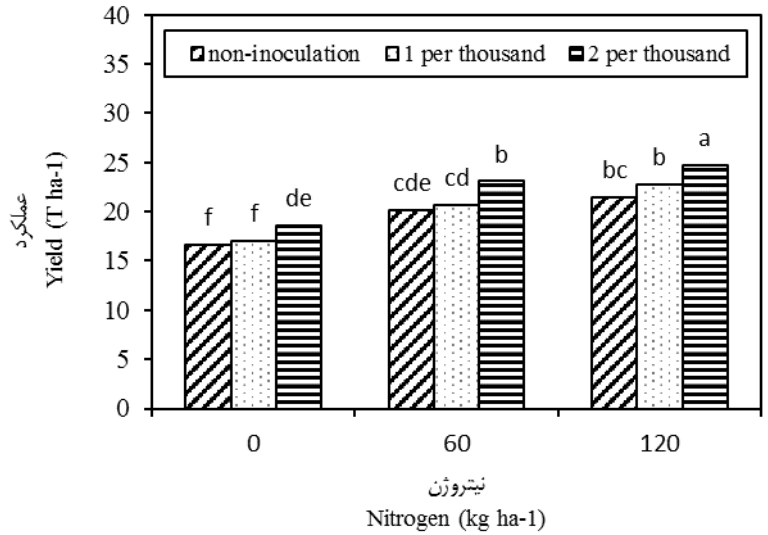
تطابق نتایج آزمایشات مذکور با نتایج این آزمایش بیانگر تاثیر بسزای وضعیت تغذیه‌ای گیاه شامل ازت و فسفات بارور ۲ بر پارامترهای رشد ونموی و فیزیولوژی پیاز می‌باشد. بر همین اساس تیمارهای ازت و فسفات بارور ۲ منجر به بهبود پارامترهای ارتفاع گیاه، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل) و پروتئین در مقایسه با شاهد شده‌اند. احتمالا تاثیر مثبت تیمارهای مذکور نقش مستقیمی بر توان فتوسنتزی از طریق افزایش کلروفیل و در نتیجه افزایش رشد و نمو (ارتفاع گیاه) و سنتز اسیدهای آمینه و پروتئین و در نهایت وزن متوسط و عملکرد پیاز داشته است.

میزان نیترات

بیشترین افزایش معنی‌دار میزان نیترات در آزمایش اول و دوم با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (جدول ۴ و ۵) و کمترین آن(۵۲/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم) در محلول پاشی ۱ در هزار فسفات بارور۲ نسبت به شاهد به دست آمد (شکل ۵). همچنین اثر ترکیب تیماری نیتروژن با محلول پاشی با فسفات بارور۲ نشان داد که محلول پاشی فسفات بارور۲ اثر افزایشی نیتروژن بر میزان نیترات پیاز را کاهش می دهد طوریکه با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه محلول پاشی ۱ و ۲ در هزار فسفات بارور ۲ میزان نیترات گیاه کاهش یافت(شکل ۵). با افزایش غلظت فسفات بارور۲ در تلقیح بذر، میزان نیترات پیاز نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت هر چند اختلاف بین میزان نیترات در دو غلظت به کار رفته معنی‌دار نبود(جدول ۵).

در صورتیکه میزان نیترات جذب شده توسط ریشه‌ها زیاد باشد

نیترات احیا نشده به برگ‌ها فرستاده شده و در آنجا تجمع می‌یابد. در چنین شرایطی کاهش میزان نیترات در محصول پیاز در اثر افزایش کود نیتروژنه قابل توجیه است. از طرف دیگر ظرفیت احیای نیترات برگ‌ها نیز محدود است و به علت پر تحرک بودن نیترات به ویژه هنگامی که مصرف کودهای نیتروژنه بسیار فراتر از نیاز گیاه باشد، برگ‌ها نیز توانایی احیای مقدار اضافی نیترات را نخواهند داشت و از آنجا که در طول دوره رشد، پیازها به عنوان مصرف کننده مواد تولید شده توسط برگ‌ها عمل کرده و چون ظرفیت ذخیره مقدار زیاد مواد تولید شده در برگ را دارند لذا این مواد به سمت پیازها حرکت می‌کنند.



شکل٤- اثر متقابل نیتروژن × تلقیح با فسفات بارور۲ بر عملکرد گیاه پیاز

Figure 4- The interaction effect of nitrogen ×bio-phosphate2 inoculation on yield of onion

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر نیتروژن و محلول پاشی فسفات بارور ۲ بر صفات پیاز قرمز آذرشهر (آزمایش اول)

Table 4- Mean comparison f nitrogen ×bio-phosphate2 inoculation effects on traits in onion cv. Azar Shahr (first experiment)

تیمار		ارتفاع بوته Plant height (cm)	متوسط وزن پیاز Average weight onion (g)	عملکرد Yield (ton ha^{-1})	نیترات Nitrate (mg kg^{-1})	ترکیبات قندی Sugar compounds (mg g^{-1} DW)	پروتئین protein (g 100g^{-1} DW)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
نیتروژن Nitrogen (Kg ha^{-1})	شاهد Control	39.04b	79.02c	15.56c	56.46c	-	7.84b	57.36b
	60	48.72a	107.6b	17.38b	82.93b	-	10.18a	62.88a
	120	51.68a	127.51a	18.98a	116.2a	-	10.14a	64.12a
فسفات بارور ۲ Bio-Phosphate2	عدم محلول پاشی Control	41.74b	92.37b	16.63b	-	10.95c	8.73b	-
	۱ در هزار 1×1000	46.74a	109.7a	17.56a	-	11.77b	9.47ab	-
	۲ در هزار 2×1000	50.96a	112.05a	17.74a	-	12.67a	9.96a	-

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differents ($P<0.05$) based on Duncan's Multiple range test.

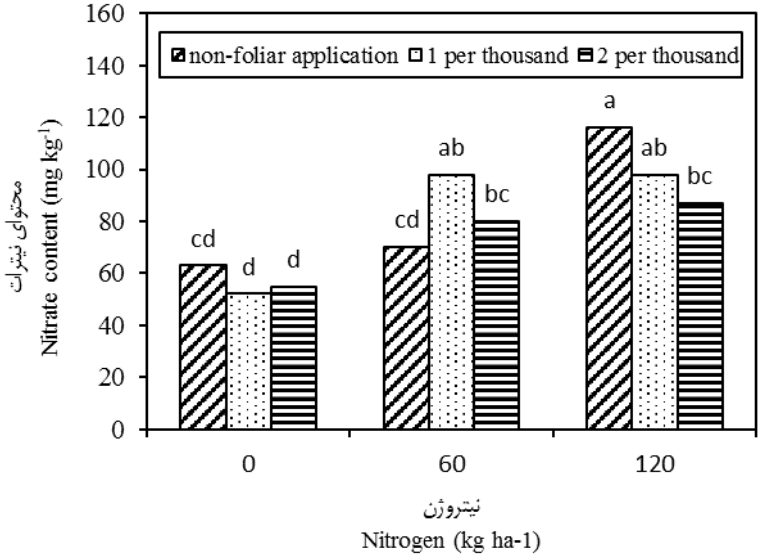
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نیتروژن و تلقیح بذور با فسفات بارور ۲ بر صفات پیاز قرمز (آزمایش دوم)

Table 5- Mean comparison of nitrogen ×bio-phosphate2 inoculation effects on traits in onion cv. Azar Shahr (second experiment)

تیمار		ارتفاع بوته Plant height (cm)	متوسط وزن پیاز Average weight onion (g)	عملکرد Yield (ton ha^{-1})	نیترات Nitrate (mg kg^{-1})	ترکیبات قندی Sugar compounds (mg g^{-1} DW)	پروتئین protein (g $100g^{-1}$ DW)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
نیتروژن Nitrogen (Kg ha^{-1})	شاهد Control	40.02c	81.36c	15.71c	59.97b	11.57b	7.91b	57.53c
	60	46.38b	109.42b	17.52b	69.12b	11.63b	10.18a	61.43b
	120	51.23a	129.44a	19.07a	16.001a	13.63a	10.66a	64.14a
فسفات بارور ۲ Bio-Phosphate2	عدم محلول پاشی Control	41.74b	92.37c	16.63b	82.93a	10.95c	8.7b	-
	۱ در هزار 1×1000	45.47b	102.91b	17.04b	70.35b	13.18a	9.3b	-
	۲ در هزار 2×1000	50.42a	124.94a	18.63a	60.34b	12.7a	10.73a	-

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differents ($P<0.05$) based on Duncan's Multiple range test.



شکل۵- اثر متقابل نیتروژن × کاربرد برگی فسفات بارور۲ بر محتوای نیترات پیاز

Figure 5- The interaction effect of nitrogen × bio-phosphate2 foliar application on nitrate content of onion

چنانچه تحت این شرایط نیترات احیا نشده در برگ وجود داشته باشد، وارد محصول شده و در آنجا تجمع می‌یابد و از طرف دیگر مقداری از کربوهیدراتها در پیازها در جریان تنفس مصرف می‌شوند و می‌توان انتظار داشت که توانایی احیای نیترات در محصول کاهش یافته و در نتیجه تجمع نیترات در محصول اتفاق افتد. دلیل آن که با افزایش کود نیتروژنه میزان نیترات افزایش می‌یابد ممکن است انتقال نیترات به برگ و از برگ به پیازها باشد (۳۳). سلیمانی و حسام-شهراجابیان (۳۵)؛ بهمنی و همکاران (۵) نیز گزارش نمودند که کاربرد کود نیتروژنه موجب افزایش محتوای نیترات پیاز شد. مینا و همکاران (۲۳) مشاهده نمودند که کاربرد توأم آزوسپریلیوم با باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول خاک باعث افزایش مقدار نیترات پیاز می‌شود.

بر اساس نتایج آزمایش بیشترین مقدار نیترات در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم ازت و همچنین بدون محلول پاشی فسفات بارور ۲ حاصل گردیده است. یکی از دلایل احتمالی کاهش مقدار نیترات در تیمارهای حاوی فسفات می‌تواند بدلیل رقابت آنیونی و آنتاگونیستی بین یون‌های نیترات و فسفات باشد؛ به‌عبارت دیگر با افزایش غلظت محلول پاشی فسفات بارور ۲ مقادیر نیترات در مقایسه با تیمار شاهد روندی نزولی دارند که خود بیانگر روابط آنتگونیستی و در نتیجه

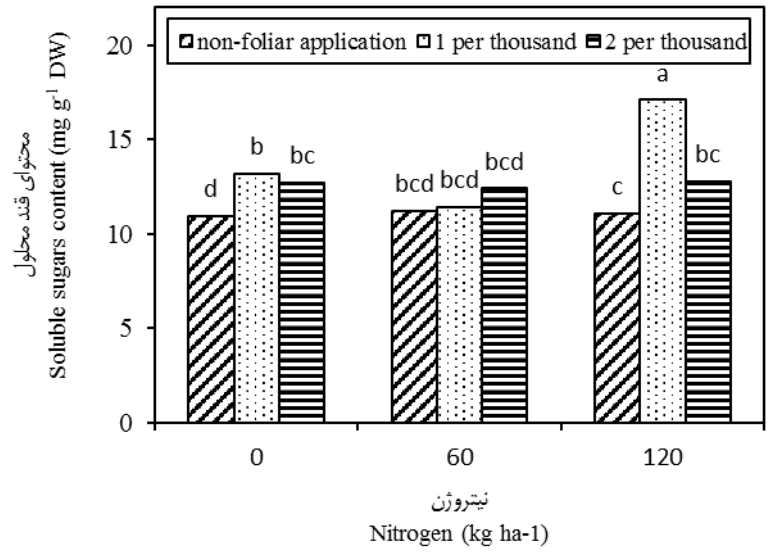
کاهش تجمع نیترات در پیاز می‌باشد.

محتوای ترکیبات قندی

در آزمایش اول کاربرد کود زیستی موجب افزایش معنی‌دار محتوای ترکیبات قندی گردید. میزان ترکیبات قندی در پیازهایی که با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ محلول پاشی شده بودند به میزان ۱۵/۵ درصد در مقایسه با شاهد بیشتر بود (جدول ۴).

آزمایش دوم اثر مثبت و افزایش معنی‌دار نیتروژن بر محتوای ترکیبات قندی را نشان داد طوریکه بیشترین میزان ترکیبات قندی در کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده گردید. در این آزمایش، نتایج حاصل از تلقیح بذر با فسفات بارور۲ نشان داد که محتوای ترکیبات قندی پیاز با افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد همراه بود (جدول ۵). اثر ترکیب تیماری نیتروژن و تلقیح بذر با فسفات بارور۲ مشخص کرد که بیشترین محتوای ترکیبات قندی (۱۷/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در ترکیب تیماری ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و تلقیح بذر با غلظت ۱ در هزار فسفات بارور۲ و کمترین آن (۱۰/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار شاهد بود (شکل ۶).

مینا و همکاران (۲۳) افزایش معنی‌دار ترکیبات قندی محلول در پیاز را با کاربرد کود زیستی حل کننده فسفر نامحلول گزارش نمودند. محمدی فاتیده و حسن‌پور اصل (۲۴) تأمین نیاز گیاه به کود نیتروژن و نقش مثبت آن در تولید آسمیلات‌ها را دلیل اصلی محتوای افزایش ترکیبات قندی با کاربرد کود نیتروژن گزارش نمودند. بلندنظر و همکاران (۸) اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی بارور ۲ باعث افزایش معنی‌دار محتوای ترکیبات قندی پیاز می‌شود. کودهای زیستی باعث افزایش میزان فتوسنتز شده و از این طریق باعث افزایش ترکیبات قندی می شوند (۲۲). در این پژوهش نیز احتمالا کاربرد فسفات زیستی از طریق افزایش فتوسنتز بر میزان کربوهیدراتهای گیاه موثر بوده است.



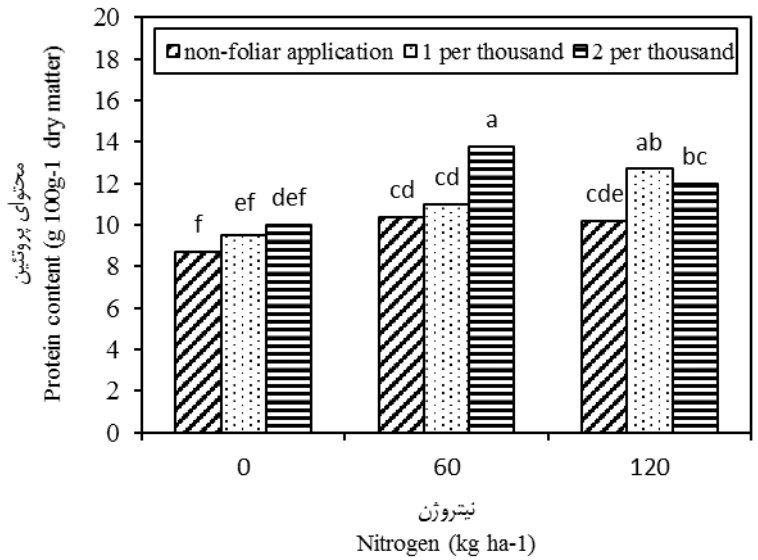
شکل ٦- اثر متقابل نیتروژن × تلقیح بذر با فسفات بارور۲ بر محتوای قند محلول پیاز

Figure 6- The interaction effect of nitrogen × bio-phosphate2 inoculation on soluble sugars content of onion

میزان پروتئین

نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمایش اول، افزایش معنی‌دار میزان پروتئین در اثر کاربرد نیتروژن را نشان داد. با محلول پاشی ۲ در هزار فسفات بارور۲ میزان پروتئین پیاز به میزان ۱۴ درصد و به طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۴). همچنین کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه محلول پاشی ۲ در هزار فسفات بارور۲ نسبت به شاهد به میزان ۶۳/۳ درصد و به طور معنی‌دار میزان پروتئین پیاز را افزایش داد (شکل ۷).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمایش دوم نشان داد که بیشترین میزان پروتئین در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۱۰/۶۶ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به دست آمد هر چند اختلاف بین تیمارهای نیتروژن نسبت به هم غیرمعنی‌دار و نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۵). همچنین نتایج اثر تلقیح بذر با فسفات بارور۲ نشان داد که بیشترین میزان پروتئین (۱۰/۷۳ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) در تلقیح با غلظت ۲ در هزار فسفات بارور۲ و کمترین آن در شاهد (۸/۷ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) به دست آمد (جدول ۵).



شکل ۷- اثر متقابل نیتروژن × کابرد محلول پاشی فسفات بارور۲ روی محتوای پروتئین پیاز

Figure 7- The interaction effect of nitrogen × bio-phosphate2 foliar application on protein content of onion

نیتروژن یکی از اجزای اصلی پروتئین‌ها محسوب می‌شود بنابراین کاربرد این کود باعث افزایش محتوای پروتئین گیاه می‌شود طوریکه در هر دو آزمایش مذکور تاثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد نیتروژن بر پروتئین پیاز مشاهده گردید. کودهای زیستی میزان آسمیلاسیون نیتروژن و تولید پروتئین‌ها را افزایش می‌دهند (۳۱). بخشی از این اثرها ناشی از اثرات هورمونی و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه است (37). در گیاهان، کاهش مقدار نیتروژن خاک منجر به کاهش مقدار پروتئین در گیاه می‌گردد. در هر حال پاسخ عملکرد گیاه و پروتئین دانه بستگی به موازنه بین پتانسیل عملکرد و مقدار نیتروژن موجود دارد (۲۱). نتایج این آزمایش مبنی بر افزایش مقادیر ازت و در نتیجه افزایش مقدار پروتئین در پیاز (شکل ۷) با نتایج سایر محققین مطابقت و همخوانی دارد.

شاخص کلروفیل

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آزمایش اول و دوم نشان داد که کود فسفات بارور۲ تأثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ-های پیاز نداشت، ولی کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۲ و ۳). با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌های هر دو آزمایش، بیشترین شاخص کلروفیل با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و کمترین آن در تیمار شاهد به دست آمد و این افزایش در حد ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴ و ۵).

نتایج مشابهی در بررسی‌های سایر محققان به دست آمده است. ملاولی و همکاران (۲۵) گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژنه به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار ۳۶ درصد شاخص کلروفیل برگ‌های پیاز را افزایش داد. مقدار کلروفیل در بافت‌های برگی با افزایش سن گیاه، گونه و فصل رشدی تغییر می‌کند. نقش کلروفیل در میزان فتوسنتز و سرعت فتوسنتز مشابه است. نیتروژن از مهم‌ترین عواملی است که هم بر روی میزان کلروفیل برگ‌ها و هم سطح برگ تأثیر می‌گذارد (۶). چوی و همکاران (۹) گزارش نموده‌اند که کمبود نیتروژن در گیاهان منجر به کاهش میزان کلروفیل در گیاه می‌شود؛ که با نتایج آین آزمایش مبنی بر افزایش غلظت کلروفیل تحت تاثیر ازت مطابقت و همخوانی دارد.

ارتباط بین صفات مورد مطالعه در پیاز

با توجه به جدول همبستگی های ساده (جدول ۶) در آزمایش اول، ارتفاع بوته با تمامی صفات مورد بررسی به جز صفات میزان نیترات و ترکیبات قندی ارتباط معنی دار آماری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. در این مطالعه صفت متوسط وزن پیاز به عنوان یکی از صفات مهم و اقتصادی تنها با صفت ترکیبات قندی ارتباط معنی دار آماری نداشت. نتایج همبستگی ساده نشان داد که میزان نیترات با محتوی پروتئین پیاز در سطح احتمال ۱درصد ارتباط معنی دار مستقیم داشته در حالی که صفت محتوی ترکیبات قندی ارتباط معنی دار آماری با محتوی پروتئین و میزان نیترات نشان نداد (جدول ۶). با توجه به جدول ۶، عملکرد پیاز با تمامی صفات مورد بررسی به غیر از ترکیبات قندی ارتباط معنی دار آماری نشان داد.

جدول ۶- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در پیاز در حالت تأثیر نیتروژن و محلول پاشی فسفات بارور۲ (آزمایش اول)

Table 6- Correlation between studied traits on effect of nitrogen × bio-phosphate2 inoculation in onion (first experiment)

صفت	ارتفاع بوته	متوسط وزن پیاز	عملکرد	میزان نیترات	ترکیبات قندی	پروتئین پیاز	شاخص کلروفیل
ارتفاع بوته	1						
متوسط وزن پیاز	.621**	1					
عملکرد	.637**	.975**	1				
میزان نیترات	0.343	.542**	.551**	1			
ترکیبات قندی	0.220	0.282	0.236	-.135	1		
پروتئین پیاز	0.786**	.620**	.653**	.419*	0.150	1	
شاخص کلروفیل	.675**	.702**	.698**	0.369	0.289	0.664**	1

در این پژوهش و در آزمایش دوم (جدول ۷)، نتایج همبستگی های ساده بیانگر ارتباط معنی دار عملکرد پیاز با تمامی صفات مورد بررسی به غیر از ترکیبات قندی و میزان نیترات بود. با توجه به جدول ۷، ارتباط معنی داری بین ترکیبات قندی، میزان نیترات و محتوی پروتئین وجود نداشت. در آزماش دوم نیز همانند آزمایش اول، ارتفاع بوته با تمامی صفات به غیر از صفت میزان نیترات ارتباط معنی دار داشت. بیشترین مقدار همبستگی (۰/۹۷۶) بصورت مثبت و بین صفات عملکرد و متوسط وزن پیاز بدست آمد و این امر بیانگر تاثیر معنی دار متوسط وزن پیاز در عملکرد پیاز بود.

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در پیاز در حالت اثر نیتروژن و تلقیح بذور با فسفات بارور ۲ (آزمایش دوم)

Table 7- Correlation between studied traits on effect of nitrogen × bio-phosphate2 inoculation in onion (second experiment)

	ارتفاع بوته	متوسط وزن پیاز	عملکرد	میزان نیترات	ترکیبات قندی	پروتئین پیاز	شاخص کلروفیل
ارتفاع بوته	1						
متوسط وزن پیاز	0.813**	1					
عملکرد	0.813**	0.976**	1				
میزان نیترات	-0.007	0.057	.088	1			
ترکیبات قندی	0.519**	0.405*	0.370	-0.280	1		
پروتئین پیاز	0.693**	0.777**	0.791**	-.018	0.351	1	
شاخص کلروفیل	0.666**	0.788**	0.779**	0.245	0.430*	0.584**	1

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی کاربرد فسفات زیستی بارور۲ به دو طریق محلول پاشی و تلقیح بذور پیاز باعث افزایش ارتفاع بوته، متوسط وزن، عملکرد، ترکیبات قند و میزان پروتئین پیاز گردید اما استفاده از فسفات زیستی به صورت تلقیح بذور، میزان تجمع نیترات در پیاز را نیز بطور معنی دار کاهش داد که یکی از شاخص های مهم و موثر در سلامتی مصرف کنندگان محسوب می گردد. با اینکه افزایش مصرف نیتروژن عملکرد محصول پیاز را افزایش داد اما به دنبال آن میزان نیترات نیز افزایش یافت.کاربرد همزمان نیتروژن و فسفات بارور۲ بیشترین افزایش عملکرد را موجب گردید ضمن اینکه کاربرد برگی فسفات بارور۲ اثر افزایشی نیتروژن بر میزان نیترات پیاز را کاهش داد.

منابع

1- Afrasiabi M., Amini Dehghi M., and Mohammad modarres sanavi S.A. 2011. Effect of Bio-Phosphor 2 and super-phosphate on yield, guality and elements in Medic species Askvtalata. Journal of Agronomy Science, 4:43-54

2- Ahmed M.E.M. 2009. Effect of some bio and mineral fertilization levels on the growth, productive and storability of onion. Annals Agriculturel Science, 54(2): 427-436.

3- Aletan Uduak I., and Eteng Mbeh U. 2013. Effect of the oral administration of *Allium cepa* and *Allium sativum* on some serum enzymes of normal and iodine treated albino wistar rats. Annals of Biological Research, 4(1): 226-

231.
4- Anwar F., Siddiqui M.H., Alghamdi S.S., Al-Whaibi M.H., and Chandra A. 2011. Nitrogen use-efficiency and crop production - A mini review. Environ. International Journal of Food Science and Technology, 6: 167-174.
5- Bahmani S., Saffari M., and maghsoudi moud A. A. 2013. Effect of Urea rate and division on the onion yield in Jiroft climatic conditions. Journal of Horticultural Sciences, 27: 400 - 410 .
6- Barari Tari, D., Daneshian J., Amiri E., Hosein A., Rad S., and Moumeni A. 2013. Investigation chlorophyll condition at different nitrogen fertilization methods in rice by applied mathemathics relations (*Oryza sativa*). Middle-East Journal of Scientific Research, 14(8): 1056-1058.
7- Behbahani M., and Khayyam Nequi M. 2004. Evaluation effect of phosphate solubilizing bacteria in potato yield under greenhouse conditions. Publication of Agricultural Sciences. P. 290 .
8- Boland Nazar S., Hkorsandi S., and Adli pour M. 2014. Effect of Bio-Phosphor 2 fertilizer on yield and some quality properties of feed onion. Journal of Agricultural Science and sustainable production, 24: 74-83.
9- Chui D., Li M., and Zhang Q. 2009. Development of an optical sensor for crop leaf chlorophyll content detection. Computers and Electronics in Agriculture, 8: 89-96.
10- Dikshit A. 2015. Effect of combined application of different nutrient sources on growth and yield attributing characters in onion cv. N-53. Plant Archives,15: 353-355.
11- Dorcas A.O.A., Magaji M.D., Singh A., Ibrahim R., and Siddiqui Y. 2012. Irrigation Scheduling for Onion (*Allium cepa* L.) at various plant densities in a semi-arid environment. International Annual Symposium on Sustainability Science and Management, 09th-11th July 2012, Terengganu, Malaysia.
12- Franche C., Lindström K., and Elmerich C. 2009. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. Plant and Soil, 321: 35-59.
13- Gessesew W.S., Woldetsadik K., and Mohammed W. 2015. Effect of nitrogen fertilizer rates and intra-row spacing on yield and yield components of onion (*Allium cepa* L.) under irrigation in Gode, South-Eastern Ethiopia. International Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2(2): 46-54.
14- Ghanti S., and Sharangi A.B. 2009. Effect of bio-fertilizers on growth, yield and quality of onion cv. sukhsagar. Journal of Crop and Weed, 5(1): 120-123.
15- Gupta R.P., Sharma V.P., Singh D.K., and Srivastava K.J. 1999. Effect of organic manures and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of onion variety Agrifound Dark Red. News Letter, National Horticultural Research and Development Foundation, 19(2/3): 7-11.
16- Hassani F., Ardakani M., Asgharzade A., Paknezhad F., and Hamidi A. 2014. Efficiency of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on phosphorus uptake and chlorophyll index in potato plantlets. International Journal of Biosciences, 4: 244-251.
17- Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiologia Plantarum, 84: 55-60.
18- Khademi, Astaneh R., Tabatabaei S. J., and Boland Nazar S. 2014. Effect of Selenium different concentrations on yield and physiological characteristics in brussels sprouts. Journal of Agricultural Science. 28: 543 – 554.
19- Khan, A. A., M. Zubair, A. Bari and F. Maula. 2007. Response of onion (*Allium cepa*) growth and yield to different levels of nitrogen and zinc in swat valley. Sarhad Journal of Agriculture. 23: 933-938.
20- Kumar D., Singh J., Rajbeer P., Ram N., Mohan B., Kaushik H., and Kumar S. 2013. Effect of spacing and nitrogen on growth and yield of onion (*Alluim cepa* L.). The Asian Journal of Horticulture, 8: 292-295.
21- Lynn T.M. 2013. Characterization of phosphate solubilizing and potassium decomposing strains and study on their effects on tomato cultivation. International Journal of Innovation and Applied Studies, 3: 959-966.
22- Marinoa S., Tognettib R., and Alvinoa A. 2009. Crop yield and grain quality of emmer populations grown in central Italy, as affected by nitrogen fertilization. European Journal of Agronomy, 65: 103-109.
23- Meena A.K., Paliwal R., and Meena K.K. 2015. Effect of organic manures and bio-fertilisers on growth and quality attributes of kharif onion (*Allium cepa* L.) in semi-arid region. Indian Research Journal Of Genetics And Biotechnology, 7(1): 73-76.
24- Mohammadi Fatideh M., and Hassanpour Asl M. 2012. Onion yield, quality and storability as affected with different soil moisture and nitrogen regimes. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 3: 145-165.
25- Molla Vali M., Boland Nazar S., and Tabatabaei, S. J. 2009. Effect of different amounts of ammonium nitrate and potassium sulfate on growth characteristics and yield of onion. Journal of Agricultural Science, 19: 227-238.
26- Mulatu A., Tesfaye B., and Getachew E. 2014. Growth and bulb yield garlic varieties affected by nitrogen and phosphorus application at Mesqan Woreda, South Central Ethiopia. Sky Journal of Agricultural Research, 3(11): 249 - 255.
27- Olama V., Rounaghi A., Karimian N., Yasrebi J., Hamidi R., and Tavajjoh M. 2013. Comparition of yield, yield components and seed quality in two Canola cultivars under soil application of Zinc and Nitrogen content. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology. 4: 83 – 94.
28- Pratap, T., Gupta, N.K., and Dubey, S. 2012. Effect of organic, inorganic and biofertilizers on growth and

productivity of garlic (*Allium sativum* L.) cv. G-323. Crop Res. 43(1,2&3): 89-97.
29- Ranjbar M. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and biofertilizer 2 on P uptake, growth and yield of onion. Master of Science thesis, University of Tabriz.77p.
30- Rizk F.A., Shaheen A.M., Abd El-Samad E.H., and Sawan O.M. 2012. Effect of different nitrogen plus phosphorus and sulphur fertilizer levels on growth, yield and quality of onion (*AIlium cepa* L.). Journal of Applied Sciences Research, 8(7): 3353-3361.
31- Shaheen A.M., Abdel-Mouty M.M., Ali A.H., and Rizk F.A. 2007. Natural and chemical phosphorus fertilizers as affected onion plant growth, bulbs yield and its some physical and chemical properties. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(4): 519-524.
32- Shedeed S.I., EL-Sayed S.A.A., Doaa M., and Bash A. 2014. Effectiveness of bio-fertilizers with organic matter on the growth, yield and nutrient content of Onion (*Allium cepa* L.) plants. European International Journal of Science and Technology, 3: 115-122.
33- Shokri Vahed H., Shahinrokhsar P., and Heydarnezhad F. 2012. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 1228-1232.
34- Simmons C.W., Claypool J.T., Marshall M.N., Jabusch L.K., Reddy A.P., Simmons B.A., Singer S.W., Stapleton J.J., and Vander Gheynst, J.S. 2014. Characterization of bacterial communities in solarized soil amended with lignocellulosic organic matter. Applied Soil Ecology. 73: 97-104.
35- Soleymani A., and Hesam Shahrajabian M. 2012. Effects of different levels of nitrogen on yield and nitrate content of four spring onion genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 179-182.
36- Stone, D. A. 2000. The effects of starter fertilizers on the growth and nitrogen use efficiency of onion and lettuce. Soil Use and Management. 16: 42-48.
37- Tucker D.E., Allen D.J., and Ort D.R. 2004. Control of nitrate reductase by circadian and diurnal rhythms in tomato. Planta, 219(2): 277-285.
38- Yadav R., Dwivedi Govind D.H., and S. Maji. 2015. Effect of integrated nutrient management on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) cv. Pusa Madhvi. Journal Crop and Weed. 11(1):49-53.
39- Yu X., Liuc X., and Zhu T. 2014. Walnut growth and soil quality after inoculating soil containing rock phosphate with phosphate-solubilizing bacteria. Science Asia, 40: 21-27.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 13-28
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۸-۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Nitrogen and Phosphate Bio-fertilizer on Qualitative and Quantitative Characteristics of Azarshahr Red Onion Cultivar

A.R. Imani[1]- M. Arshad[2*]

Received: 13-06-2017
Accepted: 27-01-2019

Introduction: Onion (*Allium cepa* L.) is a herbaceous, biennial, monocots and cross pollination and one of the most important vegetables around the world. This plant contains vitamin B, vitamin C, carbohydrates and a small amount of protein. Onions with substances such as fructans, flavonoids and organic sulfur has many medicinal properties. One of the factors increasing the onion growth is the application of a desirable quantity of foliar for the cultivation of this plant. With respect that nitrogen is one of the main ingredients of amino acid and chlorophyll, accelerating the rate of growth of this plant and increasing protein and activity of the plant, it is more effective for the plant. Nitrogen is a component of pigments, secondary metabolites and the main components of proteins and in other biological important biomolecules such as ATP and nucleic acids can also be found. Lack of nitrogen reduces the activity of nitrate reductase, nitrite reductase, glutamine synthetase, glutamate synthetase and glutamine dehydrogenase. The relevant application of fertilizer has positive effect on the soil quality but also on the preservation of nitrogen and other soil ingredients and decreases a need for the fertilizers. Phosphorus plays an important role in plant metabolism, such as root development, photosynthesis, nutrient transport within the plant, meiosis, growth and development of reproductive organs is responsible. In this regard, the use of micro-organisms will help to reduce the amount of phosphorus fertilizers is expensive. Biological fertilizer has an important role in the dissolution of some elements such as phosphorus can be influenced in combined with phosphorus fertilizer. Since in our country due to drastic changes in pH, the amount of soluble phosphorus in rhizosphere is limited. Therefore use of bio-fertilizers releasing phosphorus for a large extent can be balanced difficult to absorb this nutrient, and the absorption of other nutrients in plants is effective as a quantitative measure.

Materials and Methods: Due to the importance of nutrition with bio-fertilizer and nitrogen fertilizer, its effects on yield and yield components of onion in city Malekan climatic conditions were evaluated. Therefore, in order to investigate the effect of nitrogen and bio-phosphate fertilizer on quantitative and qualitative characteristics Azarshahr red onion, factorial experiment in a randomized complete block design with three replications in two separate experiments were conducted in the crop year 2015-2016. First experiment included nitrogen fertilizer in three levels (0, 60 and 120 kg per hectare) and spraying bio-phosphate fertilizer (Barvar 2) on three levels (control, 1 and 2 per thousand) and the second experiment, nitrogen fertilizer at mentioned and inoculation seed with -bio-phosphate fertilizer (Barvar 2) in three levels (non-inoculated, 1 and 2 per thousand), respectively. Data from tests using SPSS software were analyzed and mean comparisons of data were performed using Duncan's multiple range test, finally required tables and charts using Excel software were drawn.

Results and Discussion: The analysis of data variance at first experiment indicated that the effect of nitrogen on all of studied traits without sugar content and bio-phosphate fertilizer (Barvar 2) on the plant height, average weight onion, yield, sugar compounds and protein rate without amount of nitrate and chlorophyll index were significant. On the other hand, effect of nitrogen was not significant for the average weight of onion and chlorophyll index. The effect of 2-bio-phosphate on the average weight of onion and sugar ingredient was significant. In the first experiment, the highest performance bulbs (18/98 T/h), average bulb weight (127/51 g), plant height (50/96 cm) and chlorophyll index with 120 kg per hectare nitrogen and yield bulbs, average bulb weight, height and amount of protein in the foliar concentration of 2 per thousand phosphate fertilizer 2 was observed. In the second experiment, most of these traits obtained from 120 kg of nitrogen and phosphate fertilizer 2 inoculated seeds with a concentration of 2 per thousand, respectively.

Conclusion: In this survey, the utilization of the fertilizing bio-phosphate (Barvar 2) through two ways as diffusing and inoculating of solution causes the height of bushes, average eight , function, glucose composition and level of protein of onion to be increased. But the use of the biological phosphate through diffusing significantly decreases the amount of the stored nitrate in onion. This is one of the main and effective factors in the consumer's health. Despite that the application of nitrogen increases the effectiveness of onion, the amount of nitrate increases accordingly. The concurrent application of nitrogen and the fertilizing bio-phosphate (Barvar 2)

1, 2- Department of Horticultural Sciences, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
(* Corresponding Author Email: mo_arshad2002@yahoo.com)

will have more effect on onion. In the meantime, the leaf-application of the fertilizing bio-phosphate (Barvar 2) inclines the increasing effectiveness of Nitrogen on the amount of Nitrate.

Keywords: Foliar Application, Inoculation, Protein Content, Urea

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۹-۲۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 29-39
ISSN: 2008 - 4730

تنوع ژنتیکی، همبستگی و تجزیه علیت در توده‌های بومی پیاز ایران

سید علی موسوی‌زاده[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی پارامترهای ژنتیکی توده‌های بومی پیاز ایران، بذر ۲۰ توده بومی در آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی طی دو سال کشت شد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میان توده‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی تنوع وجود دارد. عملکرد تک بوته پیاز بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی را به ترتیب ۲۷/۸۱ و ۲۴/۲۷ درصد داشت. همچنین وراثت پذیری و بازده ژنتیکی این صفت بالا بود. عملکرد تک بوته پیاز همبستگی مثبت و معنی داری با طول برگ، تعداد برگ، قطرپیاز و طول پیاز در سطح فنوتیپی و ژنوتیپی داشت. تجزیه علیت نشان داد که قطر پیاز بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد تک بوته پیاز دارد. اثر غیر مستقیم طول برگ از طریق قطر پیاز بر عملکرد قابل توجه بود. بنابراین گزینش بوته‌های با طول برگ بیشتر که دارای قطر سوخ زیادی هستند، می‌تواند در اصلاح برای افزایش عملکرد پیاز مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: بازده ژنتیکی، تنوع، طول برگ، عملکرد، قطر سوخ

مقدمه

پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) به دلیل طعم منحصر بفرد و ویژگی‌های دارویی‌اش از قدیمی‌ترین سبزی های زراعی در جهان است که قدمت آن به بیش از ۵۰۰۰ سال پیش می‌رسد (۱۲ و ۳۷). فلات ایران به عنوان بخشی از آسیای مرکزی، مرکز تنوع و اهلی شدن پیاز خوراکی است (۳ و ۳۵). ارقام پیاز روز بلند مورد کشت در ایران توده‌های بومی آزاد گرده‌افشان هستند که سازگاری خوبی به شرایط آب و هوایی منطقه دارند. با این وجود نیاز به اصلاح برخی از صفات مطلوب زارعی دارند. برای اصلاح عملکرد پیاز و سایر صفات مطلوب زراعی از طریق گزینش ژنوتیپ‌های برتر، داشتن اطلاعات از ماهیت و میزان تنوع این صفات در هر جمعیت و توجه به سهم عوامل ژنتیکی و محیطی در بروز فنوتیپ یک صفت، پیش شرط اساسی در هر برنامه اصلاحی نظام مند است. عملکرد ماهیت پیچیده داشته و تا حد زیادی بستگی به صفات مرتبط با آن و برهم کنش آنها دارد. فهم روابط این صفات با عملکرد و تجزیه آن به اثرات مستقیم و غیر مستقیم برای گزینش همزمان چندین صفت ضروری است (۱۴، ۱۵ و ۳۴).

در گونه‌های جنس *Allium* وراثت پذیری و بازده ژنتیکی بالایی در رابطه با صفات وزن سوخ، طول برگ، تعداد برگ، طول پیاز و قطر پیاز گزارش شده است (۱۰، ۱۵ و ۲۸). سینگ (۳۹) برای صفات قطر پیاز، وزن پیاز و طول پیاز وراثت پذیری بالایی در پیاز گزارش نمود. موهانتی (۲۹) وراثت پذیری، ضریب تنوع ژنتیکی و بازده ژنتیکی متوسط تا بالایی را برای وزن سوخ و تعداد برگ در بوته گزارش کرد.

محققین زیادی وجود تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی را در صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد پیاز گزارش نموده‌اند (۲، ۹،۲۹، ۳۹ و ۴۰). همچنین در پیاز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات عملکرد با قطر پیاز، تعداد برگ و طول برگ گزارش‌شده است (۹، ۲۹ و ۴۰).

با توجه به مطالب ذکر شده، این پژوهش با هدف بررسی پارامترهای ژنتیکی صفات مهم اقتصادی، درک صحیح از ماهیت و نوع روابط بین اجزای عملکرد سوخ از طریق برآورد همبستگی و تجزیه علیت صفات جهت انتخاب روش اصلاحی مناسب در اصلاح صفات مهم زراعی توده‌های بومی پیاز ایران اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش بذر ۲۰ توده پیاز بومی ایران که از مناطق مختلف

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: moosavizadeh2003@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.65006

کشور شامل آذرشهر، میانه، زنجان، هوراند، اصفهان، قوچان، چناران، نیشابور، درگز، ساری، گرگان، کرمانشاه، خمین، قم، شاهرود، کرج، کاشان و ری جمع‌آوری شده بودند، به مدت دو سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. هم زمان با عملیات آماده سازی زمین، بر اساس آزمون خاک مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و کود سولفات پتاسیم با خاک مخلوط گردید و سپس کرت‌بندی انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف به طول چهار متر با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۰-۸ سانتی متر بود. کود نیترات آمونیوم به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بعد از سبز شدن در فواصل یک ماه به کرت‌ها داده شد. مبارزه با علف‌های هرز بسته به نیاز به‌صورت دستی انجام شد. به منظور مبارزه با آفت تریپس از سموم اندوسولفان و دیازینون استفاده شد. برداشت زمانی که ۸۰ درصد بوته‌ها افتاده و پلاسیده شدند، انجام شد.

از هر تکرار ۳۰ بوته از گیاهان رقابت کننده به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات تعداد برگ، طول برگ، عملکرد تک بوته پیاز، قطر پیاز، طول پیاز، تعداد لایه خوردنی، درصد ماده خشک سوخ و تعداد مرکز اندازه‌گیری شدند و شاخص شکل پیاز (نسبت طول به قطر پیاز) نیز از روی داده‌ها محاسبه شد.

با انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌های آزمایشی، تجزیه واریانس داده‌های دو سال آزمایش به صورت تجزیه مرکب انجام شد.

واریانس ژنتیکی و فنوتیپی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد شدند. جهت تعیین میزان تنوع موجود در درون صفات اقدام به محاسبه ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی گردید. ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی مطابق روش برتون و دیوین (۵) با استفاده از فرمول‌های زیر برآورد گردید.

$$\text{ضریب تغییرات ژنوتیپی} = \frac{\sqrt{\sigma^2_g}}{\bar{x}} \times 100$$

$$\text{ضریب تغییرات فنوتیپی} = \frac{\sqrt{\sigma^2_p}}{\bar{x}} \times 100$$

که در آن σ^2_g واریانس ژنوتیپی، σ^2_p واریانس فنوتیپی و $\bar{x}$ میانگین صفت مورد مطالعه می باشد.

ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی بر اساس نظر سیواسیبرامنین و منان (۴۱) به صورت (۱۰٪-۰) کم، (۲۰٪-۱۱) متوسط و (۲۰٪ ≤) بالا گروه بندی شدند.

وراثت پذیری عمومی، بر اساس نسبت واریانس ژنوتیپی به واریانس فنوتیپی و برحسب درصد برآورد شد. بر اساس نظر رابینسون و همکاران (۳۶) وراثت پذیری عمومی (۳۰٪-۰) کم، (۶۰٪-۳۱) متوسط و (۶۰٪ ≤) بالا گروه بندی شد.

بازده ژنتیکی براساس فرمول ارایه شده توسط جانسون و همکاران (۱۷) برآورد گردید.

$$GA= K\sigma_p h^2$$

که در آن k دیفرانسیل گزینش که با شدت گزینش ۵ درصد برابر ۲/۰۶ در نظر گرفته شد، h^2 وراثت پذیری عمومی و σ_p انحراف معیار فنوتیپی می‌باشند.

بازده ژنتیکی به صورت درصد از میانگین نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$GA\% = \frac{GA}{\bar{x}} \times 100$$

همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات برآورد و از تجزیه علیت، برای تعیین اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات روی عملکرد تک بوته استفاده گردید. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات در جدول ۱ ارایه شده است سال به عنوان عامل تصادفی در نظر گرفته شد و آزمون F بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات انجام شد. بین سال‌های آزمایش از نظر صفات عملکرد تک بوته، عملکرد خشک تک بوته، قطر پیاز، طول پیاز در سطح احتمال پنج درصد و برای صفت تعداد مرکز در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد که ناشی از اختلاف در شرایط آب و هوایی سال‌های اجرای آزمایش می‌باشد.

اختلاف بین توده‌های مورد مقایسه از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی برای این صفات در بین توده‌های بومی پیاز است. جمعیت-های پیاز درجه بالایی از هتروزیگوسی را دارند که از طریق دگر باروری تداوم می‌یابد (۱۰). محققین زیادی وجود تنوع ژنتیکی را در صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد پیاز گزارش کرده‌اند (۱، ۸، ۹، ۲۵ و ۴۰)

دامنه تنوع و پارامترهای ژنتیکی برآورد شده به همراه دامنه تنوع صفات اندازه‌گیری شده آنها در جدول ۲ ارایه شده است. عملکرد تک بوته پیاز بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی را به ترتیب ۲۷/۸۱ و ۲۴/۲۷ درصد و تعداد لایه خوردنی کمترین مقدار را به ترتیب ۴/۵۴ و ۱/۸۴ درصد نشان دادند (جدول ۲). بیشتربودن تنوع در صفات انتخاب آن‌ها را از راندمان بالاتری برخوردار می‌سازد (۱۱). با توجه به بالا بودن ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای صفت عملکرد تک بوته پیاز گزینش بر اساس این صفت می‌تواند موثر باشد و تظاهر فنوتیپی می‌تواند بیانگر پتانسیل ژنتیکی باشد.

جدول۱- تجزیه واریانس مرکب صفات توده‌های بومی پیاز ایرانی

Table 1- Combined ANOVA for characteristics of Iranian onion landraces

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df.	میانگین مربعاتMS								
		عملکرد تک بوته Yield/plant	تعداد برگ No. leaf	طول برگ Leaf length	قطرپیاز Bulb diameter	طول پیاز Bulb length	شاخص شکل Shape index	ماده خشک Bulb dry matter	تعداد لایه خوردنی No. edible layers	تعداد مرکز No. center
سال Year	1	61693.23*	8.08*	24.73	15.93*	5.18**	0.000	8.01	0.06	16.30**
خطا ۱ Error	4	3189.37	0.71	5.06	1.18	0.21	0.003	1.57	0.15	0.13
توده بومی landrace	19	9657.06**	9.51**	94.10**	4.63**	1.68**	0.091**	3.58**	0.81**	1.58**
توده بومی × سال Landrace × year	19	2301.85**	2.16**	17.87**	0.74**	0.41	0.011**	1.97*	0.68**	0.21
خطا ۲ Error	76	630.84	0.92	6.32	0.21	0.25	0.002	1.11	0.26	0.13
ضریب تغییرات CV (%)		17.41	9.96	9.05	6.49	10.62	6.12	8.88	6.26	13.28

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

*and**: Significant at 5% and 1% levels, respectively.

جدول۲- برآورد میانگین، دامنه ، ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، وراثت پذیری عمومی و بازده ژنتیکی ۹ صفت توده‌های بومی پیاز

Table 2- Estimate of ranges, mean, phenotypic (PCV) and genotypic (GCV) coefficients of variation, broad sense heritability, and genetic advance of 9 characters of onion landraces

صفات Characters	میانگین Mean	دامنه Range		ضریب تغییرات ژنوتیپی GCV (%)	ضریب تغییرات فنوتیپی PCV (%)	وراثت پذیری عمومی h^2 (%)	بازده ژنتیکی Genetic advance (GA)	بازده ژنتیکی (درصد از میانگین) GA (percent of mean)
		حداقل Min.	حداکثر Max.					
عملکرد تک بوته پیاز Yield/plant (g)	144.26	62.66	229.08	24.27	27.81	76.16	62.94	43.63
قطر پیاز Bulb diameter (cm)	7.06	4.79	8.24	11.42	12.46	84.00	1.52	21.57
طول پیاز Bulb length (cm)	4.73	3.63	5.43	9.78	11.23	75.83	0.83	17.57
تعداد برگ در بوته leaf/ plant No.	9.64	7.66	12.03	11.48	13.06	77.26	2.00	20.78
طول برگ Leaf length (cm)	27.77	21.35	34.87	12.84	14.26	81.01	6.61	23.80
ماده خشک Bulb dry matter (%)	11.85	10.54	13.25	4.37	6.51	44.99	0.71	6.03
تعداد لایه خوردنی Edible layers No.	8.09	7.18	8.64	1.84	4.54	16.44	0.12	1.54
تعداد مرکز Center No.	2.66	1.91	3.64	17.89	19.29	86.85	0.92	34.51
شاخص شکل Shape index	0.68	0.58	1.05	16.91	18.03	87.91	0.22	32.65

هوسمانی و همکاران (۱۵)، حیدر و همکاران (۱۴) و مرسی و همکاران (۳۰) در پیاز و کساهون (۲۰) در سیر و دگویون و همکاران (۷) در موسیر نیز ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی را برای عملکرد تک بوته گزارش نمودند اما موهانتی (۲۷ و ۲۸) ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی متوسطی را برای این صفت گزارش کرد.

ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی متوسط برای قطر پیاز، تعداد برگ در بوته، طول برگ، تعداد مرکز و شاخص شکل مشاهده شد. همچنین ضریب تغییرات فنوتیپی متوسط و ضریب تغییرات ژنوتیپی کم برای صفت طول پیاز برآورد گردید. از طرف دیگر، صفات تعداد لایه خوردنی و درصد ماده خشک ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی کمی نشان دادند که بیانگر کارآیی کمتر گزینش و تاثیر بیشتر شرایط محیطی برای این صفات هستند. تعداد و ضخامت لایه‌های خوردنی تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار دارد و افزایش فاصله بین ردیف و بین بوته سبب افزایش معنی دار تعداد و ضخامت لایه های خوردنی می‌شود (۶). هوسمانی و همکاران (۱۵) ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی متوسط برای قطر پیاز، طول پیاز و درصد ماده خشک گزارش کردند. مرسی و همکاران (۳۰) ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی برای قطر پیاز، تعداد برگ و متوسط برای طول پیاز، طول برگ و درصد ماده خشک گزارش نمودند در حالی که گولانی و همکاران (۱۳) ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی کمی برای قطر پیاز، طول پیاز، تعداد برگ و طول برگ گزارش نمودند. برآورد های متفاوت محققین را می توان به متفاوت بودن جمعیت‌های پیاز مورد مطالعه و شرایط محیطی نسبت داد.

در صفات مورد مطالعه، ضریب تغییرات فنوتیپی از ضریب تغییرات ژنوتیپی بیشتر بودند (جدول ۲). که ممکن است ناشی از برهم کنش ژنوتیپ با محیط یا دیگر عوامل محیطی موثر در تظاهر این صفات باشد. تفاوت اندک این دو بیانگر تاثیر کم عوامل محیطی است. درحالی که اختلاف زیاد بین آنها حساسیت صفات را به نوسانات محیطی نشان می‌دهد. نتایج مشابه در مطالعه ۲۶ نمونه پیاز (۲۶) و چهار جمعیت F_2 پیاز (۳۳) گزارش شده است. نتایج حاصله با یافته-های کورلا و همکاران (۲۱) و کساهون (۲۰) در سیر و هوسمانی و همکاران (۱۵) و یاسو (۴۳) در پیاز همخوانی دارد.

برآورد وراثت پذیری عمومی

در مطالعه حاضر، وراثت پذیری عمومی از ۱۶ درصد برای تعداد لایه خوردنی تا ۸۸ درصد برای شاخص شکل متغییر بود (جدول ۲). صفات قطر پیاز، طول برگ، تعداد مرکز و شاخص شکل وراثت پذیری عمومی خیلی بالای داشتند. همچنین صفات عملکرد تک بوته پیاز، طول پیاز و تعداد برگ در بوته وراثت پذیری نسبتاً بالا از خود نشان دادند. درصد ماده خشک وراثت پذیری متوسطی داشت در حالی‌که صفت تعداد لایه خوردنی وراثت پذیری کمی از خود نشان داد. وراثت پذیری بالا بیانگر حداقل تاثیر نوسانات محیطی بر روی این صفات است و گزینش بر اساس فنوتیپ می‌تواند معتبر و قابل اعتماد باشد. در حالی که وراثت پذیری پایین بیانگر دامنه محدود برای اصلاح این صفات از طریق گزینش است. مرسی و همکاران (۳۰) وراثت پذیری بالایی برای صفات عملکرد تک بوته پیاز، قطر پیاز، طول پیاز، تعداد برگ، طول برگ و درصد ماده خشک گزارش کردند. هوسمانی و همکاران (۱۵) نیز برای صفات عملکرد تک بوته پیاز و درصد ماده خشک وراثت پذیری بالا و برای صفات قطر پیاز، طول پیاز، تعداد برگ و طول برگ وراثت پذیری متوسط گزارش نمودند درحالی‌که گولانی و همکاران (۱۳) وراثت پذیری پایین برای صفات عملکرد تک بوته پیاز، قطر پیاز، طول پیاز، تعداد برگ و طول برگ گزارش کردند. در گزینش بر اساس فنوتیپ، برآورد وراثت پذیری به اصلاحگر کمک می‌کند ولی این گزینش می‌تواندگمراه کننده باشد زیرا طبق نظر جانسون و همکاران (۲۱) در اصلاح یک صفت برآورد وراثت پذیری به همراه بازده ژنتیکی مورد انتظار مفیدتر از وراثت پذیری به تنهایی است. زیرا ممکن است یک صفت وراثت پذیری بالایی داشته باشد ولی علت آن اثرغیر افزایشی ژن‌هایی باشد که در این صورت آن صفت بازده ژنتیکی پایینی خواهد داشت، در حالی که کنترل صفت به وسیله اثر افزایشی ژن‌ها موجب بالا بودن وراثت پذیری و بازده ژنتیکی آن صفت خواهد شد.

برآورد بازده ژنتیکی مورد انتظار: بازده ژنتیکی مورد انتظار براساس درصد از میانگین با شدت گزینش ۵ درصد نمونه‌های با بیشترین عملکرد، بین ۱/۶ درصد برای تعداد لایه خوردنی تا ۴۳/۵۵ درصد برای عملکرد تک بوته پیاز متغییر بود (جدول ۲). بازده ژنتیکی براساس درصد از میانگین برای صفت عملکرد تک بوته پیاز حداکثر بود. همچنین بازده ژنتیکی برای صفات تعداد مرکز، شاخص شکل، طول برگ، قطر پیاز، تعداد برگ در بوته و طول پیاز بالا بود. حیدر و همکاران (۱۴) برای صفات عملکرد تک بوته پیاز، طول برگ، قطر پیاز، طول پیاز و تعداد برگ در بوته بازده ژنتیکی بالا گزارش نمودند. این نتیجه با یافته‌های کساهون (۲۰) در سیر، دگویون و همکاران (۷) در موسیر مطابقت دارد.

برتون (۴) پیشنهاد کرد که ضریب تنوع ژنتیکی به همراه برآورد وراثت پذیری بهترین تصویر از مقدار بازده ژنتیکی را که از گزینش مورد انتظار است، ارایه می‌دهد. همچنین جانسون و همکاران (۱۸) و جانسون و هرنانذز (۱۶) نشان دادند که ضرایب تنوع ژنوتیپی بالا به همراه وراثت پذیری و بازده ژنتیکی بالا اطلاعات بهتری از تک تک این پارامترها ارایه می‌دهد.

ضریب تغییرات ژنوتیپی، وراثت پذیری و بازده ژنتیکی عملکرد تک بوته پیاز بالا بود. بنابراین گزینش برای این صفت می‌تواند مفید باشد. موهانتی (۲۸) ضریب تغییرات ژنوتیپی، وراثت پذیری و بازده ژنتیکی بالا را برای عملکرد تک بوته پیاز و تعداد برگ در بوته گزارش کردند.

بازده ژنتیکی و وراثت پذیری صفات طول برگ، قطر پیاز، تعداد برگ در بوته طول پیاز، تعداد مرکز و شاخص شکل نیز بالا بود. موهانتی و پراستی (۲۹) وراثت پذیری و بازده ژنتیکی بالا برای صفات عملکرد تک بوته پیاز، طول برگ، تعداد برگ در بوته و ضخامت قطر گردن و وراثت پذیری بالا همراه با ضریب تغییرات ژنوتیپی و بازده ژنتیکی پایین برای قطر پیاز گزارش کردند. در گونه‌های آلیوم، وراثت پذیری و بازده ژنتیکی بالا برای صفات عملکرد تک بوته پیاز، طول برگ، تعداد برگ ، طول پیاز و قطر پیاز برآورد شده است (۱۰، ۱۹ و ۲۸).

همبستگی صفات: برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات مورد مطالعه در جدول ۳ ارایه شده است. نتایج نشان داد که در بیشتر موارد ضریب همبستگی ژنوتیپی بزرگتر از ضریب همبستگی فنوتیپی بود. این وضعیت نشان می‌دهدکه همبستگی وراثتی بین صفات مختلف، مستقل از اثر محیطی است. نتایج با گزارش کالو و همکاران (۱۹)، شیملس (۳۸)، و هوسمانی و همکاران (۱۵) در پیاز و کساهون (۲۰) در سیر مطابقت دارد.

عملکرد تک بوته پیاز همبستگی مثبت و معنی داری با طول برگ، تعداد برگ، قطرپیاز و طول پیاز در سطح فنوتیپی و ژنوتیپی داشت. این نتایج نشان می‌دهد که اصلاح این صفات می‌تواند ظرفیت گیاه را برای سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام ذخیره‌ای پیاز بهبود بخشد. نتایج مشابهی توسط واویدل و همکاران (۴۲)، پاندیان و موتاکریشنان (۳۲)، مولانگو و همکاران (۳۱)، کالو و همکاران (۱۹)، ماهانتش و همکاران (۲۳) در پیاز و لی و همکاران (۲۲) در سیر گزارش شده است. عملکرد تک بوته پیاز همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص شکل در سطح فنوتیپی و ژنوتیپی نشان داد که با نتایج مک کولوم (۲۴) مطابقت دارد. بنابراین اصلاح همزمان این دو صفت مشکل می‌باشد.

جدول ۳ –ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات در توده‌های بومی پیاز

Table 3- Phenotypic (P) and genotypic (G) correlation coefficients among various characters in onion landraces

صفات Traits		طول برگ Leaf length	عملکرد تک بوته Yield/plant	تعداد لایه خوردنی edible layers No.	قطر پیاز Bulb diameter	طول پیاز Bulb length	شاخص شکل Shape index	درصد ماده خشک Bulb dry matter (%)	تعداد مرکز center No.
تعداد برگ	G	0.79**	0.84**	0.97**	0.74**	0.37	-0.30	-0.16	0.67**
leaf No.	P	0.75**	0.70**	0.23	0.67**	0.29	-0.30	-0.22	0.60**
طول برگ	G		0.92**	0.92**	0.88**	0.32	-0.51*	0.24	0.47*
Leaf length	P		0.92**	0.22	0.87**	0.34	-0.46*	0.08	0.36
عملکرد تک بوته	G			0.35	0.95**	0.49*	-0.52*	0.47*	0.54*
Yield/plant	P			0.09	0.94**	0.48*	-0.50*	0.18	0.37
تعداد لایه خوردنی	G				0.54*	0.60**	0.20	-0.88**	0.98**
edible layers No.	P				0.16	0.05	0.02	-0.18	0.28
قطر پیاز	G					0.23	-0.75**	0.42	0.25
Bulb diameter	P					0.23	-0.74**	0.11	0.19
طول پیاز	G						0.48*	0.36	0.77**
Bulb length	P						0.45*	0.24	0.56*
شاخص شکل	G							-0.29	0.35
Shape index	P							-0.06	0.30
درصد ماده خشک	G								-0.43
Bulb dry matter (%)	P								-0.24

تجزیه علیت

نتایج تجزیه علیت برای بررسی اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات وارد شده به مدل عملکرد پیاز، که از تجزیه رگرسیون چند گانه گام به گام حاصل شد در جدول ۴ نشان داده شده است. همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی‌داری میان این صفات و عملکرد تک بوته وجود داشت. بیشترین همبستگی ژنوتیپی میان قطر پیاز و عملکرد تک بوته پیاز (۰/۹۵**)، و کمترین آن میان طول و عملکرد تک بوته پیاز (۰/۴۹*) مشاهده شد. رحمان و همکاران (۳۴) همبستگی قطر و عملکرد پیاز را بسیار زیاد (۰/۹۰**) و همبستگی تعداد برگ با قطر و عملکرد پیاز را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. قطر پیاز بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد تک بوته پیاز داشت (۰/۶۸۴). طول پیاز و طول برگ نیز اثر مستقیم مثبت نسبتاً زیادی بر عملکرد تک بوته پیاز نشان دادند (به ترتیب۰/۲۶۳ و ۰/۲۳۴). بیشترین اثر غیر مستقیم طول برگ از طریق قطر پیاز اعمال شد (۰/۶۰). این امر به اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی در بوته‌هایی دارد که از میانگین طول برگ بیشتری برخوردار هستند. خاطر نشان می شود برگ تنها اندام هوایی در پیاز می‌باشد لذا، ژنوتیپ‌های با میانگین طول برگ بیشتر، مواد فتوسنتزی زیادتری تولید و به اندام‌های ذخیره‌ای انتقال می‌دهند، که در نهایت از طریق افزایش قطر پیاز موجب افزایش وزن سوخ می‌شود. بنابراین به‌طورکلی، گزینش بوته‌های با طول برگ بیشتر که دارای قطر پیاز زیادتری هستند، می‌تواند در اصلاح برای افزایش عملکرد پیاز مفید باشد. مقدار کم اثر باقیمانده (۰/۰۶) نشان داد که صفات مهم موثر در عملکرد تک بوته پیاز در مدل تجزیه علیت وارد شدند.

جدول ٤- برآورد اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات طول برگ، قطر پیاز و طول پیاز بر عملکرد پیاز در توده‌های بومی مورد بررسی

Table 4- Estimate of direct and indirect effect of leaf length, Bulb diameter and Bulb length on bulb yield per plant in onion landraces under study

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم Indirect effect			همبستگی ژنوتیپی با عملکرد Genotypic correlation with yield
		قطر پیاز Bulb diameter	طول پیاز Bulb length	طول برگ Leaf length	
قطر پیاز Bulb diameter	0.684	-	0.0605	0.2059	0.95**
طول پیاز Bulb length	0.263	0.1573	-	0.0749	0.49*
طول برگ Leaf length	0.234	0.6019	0.0842	-	0.92**

۰/۰٦٦=باقی مانده

Residual effect=0.066

* و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*and**: Significant at 5% and 1% levels, respectively.

منبع

1- Azimi, M., Massiha, S., Moghaddam, M. and Valizadeh, M. 2000. Genetic variation of onion local varieties in Iran. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 4:15-26. (in Persian with English abstract).
2- Barta, S. K., Kallo, G. and Singh, B. 1983. Combining ability, heterosis and analysis of phenotypic variation in onion. Haryana Journal of Horticultural Sciences, 12:119-119.
3- Brewster, J. L. 1994. Onions and Other Vegetable Alliums. CABI, Wallingford, Oxon, UK.
4- Burton, G. W. 1952. Quantitative inheritance in grasses. Proc.6th Int. Grassland Congr, 1:277-283.
5- Burton, G.W., and Devane, E. M. 1953. Estimating heritability from replicated clonal material. Agronomy Journal, 45: 478-481.
6- Darabi, A. 2016. The Study of Effect of Planting Date and Density on Marketable Yield and Bulb Characteristics of an Onion Population from Behbahan**.** Journal of Crop Production and Processing**,** 5(18): 301-314.
7- Degewione, A., Alamerew, S. and Tabor, G. 2011. Genetic variability and association of bulb yield and related traits in shallot (*Allium cepa* Var. Aggregatum DON.) in Ethiopia. International Journal of Agricultural Research. 6(7): 517-536.
8- Dehdari, A., Rezai, A., and Mobli, M. 2001. Morphological and agronomic characteristics of landrace varieties of onion (*Allium cepa* L.) and their classification. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural

Resources, 5(2): 109-124. (in Persian with English abstract).

9- Dewangan S.R. and Sahu G.D. 2014. Genetic variability, correlation and coefficient analysis of different Kharif onion genotypes in Chhattisgarh plains. Agricultural Science Digest, 34 (3): 233 – 236.

10- Doweker, B. D. 1990. Onion breeding. pp. 215-232. In: Rabinowith, H. D., and Brewester, J. L. (eds.).Onions and Allied Crops, Vol. 1. Bota Raton, CRC Press Inc.

11- Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. 3rdEdn. Longman Scientific and Technical, New York, 438 pp.

12- Galmarini, C. R., Goldman I. L. and Havey, M. J. 2001. Genrtic analyses of correlated solids, falvor, and health-enhancing traits in onion (*Allium cepa* L.). Molecular Genetic and Genomics, 256: 543-551.

13- Golani, I. J., Vaddoria, M. A. Mehta, D. R., Naliyadhara, M. V., and Dobariya, K. L. 2006. Analysis of yield components in onion. Indian Journal of Agricultural Research, 40(3): 224-227.

14- Haydar A., sharker, N., Ahmad, M. B., Hannan M. M., Razvy, M. A., Hossain, M., Hoque A., and Karim, R. 2007. Genetic variability and interrelationship in onion (*Allium cepa* L.). Middle-East Journal of Scientific Research, 2(3-4): 132-134.

15- Hosamani, R. M., Patil, B. C., and Ajjappalavara, P. S. 2010. Genetic variability and association among bulb yield and yield-related traits in onion (*Allium cepa* L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 23: 302-305.

16- Johnson, C. E., and Hernandez, T. P. 1980. Heritability studies of early and total yield in tomatoes. Horticultural Science, 15:280-285.

17- Johnson, H. W., Robinson H. F. and Comstock, R. E. 1955a. Estimates of genetic and environmental variability in soybean. Agronomy Journal, 47:314-318.

18- Johnson, H. W., Robinson H. F. and Comstock, R. E. 1955b. Genetypic and phenotypic correlations in soybeans and their implication in selection. Agronomy Journal, 47:477-483.

19- Kalloo, J. C., Pandey, S. C., Lal S., and Pandita, M. L. 1982. Correlation and path analysis Studies in onion (*Allium cepa* L.). Haryana Journal of Horticultural Sciences, 11: 97-97.

20- Kassahun, T. 2006. Variability and association among bulb yield and related traits in garlic (*Allium sativum* L.). M. Sc. Thesis, School of Graduate Studies of Alemaya University.

21- Korla, B. N., Singh A. K., and Kalia, P. 1981. Genetic variability in garlic. Haryana Journal of Horticultural Sciences, 10:77-80.

22- Lee, W. S., Kim, Y. C. and Lee, B. C. 1977. Varietal characters and genetic correlations in different ecotypes of garlic. Korean Journal of Breeding Science, 9: 149-157.

23- Mahantesh, B., Harshavardhan, M., Tippesha, D. Sajjan, M. R. P. and Janardhan, G. 2007. Correlation studies in onion genotypes in *kharif* season under irrigated and rain fed situations. Asian Journal of Horticulture, 2: 71-74.

24- Mc Collum, G. D. 1996. Heritability and genetic correlation of some onion bulb traits.Journal of Heredity, 57: 105- 110.

25- Mcferson, J. R., Walters, T. W., and Eckenrode, C. J. 1996. Variation in *Allium* spp. Damage by onion maggot. Horticultural Science, 31: 1219-1222.

26- Melke, A., and Ravishankar, H. 2006. Variability and association among bulb yield and yield-related traits in onion (*Allium cepa* L.). Tropical Agriculture (Trinidad), 83: 112-119.

27- Mohanty, B. K. 2004. Genetic variability and path analysis in onion. Indian Journal of Agricultural Research, 38(1): 65-68.

28- Mohanty, B. K., 2001. Genetic variability, inter-relationship and path analysis in onion. Journal of Tropical Agriculture, 39: 17-20.

29- Mohanty, B.K., and Prusti, A. M. 2001. Performance of common onion varieties in Kharif seasons. Journal of Tropical Agriculture, 39:21-23.

30- Morsy, M. G., Marey, R. A., and Geries, L. S. M. 2011. Genetic variability, heritability, genetic advance and phenotypic correlation in some onion varieties. J. Agric. Res. Kafer El- Sheikh Univ., 37(1):57-71.

31- Mulungu, L.S., Nchimbimsolla, S.O.W.M., Reuben, S., Misangu, R. N., Mbilinyi, L.B. and Macha, M. M. 1998. Performance of nine exotic and local onion (*Allium cepa* L.) genotypes grown under a dry season tropical condition at Morogoro, Tanzania: 1. Yield and its components. South African Journal of Science, 94: 451-454.

32- Pandian, I. R. S., and Muthukrishnan, C. R. 1982. Correlation and path coefficient analysis in onion (*Allium cepa* L.) seed to bulb generation. South Indian Horticulture, 30: 22-24.

33- Pramoda, H. P., and Gangaprasad, S. 2007. Biometrical basis of handling segregation population for improving productivity in onion (*Allium cepa* L.). Asian Journal of Horticulture, 3: 278-280.

34- Rahman, M. A., Saha, S. R., Salam, M. A., Masum, A. S. M. H. and Chowdhury, S. S. 2002. Correlation and path coefficient analysis in onion (*Allium cepa* L.). Journal of Biological Sciences, 2 (8): 531-532.

35- Raymond, A. T. G. 1999. Vegetable seed production. CAB International publication, UK.p.328.

36- Robinson, H. F., Comstock, R. E., and Harvey, P. M. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agronomy Journal, 43: 282-287.

37- Shigyo, M., and KiK, C. 2008. Onion. pp. 121-162. In: Prohens, J., and Nuez, F. (eds.) Vegetables: handbook of

plant breeding. Vol. 2, Springer Verlag, Berlin.
38- Shimeles, A., 2000.Study on flower and seed production potential and association of characters with seed yield in onion (*Allium cepa* L.). M.Sc. Thesis, School of Graduate Studies. Alemaya University.
39- Singh, R. P. 1981. Genetic evaluation and path analysis in onion. Madras Agricultural Journal, 68:61-80.
40- Singh, R. K., Dubey, B. K., Bhonde, S. R. and Gupta, R. P. 2010. Estimates of genetic variability and correlation in red onion (*Allium cepa* L.) advance lines. Indian Journal of Agricultural Sciences, 80(2): 160-163.
41- Sivasubramanian, S., and Menon, M. 1973. Heterosis and inbreeding depression in rice. Madras Agricultural Journal, 60: 1139.
42- Vavidel, B., Muthukrishnan, C. R., and Irulappan, I. 1981. Association of characters between yield and yield components in Aggregatum onion (*Allium cepa* L.). South Indian horticulture, 29: 227- 228.
43- Yaso, I. A. A. 2007. Performance and genetic parameters for six onion genotypes in Nubaria area. Egyptain Journal of Plant Breeding, 11 (3): 307-318.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 29-39
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۹-۲۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Genetic Variability, Correlation and Path Analysis in Iranian Onion Landraces

S. A. Mousavizadeh[1]*
Received: 09-08-2017
Accepted: 11-03-2019

Introduction: Information on nature and magnitude of present variability in a population is an important pre-requisite for starting any breeding program. Moreover, the knowledge about correlations among various characters and further partitioning them into direct and indirect effects is a rational approach to understanding such a relationship which is helpful for multiple trait selections. The present study was undertaken to determine the genetic variability and heritability of important economic characters, interrelationships among them and their direct and indirect effect on yield in Iranian onion landraces.

Materials and Methods: Seeds of twenty landraces were planted using a randomized complete block design with three replications in East Azarbayjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center for two years. Thirty plants were selected at random in each plot to record the observations on yield/plant, leaf length, number of leaves/plant, bulb length, bulb diameter, number of centers, number of edible layers, bulb dry matter and shape index. Broad-sense heritability, expected genetic advance, genetic variability, correlation coefficient, and path coefficient analysis calculated.

Results and Discussion: Analysis of variance showed significant effects for all studied traits. Therefore, sufficient genetic variability exists among the onion landraces.

The bulb yield per plant had the utmost phenotypic and genotypic coefficients of variation (PCV and GCV) (27.81% and 24.27%, respectively). This shows the prevalence of greater genetic variability among the genotypes which offers good opportunities for crop improvement through selection. Medium PCV and GCV were displayed in bulb diameter, number of leaves/plant, leaf length, number of center and shape index. But number of edible layers and bulb dry matter showed low GCV and PCV indicating less scope of selection as they are under the influence of environment.

The estimates of phenotypic coefficients of variation were higher than their corresponding genotypic coefficients of variation for all the traits. That might be due to interaction of genotype with environment to the same degree or other denoting environmental factors influencing the expression of these traits. A high degree of disparity between PCV and GCV for most of the traits showed their susceptibility to environmental fluctuations.

In present study, the estimates of broad-sense heritability ranged from 16% for number of edible layers to 88% for shape index. Heritability estimates were very high for bulb diameter, leaf length, and number of centers and shape index, indicating the possibility of success in selection. Heritability estimates were relatively high for yield/plant, bulb length and number of leaves/plant. In addition, moderate heritability estimate was observed for bulb dry matter. On the other hand, low heritability estimates was also observed for number of edible layers indicating the limited scope for improvement of this trait through selection.

The expected genetic advance expressed as a percentage of the mean by selecting the top 5% of the accessions, varied between 1.6% for number of edible layers to 43.55% for yield/plant. Genetic advance as percentage of mean was maximum for yield/plant followed by number of centers, shape index, leaf length, bulb diameter, number of leaves/plant and bulb length. Genetic coefficient of variation, heritability, and genetic advance were high in yield/plant. Therefore, yield/plant could be useful basis for selection.

In most traits, the genotypic correlation coefficients were higher than the phenotypic correlation coefficients which indicated the inherent association among various characters independent of environmental influence.

Bulb-yield/plant showed significant positive correlation with leaf length, leaf number, bulb diameter and bulb length at phenotypic and genotypic levels. So, improvement of leaf length, leaf number, and bulb diameter and bulb length traits could improve the capacity of the plants to synthesize and translocate photosynthates to the bulb.

The path analysis showed that bulb diameter has the largest positive direct effect on bulb-yield/plant. The indirect effect of length of leaves on onion yield through bulb diameter was considerable. Accordingly, selection of plants with

1- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
(*-Corresponding Author Email: moosavizadeh2003@yahoo.com)

larger leaf length and bulb diameter could be suitable for breeding onion for higher yield. The presence of negligible residual effect (0.06) indicated that most of the important traits contributing to yield were included in the path analysis.
Conclusions: Results showed that potential of onion landraces with high genetic diversity in selection for development of cultivars with favorable agronomic and market traits is high. The high genetic coefficient of variation, heritability, and genetic advance were found in yield/plant. Therefore, yield/plant could be useful basis of selection. In addition, the path analysis showed that selection of plants with larger leaf length and bulb diameter could be suitable for breeding onion for higher yield.

Keywords: Bulb diameter, Diversity, Genetic advance, Leaf length, Yield

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۵۱-۴۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 41-51
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر کیفیت نور و رقم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زراعی نشای خربزه (*Cucumis melo* Gr. Inodorus)

آزاده رشیدی[1*]- سید حسین نعمتی[2]- نرگس بزرگ[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷

چکیده

به منظور مطالعه اثر کیفیت نور و نوع رقم بر خصوصیات رویشی نشای خربزه *Cucumis melo* Gr. Inodorus آزمایشی به صورت کرت خرد شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام پذیرفت و نشای دو رقم خربزه (خاتونی و قصری) تا مرحله چهار برگی تحت تاثیر چهار ترکیب نور(۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز،۳۰ درصد آبی :۷۰ درصد قرمز و نور لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم) قرار گرفتند. بیشترین وزن تر(۵/۸۱ گرم) و خشک(۰/۴۳ گرم) برگساره در رقم قصری و بیشترین وزن تر ریشه(۱/۹۵ گرم) در رقم خاتونی با ترکیب ۱۵٪آبی : ۸۵٪قرمز، بیشترین وزن خشک(۰/۳۹ گرم) و حجم ریشه(۱/۸۸ میلی‌لیتر) با ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز در رقم قصری، بیشترین محتویات کلروفیل a (۸/۷۷ میلی‌گرم بر گرم در وزن تر) و کارتنویید(۷۹/۵ میلی‌گرم بر گرم در وزن تر) با ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز در رقم قصری و بیشترین محتویات کلروفیلb (۷۷/۱۳ میلی‌گرم بر گرم در وزن تر) و کلروفیل کل(۸۲/۴۲ میلی‌گرم بر گرم در وزن تر) با ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز در رقم خاتونی مشاهده شد. بالاترین شاخص سرعت(۰/۳۱ تعداد بر روز) و کمترین میانگین زمان ظهور (۳/۲ روز) با ترکیب ۳۰ درصد آبی :۷۰ درصد قرمز و بدون اختلاف معنی‌دار با ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز و بیشترین قطر ساقه (۴/۲۹ میلی‌متر) و کمترین ارتفاع ساقه (۷/۷۷ سانتی‌متر) با ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز بدست آمد. کمترین تعداد برگ(۳) در نور لامپ فلورسنت بدون تفاوت معنی‌دار با ترکیب‌های ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز و ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز مشاهده شد. نتایج این آزمایش، بیانگر امکان بهبود یافتن ویژگی‌های کمی نشای ارقام خاتونی و قصری بر اثر کاربرد ترکیبات نورهای آبی و قرمز و در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم بود.

واژه‌های کلیدی: خاتونی، طیف نور، قصری، کیفیت نور

مقدمه

خربزه (*Cucumis melo* Gr. Inodorus) یک سبزی میوه‌ای یکساله با گل‌هایی تک جنس و یا دو جنس بر روی یک پایه است و مهمترین روش تکثیر تجاری آن در حال حاضر، کاشت مستقیم بذر و یا تولید نشای آن می‌باشد(۳۴). نشای خربزه را می‌توان در خزانه تولید و پس از طی شدن دوره رشد اولیه و با مساعد شدن شرایط دمایی فضای آزاد، به مکان اصلی کاشت در مزرعه منتقل کرد و در صورتی که نشا دارای ساقه‌ای سالم و محکم، ریشه‌هایی قوی با حجم مناسب و سطح مناسبی از برگ باشد، انتقال آن با موفقیت بیشتری همراه خواهد بود(۲۳). شرایط محیطی از جمله نور، به دلیل تامین انرژی مورد نیاز برای فتوسنتز، توسعه اندام‌های مختلف نشا و قدرت رویشی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در صورت نامناسب بودن کیفیت و یا کمیت آن در محیط رویش، رشد گیاهان با اختلال مواجه می‌شود(۷). پاسخگویی گیاهان در برابر نور، به عملکرد رنگدانه‌های فتوسنتزی همانند کلروفیل‌ها، کارتنویید‌ها و فیکوبلین‌ها[2] و رنگدانه‌های گیرنده نور همانند فیتوکروم‌ها، کریپتوکروم‌ها و فتوتروپین‌ها[3] بستگی دارد و میزان فعالیت رنگدانه‌های یاد شده در حضور طیف‌های مختلف نور، متفاوت از یکدیگر است(۱۱و ۱۷). تا کنون به منظور جبران شدت پایین و نامناسب نور به دلیل شرایطی همچون فصل(اواخر زمستان و اوایل بهار)، تراکم بالای کاشت یا شرایط جوی همانند هوای ابری، در محیط پرورش سبزیجاتی همانند سویا(۳۹) کاهو، کلم بروکلی و گوجه‌فرنگی(۱۴و ۲۲)، ریحان(۳۸) و فلفل دلمه‌ای(۲۱) از برخی منابع

۱، ۲ و ۳- دانش‌آموخته ارشد، استادیار و دانش‌آموخته ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: azadeh_rashidi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.66168

2- Chlorophyll, Carotenoid, Phycobilin
3- Phytochrome, Cryptochrome, Phototropin

نور مصنوعی همانند لامپ‌های فلورسنت و یا پرفشار سدیم در محیط گلخانه استفاده شده است و نتایج مثبتی از نظر بهبود کیفیت و کمیت رویشی این گیاهان گزارش شده است. اما کاربرد چنین لامپ‌هایی مشکلاتی همانند مصرف بالای برق و تولید گرما را به دنبال دارد و تمامی طیف‌های تولید شده از سوی آنان مورد استفاده گیاهان قرار نمی‌گیرد(۴). از سوی دیگر برخی پژوهشگران معتقدند به دلیل واکنش متفاوت رنگدانه‌های گیاهی در برابر طیف‌های مختلف نور و افزایش فعالیت برخی رنگدانه‌ها با کاربرد طیف‌های خاص، می‌توان با کاربرد این طیف‌ها در محیط رویش گیاهان، شاهد افزایش کیفیت و کمیت رشد در مقایسه با منابع متداول نور مصنوعی همانند لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم بود. به عنوان مثال حضور طیف‌های آبی، قرمز و قرمز دور منجر به تحریک و افزایش فعالیت فتوتروپین‌ها و یا کریپتوکروم‌ها می‌شود(۱۰) و یا آنکه حداکثر جذب و فعالیت رنگدانه‌های کلروفیلa و کلروفیلb در حضور نورهای قرمز و آبی انجام می‌گیرد بنابراین امکان افزایش عمل فتوسنتز و افزایش توسعه و رشد گیاهان با کاربرد نورهای آبی و قرمز وجود دارد(۵ و ۲۵). به همین دلیل در چند سال اخیر کاربرد لامپ‌های ال. ای. دی مورد توجه قرار گرفته است که از جمله مهمترین ویژگی‌های آنان می‌توان به عدم تولید گرما، عمر بالا و تولید طیف‌های اختصاصی نور همانند نورهای آبی و قرمز اشاره کرد که از این طریق امکان افزایش تحریک گیرنده‌های نوری خاص در گیاهان وجود دارد(۳۷ و ۴۰). به عنوان مثال افزایش عملکرد گیاهانی همانند کاهو، تربچه و اسفناج با کاربرد نورهای آبی و قرمز گزارش شده است(۲۷ و۴۱) اما بی تاثیر بودن و یا اثر منفی حضور آنان بر وزن و یا سطح برگ برخی گیاهان همانند کاهو، اسفناج و گوجه‌فرنگی (۲۰و ۲۶) نیز مشاهده شده است. بنابراین پژوهشگران به متفاوت بودن پاسخ‌های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و آناتومیکی گیاهان مختلف در برابر کاربرد نورهای آبی و قرمز اشاره کرده‌اند و مواردی همانند گونه و رقم گیاه، سن، درجه حرارت، شدت و کیفیت نور را بر نحوه عملکرد گیرنده‌ها و واکنش گیاهان موثر دانسته‌اند(۸ و ۱۸).

خربزه از میوه‌های بومی کشور ایران است و ارقام خاتونی و قصری از جمله نمونه‌های تجاری هستند که سطح زیر کشت قابل توجهی را در کشور به خود اختصاص داده‌اند و تولید نشای گلخانه‌ای آنان و انتقال نشا به زمین اصلی به منظور تسریع روند رشد، مورد توجه پرورش‌دهندگان این محصول قرار گرفته است. از آنجایی که واکنش ارقام مختلف گیاهان در برابر کاربرد طیف‌های نور و در مقاطع مختلف رشد، می‌تواند متفاوت از یکدیگر باشد. هدف از این آزمایش بررسی چگونگی تغییرات کیفی و کمی رشد نشای دو رقم خاتونی و قصری، در برابر کاربرد نورهای آبی و قرمز و مقایسه نتایج با کاربرد منابع نور مصنوعی متداول (لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم) بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی ترکیبات مختلف نور و رقم بر خصوصیات نشای خربزه، آزمایشی به صورت کرت خرد شده بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار و ۴ مشاهده در هر تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در فروردین ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارها شامل ترکیب نور در چهار سطح(۱۵درصد آبی : ۸۵درصد قرمز و ۳۰درصد آبی :۷۰درصد قرمز، نور لامپ فلورسنت و لامپ پرفشار سدیم) و دو رقم (قصری و خاتونی) بود. به منظور ساخت درصدهای مورد نظر طیف‌های آبی و قرمز، از لامپ‌های ال. ای. دی (شرکت SENYANG LIGHT ساخت کشور چین) با طیف قرمز (۶۲۵ نانومتر) و طیف آبی (۴۶۷ نانومتر) به تعداد ۴۰۰ عدد استفاده و بر روی صفحه پلکسی‌گلس[1] نصب شدند.

با استفاده از ۳۴۰ عدد لامپ قرمز و ۶۰ عدد لامپ آبی بر روی یک صفحه، ترکیب ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز و با کاربرد ۲۸۰ عدد لامپ قرمز و ۱۲۰ عدد لامپ آبی بر صفحه‌ای دیگر، ترکیب ۳۰درصد آبی: ۷۰ درصد قرمز بدست آمد. لامپ‌های ال. ای. دی در اتاقک‌های رشد بسته و به ابعاد ۶۰×۶۰×۷۰ سانتی‌متر و لامپ‌های فلورسنت و پر فشار سدیم در اتاقک‌های رشد بسته به ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفتند. دلیل استفاده از اتاقک‌های رشد جلوگیری از تاثیر سایر طیف‌های خارج از موارد مورد بررسی در طی آزمایش و افزایش دقت در نحوه بررسی عملکرد طیف‌های آبی و قرمز و سایر منابع نور بر چگونگی رشد نشاها بود. بیشتر بودن ارتفاع اتاقک رشد لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم مانع از رسیدن گرمای ناشی از کارکرد این لامپ‌ها به سطح مواد گیاهی شد. برای آماده‌سازی مواد گیاهی ابتدا بذرها در تاریخ ۱۵ فروردین ماه در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر (حجم برابر با ۱۶۰ میلی‌لیتر) و در مخلوط ۵۰درصد کوکوپیت، ۴۵درصد پیت ماس و ۵درصد پرلایت در عمق ۴ سانتی‌متری کاشته شدند و به اتاقک‌های رشد منتقل شدند. در طی آزمایش دمای محیط روزانه ۱±۲۰ و شبانه ۱±۱۶ درجه سانتی‌گراد و شدت نور ۶۵ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بود و مدت زمان حضور روشنایی ۱۶ ساعت (از ساعت ۶ صبح الی ۲۲) در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری و تنظیم شدت نور اتاقک‌های رشد از نور سنج ال.آی-کُر (LI-COR®) مدل LI-250A استفاده گردید. شاخص سرعت ظهور و میانگین زمان ظهور نشا در سطح بستر کاشت با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (۲۳).

$$ESI(\text{Emergence speed index})=E_1/N_1 + E_2/N_2 + ...+ E_i/N_i \quad (1)$$

$$MTE(\text{Mean time for emergence})= (E_1\times N_1) + (E_2\times N_2) + ...+ (E_i\times N_i) \quad (2)$$

1- Plexiglass

که در آن E_1 ، E_2 و ... بیانگر تعداد نشا ظاهر شده در اولین(N_1)، دومین(N_2) و ... روز شمارش پس از کاشت بذر بود. در تاریخ ۲۰ اردیبهشت و مرحله ۴ برگی، داده برداری انجام گرفت و خصوصیاتی از جمله وزن تر و خشک برگساره، وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، سطح و ضخامت برگ، تعداد برگ، قطر ساقه در نزدیکی سطح محیط کاشت، ارتفاع نشا، نسبت ارتقاع به قطر ساقه، محتویات کلروفیل a، b، کل و کارتنویید اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های ارتفاع با خط‌کش، وزن تر و خشک برگساره و ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱، اندازه‌گیری قطر ساقه و ضخامت برگ با میکرومتر، اسکن سطح برگ با اسکنر شرکت اچ.پی (hp) مدل G3110 و اندازه‌گیری سطح برگ با نرم‌افزار ImageJ-Win32 و خشک کردن بافت‌ها با آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انجام شد. به منظور استخراج و اندازه‌گیری کلروفیلa، b و کل و کارتنویید از روش آرنون (۱۹۴۹) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Jump 8 انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتیجه‌گیری و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل عامل کیفیت نور و رقم بر صفات شاخص سرعت ظهور و میانگین زمان ظهور نشا در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌دار نداشت(جدول ۱ و شکل ۱). بالاترین شاخص سرعت ظهور نشا(۳/۱ تعداد بر روز) با کاربرد نسبت نوری ۱۵درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز بدون اختلاف معنی‌دار با نسبت نوری ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز بدست آمد(شکل۱–A). همچنین بیشترین میانگین زمان ظهور نشا(۶/۲ روز) با کاربرد نور لامپ پرفشار سدیم بدست آمد(شکل۱–B). ظهور گیاهچه خربزه بر سطح بستر کاشت به افزایش طول هیپوکوتیل آن بستگی دارد. فعالیت رنگدانه‌های کریپتوکروم‌ها و فیتوکروم‌ها و برهمکنش آنان در مقابل یکدیگر و اثری که بر سطح تولید هورمون جیبرلین دارند، چگونگی رشد هیپوکوتیل و ارتفاع گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهد(۲، ۳ و ۱۲). واکنش هیپوکوتیل گیاهان مختلف در برابر نحوه تاثیر نور آبی و یا قرمز می‌تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال کاهش ارتفاع هیپوکوتیل خیار و کاهو (۳۳) و افزایش ارتفاع هیپوکوتیل بادمجان(۱۶) در اثر نور آبی گزارش شده است. نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد نور آبی به همراه قرمز در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم منجر به بلند شدن هیپوکوتیل در مدت زمانی کوتاه‌تر و در نتیجه افزایش معنی‌دار شاخص سرعت ظهور و کاهش میانگین زمان ظهور نشا شد (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل عامل کیفیت نور و رقم بر صفات وزن تر و خشک برگساره و ریشه، حجم ریشه، محتویات کلروفیل a، b، کل و محتویات کارتنویید در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود(جدول۱). بررسی نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که وزن تر و خشک ریشه و برگساره در هر دو رقم با کاربرد نسبت‌های ترکیبی از نورهای آبی و قرمز با اختلافی معنی‌دار بیش از نشاهای پرورش یافته تحت نور فلورسنت و پرفشار سدیم بود(جدول۲). بیشترین وزن تر(۵/۸۱ گرم) و خشک برگساره(۰/۴۳گرم) مربوط به رقم قصری با کاربرد ترکیب ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز بود. بیشترین وزن تر ریشه مربوط به رقم خاتونی(۱/۹۵گرم) با ترکیب ۱۵درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز بود که اختلافی معنی‌دار با رقم قصری و ترکیب ۳۰ درصدآبی : ۷۰ درصد قرمز نداشت. بیشترین محتویات کلروفیل a در رقم قصری(۸/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز بدون اختلاف معنی‌دار با ترکیب ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز، بیشترین محتویات کلروفیلb(۷۷/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم خاتونی با کاربرد ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز، کارتنویید(۵/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم قصری با کاربرد ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز و کلروفیل کل در رقم خاتونی(۸۲/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز و بدون اختلاف با رقم قصری با ترکیب ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز و۳۰ درصد آبی :۷۰ درصد قرمز بدست آمد. حضور نورهای آبی و قرمز بر ساخت رنگدانه‌های فتوسنتزی اثری مثبت دارد و می‌توان انتظار داشت تا با تحریک ساخت و فعالیت این رنگدانه‌ها، عمل فتوسنتز افزایش و کیفیت رویشی گیاهان بهبود یابد(۱۱و ۲۸). افزایش ماده خشک نشا و همچنین توسعه مناسب ریشه در نشا بسیار مهم است زیرا می‌تواند منجر به افزایش مقاومت آن در برابر تنش‌ها بخصوص تنش خشکی پس از انتقال آن به محیط اصلی کاشت گردد(۲۳). اثر مثبت نورهای آبی و قرمز در افزایش وزن گیاهانی همانند کاهو، تربچه و اسفناج(۲۷و ۴۱)، فلفل دلمه(۵) گزارش شده است و برخی از پژوهش‌ها نیز به عدم تاثیر نور آبی در افزایش وزن تربچه، سویا و گندم(۶) و یا بی‌اثر بودن آن در افزایش وزن بنفشه و جعفری اشاره کرده‌اند(۱۵و ۲۸). بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ترکیب نورهای آبی و قرمز و در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم، در هر دو رقم منجر به افزایش محتویات کلروفیل‌های a، b، کل و کارتنویید شد. همچنین نتایج بیانگر اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد ترکیب نورهای آبی و قرمز در افزایش وزن تر و خشک برگساره و ریشه و حجم ریشه در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت و یا پرفشار سدیم بود(جدول ۲).

اختلاف معنی‌دار دو رقم خاتونی و قصری، در صفات یاد شده و در برابر کاربرد ترکیب نورهای آبی و قرمز بیانگر تاثیر معنی‌دار ژنوتیپ بر نحوه واکنش گیاهان تحت آزمایش در برابر طیف‌های نور بود(جدول۲). گروهی از پژوهشگران معتقد هستند که وجود شدت‌های

پایین نور آبی، بر فعالیت رنگدانه‌هایی همانند فتوتروپین‌ها و در نتیجه افزایش وزن گیاهان اثر مثبت دارد اما از سوی دیگر به دلیل تاثیر متفاوت نور آبی بر سایر گیرنده‌های نوری همچون کرپیتوکروم‌ها و فیتوکروم‌ها این امکان وجود دارد تا نحوه پاسخگویی و واکنش گونه‌های مختلف گیاهان در برابر این مسئله متفاوت از یکدیگر باشد(۳۱ و ۳۲). نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه کاربرد نور آبی اثری مثبت و معنی‌دار در افزایش وزن تر و خشک ریشه و برگساره هر دو رقم در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم داشت اما این دو رقم پاسخ‌هایی با تفاوت معنی‌دار در برابر افزایش سطح نور آبی(ترکیب‌های ۱۵ درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز و ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز) نشان دادند. به عنوان مثال رقم قصری با کاربرد ترکیب ۱۵درصد آبی : ۸۵ درصد قرمز بالاترین وزن تر (۵/۸۱ گرم) و خشک (۰/۴۳ گرم) برگساره را داشت اما افزایش سطح نور آبی و کاربرد نسبت ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر(۲۰/۳درصد) و خشک(۶/۹درصد) برگساره و افزایش معنی‌دار وزن تر(۱۸/۵درصد) و خشک ریشه(۴۱درصد) شد. از سوی دیگر در رقم خاتونی افزایش سطح نور آبی منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر(۱۱/۷درصد) و خشک(۱۴/۸ درصد) برگساره و وزن خشک(۳۰/۷ درصد) ریشه شد و تفاوت معنی‌داری در وزن خشک برگساره این رقم ایجاد نشد(جدول۲). این نتایج بیانگر تفاوت معنی‌دار واکنش ارقام خربزه مورد بررسی، در برابر سطح حضور طیف آبی بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیبات نور و رقم بر صفات مورد مطالعه در نشای خربزه

Table 1- ANOVA for light quality and cultivar effects on studied characteristics of melone transplant

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات mean of squares								
		وزن تر برگساره Foliage fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	حجم ریشه Root Volume	وزن خشک برگساره Root fresh weight	وزن خشک ریشه Foliage dry weight	تعداد برگ Leaf Number	مساحت برگ Leaf area	ضخامت برگ Leaf thickness	قطر ساقه Stem diameter
نور Light	3	2.492**	4.468**	2.404**	0.304**	0.097**	2.18**	17.4**	0.102**	0.940**
خطای اصلی Mean error	16	0.502	0.004	0.004	0.002	0.00006	0.004	0.57	0.0004	0.035
رقم Cultivar	1	0.479**	0.001ns	0.005ns	0.190**	0.016**	0.011ns	223.8**	0.156**	0.009ns
نور× رقم Light×Cultivar	3	7.115**	0.178**	0.135**	0.002**	0.032**	0.012ns	103.4**	0.017**	0.047ns
خطای فرعی Sub errore	16	0.025	0.005	0.004	0.0001	0.00007	0.004	0.665	0.0002	0.018

ns، ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

ns and **:non- significant, significant at $p<0.01$ respectively

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل عامل کیفیت نور و رقم بر سطح برگ و ضخامت برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. تعداد برگ تحت تاثیر برهمکنش عامل ترکیب نور و رقم و همچنین نوع رقم قرار نگرفت اما اثر عامل ترکیب نور بر این صفت معنی‌دار بود. در رقم قصری بیشترین سطح برگ(۸۰/۵۳ سانتی‌متر مربع) و ضخامت برگ(۰/۳۸ میکرومتر) با کاربرد ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز بدست آمد و کاهش سطح نور آبی منجر به کاهش معنی‌دار سطح برگ شد(۱۰ درصد) اما بر ضخامت برگ اثر معنی‌دار نداشت. در رقم خاتونی بیشترین سطح برگ تحت نور فلورسنت(۷۴/۴۲ سانتی‌متر مربع) و بیشترین ضخامت برگ(۰/۶۱ میکرومتر) در ترکیب ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز بدست آمد و کاربرد ترکیبات نور آبی و قرمز به شکل معنی‌دار منجر به کاهش سطح و افزایش ضخامت برگ شد. کمیت و کیفیت نور، وضعیت آناتومیکی برگ گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد(۳۶). تاثیر نور آبی بر تغییرات سطح برگ در گیاهان مختلف، متفاوت گزارش شده است. به عنوان مثال کاربرد نور آبی به همراه قرمز منجر به کاهش سطح برگ در کاهو(۲۶) و افزایش سطح برگ در فلفل دلمه‌ای و کاهو(۵ و ۳۵) شده است و تاثیری بر گوجه فرنگی و اسفناج(۲۰ و ۲۶) نداشته است. تغییر در کیفیت نور می‌تواند منجر به افزایش ارتفاع سلول‌های مزوفیل و در نتیجه افزایش ضخامت برگ شود(۳۶). همچنین کاربرد شدت‌های پایین از نور آبی می‌تواند وضعیت قرارگیری کلروپلاست‌ها را به شکل عمود بر زاویه تابش نور تغییر دهد تا حداکثر جذب نور انجام شود که این مسئله می‌تواند اثری مثبت بر انجام فتوسنتز گیاه به همراه داشته باشد(۱ و ۳۰).

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیبات نور و رقم بر صفات مورد مطالعه در نشای خربزه

Continue Table 1- ANOVA for light quality and cultivar effects on studied characteristics of melone transplant

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات							
		ارتفاع نشا Transplant height	نسبت ارتفاع به قطر نشا Transplant height / diameter	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنویید Carotenoid	میانگین زمان ظهور mean time for emergence	شاخص سرعت ظهور Emergence speed index
نور Light	3	46.8**	1.12**	543.6**	51.80**	270.03**	20.04**	23.02**	0.068**
خطای اصلی Mean error	16	0.068	0.005	3.20	0.302	3.8665	0.108	0.150	0.005
رقم Cultivar	1	3.64**	0.063**	26.42**	77.48**	194.44**	0.79**	0.025ns	0.00004ns
نور× رقم Light×Cultivar	3	0.013ns	0.014**	21.62**	6.28**	28.55**	3.74**	0.075ns	0.00004ns
خطای فرعی Sub Error	16	0.177	0.003	3.33	0.39	3.4118	0.5367	0.275	0.00096

ns، ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

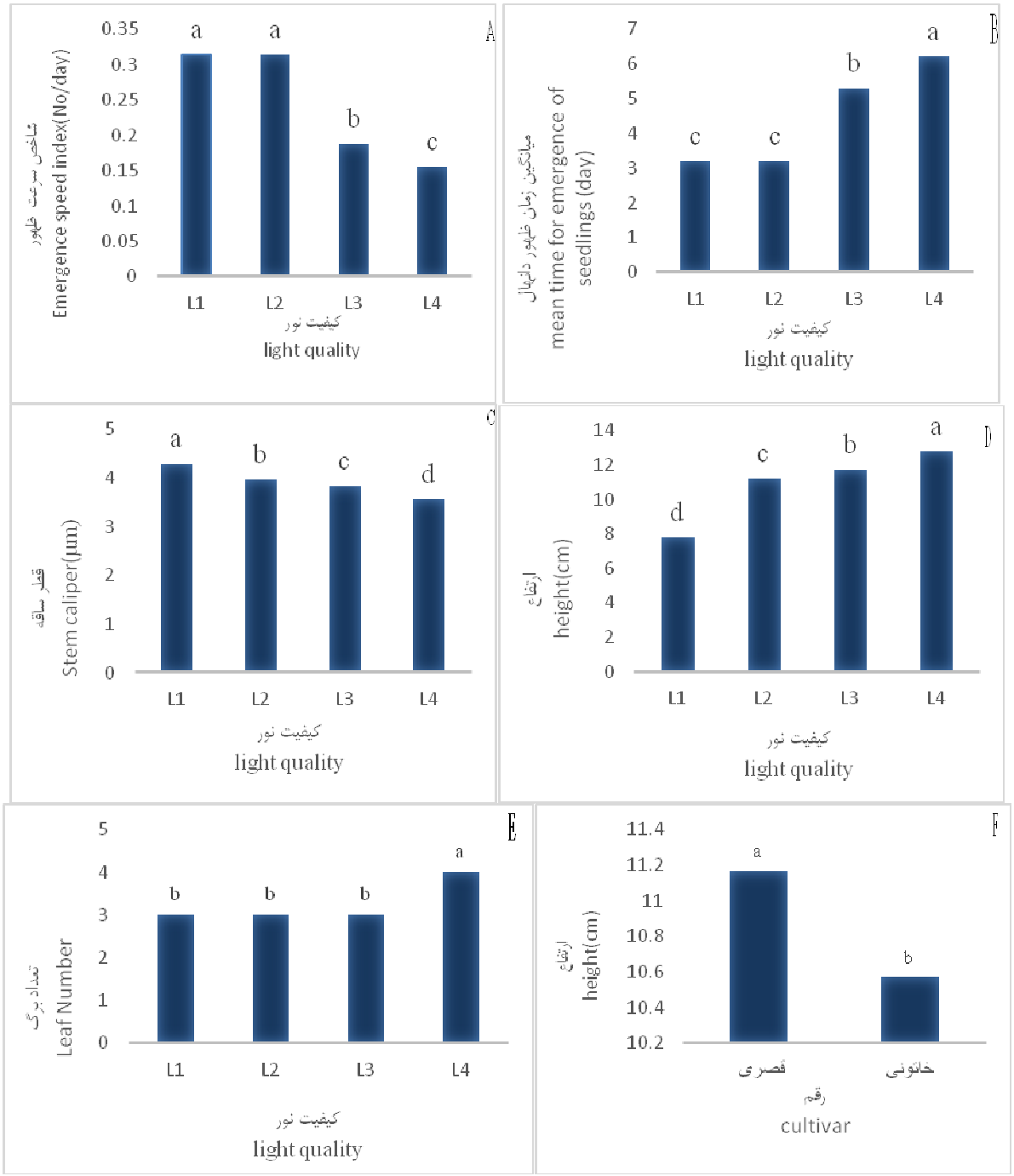
ns and **:non- significant, significant at $p<0.01$, respectively

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل عامل کیفیت نور و رقم بر صفت طول نشا اثر معنی‌دار نداشت و اثر ترکیب نور بر صفت ارتفاع معنی‌دار بود (جدول۱ و شکل ۱). بیشترین ارتفاع با کاربرد نور لامپ پرفشار سدیم (۱۲/۷۷ سانتی‌متر) و کمترین آن (۷/۷۷ سانتی‌متر) با کاربرد ترکیب ۳۰ درصد آبی:۷۰ درصد قرمز بدست آمد(جدول ۲). نتایج نشان داد که کاربرد نور آبی و همچنین افزایش سطح حضور آن منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع گردید(۳۰/۷ درصد) . همچنین نوع رقم اثر معنی‌داری بر ارتفاع داشت و نشای رقم قصری بلندتر از رقم خاتونی بود (۵/۳ درصد ، شکل ۱-F و ۱-D). چگونگی تاثیر نور آبی بر ارتفاع گیاهان مختلف، متفاوت است(۱۹). به عنوان مثال افزایش ارتفاع گیاه بادمجان (۱۶) و کاهش ارتفاع گیاه آرابیدوپسیس (۱۸) با کاربرد نور آبی منجر گزارش شده است. نور آبی از طریق تحریک فعالیت رنگدانه‌های کریپتوکروم و افزایش ساخت جیبرلین، ارتفاع گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد(۲ و ۱۳). برخی محققان عقیده دارند که فعالیت فیتوکروم‌ها (گیرنده نور قرمز) نیز تولید جیبرلین را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در نهایت نحوه برهمکنش کریپتوکروم‌ها و فیتوکروم‌ها است که ارتفاع نهایی گیاه را مشخص می‌کند(۹ و ۲۴). رقم و ژنوتیپ گیاه از جمله مواردی است که بر چگونگی پاسخ مورفولوژیکی گیاه در برابر حضور نورهای آبی و قرمز موثر است(۸ و ۱۸) و نتایج این آزمایش نیز نشان داد که ترکیب نوری اثری متفاوت بر ارتفاع نشای دو رقم قصری و خاتونی داشتند(شکل ۱-D).

نتایج این پژوهش بیانگر معنی‌دار بودن اثر متقابل کیفیت نور و رقم بر صفت نسبت ارتفاع به قطر ساقه بود(جدول ۱) و نشاهای هر دو رقم قصری و خاتونی پرورش یافته در ۳۰ درصد آبی : ۷۰ درصد قرمز کمترین نسبت ارتفاع به قطر ساقه را به خود اختصاص دادند (۱/۱۰ گرم و ۱/۲۵ گرم). بیشتر بودن قطر ساقه نشا یکی از مزیت‌هایی است که خریداران نشا گیاهان به آن توجه نشان می‌دهند زیرا احتمال استقرار نشاهایی که از جنبه‌های مختلف صفات رویشی، قوی‌تر و کیفیت بالاتری دارند، بیشتر است (۲۹).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که بکارگیری نورهای آبی و قرمز با کاربرد لامپ‌های ال. ای. دی و در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم منجر به افزایش کیفیت رشد رویشی نشای دو رقم از گیاه خربزه، خاتونی و قصری، شد. عملکرد نشاهای مورد آزمایش در صفاتی همچون وزن تر و خشک برگساره و ریشه، حجم ریشه، سطح و ضخامت برگ، نسبت ارتفاع به قطر، محتویات کلروفیل‌های a، b، کل و محتویات کارتنویید علاوه بر نوع رقم به نسبت ترکیبی نور آبی و قرمز و سطح حضور نور آبی بستگی داشت و اگرچه افزایش سطح حضور نور آبی، منجر به کاهش برخی صفات شد اما به طور کل کاربرد نورهای قرمز و آبی در مقایسه با لامپ‌های فلورسنت و پرفشار سدیم که به عنوان منابع نور مصنوعی متداول در صنعت گلخانه‌داری مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشاهایی با کیفیت بالاتر و خصوصیات رویشی مناسب‌تر تولید کرد.



تصویر۱- تاثیر تیمار ترکیب نور (شامل L_1: ۳۰ درصد آبی:۷۰ درصد قرمز ، L_2 : ۱۵ درصد آبی:۸۵ درصد قرمز، L_3: فلورسنت و L_4: پرفشار سدیم) بر شاخص سرعت ظهور(A) ، میانگین زمان ظهور(B)، قطر ساقه(C)، ارتفاع (D) ، تعداد برگ (E) و تاثیر رقم بر ارتفاع(F)

Figure 1-The effects of light quality (include L1: 3%0 blue : 70% red, 15% blue : 85% red, Fluorescent lamp and HPS) on emergence speed index (A), Stem caliper (B), mean time for emergence of transplants (C), height (D), Leaf Number (E), and the effect of cultivar on height (F)

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت نور و رقم بر صفات مورد مطالعه نشای خربزه

Table 2- Mean Comparison of light quality and cultivar interaction effects on studied characteristics of melone transplant

تیمار / صفت		وزن تر برگ‌ساره (g)	وزن تر ریشه (g)	حجم ریشه (ml)	وزن خشک برگ‌ساره (g)	وزن خشک ریشه (g)	سطح برگ (cm^2)	ضخامت برگ (µm)	ارتفاع/ قطر ساقه	کلروفیل a (mg/g FW)	کلروفیل b (mg/g FW)	کلروفیل کل (mg/g FW)	کارتنوئید (mg/g FW)
30% blue : 70% red	قصری Ghasri	4.63b	1.94a	1.88a	0.40b	0.39a	80.53a	0.38a	1.25f	8.77a	71.83b	80.56a	5.79a
	خاتونی Khatooni	3.98d	1.66b	1.66b	0.27c	0.18d	66.18f	0.61a	1.10g	5.33b	77.13a	82.42a	3.97c
15% blue : 85% red	قصری Ghasri	5.81a	1.58 b	1.56c	0.43a	0.23c	72.43d	0.38c	1.64d	7.93a	72.09b	79.99a	4.19bc
	خاتونی Khatooni	4.42 c	1.95 a	1.84a	0.26c	0.26b	70.95e	0.53b	1.52e	5.66b	71.79b	77.42b	4.34b
Fluorescent lamp	قصری Ghasri	3.83de	0.68e	0.96d	0.26c	0.17e	75.39b	0.28e	1.73c	5.90b	64.78e	70.65d	3.18d
	خاتونی Khatooni	4.44bc	0.66ef	0.92d	0.12e	0.18de	74.42bc	0.32d	1.75c	1.35f	72.50b	73.82c	2.64e
HPS lamp	قصری Ghasri	3.71c	0.59ef	0.81e	0.20d	0.06g	74.15c	0.26e	2.05a	2.95e	60.06d	62.91f	1.17g
	خاتونی Khatooni	4.27c	0.58d	0.83e	0.09f	0.07f	72.69de	0.34d	1.97b	2.07f	64.92a	66.69e	2.26f

در هر ستون داده‌های دارای حداقل یک حرف مشترک هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($p<0.05$) با استفاده از آزمون LSD نمی باشند

On each column numbers followed by the same letter are not significantly different($p<0.05$) based on LSD test

منابع

1- Adams S. R., Valdes V. M. and Langton, F. A. 2008. Why does low intensity, long-day lighting promote growth in Petunia, Impatiens, and tomato? Journal of Horticultural Science and Biotechnolog, 83(5): 609–615.
2- Ahmad M. and Cashmore A. 1997. The blue-light receptor cryptochrome 1 shows functional dependence on phytochrome A or phytochrome B in *Arabidopsis thaliana*. The plant journal,11(3): 421-427.
3- Ahmad M., Grancher N., Heil M., Black R., Giovani B., Galland P. and Lardemer D. 2002. Action spectrum for cryptochrome-dependent hypocotyl growth inhibition in arabidopsis. Plant Physiology,129(2): 774-785.
4- Blanchard M.G. and Runkle E.S. 2012. Greenhouse energy curtains influence shoot-tip temperature of New Guinea Impatiens. HortScience,47(4): 483-488.
5- Brown C. S. ,Schuerger A. C. and Sager J. C. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting-diodes with supplemental blue or far-red lighting. Journal of American Society for Horticultural Science,120: 808-813.
6- Cope K. R. and Bugbee B. 2013. Spectral effects of three types of white light-emitting diodes on plant growth and development, absolute versus relative amount of blue Light. HortScience, 48(4): 504-509.
7- Dole J. and Wilkins H. F. 2005. Floriculture: principles and species 2nd (2e). Published by Pearson Higher Ed. USA.
8- Fan X., Xu Z., Liu X., Tang C. and Wang L. 2013. Effect of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. Scientia Horticulturae, 153: 50-55.
9- Folta K.M. and Spalding E.P. 2001. Unexpected roles for cryptochrome 2 and phototropinrevealed by high-resolution analysis of blue light-mediated hypocotyl growth inhibition.Plant Journal, 26: 471-47.
10- Folta K. M., Koss L. L., McMorrow R., Kim H., Kenitz J. D., Wheeler R. and Sager J. 2005. Design and fabrication of adjustable red-green-blue LED light arrays for plant research. BMC Plant Biology, 5: 17-28.
11- Franklin K. A. and Whitelam G.C. 2005. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. Annals of Botany, 96: 169-175.
12- Fukuda N. and Olsen J. E. 2011. Effects of light quality under red and blue light emitting diodes on growth and expression of FBP28 in petunia. Acta Horticulturae, 907: 361–366
13- Fukuda N., Ajima C., Yukawa T., Olsen J. 2016. Antagonistic action of blue and red light on shoot elongation in petunia depends on gibberellin, but the effects on flowering are not generally linked to gibberellin. Environmental and Experimental Botany, 121: 102-111.
14- Gaudreau L., Vezina L. and Gosselin A. 1994. Photoperiod and photosynthetic photon flux influence growth and quality of greenhouse-grown lettuce. HortSicence, 29(11): 1285-1289.
15- Heo J., Lee C., Chakrabarty D. and Paek K. 2002. Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a Light-Emitting Diode (LED). Plant Growth Regulators, 38:225-230.
16- Hirai T., Amaki W. and Watanabe H.2006. Action of blue or red monochromatic light on stem internodal growth depends on plant species. Acta Horticulture, 711: 345-349,
17- Hopkins W.G. and Huner N. P. A. 2004. Introduction to plant physiology. John Wily and Sons, Inc., New Jersey.
18- Islam M. A., Kuwar G., Clarke J., Blystad D. R., Gislerod H. R., Olsen J.E. and Torre S. 2012. Artificial light from light emitting diodes (LEDs) with a high portion of blue light results in shorter poinsettias compared to high pressure sodium (HPS) lamps. Scientia Horticulturae, 147: 136-143.
19- Jeong S. W., Hogewoning S. H. and Ieperen W.V. 2014. Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. Scientia Horticulturae, 165: 69-74
20- Liu X., Xu Z., Guo S., Chang T., Xu Z., Tezuka T. 2012. Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). African Journal of Biotechnology, 11(22):6169-6177.
21- Marcelis L. F. M., Heuvelink E., Hofman-Eijer B., Bakker J. D. and Xue L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. Journal of Experimental Botany, 55(406): 2261-2268.
22- Masson J., Tremblay N. and Gosselin A. 1991. Nitrogen fertilization and HPS supplementary lighting influence vegetable transplant production. I: Transplant growth. Journal of American Society for Hoeticultural Science. 116(4): 594-598.
23- Moscolo A., Bovalo F., Ginofriddo F. and Nardi F. 1999. Earhworm humic matter produces auxin like effect on Daucus carote cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology and biochemistry, 31: 1303-1311.
24- Neff M. M. 2012. Light mediated seed germination: connecting phytochrome B to gibberellic acid. Developmental Cell, 22: 687-688.
25- Nhut D.T., Takamura T., Watanabe H., Okamoto K. and Tanaka M. 2003. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under super bright red and blue light-emitting diodes (LEDs). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 73:43-52.
26- Ohashi-Kaneko K., Takase M., Kon N., Fujiwara K., Kurata K. 2007. Effect of light quality on growth and

vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. Environmental control in Biology, 45 (3): 189-198.
27- Pinho P., Oskari M., Eino T. and Lisa H. 2004. Photobiological aspects of crop plants grown under light emitting diodes. Proc CIE Expert Sym. LED Light Sources. Tokyo, Japan. 7-8 June. pp. 71-74.
28- Randall, W.C. and Lopez, R.G. 2014. Comparison of supplemental lighting from high-pressure sodium lamps and light-emitting diodes during bedding plant seedling production . HortScience, 49(5): 589–595.
29- Rose R., Campbell S. and Landis T. 1990. Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations, August 13-17, 1990, Roseburg, Oregon. Publisher Fort Collins, Colo.: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1990.
30- Sakai T., Kagawa T., Kasahara M., Swartz T. E., Christie J. M., Briggs W. R., Wada M. and Okada K. 2001. Arabidopsis nph1 and npl1: Blue light receptors that mediate both phototropism and chloroplact relocation. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America. 98 (12): 6969-6974.
31- Senger H. 1982. The effect of blue light on plants and microorganism. Phytochemistry and Photobiology, 35: 911-920.
32- Schuerger A.C., Brown C. S. and Stryjewski E.C. 1997. Anatomical features of pepper plants (Capsicum annuum L) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. Annals of Botany, 79:273-282.
33- Shinkle J. R. and Jones R. J. 1988. Inhibition of stem elongation in cucumis seedlings by blue light requires calcium. Plant Physiology, 86:960-966.
34- Sohrabi S., Ghanbari A., Mohassel M. H., Gherekhloo J., Vidal R. A. 2016. Effects of environmental factors on Cucumis melo L. subsp. agrestis var. agrestis (Naudin) Pangalo seed germination and seedling emergence. South African Journal of Botany. 105: 1-8.
35- Stutte G.W. and Edney S. 2009. Photoregulation of bioprotectant content on red Leaf lettuce with light-emitting diodes. HortScience, 44(1):79-82.
36- Terachima I., Hanba Y. T., Tholen D. and Niinemets U. 2011. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. Plant Physiology. 155: 108-116.
37- Terfa M.T., Solhaug K.A., Gislerod H. R., Olsen J. E. and Torre S. 2013. A high proportion of blue light increases the photosynthesis capacity and leaf formation rate on Rose × hybrida but dose not affect time to flower opening. 2013. Physiologia Plantarum, 148:146-159.
38- Walters K. L. and Currey C. J. 2018. Effects of nutrient solution concentration and daily light integral on growth and nutrient concentration of several basil species in hydroponic production. HortScience. 53(9): 1319-1325.
39- Wheeler R., Mackowiak C. K. and Sager J.C. 1991. Soybean stem growth under high pressure sodium with supplemental blue lighting. Agronomy Journal, 83: 903–906.
40- Wojciechowska R., Kolton A., Grochowska O., Knop E., 2016. Nitrate content in *Valerianella locusta* L. plants is affected by supplemental LED lighting. Scientia Horticulturae, 211 :179-186.
41- Yorio N. C., Goins G. D., Kagie H. R., Wheeler, R. M. and Sager, J. C. 2001. Improving spinach,radish and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. HortScience, 36:380-383.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 41-51
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۵۱-۴۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Light Quality and Cultivar on some Physiological and Vegetative Characteristics of Melon (*Cucumis melo* Gr. Inodorus) Transplant

A. Rashidi[1*]- S. H. Nemati[2]- N. Bozorg[3]

Received: 12-08-2017
Accepted: 08-12-2018

Introduction: Transplant production is one of the most important commercial production of melon. Transplanting of seedlings with strong and healthy stems and roots will be successful. Environmental conditions, such as light, affect the proper growth of healthy transplants. The light provides the necessary energy for photosynthesis. Due to the stimulation of the activity of photosynthetic pigments and light receptor pigments, it can be expected that plant performance increase by improving the quality and quantity of light. High pressure sodium and fluorescent lamps are common artificial light sources in greenhouses but because of their high power consumption, heat generation and the light spectrum that the plant does not use, application of LED is taken into consideration. The production of specific spectrum of light and the possibility of spectral composition are advantages of LED lamps. The aim of this experiment was to investigate the effect of light quality and cultivar on some physiological and vegetative characteristics of two melon cultivar seedlings, Ghasri and Khatooni, which are among the most important melon cultivars in Iran.

Materials and Methods: To investigate the effect of light quality and cultivar on vegetative characteristics of melon (C*ucumis melo* Gr. Inodorus) transplants, a research was conducted from April 4 to May 10, 2016 as split plot experiment in completely randomized design with five replications and the seedlings of Khatoonia and Ghasri cultivars were treated under different light quality include two combinations of blue and red spectrum with ratios of 15%B : 85%R , 30%B : 70%R, fluorescent lamp and HPS lamp. In order to set spectra combinations, LED lamps of Red (R_{625nm}) and Blue (B_{476nm}) were used. The 85%R: 15%B ratio was obtained through using of 340 R lamps plus 60 B lamps and the 70%R: 30%B ratio was obtained by the usage of 280 R lamps plus 120 B lamps on separate Plexiglass plate. Closed growth chambers without natural light were used. The size of LED growth chambers were 70×60×60 cm^3 and the size of HPS lamp growth chamber was 120×60×60 cm^3. The seeds were planted at a depth of 4 cm and were transplanted to growth chamber equipped with the desired light compounds. Light intensity was 65 µmol m^{-2} s^{-1} and duration of light was 16 hours. Data was collected when transplant had four leaves. Emergence speed index, mean time for emergence of transplants, fresh and dry weights of foliage and root, root volume, leaf area and thickness, leaf number, height, height to diameter ratio, stem caliper, chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll total and carotenoids contents were measured.

Results and Discussion: The result showed that the interaction effect of light quality and cultivar was significant on fresh and dry weights of foliage and root, root volume, leaf area and thickness, height to diameter ratio, chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll total and carotenoids contents. The fresh and dry weights of foliage of Ghasri cultivar and fresh weight of root of Khatooni cultivar under 15%B: 85%R ratio, the dry weight and root volume of Ghasri cultivar under, 30%B: 70%R ratio, the chlorophyll a and carotenoids contents of Ghasri cultivar under, 30%B: 70%R ratio, the chlorophyll b and chlorophyll total contents of Khatooni cultivar under, 30%B: 70%R ratio were superior. The results of this study showed that the use of compounds of blue and red lights increased the dry matter and development of roots in studied plants. Proper dry matter and root development are important because they make the plant resistant to environmental stress. However, the effect of light quality was affected by the cultivar. For example, Ghasri cultivar showed the highest fresh and dry weights of foliage under 15%B: 85%R ratio and with the increase of blue light level, these two traits decrease significantly, but this results was not obtained in Khatooni cultivar. The results showed that the light quality affected leaf area and thickness of two cultivars in a different way. In Ghasri cultivar the highest leaf area and thickness were obtained under, 30%B: 70%R ratio. In Khatooni cultivar, under, 30%B: 70%R ratio, the highest leaf area and under fluorescent light, the highest leaf thickness were observed. The effect of blue light on the

1, 2 and 3- Former Msc students, Assistant Professor and Former Msc students Horticulture Department, Ferdowsi University of Mashhad
(Corresponding Author Email: azadeh_rashidi@yahoo.com)

variation of leaf area among plants has been reported differently. The leaf area plays an important role in photosynthesis in plants and with its increase, photosynthesis and plant growth improved. The result showed that the interaction effect of light quality and cultivar was not significant on emergence speed index, mean time for emergence of transplants, leaf number, stem caliper and height. The highest emergence speed index and mean time for emergence of transplants were obtained under, 30%B: 70%R ratio without significant difference with 15%blue: 85%red ratio. Leaf number was lowest under HPS lamp and there is no significant difference in leaf number among 15%B: 85%R ratio, 30%B: 70%R ratio and fluorescent lamp. The highest stem caliper and lowest height were obtained under, 30%B: 70%R ratio. Interaction of phytochromes and cryptochromes due to different levels of blue and red lights lead to the formation of different concentrations of gibberellins and this affects the height of the plants. In some plants, increasing the amount of blue light leads to a decrease in the secretion of this hormone and as a result, plant heights are reduced. The results showed that the blue light had a positive effect on the increase of stem caliper and increasing transplant diameter has a positive effect on its establishment and development after their transfer to the main planting site.

Conclusions: The result showed that the application of the blue and red spectra compared to fluorescent and HPS lamps improved the quality of transplants growth. Improve or mitigate results and the performance in traits such as fresh and dry weights of foliage and root, root volume, leaf area and thickness, height to diameter ratio, chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll total and carotenoids contents depend on light quality and cultivar.

Keywords: Ghasri, Khatooni, Light quality, Light spectrum

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۶۴-۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 53-64
ISSN: 2008 - 4730

اثر نیتریک اکساید و آربوسکولار میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه شیرین‌بیان تحت تنش شوری

آرزو صفرزاده[۱] - گیتی برزین[۲]* - داریوش طالعی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲

چکیده

قارچ آربوسکولار میکوریزا به عنوان یک کود زیستی در تأمین نیاز غذایی گیاهان و کاهش اثرات تنش‌های محیطی بر گیاهان می‌تواند مفید باشد. از طرف دیگر، نیتریک اکساید در بسیاری از تنش‌های محیطی و غیر محیطی از جمله تنش خشکی و شوری نقش دارد. این پژوهش به منظور بررسی اثر نیتریک اکساید (در دو سطح صفر و ۰/۲ میلی‌مولار) در همزیستی قارچ آربوسکولار میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه شیرین‌بیان تحت سطوح مختلف تنش شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) در شرایط گلدانی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش شوری، مایکوریزا و نیتریک اکساید بر میزان فلاونوئید، محتوی پرولین، میزان مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. شوری باعث افزایش میزان مالون دی آلدئید، محتوی پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز) شده است. همزیستی قارچ مایکوریزا در ترکیب با نیتریک اکساید و یا به تنهایی، باعث کاهش میزان فلاونوئید و افزایش محتوی پرولین در هر سطوح از تنش شوری شد. نیتریک اکساید اثر معنی‌دار قابل توجهی بر صفات اندازه‌گیری شده نداشت ولی در ترکیب با قارچ مایکوریزا مؤثرتر واقع شد. به طور کلی، تنش شوری کلرید سدیمی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه شیرین‌بیان اثرات منفی معنی داری داشت($p\leq ۰/۰۵$)، ولی کاربرد نیتریک اکساید به همراه قارچ مایکوریزا آربوسکولار بطور معنی داری اثرات منفی ناشی از تنش را تعدیل کرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، پراکسیداسیون، پرولین، فلاونوئید، کود زیستی

مقدمه

اهمیت گیاهان دارویی سبب شده است که هر ساله تعداد بیشتری از کشاورزان با تغییر نوع کشت از زراعت‌های معمول به کشت گیاهان دارویی، به سمت تولید این دسته از گیاهان روی آورند. شیرین‌بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra* L. گیاهی علفی چند ساله از تیره فاباسه[۴] است، گلیسریزا گلابرا یک نام یونانی بوده و از دو واژه گلیکیس به معنی شیرین و ریزا به معنی ریشه مشتق شده است و این گونه بیشترین پراکنش را در سطح ایران داشته و یکی از اقلام صادراتی کشور می‌باشد (۱، ۳۱ و ۴۵). ریشه و ریزوم شیرین‌بیان که مصارف دارویی دارند دارای ترکیبات متعددی نظیر قندهای مختلف (تا ۱۸ درصد)، فلاونوئیدها، استرول‌ها، اسیدهای آمینه، صمغ و نشاسته، اسانس‌های روغنی و ساپونین‌ها می‌باشد. عمده‌ترین ساپونین آن اسید گلیسریزیک یا گلیسریزین به فرمول $C_{42}H_{62}O_{16}$ می‌باشد (۱۵و ۲۷).

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که باعث کاهش رشد، توسعه و تولید گیاهان در سراسر دنیا می‌شود (۳ و ۴۸). آثار ناشی از تنش شوری بر گیاهان شامل سمیت یونی، تنش اسمزی، کمبود عناصر معدنی، اختلالات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و ترکیباتی از این تنش‌ها است (۴۶ و۴۷). تنش شوری بسیاری از جنبه‌های متابولیسم گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در پاسخ به تنش شوری، گیاهان ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی خود را تغییر می‌دهند. پاسخ به تنش شوری بستگی به نوع گیاه، مرحلهٔ رشد و توسعهٔ گیاهی

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: Gitibarzin@iiau.ac.ir)
۳- استادیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد تهران
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.68893
4- *Fabaceae*

همچنین غلظت و ترکیب نمک دارد. شوری آثار منفی بر رشد گیاهان از طریق کاهش پتانسیل آب و کاهش جذب آن توسط ریشه یا از طریق برهم خوردن تعادل یونی دارد. مکانیسم‌های جذب و انباشتن یون در اندام‌های مختلف گیاه، فاکتوری بسیار مهم در تعیین تحمل به شوری گیاه عنوان شده است (۲).

کودهای زیستی شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش تحمل به شرایط تنش‌زا می‌گردند (۳۸ و۵۱). قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا نیز از کودهای زیستی هستند که جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند و رابطه همزیستی با بیشتر نهاندانگان از جمله چندین گونه گیاه دارویی دارند. گیاهان از این رابطه همزیستی، با بدست آوردن مواد غذایی و بهبود کیفیت خاک سود برده و در نهایت افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی در آنها القاء می‌شود (۴۲). مایکوریزا به معنی هم‌زیستی سازنده بین یک قارچ و ریشه‌های یک گیاه است. این قارچ‌ها نقش عمده‌ای در ریزوسفر دارند، زیرا به عنوان پیوندی مهم در تبادل مواد مغذی بین گیاه و خاک عمل می‌کنند. در همین راستا کاپور و همکاران (۲۶) نشان دادند که تلقیح بذر رازیانه[1] با قارچ میکوریزا، به دلیل افزایش باروری فسفر در خاک باعث افزایش معنی‌دار رشد و همچنین بهبود عملکرد اسانس این گیاه گردید.

نیتریک اکساید[2] مولکولی فعال است که به سرعت به داخل غشا نفوذ می‌کند. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که نیتریک اکساید، مولکول سیگنالی مهمی است که درگیر در فرآیندهای گوناگونی از رشد تا القاء مرگ سلول، بیان ژن و اثر متقابل با گونه‌های فعال اکسیژن[3] است و در زمان دفاع علیه پاتوژن‌ها شرکت دارد (۳۷). نیتریک اکساید به راحتی با آنیون سوپراکسید و پراکسید هیدروژن واکنش می‌دهد و باعث می‌شود تا مسیر سیگنالی متوقف شود (۳۶). نیتریک اکساید در بسیاری از تنش‌های محیطی و غیر محیطی از جمله تنش خشکی، شوری، سرما، گرما، فلزات سنگین، اشعه فرابنفش و حمله پاتوژن‌ها نقش دارد (۴۱). بر اساس شواهد زیاد، نیتریک اکساید تنظیم کننده مؤثر در رشد، نمو و دفاع گیاهان در برابر تنش‌های مختلف می‌باشد (۵۳). نیتریک اکساید تولید شده در گیاهان در غلظت‌های کم ممکن است سریعاً رادیکال‌های پراکسید را حذف و نیز گونه‌ها و اجزاء ROS را تغییر داده و بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را القا نموده و از این طریق می‌تواند گیاهان را از تنش غیر زیستی محافظت نماید (۱۴). تولید نیتریک اکساید دو مرحله‌ای است و تقریباً از نظر زمانی مشابه انواع اکسیژن فعال تولید می‌شود. اگرچه نیتریک اکساید به شدت با اکسیژن واکنش می‌دهد و نیمه عمر چند دقیقه‌ای دارد اما توانایی انتشار در طول غشاءها را نیز دارد (۷).

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان محسوب می‌شود، قارچ میکوریزا به عنوان یک کود زیستی در تأمین نیاز غذایی گیاهان و کاهش اثرات تنش‌های محیطی بر گیاهان می‌تواند مفید باشد. از طرف دیگر اثرات مثبت نیتریک اکساید در افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری گزارش شده است. لذا با توجه به اهمیت گیاه دارویی شیرین‌بیان، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تعدیل کنندگی نیتریک اکساید در همزیستی با قارچ آربوسکولار میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه شیرین‌بیان تحت تنش شوری کلرید سدیمی، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل تنش شوری با NaCl (ساخت شرکت مرک با خلوص ۹۵ درصد) با پنج سطح (صفر به عنوان شاهد، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار)، نیتریک اکساید با دو سطح (صفر و ۰/۲ میلی‌مولار) و قارچ میکوریزا با دو سطح (وجود و عدم وجود میکوریزا) بودند.

برای انجام این آزمایش، مقدار ده کیلوگرم مخلوط پوکه و پومیس (با نسبت یک به یک) در داخل ۶۰ گلدان پلاستیکی (۳۰×۲۰ سانتی متر) با حجم ده لیتری و استریل شده با الکل ریخته شد. بذور جوانه زده در داخل پتری دیش‌ها بعد از رشد کافی (همگی بذور در شرایط کاملاً یکسان جوانه‌زنی و رشد کردند) به داخل گلدان‌ها انتقال یافتند. به منظور تلقیح گیاهان تیمار با قارچ، بعد از جوانه زدن و رسیدن ریشه گیاهان به اندازه دو تا سه سانتی‌متر، در موقع کشت ریشه گیاهان در معرض قارچ آربسکولار میکوریزا (*Glomus mossease*) قرار گرفتند تا بتواند از این طریق بیشترین نفوذ را به درون ریشه داشته باشد. در هر گلدان تعداد پنج گیاهچه کشت و تا مرحله دو برگی با آب مقطر آبیاری شدند و بعد از این مرحله تیماردهی با محلول غذایی هوگلند صورت گرفت. اعمال تیمارهای شوری و نیتریک اکساید (از ماده سدیم نیترو پروسید به عنوان منبع نیتریک اکساید استفاده شد) به مدت ۴۵ روز صورت گرفت. در نهایت بعد از گذشت ۶۰ روز بعد از کشت گلدانی، نمونه‌گیری برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی از برگ‌های میانی هر گلدان صورت گرفت و بعد از قرار گرفتن در داخل فویل آلومینیومی با فلاکس حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و به یخچال ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

1- *Foeniculum vulgar*e
2- NO
3- ROS

سنجش فلاونوئید

برای سنجش فلاونوئیدهای برگی از روش ساوین (۵۲) استفاده شد. قطعات برگی (۰/۱ گرم) در حجم مشخصی از متانول خالص (۵ میلی‌لیتر) در دمای آزمایشگاه همگن گردیدند. بعد از سانتریفیوژ کلروفیل‌ها با استفاده از اتر نفت سبک با جداسازی فاز از محلول با کمک دکانتور حذف گردیدند. در فاز متانولی پس از ۲ بار رقیق‌سازی، طیف جذبی در ناحیه ۴۰۰-۲۰۰ نانومتر تعیین و حداکثر جذب در ۲۴۰ نانومتر مشخص شد.

محتوی پرولین آزاد

برای اندازه‌گیری محتوی پرولین از روش بیتس و همکاران (۶) استفاده شد. برای این کار ابتدا سپس ۰/۵ گرم از قسمت پهنک برگ نمونه‌ها در هاون چینی بوسیله ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک خوب خرد شدند. از مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن توسط دستگاه سانتریفیوژ، ۲ میلی‌لیتر برداشته و در داخل لوله‌های آزمایش در پوش‌دار ریخته شد، و پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. بعد از سرد شدن نمونه‌ها در زیر هود، به هر نمونه مقدار چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه کرده و خوب تکان داده شد تا کاملاً مخلوط شوند. در نهایت میزان جذب یک میلی‌لیتر از فاز بالایی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. با استفاده از منحنی استاندارد، میزان پرولین برگ بر حسب میکروگرم بر میلی‌گرم برگ محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان مالون دی آلدئید

برای اندازه‌گیری میزان مالون دی آلدئید از روش اوکاو و همکاران (۴۰) استفاده شد. بدین منظور ۰/۲ گرم بافت گیاهی، به قطعات کوچک تقسیم و با هموژنایزر در ۲ میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۵ درصد در مجاورت یخ هموژن شد. سپس در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ و محلول روئی برداشته شد. نیم میلی‌لیتر از این محلول با نیم میلی‌لیتر از محلول تیوباربیتوریک اسید و تری کلرواستیک ۲۰ درصد مخلوط و در ۹۶ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه انکوبه شد. سپس در شرایط سرد در ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در نهایت جذب محلول روئی در ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. از محلول تیوباربیتوریک اسید و تری کلرواستیک ۲۰ درصد به عنوان شاهد استفاده شد. مقدار مالون دی آلدئید با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش پریرا و همکاران (۴۴) با بررسی میزان کاهش مقدار H_2O_2 در ۲۴۰ نانومتر سنجیده شد. مخلوط مورد استفاده شامل بافر تریس (۵۰ میلی‌مولار و pH=۷/۵) و پراکسید هیدروژن ۰/۱ درصد (حجمی/حجمی) بود. ۲/۵ میلی لیتر بافر تریس و ۳۰۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن در حمام یخ با هم مخلوط شده و سپس ۶۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. بلافاصله عدد جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر ثبت شد. فعالیت آنزیمی برحسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن برگ تر محاسبه شد (برای صفر شدن دستگاه از ترکیب ۲/۵ میلی لیتر بافر تریس و ۳۰۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن، بدون افزودن هیچ عصاره‌ای استفاده شد).

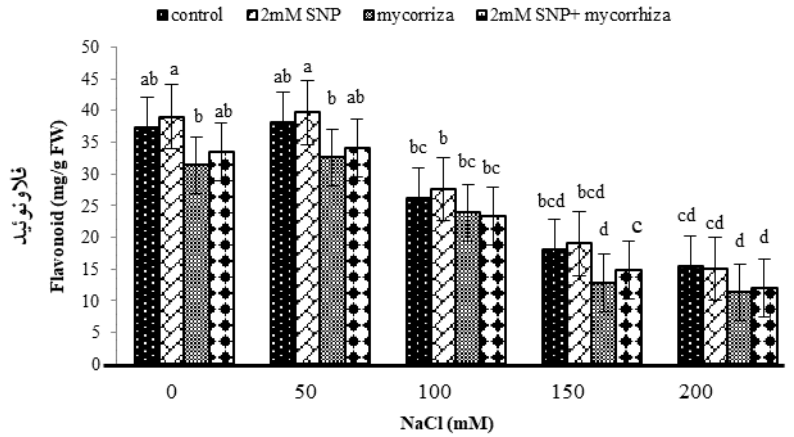
اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش کوری (۲۸) سنجیده شد. مخلوط مورد استفاده شامل بافر استات (۰/۲ میلی‌مولار و pH=۴/۸)، پراکسید هیدروژن ۰/۱ درصد (حجمی/حجمی) و بنزیدین ۰/۰۴ مولار محلول در متانول ۵۰ درصد می‌باشد. ۲ میلی لیتر بافر استات و ۲۰۰ میکرولیتر محلول بنزیدین و ۲۰۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن را در حمام یخ مخلوط کرده و بلافاصله پس از اضافه شدن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به آن، عدد جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۰ نانومتر ثبت شد. فعالیت آنزیمی برحسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن برگ تر محاسبه شد (برای صفر شدن دستگاه از ترکیب ۲ میلی لیتر بافر استات و ۲۰۰ میکرولیتر محلول بنزیدین و ۲۰۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن، بدون افزودن هیچ عصاره‌ای استفاده شد).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با استفاده از روش گیانپولیتیس و رییس (۲۱) انجام شد. یک واحد فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مقدار آنزیمی در نظر گرفته می‌شود که به ۵۰ درصد مهار احیای نیتروبلو تترازولیوم[1] در ۵۶۰ نانومتر منجر می‌گردد و به نسبت میلی‌گرم پروتئین عصاره گیاهی بیان می‌شود. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، مقداری مایع رویی با بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی مولار و pH=۷/۵ حاوی ۳ میلی مولار EDTA، ۲۰۰ میلی‌مولار متیونین، ۲/۲۵ میلی‌مولار نیتروبلوتترازولیوم کلراید، ۱/۵ میلی‌لیتر کربنات سدیم و آب مقطر مخلوط گردید. در تاریکی به نمونه‌ها ریبوفلاوین ۶۰ میکرومولار اضافه شده و به مدت ۱۰ دقیقه در معرض نور سفید قرار گرفتند.

1- NBT



نمودار ۱- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری، میکوریزا و نیتریک اکساید بر میزان فلاونوئید برگ شیرین‌بیان

Figure 1- Effect of different concentrations of salinity stress, mycorrhiza and nitric oxide on leaf flavonoid content of *Glycyrrhiza glabra* L.

(Duncan's multiple range test, $p\leq0.05$)

در نهایت میزان جذب در ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری و یک واحد فعالیت آنزیمی به صورتی تعریف شد که بتواند از احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم کلراید ۵۰ درصد جلوگیری کند.

تحلیل و تجزیه آماری

داده‌های حاصل از تحقیق در برنامه نرم‌افزاری SPSS 22 (IBM SPSS Statistics 22.0) وارد شدند. نرمال بودن داده‌ها بررسی و آمار استنباطی از قبیل تجزیه واریانس[1] و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن محاسبه شد.

نتایج

میزان فلاونوئید برگ

نتایج به دست آمده نشان داد که اثرات اصلی و اثر متقابل شوری، نیتریک اکساید و مایکوریزا بر میزان فلاونوئید برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان فلاونوئید برگ در سطح شوری صفر (۳۳/۰۹ mg/gFW) و سطح ۵۰ میلی‌مولار (۳۹/۷۳ mg/gFW) در شرایط کاربرد نیتریک اکساید مشاهده شد و کمترین میانگین این صفت در بالاترین سطح تنش شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) در شرایط استفاده از مایکوریزا و تلفیق مایکوریزا + نیتریک اکساید بدست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۶۹/۷۵، ۶۷/۶۴ درصد کاهش نشان دادند (نمودار ۱).

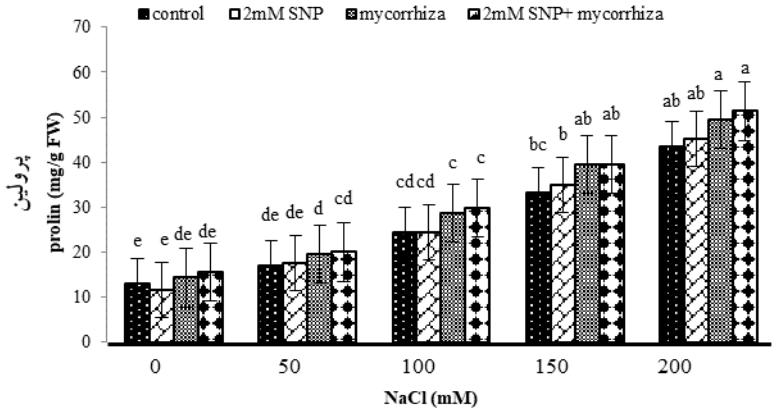
محتوی پرولین برگ

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی و اثر متقابل شوری، نیتریک اکساید و مایکوریزا بر میزان پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین محتوی پرولین آزاد در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در شرایط استفاده از مایکوریزا به تنهایی و در ترکیب با نیتریک اکساید به ترتیب با میانگین ۴۹/۵۳ و ۵۱/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که در مقایسه با تیمار شاهد بیش از چهار برابر افزایش محتوی پرولین را نشان داد. کمترین محتوی پرولین نیز در تیمار شاهد با میانگین ۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد (نمودار ۲).

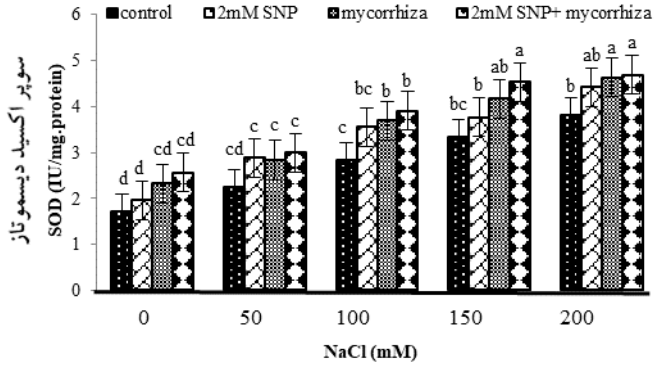
فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

سوپر اکسید دیسموتاز از آنزیم‌های آنتی اکسیدانی است که در پاسخ به تنش در گیاه تولید می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که افزایش تنش شوری باعث افزایش میزان فعالیت این آنزیم گردید، به طوری که بیشترین فعالیت این آنزیم در بالاترین سطح تنش شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) در شرایط کاربرد مایکوریزا به تنهایی یا در ترکیب با نیتریک اکساید حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش فعالیت حدود ۳ برابری را نشان می‌دهد. کمترین فعالیت این آنزیم نیز در تیمار شاهد و همچنین شوری صفر میلی-مولار در شرایط استفاده از نیتریک اکساید حاصل شد (نمودار ۳).

1- ANOVA



نمودار ۲- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری، میکوریزا و نیتریک اکساید بر روی میزان پرولین برگ شیرین‌بیان
Figure 2- Effect of different concentrations of salinity stress, mycorrhiza and nitric oxide on leaf free proline content of *Glycyrrhiza glabra* L.
(Duncan's multiple range test, $p\leq0.05$).



نمودار ۳- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری، میکوریزا و نیتریک اکساید بر روی میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز برگ شیرین‌بیان
Figure 3- Effect of different concentrations of salinity stress, mycorrhiza and nitric oxide on leaf SOD activity of *Glycyrrhiza glabra* L.(Duncan's multiple range test, $p\leq0.05$).

فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

اثر تنش شوری، مایکوریزا و نیتریک اکساید بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اعمال تنش شوری باعث افزایش فعالیت این آنزیم شد، به طوری که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس نتایج به دست آمده در سطوح شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در شرایط استفاده از تلفیق نیتریک اکساید + مایکوریزا بدست آمد که در مقایسه تیمار شاهد افزایش فعالیت حدود ۲/۵ برابری را نشان دادند. کمترین فعالیت این آنزیم نیز در تیمار شاهد بدست آمد (نمودار ۴).

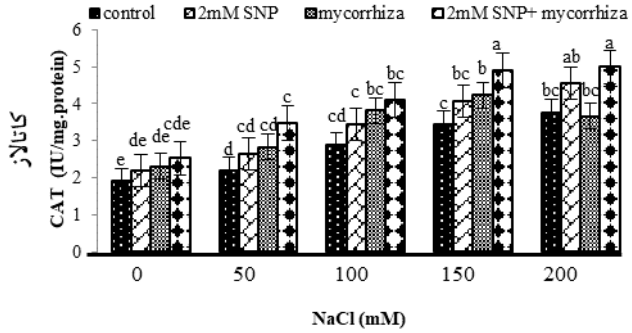
فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD)

الگوی افزایش فعالیت آنزیمی با افزایش سطوح تنش شوری، در مورد فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز صادق بود، به طوری که بیشترین فعالیت این آنزیم در بالاترین سطح تنش شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) در شرایط استفاده از مایکوریزا به تنهایی یا در ترکیب با نیتریک اکساید بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش فعالیت بیشتر از ۳ برابری را نشان دادند. کمترین فعالیت این آنزیم در تیمار شاهد در سطوح شوری صفر و ۵۰ میلی‌مولار بدست آمد (نمودار ۵).

میزان مالون دی آلدئید

میزان مالون دی آلدئید یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین میزان تنش وارد شده به گیاه است. نتایج حاصل نشان داد که اثر متقابل شوری، نیتریک اکساید و مایکوریزا بر میزان مالون دی آلدئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین میانگین مالون دی آلدئید در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در شرایط عدم استفاده و استفاده از مایکوریزا بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش میانگین

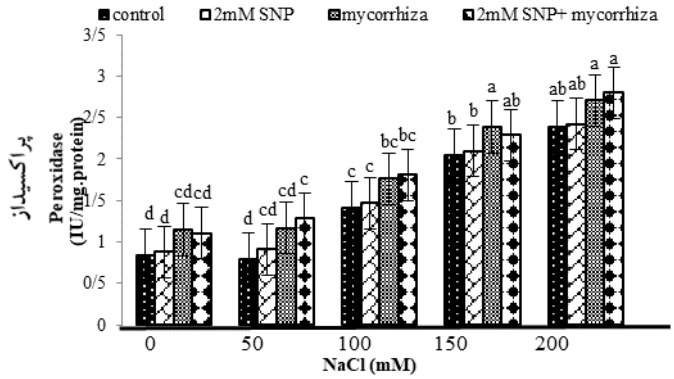
حدود ۳/۵ برابری را نشان دادند. کمترین فعالیت هم در سطح شوری صفر میلی‌مولار در شرایط استفاده از نیتریک اکسید حاصل شد (نمودار ۶).



نمودار ٤- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری، میکوریزا و نیتریک اکساید بر روی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز برگ شیرین‌بیان

Figure 4- Effect of different concentrations of salinity stress, mycorrhiza and nitric oxide on leaf CAT activity of *Glycyrrhiza glabra* L.

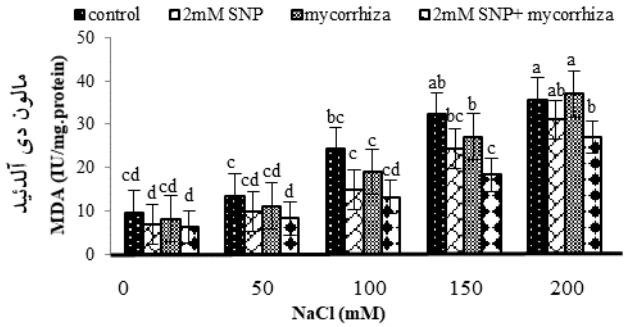
(Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$).



نمودار ٥- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری، میکوریزا و نیتریک اکساید بر روی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ شیرین‌بیان

Figure 5- Effect of different concentrations of salinity stress, mycorrhiza and nitric oxide on leaf POD activity of *Glycyrrhiza glabra* L.

(Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$).



نمودار ٦- اثر غلظت‌های مختلف تنش شوری، میکوریزا و نیتریک اکساید بر روی میزان مالون دی آلدئید برگ شیرین‌بیان

Figure 6- Effect of different concentrations of salinity stress, mycorrhiza and nitric oxide on leaf MDA of *Glycyrrhiza glabra* L.

(Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$).

بحث

تنش شوری نظیر دیگر تنش‌های محیطی می‌تواند سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه شده و نوعی تنش اکسیداسیونی را به دنبال داشته باشد که سبب آسیب رساندن به ساختارهای غشایی، پروتئین‌ها، اسید نوکلئیک و غیره می‌شود (۱۶). گیاهان از نظر توانایی مقاومت در برابر این چنین اختلالات متابولیسمی با درجات مختلف به تنش‌ها پاسخ می‌دهند. سیستم آنتی‌اکسیدانتی گیاهان که آنزیم‌هایی نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز و مولکول‌های غیر آنزیمی نظیر رنگیزه‌های گیاهی و غیره را شامل می‌شوند، بخشی از توانایی گیاهان در تحمل به تنش شوری به شمار می‌آیند (۲۳) و گیاهانی که سیستم آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی کارآمدتری داشته باشند، بهتر می‌توانند در برابر تنش‌های محیطی نظیر شوری مقاومت کنند (۳۹ و ۵۷). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری کلرید سدیمی موجب افزایش محتوی پرولین، میزان مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز گردید ولی برعکس موجب کاهش میزان فلاونوئیدهای گیاه شیرین‌بیان شد. این میزان افزایش در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با تیمار شاهد در مورد پرولین و مالون دی آلدهید بیش از ۴ برابر، در مورد سوپر اکسید دیسموتاز بیش از ۳ برابر، در مورد کاتالاز بیش از ۲ برابر و در مورد پراکسیداز بیش از ۲/۵ برابر بود (اشکال ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶).

نیتریک اکساید (NO) به عنوان تنظیم کننده در متابولیسم گونه-های فعال اکسیژن عمل می‌کند (۴۹). سدیم نیتروپروساید یکی از تولید کننده‌های مهم NO است که به ازای هر ۰/۵ میلی‌مول بر لیتر قادر به تولید حدود ۲ میکرومول بر لیتر رادیکال NO می‌باشد (۱۱و ۲۲). در پژوهشی کاربرد نیتریک اکساید در غلظت‌های مختلف باعث کاهش رشد و میزان پروتئین در گیاهچه‌های بادرنجبویه گردید ولی میزان ترکیبات فلاونوئیدی این گیاه تحت تأثیر غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سدیم نیتروپروساید تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد نشان داد که در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر میزان ترکیبات فلاونوئیدی به میزان ۲/۵ برابر نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داشت (۲۰). در پژوهش دیگری که بر روی *Echinacea purpurea* صورت گرفته، مشخص شد تیمار گیاهان با ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید، تجمع ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و مشتقات اسید کافیک را افزایش داد (۵۵).

قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا متعلق به شاخه Glomeromycota هستند که همزیستی متقابل با اکثریت گیاهان پیشرفته برقرار می‌کنند و موجب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی، بدست آوردن مواد غذایی و بهبود کیفیت خاک می‌گردد (۲۴). همچنین در بررسی‌های قبلی به تأثیر قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا بر تولید ترکیبات فنولیک در ریشه‌ها (۳۰) و افزایش تولید ترکیبات فنولیک (رزمارینیک اسید و کافئیک اسید) در ریشه‌ها و ساقه‌های گیاه ریحان کلونیزه شده با قارچ‌های آربسکولار اشاره شده است (۵۴).

آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) یکی از آنزیم‌های اصلی و از اولین آنزیم‌های مسیر بیوسنتز ترکیبات فنلی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین ها است. در مورد نقش سدیم نیتروپروساید بر فعالیت آنزیم PAL نتایج متعدد و متناقضی وجود دارد. برای نمونه، دوان و همکاران (۱۹) گزارش کردند که تیمار سدیم نیتروپروساید باعث کاهش فعالیت آنزیم PAL در میوه لونگان شده است که با تا حد زیادی با نتایج ما همخوانی دارد. اما از طرف دیگر در گیاه گوجه‌فرنگی تنش خشکی و تیمار سدیم نیتروپروساید فعالیت آنزیم PAL را افزایش داد (۳۵).

یکی از ساز و کارهای مهم گیاهان عالی تحت تیمار تنش شوری انباشت ترکیبات سازگار مانند پرولین است که به عنوان یک ماده محافظت کننده غیر سمی، برای تنظیم اسمزی در شرایط شوری و سایر تنش‌های محیطی مطرح است (۵). تجمع پرولین در گیاهان، باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و خنثی سازی رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌شود، بنابراین به نظر می رسد تجمع پرولین به عنوان سازوکاری مؤثر جهت کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن و حفظ محتوای آب یاخته‌ای گیاه، تحت شرایط شوری مطرح باشد. افزایش پرولین در برگ‌های دو رقم توت همراه با افزایش شوری گزارش شده است (۲۹)، همین‌طور در این پژوهش با افزایش غلظت نمک فارغ از نیتریک اکساید و میکوریزا، میزان پرولین در گیاه شیرین‌بیان هم افزایش یافته است که با نتایج ارائه شده همخوانی دارد. پرولین دارای اثر مستقیم در ثبات بخشیدن به ماکرومولکول‌ها و لایه‌های هیدراسیون آنها بوده و همچنین به علت خواص آنتی اکسیدانی خود یک عمل حفاظتی غیر مستقیم نیز بروز می‌دهد. نقش آنتی اکسیدانی پرولین، در توانایی آن برای غیرفعال کردن رادیکال-های هیدروکسیل و سایر ترکیبات دارای فعالیت بالا که تحت شرایط تنش تولید شده و در انتقال الکترون در کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها اختلال ایجاد می‌کنند، تظاهر می‌یابد و از این طریق پروتئین‌ها و غشاها را در برابر آسیب محافظت می‌نماید (۱۰). افزایش تجمع پرولین در شرایط شوری را می‌توان به کاهش میزان پرولین اکسیداز نسبت داد که باعث تجزیه پرولین می‌گردد همچنین افزایش در میزان ۵-کربوکسیلات سنتتاز که سنتز پرولین را افزایش می‌دهد، می‌تواند از دیگر دلایل افزایش میزان پرولین در شرایط تنش شوری باشد (۳۴). وو و همکاران (۵۶) گزارش داده‌اند که کاربرد نیتریک اکسید در شرایط تنش شوری باعث افزایش میزان پرولین در گوجه‌فرنگی شده

است که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. بنابراین کاربرد نیتریک اکسید در شرایط تنش شوری می‌تواند باعث بهبود رشد گیاه شده و در نتیجه مقاومت به تنش شوری را افزایش دهد.

در بررسی‌های صورت گرفته فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان نظیر کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز طی تنش شوری افزایش معنی‌داری می‌یابد و آسکوربات از طریق کاهش ROS سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های نامبرده می‌شود (۴۳) که هم راستا با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. اعمال تیمار شوری در پژوهش حاضر، موجب افزایش فعالیت هر سه آنزیم کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شده است. مشخص شده است که آنزیم‌های آنتی اکسیدان با از بین بردن انواع فعال اکسیژن، مقاومت گیاه را به شوری افزایش می‌دهد. در پژوهشی اثرات متقابل شوری و تیمار مایکوریزا بر میزان فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز معنی‌دار بود و با افزایش درجه شوری، فعالیت این دو آنزیم در گیاهان مایکوریزایی و غیر مایکوریزایی افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت (۵۷).

کاتالاز اصلی‌ترین آنزیم از بین برنده پراکسید هیدروژن و از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاهان محسوب می‌شود و تنش شوری در بسیاری از گیاهان موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردیده است که این نتیجه در تحقیق حاضر در ارتباط با فعالیت آنزیم کاتالاز مشاهده گردید (۲۳).

سوپر اکسید دیسموتاز جزء متالوآنزیم‌هایی است که سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌کند. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در سلول‌ها، در پاسخ به شرایط مختلف محیطی و تنش‌های غیر زیستی مانند شوری و خشکی افزایش پیدا می‌کند (۱۳). آنیون-های سوپر اکسید به وسیله تنش شوری در سلول تولید می‌شود، زیرا مهم‌ترین تأثیر تنش شوری بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن است که در نتیجه آن رشد کاهش می‌یابد. همچنین افزایش تنفس در این شرایط سبب تولید این یون‌های مخرب در میتوکندری سلول می‌شود. در چنین شرایطی فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان یک آنزیم از بین برنده یون سوپر اکسید، مشابه نتایج به‌دست آمده افزایش می‌یابد. با افزایش فعالیت این آنزیم سمیت‌زدایی یون سوپراکسید افزایش و آسیب‌های حاصل از آن در گیاه کاهش می‌یابد (۲۵و ۵۸). به عبارت دیگر، در هنگام تنش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با بازده بسیار بالا با رادیکال‌های آنیون سوپر اکسید واکنش داده، آب و اکسیژن تولید می‌کند، بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم تحت تیمار NaCl می‌تواند یک پاسخ رایج برای مقابله با اثرات مخرب تنش شوری باشد. پیشنهاد شده که نیتریک اکساید به وسیله تحت تأثیر قرار دادن سنتز پروتئین آنزیم، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش می‌دهد (۳۱). نقش نیتریک اکساید در کاهش تنش اکسیداتیو ممکن است بخشی به توانایی نیتریک اکساید در القاء آنزیم سوپراکسید دیسموتاز باشد. نیتریک اکساید با تسریع تبدیل آنیون و سوپراکسید به پراکسید هیدروژن آن را از سمیت خارج می‌کند (۱۳ و ۴۹).

پراکسیداز پروتئین دارای هم است که از H_2O_2 برای اکسیداسیون مواد آلی و غیر آلی استفاده می‌کند. این آنزیم عمدتاً در دیواره سلولی قرار داشته و دارای نقش‌های مختلفی از جمله جاروب کردن H_2O_2 می‌باشد (۳۳). تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز به ترتیب در برگ کلزا و پنبه شده و در نتیجه اثرات مخرب تنش شوری را در این گیاهان کاهش داده است (۵). افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تنش شوری در گیاه پونه و گزارش‌های مذکور در تنش‌های دیگر می‌تواند نقش حفاظتی این آنزیم را در مقابل تنش‌های مختلف پیشنهاد کند. همچنین با توجه به نقش مهم آنزیم پراکسیداز در حذف آنزیمی H_2O_2، کاهش مالون دی آلدهید و حفظ یکپارچگی غشای سلول، افزایش این آنزیم در گیاهان تحت تنش شوری کاملاً منطقی به نظر می‌رسد (۶۰). آنزیم پراکسیداز با استفاده از مواد فنولیک به عنوان دهنده الکترون باعث تجزیه پراکسید هیدروژن می‌شود (۴). از آنجایی که تجمع پراکسید هیدروژن ناشی از واکنش سوپراکسید دیسموتاز نیاز به فعالیت ترکیبی دو آنزیم پراکسیداز و کاتالاز به منظور حفاظت سلول‌های گیاهی خواهد داشت، لذا این دو آنزیم نقش مهمی را در حذف پراکسید هیدروژن ایفاء می-نمایند. شواهد زیادی مبنی بر افزایش و کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط تنش وجود دارد و اگرچه افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز توسط تنش شوری در گیاهان مختلف گزارش شده است (۱۸). به نظر می‌رسد که در اثر تنش شوری تولید پروتئین‌های تیلاکوئید کاهش ولی پروتئین‌های دخیل سنتز برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدان افزایش نشان می‌دهد (۸).

مالون دی آلدئید یک محصول پراکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده در فسفولیپیدها است (۵۰). تغییر در پراکسیداسیون لیپیدها به عنوان یک شاخص مهم جهت تعیین میزان خسارت اکسیداتیو در موجودات زنده محسوب می‌شود و منجر به کاهش یکپارچگی غشاء در موجودات زنده تحت شرایط تنش می‌گردد (۱۷). به نظر می‌رسد دلیل اصلی خسارت شدید به غشای سلولی در اثر تنش شوری، تولید رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل باشد که در نهایت منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی می‌گردد (۱۷). پژوهشگران دلیل اصلی خسارت شدید به غشای سلولی را تولید رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌دانند که در نهایت منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی می‌گردد (۹). در ارتباط با گیاه شیرین‌بیان و پژوهش حاضر، با اعمال تنش شوری میزان موانولات دی الدهید که شاخصی برای واکنش‌های گیاه نسبت به تنش‌ها می‌باشد، افزایش یافته است که با نتایج ارائه شده مطابقت دارد. گزارشی مبنی بر نقش کاهش

دهندگی نیتریک اکساید در پراکسیداسیون چربی‌ها وجود دارد (۵۰). چنانچه در بالا ذکر شد، مالون دی آلدئید محصول نهایی پراکسیداسیون چربی‌ها است و برای ارزیابی پراکسیداسیون چربی‌ها استفاده می‌شود (۵۹).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی می‌توان گفت که حذف و سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن یک بخش مهم تحمل شوری در گیاهان می‌باشد. در پژوهش حاضر، اعمال تنش شوری میزان موانولات دی آلدهید که شاخصی برای واکنش گیاه نسبت به تنش‌ها هستند، به طور چشم‌گیری افزایش نشان داده است. همراه با تنش شوری، اعمال تنش نیتریک اکسید موجب شده تا اثرات غلظت بالا نمک در برخی شاخص‌ها کم شود، به طوری که در غلظت بالای نمک موانولات دی آلدهید با اعمال نیتریک اکسید کاهش نشان می‌دهند. اعمال تیمار شوری موجب افزایش چشمگیر فعالیت سه آنزیم آنتی اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز شد. تنها موردی که اثر تیمار میکوریزا در آن قابل توجه بود، میزان فلاونوئید بود که در آن اثر منفی غلظت بالای نمک بر روی میزان کل فلاونوئیدها، با اعمال تیمار میکوریزا، تعدیل و کم شده است. به طور کلی نتایج به دست آمده نشان داد که تنش شوری اثر کاهنده بر صفات مورد مطالعه داشت ولی کاربرد قارچ آربوسکولار مایکوریزا به همراه نیتریک اکساید باعث تعدیل اثرات منفی ناشی از تنش شوری کلرید سدیمی در گیاه شیرین بیان شد.

منابع

1- Agyare, C., Boakye, Y.D., Bekoe, E.O., Hensel, A., Dapaah, S.O., and Appiah, T. 2015. Review: African medicinal plants with wound healing properties. Journal of ethnopharmacology, 65(4): 245-255.
2- Akram, M.S., and Ashraf, M. 2009. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of potassium nitrate. Journal of Applied Botany and Food Quality, 83:19-27.
3- Amirjani, M.R. 2010. Effect of NaCl on some physiological parameters of rice. European Journal of Biological Sciences, 3 (1): 06-16.
4- Appel, K., and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annual Review Plant Biology, 55: 373-399.
5- Ashraf, M., Orooj A. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). Journal of Arid Environment, 64: 209-220.
6- Bates, L., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
7- Beligni, M.V., Fath, A., Bethke, P.C., Lamattina, L., and Jones, R.L. 2002. Nitric oxideacts as an antioxidant and delays programmed cell death in barley aleurone layers. Plant Physiology, 129: 1642-1650.
8- Bor, M., Özdemir, F., and Türkan, I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science Journal, 164: 77–84.
9- Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. Plant Physiology, 126: 1024–1030.
10- Brayant, J.P., Chapin, F.S., and Klein D.R. 1983. Carbon nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. Oikos Journal, 40: 357-368.
11- Butler, A.R., and Megson, I.L. 2002. Non-heme iron nitrosyls in biology. Chemical Review Journal, 102(4): 1155-1165.
12- Chaparzadeh, N., D'Amico, M.L., Khavari-Nejad, R.A., Izzo, R., and Navari-Izzo, F. 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* L. under salinity conditions. Plant Physiology and Biochemistry, 42: 695-701.
13- Chaparzadeh, N., Pajang, M., and Mohammadpour, A. 2015. The role of nitric oxide precursor in antioxidant responses of chickpea when reducing the nightly temperature. Process and Plant Function, 12 (4): 9-1.
14- Chohan, M., Naughton, D.P., Jones, L., and Opara, E.I. 2012. An investigation of the relationship between the anti-inflammatory activity, polyphenolic content and antioxidant activities of cooked and in vitro digested culinary herbs. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, P: 1-9. doi:10.1155/2012/627843.
15- Cinatl, J., Morgenstern, B., Bauer, G., Chandra, P., Rabenau, H., and Doerr, H.W. 2003. Glycyrrhizin, an active component of liquorice roots, and replication of SARS-associated coronavirus. The Lancet Medical Journal, 361: 2045– 2046.
16- Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D., and Van Breusegem, F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Sciences, 57: 779-795.
17- Del Rio, L.A., Sandalio, L.M., Corpas, F.J., Palma, J.M., and Barroso, J.B. 2006. Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes production, scavenging, and role in cell signaling. Plant Physiology, 141:

330–335.
18- Demiral, T., and Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental Experiment Botany, 53: 247–257.
19- Duan, X., Jiang, Y., Su, X., Zhang, Z., and Shi, J. 2007. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinenesis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. Food Chemistry, 101:1365–1371.
20- Esmaeilzadeh Bahabadi, S., Rezaei Nodehi, A., and Najafi, Sh. 2015. Effect of nitric oxide on growth rate and some physiological indices of leaf seedlings planting in in vitro conditions, Journal of Cell and Texture, 6 (2): 203-195. (in Persian with English abstract)
21- Giannopolitis, C.N., and Reis, S.K. 1997. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology, 59:309-314.
22- Haihua, H., Wenbiao, S., Maobing, Y., Langlai, X. 2002. Protective effects of nitric oxide on salt stress-induced oxidative damage to wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. Chinese Science Bulletin, 47: 677-681.
23- Jahromi, F., Aroca, R., Porcel, R., and Ruiz-Lozano, J.M. 2008. Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* and on the in vivo Physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. Microbial Ecology, 55: 45-53.
24- Jeffries, P., and Barea, J.M. 2001. Arbuscular mycorrhiza-a key component of sustainable plant–soil ecosystems. In: Fungal associations (ed. Hock, B.) 95–113. Springer-Verlag, Berlin.
25- Jevremovic, S., Petric, M., Zivkovic, S., Trifunovic, M., and Subotic, A. 2010. Superoxide dismutase activity and isoenzyme profiles in bulbs of snake's head fritillary in response to cold treatment. Archives of Biological Sciences, 62: 553-558.
26- 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. Bioresource Technology, 93: 307-311.
27- Khanahmadi, M.M, Naghdi Badi, H., Akhondzadeh, S., Khalighi-Sigaroodi, F., Mehrafarin, A., Shahriari, S. 2013. A Review of the medicinal plant of *Glycyrrhiza glabra* L. Journal of Medicinal Plants, 2(46):1-12.
28- Koroi, S.A.A. 1989. Gel elektrophers tische and spectral photometrischoe under uchungen zomein fiuss der temperature auf straktur and aktritat der amylase and peroxidase isoenzyme. Physiological Journal, 20: 15-23.
29- Kumar, S.G., Reddy, A.M., and Sudhakar, C. 2003. NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with contrasting salt tolerance. Plant Science, 165:1245-1251.
30- Larose, G., Chenevert, R., Moutoglis, P., Gagne, S., Piche, Y., and Vierheilig, H. 2002. Flavonoid levels in roots of *Medicago sativa* L. are modulated by the developmental stage of the symbiosis and the root colonizing *Arbuscular mycorrhizal* fungus. Journal of Plant Physiology, 159:1329–1339.
31- Liu, X., Wang, L., Liu, L., Guo, Y., and Ren, H. 2011. Alleviating effect of exogenous nitric oxide in cucumber seedling against chilling stress. African Journal of Biotechnology, 10: 4380-4386.
32- Lu, S., Wang, Q., Li, G., Sun, S., Guo, Y., and Kuang, H. 2015. The treatment of rheumatoid arthritis using Chinese medicinal plants: from pharmacology to potential molecular mechanisms. Journal of Ethnopharmacology, 176:177-206.
33- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., and Sohrabi, Y. 2011. Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpeas (*Cicer arietinum*) cultivars. Australian Journal of Crop Science, 10: 1255-1260.
34- Misra, N., and Saxena, P. 2009. Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Plant Science, 177: 181-188.
35- Nasibi, F., Yaghubi, M.M., and Manoochehri Kalantari. Kh. 2011. Comparison of the effect of sodium nitro process and arginine pre-treatment on some physiological responses of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under water stress. Iran Biological Journal, 24 (6): 132-121.
36- Nayyar, H. 2003. Acclimation of osmolytes and osmotic adjustment in water-stressed wheat and maize as affected by calcium and its antagonists. Environmental and Experimental Botany, 50: 253-264.
37- Neill, S., Radhika, D., and Hancock, J. 2003. Nitric oxide signaling in the plant. New phytology, 159:11-35.
38- Nofal, O.A., and Rezk, A.L. 2009. Role of fertilization in improving quality of some agricultural crops. International Journal of Academic Research, 1: 59-65.
39- Nunez, M., Mazzafera, P., Mazorra, L.M., Siquira, W.J., and Zullo, M.A. 2003. Influence of a brassinosteroid analogue on antioxidant enzymes in rice grown in culture medium with NaCl. Plant Biology, 47: 67-70.
40- Ohkawa, H., Ohishi, N., and Yagi, K. 1979. Assay for lipid peroxidation in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Analytical Biochemistry, 95: 351.
41- Palavan, U.N., and Arisan, D. 2009. Nitric oxide signaling in plants. Biology Reviews, 75:203-229.
42- Panwar, J., and Tarafdar, J.C. 2006. *Arbuscular mycorrhiza* fungal dynamics under *Mitragyna parvifolia* (Roxb.)

north. In Thar Desert. Applied soil Ecology, 34: 200-208.

43- Parrida, A.K., Das, A.B., and Mittra, B. 2004. Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguier parviflora*. Trees Journal, 18:167-174.

44- Pereira, G.J.G., Molina, S.M.G., and Lea, P.J. 2002. The activity of antioxidant enzyme in response to cadmium in *Crotalaria juncea*. Plant Soil, 239: 123-132.

45- Rafiei, A.l., Husseini, M., Tadion, M., and Mazhari, M. 2014. The Effect of dormancy break treatments on seed germination of Licorice. Journal of Crop Improvements, 16 (4): 817-809. (in Persian with English abstract).

46- Rajaravindran, M., and Natarajan, S. 2012. Effects of salinity stress on growth and antioxidant enzymes of the halophyte *Sesuvium portulacastrum*. International Journal of Research in Plant Science, 2(1): 23-28.

47- Saleh, B. 2013. Water status and protein pattern change towards salt stress in Cotton. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 9(1): 113-123.

48- Sevengor, S., Yasar, F., Kusvuran, S., and Ellialtioglu, S. 2011. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. African Journal of Agricultural Research, 6(21):4920- 4924.

49- Shi, Q., Ding, F., Wang, X., and Wei, M. 2007. Exogenous nitric oxide protects cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 45: 542-550.

50- Singh, N.B., Kavita, Y., and Nimisha, A. 2014. Positive effects of nitric oxide on *Solanum lycopersicum*. Journal of Plant Interactions, 9: 10-18.

51- Stavros, D.V., Baodong, C., and Matthias, C.R. 2012. *Arbuscular mycorrhiza* and soil nitrogen cycling. Journal of Soil Biology and Biochemistry, 46: 53-62.

52- Swain, T., and Hillis, W.E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica* I. The quantitative analysis of phenolic constituents. Journal of Science and Food Agriculture, 10:63-68.

53- Tian, X., and Li, Y. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seeding. Plant Biology, 50: 775-778.

54- Toussaint, J.P, Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. *Arbuscular mycorrhizal* fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza, 17:291–297.

55- Wu, C.H., Tewari, R.K., Hahn, E.J., and Paek, K.Y. 2007. Nitric oxide elicitation induces the accumulation of secondary metabolites and antioxidant defense in adventitious roots of *Echinacea purpura*. Journal of Plant Biology, 50: 636–643.

56- Wu, X., Zhu, W., Zhang, H., Ding, H., and Zhang, H.J. 2011. Exogenous nitric oxide protects against salt-induced oxidative stress in the leaves from two genotypes of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Acta Physiologiae Plantarum, 33:1199-1209.

57- Younesi, A., and Moradi, A.S. 2016. Evaluation of antioxidant enzymes activity in response to mycorrhizal inoculation in wheat under salt stress. Journal of Crop Improvement, 18 (1): 30-21. (in Persian with English abstract).

58- Yu, L., Gao, R., Shi, Q., Wang, X., Wei, M., and Yang, F. 2013. Exogenous application of sodium nitroprusside alleviated cadmium induced chlorosis, photosynthesis inhibition and oxidative stress in cucumber. Pakistan Journal of Botany, 45: 813-819

59- Zeng, C.L., Liu, L., Wang, B.R., Wu, X.M., and Zhou, Y. 2011. Physiological effects of exogenous nitric oxide on *Brassica juncea* seedlings under NaCl stress. Biologia Plantarum, 55: 345-348.

60- Zhang, Y.J., Zhang, X., Chen, C.J., Zhou, M.J., and Wang, H.C. 2010. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazloe, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat. Pesticide Biochemistry and Physiology, 98: 151–157.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 53-64
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۶۴-۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Nitric Oxide and Arbuscular Mycorrhiza on some Physiological Traits of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) Plant under Salinity Stress

A. Safarzade[1] - G. Barzin[2*]- D. Talei[3]

Received: 20-12-2017
Accepted: 02-01-2019

Introduction: The salinity affliction of land constitutes a major threat amongst the various forms of soil degradation. Arbuscular mycorrhiza fungus can be useful as a bio-fertilizer in providing plant nutrition and reducing the effects of environmental stresses on plants. On the other hand, nitric oxide plays a role in many environmental and non-environmental stresses, including drought and salinity stresses. Liquorice (*Glycyrrhiza globra* Linn.), commonly known as Mulahatti and Yashtimadhu, is the highest priority value crop which can be successfully cultivated on salt-affected and degraded lands. It is a small perennial leguminous herb of the family Fabaceae (Papilionaceae) native to the Mediterranean region and central and southwest Asia, and cultivated in Italy, Russia, France, UK, USA, Germany, Spain, China, Pakistan, Afghanistan, Iran, Iraq, Uzbekistan, Turkey, Turkmenistan and north-western India. This research was carried out with the aim of investigating the effect of nitric oxide modification on coexistence with arbuscular mycorrhizal fungus on some of the physiological traits of licorice under the salt stress of sodium chloride.

Materials and Methods: This research was a factorial experiment based on completely randomized block design with three replications. Factors consisted of five levels of NaCl-salinity (0 as control, 50, 100, 150 and 200 mM), two levels of nitric oxide (0 and 0.2 mM) and two levels of mycorrhizal fungi (the presence and absence of mycorrhizal). To do this, 10 kg pot of pumice mixture and pumice (1 to 1 ratio) were poured into 60 plastic containers (30 x 20 cm; 10 L) and sterilized by alcohol. The seeds germinated in petri dishes after adequate growth, they were transferred to the pots (all seeds were germinated and grown in the same conditions). In each pot, five seedlings were cultured and irrigated with distilled water until a two-leaf stage. After that, the treatment was carried out by a Hoagland solution. Application of saline treatments and nitric oxide (from sodium nitroproced as nitric oxide source) was performed 45-days. Finally, after 60 days of planting, sampling was carried out to measure the physiological traits from the middle leaves of each pot, and after being placed in an aluminum foil with ice-containing flux, it was transferred to the laboratory and then transferred to 80 ^{o} C. The evaluated traits were leaf flavonoids by Swain (52) method, proline content by Bates et al. (6) method, MDA with Ohkawa et al. (40) method, CAT activity by Pereira et al. (44) method, POD activity by Korori (28) method and SOD activity by Giannopolitis and Reis (21) method. The data were analyzed by SPSS 22 (IBM SPSS Statistics 22.0) software application. The data was normalized and inferential statistics such as analysis of variance and mean comparison of treatments were calculated using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion: The results showed that the salinity stress had significant effect on flavonoid content, proline content, malondialdehyde rate and antioxidant activity of catalase, peroxidase and superoxide dismutase. Salinity had increased levels of malondialdehyde, proline content, and the activity of antioxidant enzymes (catalase, peroxidase, and superoxide dismutase). The coexistence of mycorrhiza fungus in combination with nitric oxide or alone reduced the number of flavonoids and increased proline content at each level of salinity stress. Nitric oxide had no significant effect on measured traits but was more effective in combination with Mycorrhiza fungi. In general, sodium chloride salinity stress had a negative effect on the physiological traits of liquorice, but the use of nitric oxide with arbuscular mycorrhizal fungus reduced the negative effects of stress. In general, it can be said that the removal and decontamination of active oxygen species is an important part of salinity tolerance in plants. In the present study, salinity stresses have significantly increased the amount of MDA, which is an indicator of plant response to stress. In addition to salinity stress, nitric oxide stress has been induced to reduce the effects of high salt concentration on some of the indices, thus reducing nitric oxide in high concentrations of MDA. Application of saline treatment significantly increased the activity of the three antioxidant enzymes CAT, POD, and SOD. The results showed that salinity stress had a decreasing effect on studied traits, but the application of arbuscular mycorrhizal fungus with nitric oxide reduced the negative effects of sodium chloride salinity stress on liquorice plant.

Keywords: Antioxidant enzymes, Biofertilizer, Flavonoid, Peroxidation, Proline

1and 2- B.SC Student and Associate Professor of Plant Physiology, Department of Biology, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Tehran
(*- Corresponding Author Email: Gitibarzin@iiau.ac.ir)
3- Medicinal Plants Research Center, Shahed University, Tehran, Iran

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۷۷-۶۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 65-77
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تاثیر نیتریک اکسید (NO) بر پرآوری و ریشه‌زایی ریزقلمه پایه‌های سیب MM111 و MM106 در شرایط درون‌شیشه‌ای

سید محمد حسین حیات‌الغیبی[۱]- علی‌اکبر مظفری[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر سدیم نیتروپروساید (SNP) و تنظیم‌کننده‌های رشد بر ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی گیاهچه‌های پرآوری شده و ریشه‌زایی آنها انجام گردید. این مطالعه شامل دو آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بود. به منظور پرآوری میکروشاخه‌ها از محیط‌کشت پایهMS حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد (یک میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین (BA) به همراه ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر نفتالین‌استیک‌اسید (NAA)) و SNP در شش سطح شامل صفر، ۲/۹۶، ۵/۹۸، ۸/۹۴، ۱۱/۹۱، ۱۴/۹۰میلی‌گرم در لیتر بر روی دو پایه سیب MM106 وMM111 استفاده شد. در آزمایش ریشه‌زایی به بررسی اثر SNP (صفر، ۷/۴۵، ۱۴/۱۱،۹۰/۹۱، ۲۲/۳۵و۵۷/۸۰ میلی‌گرمدر لیتر) به تنهایی و در ترکیب با یک میلی‌گرم در لیتر IBA و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA روی محیط‌کشت پایه MS½پرداختیم. پس از ۶۰ روز شاخص‌های رشدی ساقه و ریشه شامل طول شاخه و ریشه، تعداد شاخه و ریشه، وزن تر و خشک ریشه، پروتئین‌های‌محلول‌کل، فعالیت‌آنزیم پراکسیداز، کربوهیدرات‌محلول‌کل، کاروتنوئید و کلروفیلa، b و کل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روند تغییرات شاخه‌زایی تحت تاثیر تیمارهای‌SNP همسویی نسبتا بالایی با مقدار پروتئین‌های محلول و کربوهیدارت داشت بطوری که با افزایش میزان SNP به ۵/۹۸ میلی‌گرم در لیتر، مقدار هر سه پارامتر اندازه‌گیری شده افزایش و سپس کاهش یافت. همچنین روند تغییرات مقدار کاروتنوئید و کلروفیل گیاهچه‌ها با تغییرات مقدار SNP همبستگی نداشت. بیشترین تعداد ریشه در تیمارهای۱۱/۹۱ و ۲۲/۳۵ میلی‌گرم در لیترSNP به همراه یک میلی‌گرم در لیتر IBA و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیترNAA بدست آمد، در حالیکه بیشترین طول ریشه در تیمارهای ۷/۴۵، ۱۱/۹۱ و ۱۴/۹۰ میلی‌گرم در لیتر SNP حاصل شد. لذا غلظت‌های مختلف SNP و نیز ترکیب SNP با تنظیم کننده‌های می‌توانند نقش موثری روی اندام‌زایی پایه‌های سیب داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده رشد، سدیم نیتروپروساید، کشت بافت، گیاهچه

مقدمه

بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در شرایط درون شیشه‌ای به علت کنترل دقیق شرایط محیطی، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. محدودیت در تولید سریع گونه‌های با ارزش تجاری مانند سیب و به ویژه پایه‌های شناخته شده، یکی از مشکلات اساسی در تجاری سازی این محصول می‌باشد. باززایی درون شیشه-ای گونه‌های چوبی و سخت ریشه‌زا مانند پایه‌های سیب و تکثیر سریع آن‌ها در کوتاه مدت می‌تواند راه‌گشای محدودیت‌های موجود باشد. این تحقیق بر مبنای مشکلات موجود به ویژه در کشور انجام و توانسته است تا حدود زیادی بر محدودیت‌های افزایش تعداد شاخه باززایی شده (پرآوری) و ریشه‌زایی فائق آید.

نیتریک اکسید (NO) یک رادیکال آزاد گازی زیستی فعال با قابلیت انتشار بالا، کوچک، همه جا موجود و ناپایدار است (۷، ۸ و۱۴). تحقیقات روی نقش نیتریک اکسید در گیاهان تشویق‌های چشمگیری را در سال‌های اخیر به دنبال داشته و توجه بیشتری به نقش این مولکول به‌عنوان مولکول کلیدی سیگنال‌دهنده شده است (۲۱). نیتریک اکسید نقشی حیاتی در رشد و نمو گیاهان (۱۱ و ۱۶) از جمله تحریک جوانه‌زنی دانه، تحریک رشد دانهال و به تأخیر انداختن پیری بازی می‌کند (۱۷). کاربرد سدیم نیتروپروساید (SNP) همراه با یک ترکیب هورمونی در محیط کشت پایه MS (۲۰) نسبت به سایر تیمارها روی باززایی شاخه و ریشه‌زایی ریزقلمه‌های سیب از ریزنمونه برگ اثر تحریک کنندگی داشته است (۱۱). اثر NO روی کالوس‌زایی، شاخه‌زایی و ریشه‌زایی در ریزنمونه هیپوکوتیل گیاه

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد باغبانی و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: a.mozafari@uok.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.70173

Albizzia lebbeck (۲۷)، باززایی در گیلاس (۲۵)، شاخه‌زایی و باززایی در *Vanilla planifolia* (۲۷)، ریشه‌زایی در خیار (۲۲) و ماش (۱۳)، کاهش دوره رشد در ذرت (۱۰) و نمو ریشه‌های فرعی در گوجه فرنگی (۵) مورد مطالعه قرار گرفته است.

باززایی شاخه و ریشه نابجا یک فاکتور کلیدی در کشت درون‌شیشه‌ای گیاهان به حساب می‌آید (۱۰). در کشت درون‌شیشه‌ای یک گیاه، عوامل متعددی بر باززایی و یا ریشه‌زایی تاثیر گذار می‌باشند. که اصلی‌ترین آنها می‌توان به ترکیبات محیط کشت، ژنتیک و شرایط فیزیولوژیکی غالب بر گیاه اشاره کرد (۲۷). همچنین ترکیبات شیمیایی و طبیعی مختلفی وجود دارند که می‌توانند مورد استفاده قرار گرفته و از طروق مختلف اثرات تحریک کننده‌ای بر رشد و نمو گیاه در شرایط درون‌شیشه‌ای داشته باشند (۱۹).

جنس سیب (*Malus*) بومی اروپای شرقی، آسیای غربی و نواحی شمال غربی کوه‌های هیمالیا است. این گیاه حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح کشت شده است. در جنس سیب بیش از ۳۰ گونه و ۶۰ زیرگونه وجود دارد که سرتاسر نیمکره شمالی پراکنده شده‌اند سیب‌های اهلی عموما از *Malus pumila* Mill، سیب‌های زینتی، هیبریدهای *M. pumila* و *M. baccata* (L.) Brock یا دیگر گونه‌های اولیه مشتق شده‌اند. از میان گونه‌های جنس سیب، گونه *Malus pumila* Mill خوراکی بوده و جنبه تجاری دارد. بقیه گونه‌ها یا جنبه زینتی دارند و یا به صورت وحشی زیست می‌کنند (۲۸). تعدادی از انواع سیب به عنوان پایه مورد استفاده قرار می‌گیرند، که پایه‌های MM111 و MM106 از آن جمله هستند. این پایه‌ها از دورگ‌گیری پایه‌های مالینگ و نورسرن اسپای (Northern spy) حاصل شده‌اند. پایه‌های MM106 و MM111 سازگاری خوبی با ارقام مختلف سیب دارند (۲۸).

در این پژوهش اثر غلظت‌های مختلف SNP به عنوان ماده آزادکننده آنیون NO^- بر باززایی شاخساره نابجا و نیز در ترکیب با تنظیم‌کننده‌های رشد اکسینی (NAA + IBA) روی تولید ریشه نابجا از ریزنمونه‌های دو پایه سیب MM111 و MM106 تحت شرایط دورن شیشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط محیط کشت

گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای پایه‌های MM111 و MM106 کشت بافت شده از موسسه نهال و بذر کرج تهیه و با طول حدود ۲/۵ سانتی‌متر به عنوان منبع گیاهی مورد استفاده قرار گرفتند. این پژوهش در قالب دو آزمایش جداگانه (شاخه‌زایی و ریشه‌زایی) انجام پذیرفت. محیط کشت پایه MS برای شاخه‌زایی (آزمایش اول) و ۱/۲MS برای ریشه‌زایی (آزمایش دوم) مورد استفاده گرفت.

محیط کشت شاخه‌زایی (آزمایش اول)

برای شاخه‌زایی از محیط کشت پایه MS حاوی یک میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین (BA) به همراه ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید (NAA) مورد استفاده قرار گرفت و SNP در غلظت‌های صفر، ۲/۹۸، ۵/۹۶، ۸/۹۴، ۱۱/۹۱ و ۱۴/۹۰میلی گرم در لیتر به عنوان تیمار در نظر گرفته شد. در این آزمایش مقدار ۳ درصد ساکارز و ۰/۸ درصد آگار (w/v) به محیط کشت اضافه شد. pH محیط‌های کشت بوسیله هیدروکلریک (HCl) و هیدروکسید سدیم (NaOH) یک نرمال قبل از اتوکلاو روی ۵/۸ تنظیم شد، سپس در دمای ۱۲۱/۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱/۲ اتمسفر برای مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو استریل شدند. برای آزمایشات شاخه‌زایی از شیشه‌هایی ۲۵۰ سی‌سی استفاده شد. به منظور جلوگیری از تجزیه‌شدن، SNP به روش فیلتراسیون سرد با استفاده از فیلترهای سرسرنگی با منافذ به قطر۰/۲۲ میکرون استریل و سپس به محیط کشت اضافه شد. در آزمایش شاخه‌زایی به خاطر القاء و تشکیل بهتر سرآغازه‌های شاخه-زایی محیط‌های کشت در ۱۴ روز نخست در تاریکی و در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد و بعد از آن تحت فتوپریود ۱۵ ساعت نور و نه ساعت تاریکی با شدت نور $38\ \mu M\ m^{-2}\ s^{-1}$ به مدت ۴۶ روز در اتاقک رشد با رطوبت نسبی ۵۵ درصد نگه‌داری شدند. زمانی طول شاخه‌های پرآوری شده به حدود ۲/۵ تا ۳ سانتی متر رسیدند، شاخص‌های ساقه شامل طول و تعداد شاخه، پروتئین‌محلول‌کل، فعالیت‌آنزیم پراکسیداز، کربوهیدرات محلول کل، کاروتنوئید، کلروفیلa، کلروفیلb و کلروفیل کل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

در اندازه‌گیری صفات، طول شاخه و ریشه با خط‌کش با دقت یک میلی‌متر، تعداد شاخه با روش شمارش و برای وزن تر و خشک ریشه با روش خشک کردن با استفاده از آون با دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت (۵) و توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ انجام گرفت.

محیط کشت ریشه‌زایی (آزمایش دوم)

در این آزمایش از محیط کشت پایه MS ۱/۲ حاوی SNP در غلظت‌های صفر، ۷/۴۵، ۱۱/۹۱، ۱۴/۹۰، ۲۲/۳۵ و ۵۷/۸ میلی گرم در لیتر، IBA (یک میلی‌گرم در لیتر)، NAA (۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر) هر کدام به تنهایی و ترکیب (یک میلی‌گرم در لیتر IBA و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر NAA) همراه با سطوح مختلف SNP (۷/۴۵، ۱۱/۹۱، ۱۴/۹۰، ۲۲/۳۵ و ۵۷/۸ میلی گرم در لیتر) به عنوان تیمار آزمایشی مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین به عنوان شاهد از یک میلی گرم در لیتر IBA یا ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA استفاده کردیم. شرایط آزمایش در مرحله ریشه‌زایی همانند مرحله شاخه‌زایی بودند. زمانی که شاخه‌ها به طول ۲/۵ تا ۳ سانتی متر رسیدند

گیاهچه‌ها در شرایط استریل از ظروف کشت خارج و روی محیط کشت ریشه‌زایی قرار داده شدند تا ریشه‌زایی صورت گیرد. در این مرحله شرایط نوری همانند مرحله شاخه‌زایی در نظر گرفته شد. در آزمایش دوم ۶۰ روز بعد از واکشت شاخص‌های ریشه (تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر و وزن خشک ریشه) به عنوان صفات مورد نظر اندازه گیری شدند.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پراکسیداز با روش هیمدا و کلین اندازه‌گیری شد (۱۲). بر اساس این روش ابتدا ۰/۳ گرم بافت تازه برگ در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد سائیده شد. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار HETTCH مدل MICRO ساخت آلمان در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره روشناور حاصل از سانتریفیوژ را با ۲۵۰ میکرولیتر بافر فسفات (pH=۷) ۱۰۰ میلی‌مولار و ۵۰۰ میکرولیتر یدید پتاسیم (KI) یک مولار مخلوط شد. جذب مخلوط حاصله با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV- 2100 مدل S2100 suv NEW JERSEY و در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد.

تعیین غلظت پروتئین‌های محلول کل

به منظور تعیین غلظت پروتئین‌های محلول کل از روش برادفورد استفاده شد (۲). در این روش ابتدا ۰/۵ گرم از هر نمونه برگی توسط ازت مایع در هاون چینی خرد و له شده و سپس به هر نمونه ۵۰ میلی‌گرم پلی وینیل پیرولیدون (PVP) اضافه شد. بعد از آن ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (PH=۷) حاوی سدیم متابای سولفیت (۰/۰۱۹ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بافر) اضافه شد و محتویات هاون به میکرو تیوپ‌های ۲ میلی‌لیتری انتقال داده شد و در سانتریفیوژ یخچال‌دار با دور۱۵۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت. سپس نمونه‌ها به‌آرامی از دستگاه خارج و ۵۰۰ میکرو لیتر از فاز رویی عصاره با ۱۷۵ میکرو لیتر گلیسرول ۵۰ درصد مخلوط و محلول حاصله به میکرو تیوپ‌های ۲۰۰ میکرو لیتری منتقل و در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای قرائت جذب پروتئین ۲۰ میکرو لیتر عصاره با ۵۰۰ میکرو لیتر محلول برادفورد مخلوط شد و ۲ دقیقه پس از اضافه نمودن عصاره به محلول برادفورد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و بر مبنای روش طیف‌سنجی و در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شدند.

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل

کربوهیدرات‌های محلول کل با روش اریگوین و ایمریک اندازه‌گیری شد (۱۴). در این روش ابتدا ۰/۱ گرم از بافت برگ برای هر نمونه توزین و در هاون چینی با ازت مایع له و سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه شد. عصاره رویی را در فالکن ریخته و ته‌مانده برگی را با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد له و به فالکن اضافه شد. نمونه‌ها با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از خارج کردن نمونه‌ها از سانتریفیوژ ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره رویی را برداشته و به آن ۳ میلی‌لیتر آنترون ۷۰ درصد (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۷۲ درصد) اضافه کرده و فالکن‌های حاوی نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرارداده شدند. پس‌از اینکه دمای آن‌ها به دمای محیط رسید ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره و ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول کالیبره (یک میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد + ۳ میلی‌لیتر آنترون) را داخل کووت ریخته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید

جهت تعیین مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید ۰/۱گرم از بافت برگ تازه ریزنمونه در ۱۰ سی‌سی استون ۸۰ درصد و ۰/۱ گرم اکسید منزیم خرد گردید. عصاره بدست آمده به مدت پنج دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. میزان جذب عصاره رو شناور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد(۱۸). در نهایت غلظت کلروفیل a, b, کل و کاروتنوئید با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

$Chl_a(mgml^{-1}) = (12.25\times A\ 663)-(2.79\times A\ 646)$

$Chl_b\ (mgml^{-1}) = (21.21\times A\ 646)-(5\times A\ 663)$

$Ch_{total}\ (mgml^{-1}) = Chl_{a+}\ Chl$

$Cartenoid\ (mgml^{-1}) = ((1000\times A\ 470)-(1.8\times\ Chl_a)-(85.02\times\ Chl_b))/198$

تجزیه‌های آماری

هر دو آزمایش شاخه‌زایی و ریشه‌زایی به روش فاکتوریل و بر پایه طرح کاملا تصادفی انجام گردید. در هر دو آزمایش ژنوتیپ‌ها و سطوح مختلف SNP همراه با تنظیم کننده‌های رشد به عنوان فاکتورهای آزمایش در نظر گرفته شدند. در آزمایش اول (شاخه‌زایی) برای هر تیمار ۱۶ ریزنمونه (چهار تکرار و در هر تکرار چهار ریزنمونه) و در آزمایش دوم (ریشه‌زایی) برای هر تیمار ۱۲ ریزنمونه (چهار تکرار و در هر تکرار سه ریزنمونه) مد نظر قرار گرفت.

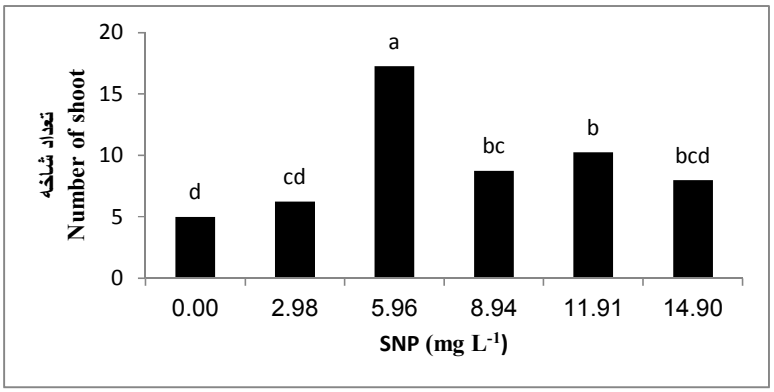
در آزمایش‌ها برای نرمال کردن داده‌ها از جذر داده‌ها استفاده شد. بنابراین از حروف معنی‌داری داده‌های تبدیل‌شده و میانگین داده‌های اصلی استفاده شد. داده‌ها بوسیله آنالیز واریانس یکطرفه با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C ver. 10.2 با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد آنالیز قرار گرفتند. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excle 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

این تحقیق جهت بررسی تاثیر سدیم نیتروپروساید (SNP) و تنظیم‌کننده‌های رشد بر روی ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی گیاهچه‌های پرآوری‌شده و ریشه‌زایی آنها انجام شد.

پرآوری در شرایط کشت بافت

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که طول شاخه در دو پایه تفاوت معنی‌داری داشتند، همچنین تیمار SNP بر تعداد شاخه اثر معنی‌دار داشت، در حالیکه تیمار SNP بر طول شاخه و نیز اثر متقابل آن‌ها بر طول و تعداد شاخه معنی‌دار نبود. همچنین اثر SNP روی شاخه باززایی شده بررسی و مشخص گردید که میانگین تعداد شاخه تحت تأثیر غلظت ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر SNP ۳/۱۵ برابر بیشتر از شاهد بود. در غلظت‌های بیشتر از ۵/۹۶ میلی‌گرم در لیتر SNP شاخه‌زایی روند ثابتی داشت و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید (اشکال۱ و ۲).



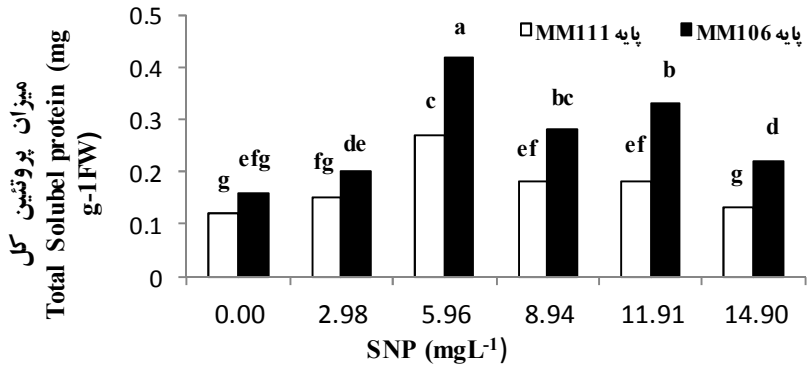
شکل ۱- اثر SNP بر میانگین تعداد شاخه باززایی شده در پایه‌های سیب MM111 و MM106 تحت شرایط درون شیشه‌ای
Figure 1- SNP effect on number of regenerated shoot in MM111 and MM106 apple rootstocks under *in vitro* condition (Duncan's multiple range test, $p<0.05$)

شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف SNP بر روی تعداد شاخه بازایی شده سیب پایه MM111؛ a: غلظت ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر SNP ، b: غلظت ۱۱/۹۱میلی گرم در لیتر SNP. c: تیمار شاهد (بدون کاربرد SNP)
Figure 2- SNP different concentration effects on number of regenerated shoot in MM111apple rootstock. a: 5.96 mgL^{-1} SNP concentration, b: 11.91 mgL^{-1} SNP concentration, c: control (no application SNP)

همسو با نتایج محققان دیگر (۱۱) ازدیاد گیاهچه‌های سیب به طور چشمگیری با کاربرد ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر SNP در محیط کشت MS افزایش یافت. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که SNP به عنوان یک ماده رها کننده NO می‌تواند نقش موثری در پرآوری سیب داشته باشد. شاید با حضور SNP، سطح آنتی اکسیدانتهای غیر آنزیمی درون سلولی مانند پرولین و گلوتاتیون به طور قابل توجهی افزایش یابد (۱۵). NO ممکن است در تقسیم سلولی نقش بازی کند، بنابراین در باززایی شاخه جانبی و ازدیاد آن شرکت می‌نماید (۱۱). لذا کاربرد SNP به عنوان رهاکننده NO ممکن‌است ازدیاد گونه‌های گیاهی را بهبود بخشد. افزایش تمایزیابی مریستم‌ها در محیط کشت حاوی SNP توسط محققین مختلف گزارش شده است (۲۳، ۲۵) که نشان دهنده تنظیم ژن‌های تنظیم‌کننده سیکل سلولی و پروتئین کینازهای فعال‌شده در اثر میتوژن به وسیله NO است (۲۳). طبق نتایج این پژوهش طول شاخه‌های باززایی شده در پایه MM106 بطور معنی‌داری بیشتر از MM111 بود.

محتوی پروتئین‌های محلول کل

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر ساده تیمار SNP و پایه سیب در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پایه و غلظت SNP بر روی محتوی پروتئین‌های محلول کل در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. مقدار پروتئین‌های محلول کل در تیمار۵/۹۶ میلی‌گرم در لیتر SNP روی سیب پایه MM106 در مقایسه با تیمارهای دیگر به طور معنی‌داری (P≤%5) بیشتر بود. کمترین نسبت محتوی پروتئین‌های محلول کل به تیمار سیب پایه MM111 در تیمارهای صفر، ۲/۹۸ و ۱۴/۹۰ میلی‌گرم در لیتر SNP مربوط بود (شکل ۳). بالاترین میزان پروتئین در پایه MM111 نیز در غلظت ۵/۹۶ میلی‌گرم در لیتر SNP مشاهده شد. هر دو پایه سیب نسبت به تیمارهای مختلف SNP روند واکنشی یکسانی نشان دادند و با افزایش غلظت SNP تا سطح ۵/۹۶ میلی‌گرم در لیتر محتوی پروتئین‌های محلول کل افزایش، ولی با بیشتر شدن غلظت SNP مقدار پروتئین محلول کل در هر دو پایه روند کاهشی نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پایه و SNP بر محتوی پروتئین‌های محلول کل پایه‌های سیب MM111 و MM106 در شرایط درون‌شیشه‌ای

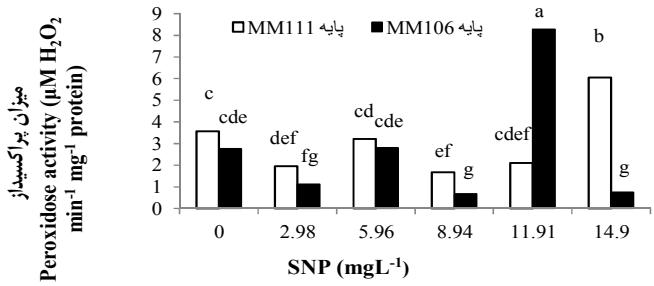
Figure 3- Mean comparison of Interaction between rootstock and SNP on total soluble protein in MM111and MM106 apple rootstocks in *in vitro* condition (Duncan's multiple range test, *p<0.05*)

نیترات ردوکتاز نقش مهمی در سنتز پروتئین دارد. کاربرد SNP فعالیت نیترات ردوکتاز را افزایش می‌دهد (۲۴). NO با کاهش گونه‌های فعال اکسیژن باعث جلوگیری از آسیب به پروتئین‌ها می‌شود (۲۶و ۲۷). نتایج ما نشان داد که کاربرد SNP به طور کلی صرف نظر از غلظت آن سبب افزایش محتوی پروتئین‌های محلول کل می‌شود (شکل ۳). شاید علت این باشد که رهاکننده‌های نیتریک اکسید، ۳-مورفولینوسیدنونیمین (که رهاکننده ONOO- است) و S-نیتروزوسیستئین، از فسفوریلاسیون درون‌شیشه‌ای پروتئین بدون بازدارندگی از تجزیه پروتئین جلوگیری می‌کنند. (۱). که این عامل خود می‌تواند موجب افزایش غلظت پروتئین در گیاه شود. در این تحقیق مشخص شد که غلظت‌های مختلف SNP اثرات متفاوتی بر روی پایه‌های مورد مطالعه داشته است. این عمل می‌تواند نتیجه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط‌کشت باشد که اثرات آن بر واکنش‌های فیزیوولوژیکی در گیاه انعکاس یافته و تغییرات فنوتیپی متفاوتی را ایجاد می‌کند.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

بر اساس نتایج بدست آمده اثر ساده تیمار SNP و پایه سیب و نیز اثر متقابل پایه و غلظت SNP بر روی میزان پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در پایه MM106 فعالیت آنزیم پراکسیداز در غلظت ۱۱/۹۱میلی‌گرم در لیتر SNP در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی‌داری (P≤%1) بیشتر بود. در بین تیمارهای آزمایش، کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر دو پایه در غلظت۸/۹۴ میلی‌گرم در لیتر SNP مشاهده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز در پایهMM111 به طور متوسط حدود ۱۳ درصد بیشتر از پایه MM106 بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز در غلظت۱۴/۹۰میلی گرم در لیتر SNP نسبت به تیمار شاهد در پایه MM111 به طور معنی‌داری بیشتر بود، در حالی‌که فعالیت این آنزیم در پایه MM106 نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری داشت (شکل۴). اثر تیمارهای مختلف SNP از غلظت صفر تا ۸/۹۴ میلی-گرم در لیتر در هر دو پایه بر روی فعالیت آنزیم پراکسیداز روند

کاهشی نشان داد، اما در غلظت‌های بالاتر تاثیر SNP متفاوت از تیمارهای دیگر بود، به طوری که در غلظت‌های ۱۱/۹۱ و ۱۴/۹ میلی‌گرم در لیتر پایه‌های MM111 و MM106 واکنش‌های معکوسی نشان دادند بطوریکه بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز داشتند (شکل ۴).



شکل٤- اثر متقابل پایه × SNP بر فعالیت آنزیم پراکسیداز روی پایه‌های سیب MM111 وMM106 تحت شرایط درون‌شیشه‌ای

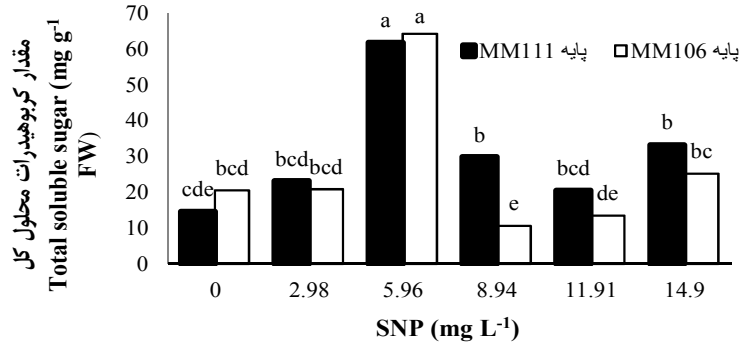
Figure 4- Interaction effect of rootstock ×SNP on peroxidase enzyme activity in MM111and MM106 apple rootstocks in *in vitro* condition(Duncan's multiple range test, $p<0.05$)

اثرات منفی تجمع انواع اکسیژن فعال ناشی از تنش‌ها، توسط سیستم‌های آنزیمی ضداکسایشی نظیر پراکسیداز (POD) خنثی می‌شود (۲۶). در تحقیق ما مشخص شد که غلظت‌های مختلفSNP تاثیرات متفاوتی بر روی میزان این آنزیم دارد (شکل۴). نیتریک اکسید ممکن است در افزایش محتوی آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیداتیوی درگیر باشد (۱۱). محققین دیگری بیان داشته‌اند که SNP با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در کلروپلاست‌ها می‌گردید (۸). نتایج تحقیق ما نشان داد که تاثیرات SNP بر روی فعالیت آنزیم پراکسیداز تاحدود زیادی وابسته به ژنوتیپ و غلظت SNP می‌باشد. در این تحقیق غلظت‌های مختلف نیتریک‌اکسید اثرات مختلفی بر روی دو پایه MM106 وMM111 داشتند. به طوری که موثرترین غلظت SNP در افزایش میزان پراکسیداز در پایه MM106 ۱۱/۹۱میلی گرم در لیتر و در پایه MM111 ۱۴/۹۰میلی گرم در لیتر بود. اختلاف مشاهده شده در نتایج بدست آمده می‌تواند به دلیل اثر متقابل بین تیمار و ژنوتیپ باشد. نتایج این تحقیق با نتایج (ساروپولو، ۲۰۱۴؛ کالرا و بابار، ۲۰۱۰) همسو بود (۱۶ و ۲۵).

مقدارکربوهیدرات‌های محلول کل

بر اساس نتایج بدست آمده اثر ساده تیمار SNP در سطح احتمال ۵ درصد، پایه سیب در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پایه و غلظت SNP در سطح احتمال ۵ درصد بر روی مقدار کربوهیدرات-های محلول کل معنی‌دار بود. مطابق نتایج حاصله بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل به غلظت ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر SNP مربوط می‌شود. کمترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل به تیمار۱۱/۹۱میلی‌گرم در لیتر SNP اختصاص داشت. مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل در هر دو پایهMM111 و MM106 با کاربرد ۵/۹۶ میلی‌گرم در لیتر SNP در مقایسه با تیمارهای دیگر ($P\leq\%5$) بیشتر بود (شکل ۵). در پایهMM111 کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول کل در تیمارهای شاهد و ۱۱/۹۱ میلی گرم در لیتر بدست آمد، اما در پایه MM106 پایین‌ترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول کل مربوط به تیمارهای ۸/۹۴ و ۱۱/۹۱ میلی‌گرم در لیتر بود. تاثیر غلظت‌های مختلف SNP بر روی مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل در هر دو پایه تقریبا با افزایش SNP تا ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر میزان کربوهیدرات افزایش و سپس این میزان کاهش یافت. صرف نظر از غلظت ۸/۹۴ میلی‌گرم در لیتر که مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل در پایه MM111 به طور معنی-داری بیشتر از MM106 بود، در بقیه تیمارها عکس العمل پایه ها نسبت به غلظت‌های مختلف SNP یکسان بود (شکل ۵).

نتایج این تحقیق بیان می‌کند که تغییرات کربوهیدرات تحت تاثیر مقدار NO آزاد شده در گیاه می‌باشد. اما این تاثیرات روند مشخصی نداشت. شاید این تاثیرات وابسته به ژنوتیپ و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه باشد. تغییر مقدار قند ممکن است یک سیگنال برای تنظیم متابولیکی باشد (۹). NO باعث اختلال در انتقال الکترون فتوسنتزی شده و منجر به تشکیل رادیکال‌های سوپراکسید (O_2^-) می‌شود (۱۹). افزایش عملکرد فتوسنتزی تولید کربوهیدرات را تحریک می‌کند (۱۹). نتایج ما نیز نشان داد که استفاده از NO به عنوان یک محرک در سنتز کربوهیدرات می‌تواند نقش تحریک کننده‌ای داشته باشد، اما شدت این تاثیرات همبستگی بالایی با غلظت آن در گیاه ندارد.



شکل۵- اثر متقابل پایه × غلظت SNP بر مقدارکربوهیدرات‌های محلول کل پایه‌های سیب MM111 و MM106 در شرایط درون‌شیشه‌ای
Figure 5- Interaction effect of rootstock ×SNP on total soluble hydrocarbon in MM111and MM106 apple rootstocks in *in vitro* condition (Duncan's multiple range test, *p<0.05*)

مقدارکاروتنوئید

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار SNP، پایه سیب و نیز اثر متقابل پایه و سطوح مختلف SNP بر مقدار کاروتنوئید بطور معنی‌داری موثر است. براساس نتایج بدست آمده میزان کاروتنوئید در پایه MM106 به طور معنی‌داری (P≤%1) بیشتر از پایه MM111 بود. مقدار کاروتنوئید پایه MM106 ۰/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر بود که حدود دو برابر بیشتر از پایه MM111 (۰/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود. میزان کاروتنوئید در غلظت‌های ۲/۹۸و ۱۴/۹۰ میلی گرم در لیتر SNP (به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۳۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی‌داری (P≤%1) کمتر بود. در هر دو پایه بیشترین غلظت کاروتنوئید در تیمارهای صفر، ۸/۹۴ و ۱۱/۹۱(به ترتیب با میانگین ۰/۴۷، ۰/۴۶ و ۰/۴۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بدست آمد. ماده SNP بر مقدار کاروتنوئید در هر دو پایه موثر بود، اما تاثیر غلظت‌های مختلف آن بر مقدار کاروتنوئید از روند مشخصی برخوردار نبود.

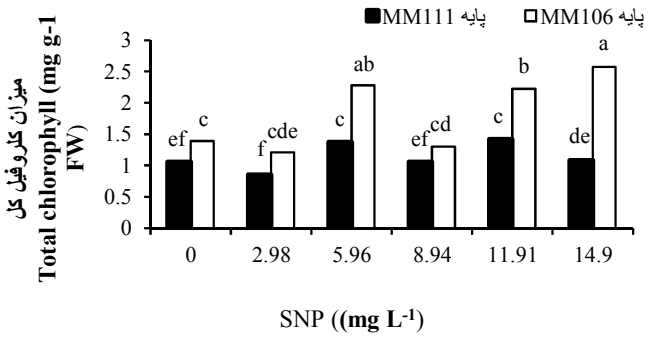
میزان کلروفیل کل

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار SNP، پایه سیب و نیز اثر متقابل پایه و سطوح مختلف SNP بر مقدار کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری موثر است. مقدار کلروفیل کل در تمام سطوح تیماری در پایه MM106 به‌طور معنی‌داری بیشتر از پایه MM111 بود. مقدار کلروفیل کل تحت تاثیر غلظت‌های غلظت‌های ۵/۹۶ و ۱۴/۹۰ میلی گرم در لیتر SNP بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۶). بیشترین مقدار کلروفیل کل در پایه MM106 تحت تیمار SNP با غلظت‌های ۵/۹۶ و ۱۴/۹۰میلی گرم در لیتر مربوط بود. میانگین مقدار کلروفیل کل در هر دو پایه MM111 و MM106 در تیمارهای صفر، ۲/۹۸و ۸/۹۴ میلی گرم در لیتر SNP کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۶). در رقم MM106 تقریبا در سطوح بالا تر از ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر میزان کلرفیل کل افزایش یافت، اما رقم دیگر روند منطقی نداشت (شکل ۶).

طبق نتایج این تحقیق در مجموع مقدار کلروفیل کل در پایه MM106، ۶۱ درصد بیشتر از پایه MM111 بود. به نظر می‌رسد SNP باعث افزایش کلروفیل می‌شود. نتایج ما نشان داد که مقدار کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b در هر دو پایه سیبMM111 و MM106 تحت تاثیر SNP قرار گرفته و به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. همسو با نتایج ما محققان دیگر بیان داشته‌اند که تیمار SNP مقدار کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت chl. a/b را افزایش می‌دهد (۱۶).

نتایج بدست آمده نشان داد که میزان این رنگیزه‌ها تا حدود زیادی تابع ژنوتیپ است. گزارش شده است که قابلیت دسترسی به آهن در صورت وجود NO افزایش می‌یابد (۸). نویسندگان دیگر نشان داده‌اند که NO محتوای رنگریزه فتوسنتزی را در برگ افزایش می‌دهد (۲۷). وجود کاروتنوییدها و دیگر مولکول‌های باند شده می‌تواند تولید NO را شتاب بخشد (۷). طبق نتایج ما مقدار افزایش کاروتنوئید در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بوده و تجمع رنگیزه کاروتن تحت تاثیر غلظت‌های مختلف SNP می باشد، اما میزان آن از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. NO دامنه وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله پروتئین‌ها و ترکیبات فتوسنتزی را تحت تاثیر قرار می‌هد (۲۴). این مولکول از مسیرهای مختلف آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاهان تولید و در سنتز سیتوکنین‌ها (کینتین) نقش دارد

(۲۹). اگرچه در شرایط درون شیشه‌ای میزان فتوسنتز کم است، اما با ساخته شدن ترکیبات پروتئینی و سیتوکنینی تقسیم سلولی و در نهایت پرآوری گیاهچه صورت می گیرد.



شکل٦- اثر متقابل بین پایه × SNP بر مقدار کلروفیل کل در پایه‌های سیب MM111 و MM106 در شرایط درون شیشه‌ای

Figure 6- Interaction effect on rootstock ×SNP on total chlorophyll in MM111and MM106 apple rootstocks in *in vitro* condition (Duncan's multiple range test, $p<0.05$)

ریشه‌زایی گیاهچه‌های باززایی شده

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تیمارهای ریشه‌زایی و ژنوتیپ و نیز اثر متقابل آنها در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. طبق نتایج به دست آمده طول ریشه در غلظت‌های ۷/۴۵، ۱۱/۹۱ و ۱۴/۹۰میلی گرم در لیتر SNP (به ترتیب ۵/۷۵، ۷/۰۰ و ۵/۱۶ سانتی‌متر) نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی بیشتر بود. کمترین میانگین طول ریشه به تیمار شاهد (صفر میلی گرم در لیتر SNP) مربوط بود (جدول ۱).

در این تحقیق میانگین تعداد ریشه‌های تولید شده تحت تاثیر تیمارهای ریشه‌زایی روند نامنظمی داشتند. کمترین تعداد ریشه در تیمارهای شاهد (۰/۰۱ عدد) و ۵۷/۸۰ میلی‌گرم در لیتر SNP (۲ عدد) مشاهده گردید. بیشترین تعداد ریشه در تیمارهای۱۴/۹ میلی‌گرم در لیتر SNP به همراه یک میلی‌گرم در لیتر IBA و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و نیز ۲۲/۳۵میلی میلی گرم در لیتر SNP به همراه یک میلی‌گرم در لیتر IBA ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA بدست آمد (جدول ۱). تقریبا در تمام تیمارهای SNP با افزایش آن تعداد ریشه، طول ریشه و وزن خشک آن کاهش یافت، اما اضافه شدن ترکیب هورمونی به SNP باعث بروز نتایج متنوعی شد. با این حال بیشترین تعداد ریشه در محیط کشت حاوی ترکیب هورمونی و مقدار ۱۱/۹۱و ۲۲/۳۵ میلی گرم در لیتر SNP بدست آمد (جدول ۱). در کلیه تیمارها حضور کالوس بر روی ریشه‌های اصلی مشاهده شد (شکل ۷).

شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف SNP بر ریشه‌زایی پایه‌های سیب MM111 و MM106 روی محیط کشت MS ½حاوی یک میلی‌گرم در لیتر IBA و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA ؛ a، تعداد ریشه در پایه MM 111 روی محیط کشت حاوی ۱٤/۹۱ میلی گرم در لیتر SNP، b: تعداد ریشه در پایه MM106 روی محیط کشت حاوی ۲۲/۳۵میلی گرم در لیتر SNP، c: تعداد ریشه در پایه MM111 روی محیط کشت حاوی یک میلی‌گرم در لیتر IBA به تنهایی

Figure 7- Effect of different concentrations of SNP on root regeneration of MM111and MM106 rootstocks on ½ MS basal medium supplemented with 1 mgL^{-1} IBA + 0.01 mgL^{-1} NAA, a: root number in MM 111 apple rootstock on basal medium supplemented with 11.91 mgL^{-1} SNP, b: root number in MM106 on basal medium supplemented with 22.35 mgL^{-1} SNP, c: root number in MM111 on basal medium supplemented with1 mgL^{-1} IBA alone

سیب از گونه‌های چوبی سخت ریشه‌زا است که تنظیم کننده‌های رشد گیاهی تا حدود کمی بر روی ریشه‌زایی آن تاثیر می‌گذارند. اما SNP به عنوان ماده آزاد کننده NO به تنهایی و یا همراه با تنظیم کننده‌های رشد تاثیر زیادی روی ریشه‌زایی ریز قلمه‌های سیب گذاشته است. احتمالاً NO انتقال سیگنال‌دهی هورمون‌های گیاهی در رشد و توسعه گیاه را میانجیگری می‌کند (۲۳). در هنگام شروع تشکیل پریموردیای ریشه‌های جانبی، NO بیان ژن‌های CYCD3:1 و KRP2 را القاء می‌کند (۶). NO ممکن است با اکسین و سایتوکینین واکنش دهد که نشان‌دهنده تنظیم ژن‌های تنظیم کننده سیکل سلولی و پروتئین کینازهای فعال شده در اثر میتوژن به وسیله NO است (۲۷). NO می‌تواند به عنوان یک سیگنال در آبشار سیگنالدهی القاء شده توسط اکسین که منجر به توسعه ریشه‌های نابجا می شود، عمل کند (۲۷).

نتایج این تحقیق نشان داد که SNP تاثیر زیادی بر روی طول ریشه‌های ریزقلمه داشته است. در راستای این تحقیق نتایج مختلف نیز نشان می‌دهند که NO روی طویل‌شدن نوک ریشه اثر مثبتی دارد و نیتریک‌اکسید در انتقال سیگنال هورمون‌های گیاهی موثر در رشد و نمو گیاه نقش دارد. بنابراین، نیتریک اکسید خارجی نقشی کلیدی در توسعه ریشه‌های جانبی گیاه بازی می‌کند (۱۳). این تحقیق نشان داد که حضور SNP و اکسین در کنار هم عوامل موثری در ریشه‌زایی می‌باشند. حضور NO در فرایند وابسته به اکسین در بخش‌های ریشه ذرت که در معرض رهاکننده‌های NO قرارگرفته بودند گزارش شده است (۱۰). رهاکننده‌های NO از اثرات اکسین تقلید می‌کند (۳). بنابراین NO به عنوان یک نیاز ضروری برای تشکیل پریموردیای ریشه‌ها عمل می‌کند (۳).

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف IBA، NAA و SNP بر روی صفات موفولوژیکی پایه‌های سیب MM111 و MM106 در شرایط درون شیشه‌ای
Table 1- different concentration effects of NAA, IBA and SNP on morphological traits of MM111 and MM106 rootstocks in *in vitro* condition

تیمار Treatment (mg L^{-1})	وزن خشک Dry weight (g)	طول ریشه Root length (cm)	تعداد ریشه Root number
(0) SNP	0.01^{i}	0.02^{g}	0.01^{g}
(7.45) SNP	0.09^{a}	5.75^{ab}	5.17^{bc}
(11.91) SNP	0.07^{b}	7.00^{a}	4.56^{c}
(14.90) SNP	0.06^{c}	5.16^{abc}	3.22^{e}
(22.35) SNP	0.03^{d}	3.53^{cde}	3.58^{d}
(57.80) SNP	0.07^{b}	4.68^{bcd}	2.00^{f}
A + SNP (7.45)	0.02^{e}	3.47^{def}	5.78^{b}
A + SNP (11.91)	0.03^{d}	2.39^{f}	6.50^{ab}
A + SNP (14.90)	0.04^{d}	4.25^{bcd}	4.22^{c}
A + SNP (22.35)	0.014^{ef}	3.66^{cde}	6.96^{a}
A + SNP (57.80)	0.044^{cd}	4.48^{bcd}	5.11^{bc}
NAA (0.01)	0.054^{c}	2.69^{f}	4.33^{c}
IBA (1)	0.064^{b}	3.79^{cde}	3.17^{e}

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد درصد بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.
Mean values are followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$by the Duncan's multiple range test.

A: IBA (1 mg L^{-1}) +NAA (0.01 mg L^{-1})

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ($P\leq\%1$) میانگین وزن خشک در تیمار ۷/۴۵ میلی گرم در لیترSNP نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین مقدار بود. کمترین میانگین وزن خشک ریشه به تیمارهای شاهد و ۲۲/۳۵ میلی‌گرم در لیتر SNP همراه با یک میلی‌گرم در لیتر IBAو ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر NAA مربوط بود. در مجموع تنظیم کننده‌های رشد نسبت به ترکیب آنها با SNP تاثیر بیشتری بر روی تجمع ماده خشک ریشه داشتند، تقریبا در تمام تیمارهای SNP با افزایش آن وزن خشک ریشه کاهش یافت، اما اضافه شدن ترکیب هورمونی به SNP باعث بروز نتایج متنوعی شد. با این حال بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در محیط کشت حاوی ۷/۴۵ میلی گرم در لیتر SNP بدست آمد (جدول ۱).

کاربرد SNP باعث افزایش تجمع ماده خشک در قسمت‌های مختلف گیاهان می‌شود (۴). NO باعث افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ و در نتیجه باعث افزایش مواد اسیمیلاسیون می‌گردد که در هنگام انتقال آنها به ریشه منجر به افزایش وزن خشک ریشه می‌گردد. به نظر می‌رسد که به علت حضور SNP، تغییراتی در سطح هورمون‌های گیاهی در مراحل مختلف توسعه‌ای اتفاق می‌افتد، و این تغییرات احتمالاً باعث شروع فرایندهای متابولیکی برای توسعه ریشه و تجمع ماده خشک می‌شود (۴). اما در این تحقیق SNP همراه با تنظیم کننده‌های رشد نتوانست با عث افزایش ماده خشک گردد. احتمالا این موضوع به ژنوتیپ گیاه مرتبط است.

نتیجه گیری کلی

پاسخ ریزنمونه‌ها به باززایی و پرآوری و برخی صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی بسته به غلظت SNP متفاوت است. این ماده اثرات مثبتی روی صفاتی مانند شاخه‌زایی، محتوی پروتئین‌های محلول کل و مقدار کربوهیدراتهای محلول کل دارد. بر اساس نتایج بدست آمده غلظت ۵/۹۶ میلی گرم در لیتر SNP نسبت به سایر تیمارها بر روی صفات تعداد شاخه و مقدار کربوهیدارت‌های محلول کل مطلوب‌ترین تیمار بود. غلظت‌های ۱۱/۹۱ و ۲۲/۳۵ میلی گرم در لیتر SNP به همراه ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر همراه با IBA یک میلی‌گرم در لیتر NAAنسبت به سایر تیمارها مناسب‌ترین تیمار برای افزایش تعداد ریشه نابجا بود. اما بیشترین طول ریشه در غلظت‌های ۷/۴۵، ۱۱/۹۱ و ۱۴/۹۰ میلی گرم در لیتر SNP به تنهای به دست آمد. بر اساس نتایج این تحقیق اثر SNP و تنظیم کننده‌های رشد بر تعداد و طول ریشه در شرایط درون‌شیشه‌ای بستگی به نوع ژنوتیپ دارد. در این آزمایش ژنوتیپ MM106 نسبت به MM111 از نظر واکنش به تنظیم‌کننده رشد عکس‌العمل مناسبتری نشان داد. بنابر این ماده SNP به عنوان آزاد کننده NO می‌تواند گیاه را از نظر فیزیولوژیکی در مسیری قرار دهد که بتواند پتانسیل باززایی اندام‌ها را بروز دهد، و این پتانسیل بستگی به غلظت SNP و نوع ژنوتیپ دارد.

منابع

1- Booij-James I.S., Edelman M. and Mattoo A.K. 2009. Nitric oxide donor-mediated inhibition of phosphorylation shows that light-mediated degradation of photosystem II D1 protein and phosphorylation are not tightly linked. Planta, 229:1347-1352.
2- Bradford M.M. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72:248-254.
3- Chen Y.H., Chao Y.Y., Hsu Y.Y., Hong C.Y. and Kao C.H. 2012. Hemeoxygenase is involved in nitric oxide- and auxin-induced lateral root formation in rice. Plant Cell Reports, 31:1085–1091.
4- Chohan A., Parmar U. and Raina S.K. 2012. Effect of sodium nitroprusside on morphological characters under chilling stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Environmental Biology, 33:695-698.
5- Correa-Aragunde N., Graziano M. and Lamattina L. 2004. Nitric oxide plays a central role in determining lateral root development in tomato. Planta, 218:900–905.
6- Correa-Aragunde N., Graziano M., Chevalier C. and Lamattina L. 2006. Nitric oxide modulates the expression of cell cycle regulatory genes during lateral root formation in tomato. Journal of Experimental Botany, 57:581–588.
7- Cui X.M., Zhang Y.K., Wu X.B. and Liu C.S. 2010. The investigation of the alleviated effect of copper toxicity by exogenous nitric oxide in tomato plants. Plant Soil Environment, 56:274–281.
8- Gao Z., Lin Y., Wang X., Wei M., Yang F. and Shi Q. 2014. Sodium nitroprusside (SNP) alleviates the oxidative stress induced by $NaHCO_3$ and protects chloroplast from damage in cucumber. African Journal of Biotechnology, 11:6974-6982.
9- Gibson S.I. 2005. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. Current Opinion in Plant Biology, 8:93-102.
10- Gouvea C.M.C.P., Souza J.F., Magalhas A.C.N. and Martins I.S. 1997. NO releasing substances that induce growth elongation in maize root segments. Plant Growth Regulator, 21:183–187.
11- Han X., Yang H., Duan K., Zhang X., Zhao H., You S. and Jiang Q. 2009. Sodium nitroprusside promotes multiplication and regeneration of *Malus hupehensis in vitro* plantlets. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 96:29–34.
12- Hemeda H.M. and Kelin B.P. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. Journal of Food Science, 55:184-185.
13- Huang A.X. and She X.P. 2003. Effect of SNP on Rhizogenesis of hypocotyls cutting from mung bean seedling. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 23:2196–2199. (in Chinese with English abstract).
14- Irigoyen J.J., Emerich D.W. and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Journal of Plant Physiology, 84:55-60.
15- Jhanji S., Setia R.C., Kaur N., Kaur P. and Setia N. 2012. Role of nitric oxide in cadmium-induced stress on growth, photosynthetic components and yield of *Brassica napus* L. Journal of Environmental Biology, 33:1027-1032.
16- Kalra C. and Babbar S.B. 2010. Nitric oxide promotes in vitro organogenesis in *Linum usitatissimum* L. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 103:353–359.
17- Kolberz Z., Bartha B. and Erdei L. 2008. Exogenous auxin-induced NO synthesis is nitrate reductase-associated in Arabidopsis thaliana root primordial. Journal of Plant Physiology, 65:967–975.
18- Lichtenthaler H.K. and Buschmann C. 2001. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids.

Food Analytical Chemistry, F4. 2.1-F4. 2.6.
19- Molnár Z., Virág E. and Ördög V. 2011. Natural substances in tissue culture media of higher plants. Acta Biologica Szegediensis, 55:123-127.
20- Murashige T. and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiology of Plant, 15:473-497.
21- Neill S.J. and Hancock J.T. 2003. Nitric oxide signaling in plants. New Phytology, 159:11–35.
22- Pagnussat G.C., Lanteri M.L. and Lamattina L. 2003. Nitric oxide and cyclic GMP are messengers in the indole acetic acid-induced adventitious Rhizogenesis process. Plant Physiology, 132:1241–1248.
23- Pagnussat G.C., Lanteri M.L., Lombardo M.C. and Lamattina L. 2004. Nitric oxide mediated the indole acetic acid induction activation of a mitogen-activated protein kinase cascade involved in adventitious root development. Plant Physiology, 135:279–286.
24- Procházková D., Haisel D., Wilhelmová N., Pavlíková D. and Száková J. 2013. Effects of exogenous nitric oxide on photosynthesis. Photosynthetica, 51(4):483-489.
25- Sarropoulou V., Dimassi-Theriou K. and Therios I. 2014. *In vitro* plant regeneration from leaf explants of the cherry rootstocks CAB-6P, Gisela 6, and MxM 14 using sodium nitroprusside. In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant, 50:226-234.
26- Sarvajeet S.G. and Narendra T. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48:909–930.
27- Tan C.B., Chin C.F. and Alderson P. 2013. Effects of sodium nitroprusside on shoot multiplication and regeneration of *Vanilla planifolia* Andrews. *In vitro* Cellular and Developmental Biology - Plant, 49:626-630.
28- Tavallali V. and Rahemi M. 2007. Effects of Rootstock on Nutrient Acquisition by Leaf, Kernel and Quality of Pistachio (*Pistacia vera* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2:240-246.
29- Xu, J., Yin H., Wang W., Mi Q. and Liu, X. 2009. Effects of sodium nitroprusside on callus induction and shoot regeneration in micropropagated *Dioscorea opposita*. Plant Growth Regulation. 59:279–285.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 65-77
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۷۷-۶۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Study of Nitric Oxide (NO) Effect on Proliferation and Rhizogenesis of the MM106 and MM111 Apple Rootstocks Micro Cutting under *In vitro* Conditions

S. M. H. Hayatolgheibi[1]- A. A. Mozafari[2*]

Received: 28-01-2018
Accepted: 29-01-2019

Introduction: The major problem in apple well-known rootstocks is lack of protocols for fast propagation under in vitro condition. Nitric oxide (NO) has been received the great encouragement and more attention in the recent years for its key signaling role. Nitric oxide plays a vital role in the growth and development of plants, including stimulating the seed germination and seedlings growth as well as delaying in the senescence process.

In previous studies, the application of sodium nitroprusside (SNP), as NO-releasing agent, in combination with different plant hormones under in vitro conditions showed that, The application of 30 µM SNP significantly increased shoot multiplication (9.4 shoots per explant) and the use of 100 µM SNP induced rhizogenesis (2.1 roots per explants) of apple micro cutting. Accordingly, the current study attempted to investigate the effects of SNP treatments in combination with NAA and BA on the regeneration of adventitious shoots and in combination with IBA and NAA on rhizogenesis of micro cuttings in MM111 and MM106 apple rootstocks, , under in vitro conditions.

Materials and Methods: The current study was conducted to investigate the effects of SNP alone and in combination with different types of growth regulators (IBA, NAA and BA) on the morpho-physiological characteristics of Malling Merton 111 (MM111) and Malling Merton 106 (MM106) micro cuttings under in vitro conditions. MM111 and MM106 that growth under in vitro conditions were already used with about 2.5 cm length as the plant's sources. This research was carried out in the frame of two separate experiments (proliferation and rhizogenesis). For the proliferation, the MS medium supplemented with different concentrations of SNP (0.0, 2.96, 5.98, 8.94, 11.91 and 14.90 mg L^{-1}) used as treatments. For the rhizogenesis, the ½ MS medium supplemented with different concentrations of SNP (0, 7.45, 14.90, 22/35 and 57.80 mg L^{-1}) alone and combined with 1 mg L^{-1} IBA and 0.01 mg L^{-1} NAA was used. In the first experiment, characteristics such as shoot length, number of shoots, total soluble proteins and carbohydrates content, peroxidase activity, carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b as well as total chlorophyll content were measured. In the rhizogenesis experiment, root length, fresh and dry weight of roots, as desirable characteristics, were measured. In both experiments, the treatments were arranged in a completely randomized factorial design with four replicates. Four and three explants were used in each replication for proliferation and rhizogenesis experiments, respectively.

Results and Discussion: In the proliferation experiment, the number of shoots under 5.98 mg L^{-1} SNP was significantly higher than other treatments. The experimental treatments did not have a significant effect on the shoots length. Since nitric oxide may play a role in cell division, so it participates in the regeneration of the lateral branches and caused their proliferation (11). The results showed that total chlorophyll and carbohydrate contents in MM106 rootstock were significantly higher than MM111. The highest total chlorophyll content was observed in 5.98 and 14.90 mg L^{-1} SNP treatments and the maximum soluble carbohydrates was obtained in 2.96 mg L^{-1} SNP treatment. Shoot regeneration under SNP treatments had a relatively high correlation with the amount of soluble proteins and carbohydrates. In the rhizogenesis experiment, the root length at 5.98, 11.91 and 14.90 mg L^{-1} SNP treatments were significantly different from other treatments. The lowest root number was observed in the absence of SNP. The previous literature indicated that NO induces the CYCD3:1 gene and caused the expression of the anti-CDK inhibitor KPP2 gene at the onset of the formation of peripheral lateral root, and the genetic regulators of auxin-dependent cell cycle is directly related to NO. Also, our results showed that root fresh weight under 5.98 and 14.90 mg L^{-1} SNP treatments was significantly higher than other treatments, and the highest root dry weight was obtained in 5.98 mg L^{-1} SNP in comparison to other treatments. Based on the results it may be assumed that presence of SNP causes changes in the level of plant hormones at different stages of development, which is probably resulted in starting metabolic processes for root development and dry matter accumulation. Each trait showed a more favorable result at a specific concentration of SNP. However, proliferation under 5.96 mg L^{-1} SNP first increased then reduced.

Conclusion: Application of SNP treatments had a positive effect on the measured traits e.g. shoot numbers,

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan
(*- Corresponding Author Email: a.mozafari@uok.ac.ir)

total soluble protein and carbohydrate contents, as well as fresh and dry weight of roots. In this experiment, the concentration of 5.98 mg L^{-1} SNP had the highest effect in term of shoot numbers, total soluble protein and carbohydrate contents, compared to other treatments. The apple rootstock MM106 showed the better performance to the plant growth regulators than MM111 rootstock. Overall, the present results indicated that SNP material, as a NO-releasing source, can physiologically be present in the plant in a way that can induce regeneration of plants and this potential depends on the genotype type.

Keywords: Growth regulator, Plantlet, Sodium nitroprusside, Tissue culture

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۸۷-۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 79-87
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای

مهسا فاتح[۱]- طاهر برزگر[۲*]- فرهنگ رضوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

چکیده

فلفل‌دلمه‌ای یکی از سبزیجات مهم میوه‌ای است که در بسیاری از مناطق مختلف جهان کشت می‌شود. به‌منظور مطالعه اثر اسید آسکوربیک و کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل اسید آسکوربیک (۱۰۰، ۲۰۰ و۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، لاکتات کلسیم (۰/۵، یک و ۱/۵ گرم در لیتر) و محلول‌پاشی با آب مقطر به‌عنوان شاهد بودند. نتایج نشان داد محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تاثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد میوه داشت. بیشترین عملکرد میوه (۸۹۷/۱ گرم در بوته) در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک حاصل شد که با تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک تفاوت معنی‌داری نداشت. کاربرد اسید آسکوربیک مقدار ویتامین ث میوه را به‌طور چشمگیری افزایش داد و همچنین بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۵/۷ درصد بریکس) در تیمار اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت گردید. تیمار لاکتات کلسیم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد میوه در مقایسه با شاهد نداشت ولی سفتی بافت میوه را بهبود بخشید. بیشترین سفتی بافت میوه (۲/۱۳ و ۲/۱۶ کیلوگرم در سانتی‌متر) به ترتیب با تیمار یک و ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم به‌دست آمد. حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه با کاربرد اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و لاکتات کلسیم ۱/۵گرم در لیتر حاصل گردید.

کلمات کلیدی: سطح برگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول، وزن میوه، ویتامین ث

مقدمه

فلفل‌دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annuum* L. گیاهی علفی و یکساله متعلق به خانواده Solanacae و یکی از سبزی‌های مهم میوه‌ای در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان است (۱۷). میوه‌های فلفل به دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شامل فنول‌ها، ویتامین‌ث و کارتنوییدها دارای ارزش بالایی بوده و برای تنظیم فشار خون، افزایش اشتها و هضم غذا استفاده می‌شود (۱۰). اگرچه عملکرد میوه عامل مهمی در تولید تجاری محصولات گلخانه‌ای است، اما امروزه شاخص‌های کیفی نظیر طعم و مزه، میزان قندها، اسیدیته، ویتامین‌ث و غیره به‌صورت روزافزونی مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است.

ویتامین‌ث یکی از ترکیبات مهم در میوه فلفل، نه تنها به عنوان ویتامین در متابولیسم طبیعی یاخته‌ها نقش دارد، بلکه به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی باعث خنثی شدن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو می‌شود (۹). مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نموی بازی می‌کند (۲۰). علاوه بر این آسکوربیک اسید از جمله مواد آنتی‌اکسیدانی درون سلولی است که مقاومت سطح سوبستراهای آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را بالا می‌برد و در کاهش تنش خشکی نقش به‌سزایی دارد. این مولکول آنتی اکسیدانی همراه دیگر ترکیبات، سیستم آنتی اکسیدانی سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از اختلال در متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید (۱۴). اسید آسکوربیک در گیاهان سنتز و باعث بهبود رشد گیاه می‌شود و در برخی فعالیت‌های چرخه تغذیه در گیاهان عالی موثر بوده و نقش مهمی در سیستم انتقال الکترون ایفا می‌کند (۸).

محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در گیاه گوجه فرنگی باعث افزایش قابل‌توجهی در شاخص‌های رشدی و عملکرد کل گردید (۲۳). همچنین کاربرد برگی اسید آسکوربیک در میوه فلفل شیرین، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش داد (۲۶). محققان دیگر هم

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: tbarzegar@znu.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.70145

نتایج مشابهی با کاربرد اسید آسکوربیک در گیاهانی مثل سیب‌زمینی، بادنجان و فلفل‌دلمه‌ای گزارش نموده‌اند (۲۶). محلول‌پاشی برگی اسیدآسکوربیک در گیاه سیب‌زمینی، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، میزان کلروفیل، عملکرد کل و همچنین وزن تر وخشک غده، مواد جامد محلول کل و ویتامین ث غده را افزایش داد (۶).

کلسیم یکی از عناصر پرمصرف مهم بوده و گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و حیوانات در مقادیر بالا و در سطح سلولی به این عنصر نیازمندند. دیواره سلولی غنی از کلسیم است و تثبیت کلسیم در دیواره سلولی باعث تقویت سلول‌ها، افزایش رشد و مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌گردد (۲۵). کمبود و بیشبود کلسیم باعث می‌شود که تقسیم سلولی آهسته‌تر، رشد شاخساره‌ها، ریشه‌ها و میوه‌ها کاهش - یابد. این موارد با علائم آشکار مثل پوسیدگی گلگاه در گوجه‌فرنگی و فلفل مشخص می‌شود، به‌طوری که با عرضه کافی کلسیم در گیاهان، ریشه‌ها و شاخه‌ها اجازه‌ی رشد بیشتر پیدا کرده، عملکرد و عمر ماندگاری میوه و تحمل گیاه در برابر دماهای پایین و بالا افزایش می‌یابد. میزان کلسیم پایین در بافت میوه سبب می‌شود که میوه در مدت زمان نگهداری سریع‌تر نرم گردد و همچنین عوارض مربوط به دماهای پایین و پوسیدگی میوه با سرعت بیشتری ظاهر شود (۲۵). کمبود کلسیم باعث بروز عوارضی همچون سوختگی برگ‌های کاهو و کلم، سوختگی گلگاه در گوجه‌فرنگی و فلفل، قهوه‌ای شدن درون کلم و سیاه شدن مغز در کرفس می‌شود که از اندام‌های با تعرق کم می- باشند و کلسیم نمی‌تواند به راحتی از طریق آوندهای‌چوبی به آنها برسد. کلسیم به مواد پکتینی در لایه‌ی میانی و غشای سلولی اتصال پیدا می‌کند و ممکن است نابسامانی را از راه استحکام ساختار سلول برطرف نموده و از نمایان شدن بیماری جلوگیری کند (۲۱ و ۲۵). با توجه به مطالب فوق، این پژوهش با هدف مطالعه اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا واندر انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد و عملکرد میوه فلفل‌دلمه‌ای، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح ۱۰۰ ، ۲۰۰ و۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، لاکتات کلسیم در سه سطح ۰/۵، یک، ۱/۵ گرم در لیتر و محلول‌پاشی با آب مقطر به‌عنوان شاهد بود که در مجموع شامل هفت تیمار و ۲۱ واحد آزمایشی بود. بذور فلفل دلمه‌ای رقم "کالیفرنیا واندر" در ۲۵ اسفند سال ۱۳۹۳ داخل سینی‌های مخصوص کاشت بذر در بستر حاوی خاک برگ، شن و خاک لوم (به ترتیب با نسبت ۵۰، ۲۵ و ۲۵ درصد) در گلخانه (دمای۳±۲۵ روز و ۳±۱۸ شب با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد) کشت و بعد از ۶۰ روز (مرحله چهار- پنج برگی) نشاها به مزرعه انتقال داده شدند و با فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متر بین ردیف- ها و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شدند. عمل محلول‌پاشی ۳۵ روز پس از نشاءکاری شروع گردید و با فاصله ۱۵ روز، سه بار محلول- پاشی برگی انجام شد. تیمارهای اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بصورت جداگانه بر روی گیاهان محلول‌پاشی شدند و باهم مقایسه و ارزیابی گردیدند. نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری سه روز یکبار بود. جدول یک خصوصیات خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1-Soil physical and chemical parameters of the experiment location

هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک	کربنات کلسیم	ماده آلی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
EC (dS/m)	pH	Soil texture	$Ca(CO_3)_2$ (%)	OM(%)	Fe (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)
1.12	7.27	لوم سیلتی Silt loam	14.09	1.11	1.8	154	4.6	0.08

OM: Organic mater

صفات مورد ارزیابی

سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T Device LTD., England) بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه شد. برای ارزیابی وزن متوسط میوه و عملکرد، در زمان برداشت، وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتال برحسب گرم ثبت گردید. پس از توزین تمام میوه‌های برداشت شده از بوته‌ها، تعداد میوه در بوته و عملکرد کل بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. طول و قطر میوه نیز توسط دستگاه کولیس اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌متر ثبت شد. ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر) در اواخر فصل رشد اندازه- گیری شد. سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (مدل Mc Cormic FT 32) اندازه‌گیری شد. نوک سفتی‌سنج با قطر هشت میلی‌متر به داخل بافت میوه فشار داده شد و میزان سفتی بر حسب

کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع قرائت گردید. شاخص کلروفیل برگ نیز توسط دستگاه SPAD اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری اسیدیته میوه از عصاره تهیه شده از گوشت میوه استفاده گردید و قرائت آن با استفاده از pH متر (مدلC863، شرکت Consort، بلژیک) انجام گرفت. مقدار مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی (مدل N1، شرکت Atago، ژاپن) برحسب درصد بریکس ثبت گردید. محتوای ویتامین ث یا اسیدآسکوربیک موجود در میوه با استفاده از روش یدومتریک و بر حسب میلی‌گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (۳).

رابطه (۱) $A= S \times N \times F \times 88.1 \times 100/10$

A=مقدار ویتامین ث، S=مقدار محلول ید مصرف شده، N=نرمالیته ید (۰/۰۱ نرمال) F=فاکتور محلول، ۸۸/۱= ضریب ثابت ویتامین ث

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه از روش DPPH استفاده شد و برحسب درصد با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۷).

رابطه (۲) $RSA\% = 100 (Ac-As)/Ac$

AS: جذب نمونه حاوی عصاره Ac: جذب کنترل Radical scavenging activity : RSA

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه نه) آنالیز و مقایسهٔ میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر صفات وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته تاثیر معنی‌داری داشت (جدول۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین وزن متوسط میوه (۱۱۹/۴۹ گرم) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک حاصل شد که با تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک و ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین وزن میوه در تیمارهای ۰/۵ و یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین تعداد میوه در بوته (۷/۶ عدد) و عملکرد بوته (۸۹۷/۱۱ گرم) در بوته‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین تعداد میوه و عملکرد بوته (۵۵۲/۱۷ گرم) در گیاهان شاهد مشاهده شد که با تیمارهای ۰/۵ و یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

با توجه به نتایج حاصل، محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک با افزایش معنی‌دار تعداد میوه در بوته و وزن متوسط میوه باعث افزایش عملکرد بوته گردید. نتایج این پژوهش، با نتایج حاصل از پژوهش واسلو و همکاران (۲۹) که گزارش نمودند محلول‌پاشی برگی اسید آسکوربیک باعث بهبود عملکرد و خصوصیات فیزیکی میوه انگور گردید مطابقت دارد که این افزایش ممکن است به علت اثر اسید اکسینیک بر افزایش تقسیم‌سلولی باشد که به نوبه خود منجر به بهبود رشد، وزن - میوه و عملکرد کل می‌گردد. همچنین کاربرد اسید آسکوربیک در گیاه با افزایش سطح برگ و جذب عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (۱۲ و ۱۳).

نتایج مشابهی در گیاهان خیار (۷) و فلفل (۶) مشاهده شد که کاربرد برگی اسید آسکوربیک اثرات مطلوبی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد به‌خصوص در غلظت‌های بالا داشته است که ممکن است به دلیل نقش آن به عنوان کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌های گیاهی باشد که از طریق احیای این هورمون‌ها سبب افزایش تقسیم و گسترش سلولی و افزایش عملکرد می‌شود (۲۷).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی لاکتات کلسیم و اسید آسکوربیک بر رشد و عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 2- ANOVA for the effects of calcium lactate and ascorbic acid on growth and yield of sweet pepper

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل برگ Chlorophyll index	سطح تک برگ Leaf area	ارتفاع بوته Plant height	عرض میوه Fruit width	طول میوه Fruit length	عملکرد بوته Plant yield	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	میانگین وزن میوه Fruit weight
بلوک Block	2	48^{ns}	4.1^{ns}	15^{ns}	37.48^{ns}	197.7**	4556.6^{ns}	0.3^{ns}	23.51^{ns}
تیمار Treatment	6	447.9*	56.6**	32.8*	14.7^{ns}	6.86^{ns}	647.2**	3.26**	218.71**
خطای آزمایش Experiment error	12	119.4	7	16.6	21.88	11.8	4495.9	0.2	18.05
CV ضریب تغییرات		16.13	6.5	7.6	7.4	3.4	10	7.7	3.8

** و* به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و ns عدم اختلاف معنی دار.

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

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد و عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 3- Theeffects of calcium lactate and ascorbic acid on growth and yield of sweet pepper

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	شاخص کلروفیل برگ Chlorophyll index	سطح تک برگ Leaf area (cm^2)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عرض میوه Fruit (cm) width	طول میوه Fruit length (cm)	عملکرد بوته Plant yield (g)	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	میانگین وزن میوه Fruit weigh (g)
اسیدآسکوربیک Ascorbic acid (mg L^{-1})								
(Control) 0	64.75^{c}	39.25^{b}	59.33^{a}	62.53^{a}	79.65^{a}	552.2^{de}	5^{c}	110.43^{b}
100	67.90^{ab}	38.32^{b}	52.91^{ab}	58.21^{a}	79.86^{a}	716.9^{bc}	6^{b}	119.43^{a}
200	77.37^{ab}	49.83^{a}	57^{ab}	62.20^{a}	77.71^{a}	811.3^{ab}	7.3^{a}	110.64^{b}
300	64.75^{c}	39^{b}	51.6^{ab}	65.18^{a}	81.27^{a}	897.1^{a}	7.6^{a}	116.94^{ab}
لاکتات کلسیم Calcium lactate (g L^{-1})								
0.5	62.45^{abc}	40.60^{b}	53.16^{ab}	62.75^{a}	82.27^{a}	522.9^{e}	5.3^{bc}	98.66^{c}
1	57.72^{bc}	37.2^{b}	52.33^{ab}	62.16^{a}	80.13^{a}	527.1^{e}	5.3^{bc}	98.59^{c}
1.5	80.53^{a}	37.87^{b}	49.66^{b}	64.40^{a}	78.74^{a}	651.5^{cd}	5.6^{bc}	116.34^{ab}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level based on Duncan's multiple range test.

در پژوهش حاضر مانند سایر مطالعات صورت گرفته لاکتات کلسیم در مقایسه با گیاهان تیمار نشده (شاهد) بر تعداد میوه در بوته و عملکرد اثر معنی‌داری نداشت ولی غلظت ۰/۵ و یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم وزن میوه را کاهش داد. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم تاثیر معنی‌داری بر صفات طول و عرض میوه نداشتند (جدول ۲ و ۳).

ارتفاع بوته، سطح برگ و شاخص کلروفیل

تیمارهای اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم، تاثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل و سطح برگ داشت (جدول۲). بیشترین شاخص کلروفیل (۸۰/۵۳) در سطح ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم مشاهده گردید که با تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسکوربیک تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین شاخص کلروفیل (۶۴/۷۵) در گیاهان تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۳). حداکثر سطح برگ (۴۹/۸۳ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به‌دست آمد، بین سایر تیمارها و گیاهان شاهد از نظر سطح برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین تیمارها از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود داشت (جدول۲). بیشترین ارتفاع بوته در گیاهان شاهد و کمترین آن در گیاهان تیمار شده با لاکتات کلسیم ۱/۵ گرم در لیتر به‌دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳).

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگر (۱۳) و (۲۸) محلول‌پاشی گیاهان ریحان با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسکوربیک بیشترین افزایش را در شاخص‌های رشدی داشت که دلیل آن را افزایش در محتوای نسبی آب برگ بیان داشتند. در مطالعه دیگری اثر محلول‌پاشی برگی اسید آسکوربیک با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر را بر رشد گیاه فلفل شیرین در شرایط شوری به دلیل افزایش جذب عناصر کلسیم، فسفر، نیتروژن و پتاسیم و کاهش غلظت کلر و سدیم در بافت برگ اظهار داشتند (۱۵). محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در محتوای کلروفیل برگ شد (۲۱).

ویتامین ث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها از نظر میزان ویتامین‌ث وجود داشت (جدول ۴). با توجه به نتایج، بیشترین مقدار ویتامین ث در میوه‌های محلول‌پاشی شده با سطوح مختلف اسید آسکوربیک حاصل شد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود. تیمارهای لاکتات کلسیم هم در مقایسه با شاهد باعث افزایش مقدار ویتامین ث گردید (جدول ۵).

اسید آسکوربیک به‌عنوان یک ترکیب آلی و آنتی‌اکسیدان، یک ویتامین ضروری است که می‌تواند از میوه‌ها و سبزی‌ها حاصل شود و فلفل دلمه‌ای یکی از منابع مهم ویتامین ث است. نتایج حاصل با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد که گزارش نمودند کاربرد اسید آسکوربیک به‌طور معنی‌داری مقدار ویتامین ث را در میوه آلو افزایش داد (۱۶). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی برگی اسید آسکوربیک مقدار ویتامین ث را در فلفل دلمه‌ای افزایش داد (۱۹).

کاربرد لاکتات کلسیم، محتوای ویتامین ث میوه را بهبود بخشید که این نتایج با نتایج به‌دست آمده در گیاه فلفل مطابقت دارد (۱۸). افزایش محتوای ویتامین ث در اثر کاربرد کلسیم را می‌توان به نقش

بازدارندگی کلسیم بر فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده مانند اسید آسکوربیک اکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز نسبت داد که آسکوربات را به‌عنوان سوبسترا مصرف می‌کنند (۲۲).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی لاکتات کلسیم و اسید آسکوربیک بر صفات کیفی میوه فلفل دلمه‌ای
Table 4- ANOVA for the effects of calcium lactate and ascorbic acid on quality of sweet pepper fruit

منابع تغییرات Source of variations	درجه ازادی df	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	سفتی بافت میوه Fruit firmness	مواد جامد محلول Total soluble solid	ویتامین ث Vitamin C
بلوک Block	2	3.3^{ns}	$.006^{ns}$	0.16^{ns}	94.5^{ns}
تیمار treatment	6	57**	0.12*	0.85**	2070.9**
خطای آزمایش Experiment error	12	2.2	.028	0.15	40
ضریب تغییرات CV		7.5	8.8	8.04	5.4

** و* به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و ns عدم اختلاف معنی دارد.
* and **: significant at 5% and 1% probability levels, ns: Non significant respectively

جدول ٥- اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر صفات کیفی میوه فلفل دلمه‌ای
Table 5- The effects of calcium lactate and ascorbic acid on quality of sweet pepper fruit

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (%)	سفتی بافت میوه Total soluble solid (kg cm^{-1})	مواد جامد محلول Total soluble solid (°B)	ویتامین ث Vitamin C(mg.100ml^{-1})
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (mg L^{-1})				
0(Control)	14.9^{c}	1.71^{c}	4.8^{c}	74.58^{c}
100	15.8^{c}	1.76^{c}	5.16^{b}	137.49^{a}
200	19.2^{b}	1.76^{c}	5.2^{b}	141.38^{a}
300	23.3^{a}	1.9^{b}	5.7^{a}	144.98^{a}
لاکتات کلسیم Calcium lactate (g L^{-1})				
0.5	17.78^{bc}	1.9^{b}	4.8^{c}	97.35^{b}
1	19.06^{b}	2.13^{a}	4.9^{bc}	107.83^{b}
1.5	24.6^{a}	2.16^{a}	5.1^{b}	107.83^{b}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصدبا استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.
Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level based on Duncan,'s multiple range test.

مواد جامد محلول

محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم، تاثیر معنی‌داری بر محتوای مواد جامد محلول میوه نشان داد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار مواد جامد محلول میوه (۵/۷ درصد بریکس) مربوط به تیمار اسیدآسکوربیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و کم‌ترین مقدار آن در سطح ۰/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم و تیمار شاهد مشاهده گردید که با تیمار یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). نتایج این پژوهش با نتایج یافت شده در گیاه فلفل شیرین (۱۹) همخوانی دارد که افزایش مواد جامد محلول میوه در گیاهان فلفل محلول‌پاشی شده با اسید آسکوربیک را به نقش اسید آسکوربیک در افزایش تعداد برگ، سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی نسبت دادند.

سفتی بافت میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای مختلف اسیدآسکوربیک و لاکتات‌کلسیم تاثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر سفتی‌بافت داشتند (جدول ۴). بیشترین میزان سفتی بافت میوه (۲/۱۶ و ۲/۱۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر) به ترتیب در میوه‌های تیمار شده با لاکتات کلسیم با غلظت یک و ۱/۵ گرم در لیتر حاصل شد و کمترین مقدار در تیمارهای اسیدآسکوربیک ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). تاثیر مثبت کلسیم بر افزایش سفتی و حفظ کیفیت میوه در طول انبارداری در کیوی (۴) و سیب (۳) گزارش شده است. نتایج پژوهش دیگری در گوجه‌فرنگی نشان داد که کاربرد کلسیم ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تاثیر را بر استحکام میوه داشت (۱۱). تاثیر کلسیم بر افزایش سفتی و بهبود خصوصیات فیزیکی میوه ممکن است به دلیل تاثیر این عنصر در

تشکیل دیواره سلولی و استحکام غشای سلولی باشد. پایداری دیواره سلولی و غشاهای سلولی ارتباط نزدیکی با میزان سفتی گوشت میوه دارد. باندهای کلسیم به صورت پکتات در تیغه‌میانی برای استحکام دیواره سلولی ضروری است و افزایش استحکام بافت در اثر کلسیم گزارش شده است (۴ و۲۴) و پژوهش حاضر با نتایج اکثر پژوهشگران مطابقت دارد

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۴/۶ و ۲۳/۳ درصد) به ترتیب در میوه گیاهان محلول‌پاشی شده با لاکتات کلسیم ۱/۵ گرم در لیتر و اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد و حداقل فعالیت در تیمارهای شاهد و اسیدآسکوربیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد که با تیمار ۰/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

مطالعات نشان داده است که محتوای اسیدآسکوربیک در میوه‌های فلفل همبستگی مثبت با فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها دارد (۱۵). همبستگی بالایی بین محتوای فنل کل و فلاونوئید با فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد، اسید آسکوربیک و کلسیم با بهبود محتوای این ترکیبات، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دادند و همچنین ممکن است اثر افزایشی اسید آسکوربیک به‌دلیل نقش بازدارندگی آن بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز باشد (۲). ممکن است کلسیم به عنوان عنصری موثر در تجمع اسید آسکوربیک باعث چنین افزایشی در فعالیت آنتی اکسیدانی شده باشد (۳۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمار اسیدآسکوربیک با بهبود رشد گیاه، تعداد میوه و وزن متوسط میوه، عملکرد میوه را افزایش داد و همچنین با افزایش محتوای ویتامین ث، مواد جامد محلول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کیفیت میوه را بهبود بخشید. تیمارهای لاکتات‌کلسیم هر چند در بهبود صفات رویشی و عملکرد مانند ارتفاع بوته، سطح برگ، طول و عرض میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته، در مقایسه با تیمار شاهد تاثیر چشم‌گیری نشان نداد اما با افزایش استحکام میوه، محتوای ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه، کیفیت میوه را بهبود بخشید. با توجه به نتایج، محلول‌پاشی سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک جهت بهبود عملکرد و کیفیت میوه و تیمار ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم به منظور افزایش استحکام میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis: (Ed 20). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC pp. 844–847.
2- Barbagallo R.N., Chisari M., and Patané C. 2012. Polyphenol oxidase total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed ‘California Wonder’ and ‘Quadrato d'Asti’ sweet peppers. Food Science and Technology, 49: 192–196.
3- Conway W.S., Sams C.E., and Hickey K.D. 2002. Pre-and postharvest calcium treatment to apple fruit and its effect on quality. Acta Horticulture, 182: 594-602.
4- Cooper T., Gargiulo S., Streif J., and Retamales J. 2007. Effect of calcium content and calcium application on softening of Hayward kiwifruit .Acta Horticalturae, 753: 297-304.
5- Dehghan G., and Khoshkam Z. 2012. Tin (II)-quercetin complex synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry, 131: 422–427.
6- El- Banna E.A., and Abd E.S.H. 2006. Effect of foliar application with organic compounds on growth yield and tubers quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agricultural Science Mansoura University, 31(2): 1165-1173.
7- El-Greadly N.H.M. 2002. Effect of foliar application of ascorbic acid ethrel and their combinations on growth, yield and endogenous hormones in cucumber plants. Journal of Agricultural Science Mansoura University, 27(8):5269-5281.
8- El-Kobisy D.S., Kady K.A., Medani R.A., and Agamy R.A. 2005. Response of pea plant *pisum sativum* L. to treatment with ascorbic acid. Egyptian Journal of Applied Science. 20: 36-50.
9- Garcia p., Castro M., and Lozoya G. 2004. Gene expression and enzyme of pepper (*Capsicum annuum* L.) ascorbate oxidase during elicitor and wounding stress. Plant Science, 166: 237-243.
10- Georgea B., Kaur C., Khurdiya D.S., and Kapoor H.C. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as a function of genotype. Food Chemistry, 84:45-51.
11- Hao X., and Papadopoulos A.P. 2003. Effect of calcium and magnesium on growth fruit yield and quality in a fall

greenhouse tomato crop grown on rockwool. Canadian Journal of Plant Science, 83:903-912.
12- Islah M., El-Hifny M., and El-Sayed M.A.M. 2011. Response of sweet pepper plant growth and productivity to application of ascorbic acid and biofertilizers under saline conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(6):1273-1283.
13- Khalil S.E., Abdel-Aziz N.G., and Abouleil B.H. 2010. Effect of stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. Journal of American Science, 6(12):33-43.
14- Kheyri M. 2006. Plant response to environmental stress. Publications of Arash Computer, 140p. (In Persian).
15- Kim J.S., Ahn J., Lee S.J., Moon B.K., Ha T.Y., and Kim S. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (*Capsicum annuum* L. var. special) cultivated in Korea. Journal of Food Science, 76:193-198.
16- Liu K., Yuan C., Chen Y., Li H., and Liu J. 2014. Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. Scientia Horticulturae. 176: 45–53.
17- Marín A., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., and Gil M.I. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(12): 3861-3869.
18- Michalojc Z. and Dzida K. 2012. Yielding and biological value of sweet pepper fruits depending on foliar feeding using calcium. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 11: 255-264.
19- Mohammed G. H. 2013. Effect of seamino and ascorbic acid on growth, yield and fruits quality of pepper (*Capsicum annuum* L.). International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology. 17(2): 9-16.
20- Pignocchi C., and Foyer C.H. 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. Current Opinion in Plant Biology, 6: 379-389.
21- Rahemi M. 2011. Post-harvest physiology: An introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamental. Shiraz University Press 213. Page 460.
22- Singh S.A.K., and Joshi H.K. 2005. Prolong storability of Indian gooseberry (*Emblica officinalis* Gaertn.) under semi-arid ecosystem of Gujarat. Indian Journal of Agricultural Sciences, 75: 647 – 650.
23- Shalat A., and Neumann P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin c) increases resistance to sait and reduce lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany, 52: 2207-2211.
24- Singh R., Sharma R.R., and Tyagi S.K. 2007. Per-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorder, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) Scientia Horticulturae, 112: 215-220.
25- Tabatabaei S.J. 2014. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Press 612. Pages 562.
26- Talaat N.B. 2003. Physiological studies on the effect of salinity ascorbic acid and putrescine on sweet pepper plant. Ph.D Thesis, Agriculture Botany Department, Faculty Agriculture. Cairo University. pp: 286.
27- Taqi A.K., Mazid M., and Firoz M. 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. Journal of Agrobiology, 28 (2): 97-111.
28- Tarraf S.A., EI-Din K.G., and Babbal L.K. 1999. The response of vegetative growth essential oil of lemongrass to foliar application of ascorbic acid nicotermamide and some micronutrients. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences, 7: 247-259.
29- Wassel A.H., Hameed M.A., Gobara A., and Attia M. 2007. Effect of some micronutrients, gibberellic acid and ascorbic acid on growth, yield and quality of white Banaty seedless grapevines. African Crop Science Conference Proceeding, 8:547-553.
30- Zaki N., Hakmaoui A., Ouatmane A., and Fernandez- Trujillo J.P. 2013. Quality characteristics of Moroccan sweet paprika (*Capsicum annuum* L.) at different sampling times. Food Science and Technology, 33:577-585.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 79-87
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۸۷-۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Foliar Application of Ascorbic Acid and Calcium Lactate on Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper

M. Fateh[1]- T. Barzegar[2]*- F. Razavi[3]

Received: 28-01-2018
Accepted: 04-02-2019

Introduction: Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) is a worldwide used vegetable, which is an excellent source of ascorbic acid and has high antioxidant capacity against oxidative damage caused by free radicals. Ascorbic acid (AsA) is a water-soluble vitamin that plays a key physiological role in scavenging reactive oxygen species (ROS), and enzyme cofactor. In recent years, the application of exogenous AsA has received much attention for use as a biologically safe compound for postharvest quality maintenance of many horticulture crops. Calcium is an essential micronutrient that plays a vital role in maintains cell wall stability, integrity and determining the fruit quality. To our knowledge, however, little information is available regarding the effect of ascorbic acid and calcium lactate on pepper fruits. Thus, the aim of this study was to investigate the foliar application of ascorbic acid and calcium lactate on growth, yield and fruit quality of sweet peppers.

Materials and Methods: To study the effect of foliar application of calcium lactate (Ca) and Ascorbic acid (AsA) on growth, yield and fruit quality of sweet pepper, the field experiment was carried out from June to September 2016 at Research farm of faculty of Agriculture, at the University of Zanjan, Iran. Pepper plants (cv. California Wonder) were cultivated by applying conventional farming practice for growing in open air conditions. 210 plants (30 plants for each treatment) were selected for uniform size and fruit load, and were sprayed three times (0, 15, 30 days after full bloom) with an aqueous solution containing different concentrations of Ca (0, 0.5, 1 and 1.5 g L^{-1}) and AsA (100, 200 and 300 mg L^{-1}). Each treatment was carried out with three replicates. Pepper fruit were harvested at commercial maturity stage, and transferred to the laboratory on the same day. Leaf area was recorded whit measurement leaf area (DELTA-T DEVICEC LTD, ENGLAND). After fruit harvested, plant length was measured. Fruit was weighted after harvest to determine mean fruit weight. The fruit number per plant and fruit yield per plant was measured to determine of total yield. The total yield expressed in kg ha^{-1}. Flesh firmness was determined with penetrometer (model Mc Cormic FT 32), using an 8 mm penetrating tip. Results were expressed in kg cm^{-2}. The pH values of solutions were monitored with pH meter. TSS was measured in the extract obtained from three fruit of each replicate with a digital refractometer Atago PR-101 (Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan) at 20◦C. Total ascorbic acid content was expressed as mg per 100 g of juice. Antioxidant activity was measured using the free radical scavenging activity (DPPH) and calculated according to the following formula: RSA%= 100(Ac-As)/Ac. Statistical analyses were performed with SPSS software package v. 20.0 for Windows, and means comparison were separated by Duncan's multiple range tests at $p < 0.05$.

Results and Discussion: The results showed that foliar application of AsA had significant effects on growth and fruit yield. The highest fruit yield (897.1 g $plant^{-1}$) was achieved at 300 mg L^{-1} AsA that had no significant difference with 200 mg L^{-1} AsA. Foliar application of AsA markedly increased vitamin C content, and also the highest value of total soluble solid (5.7 °B) was recorded from 300 mg L^{-1} AsA. Ca had no significant effects on growth and fruit yield but significantly improved fruit firmness. The highest fruit firmness (2.13 and 2.16 kg cm^{-1}) was obtained from 1 and 1.5 g L^{-1} Ca. The maximum antioxidant activity was achieved with application of 300 mg L^{-1} AsA and 1.5 g L^{-1} Ca. The fresh sweet peppers were an important source of ascorbic acid for human consumption. AsA significantly increased the amount of vitamin C in the plum and sweet pepper fruits. Foliar treatment of Ca increased vitamin C content. Increasing vitamin C content in fruits after treatment with Ca could be related to inhibiting action of calcium on the activities of ascorbic acid oxidase that use ascorbate as a substrate. The results indicated that treatment of Ca produced fruits with higher firmness compared to control and other treatments. Firmness and resistance to softening can be increased by the addition of Ca, due to interaction of calcium with pectate acid in the cell wall to form calcium pectate and retarding polygalacturonase activity. Differences in the percentage of TSS content at the time of harvest indicated the AsA and Ca effects on

1, 2 and 3- Ms.C. Graduate, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Zanjan, Iran, Respectively
(*- Correspounding Author Email: tbarzegar@znu.ac.ir)

carbohydrate accumulation in fruits, which had different potential on respiration rates and consequently storability of plants. The exogenous application of AsA and Ca in sweet pepper plants indicated that treatments had significant effects on ascorbic acid content of sweet peppers. The antioxidant activity has positive correlation with total phenolic content, flavonoids and content of ascorbic acid.

Conclusion: The results of our research indicated that per-harvest foliar application of AsA increased plant growth, fruit number and weight. Also, AsA and Ca treatments improved fruit quality attributes including vitamin C, fruit firmness, TSS and antioxidant activity. These results suggest that AsA and Ca treatments, especially AsA 300 mg L^{-1} and Ca 1.5 g L^{-1}, may be proposed to improve fruit quality.

Keywords: Antioxidant activity, Fruit weight, Leaf area, Total soluble solid, Vitamin C

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۰۰-۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 89-100
ISSN: 2008 - 4730

بررسی پاسخ اکوفیزیولوژیکی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی دو توده طالبی و گرمک ایرانی در شرایط تنش شوری

الهه رجبی پور[۱]- محمود رقامی[۲*]- حمیدرضا کریمی[۳]- رضا صالحی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات پایه بر تحمل به شوری توده‌های گرمک و سمسوری بر اساس شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی، گیاهان غیرپیوندی و پیوندی سمسوری و گرمک روی پایه‌های تجاری 'فررو'، 'شینتوزا' و 'ارگو' و توده محلی کدو قلیانی تحت تیمار شوری (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در تیمارهای شوری گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی در صفات مورد بررسی برتری داشتند. همچنین بین پایه‌های آزمون‌شده تفاوت مشاهده شد، به‌گونه‌ای که هیبرید 'ارگو' نسبت به دیگر پایه‌ها در بیشتر ویژگی‌های ارزیابی‌شده ضعیف‌تر بود. طبق نتایج، تنش شوری میزان پرولین و کاروتنوئید برگ را افزایش داد، این افزایش در گیاهان پیوندی کمتر از غیرپیوندی‌ها بود. همچنین میزان کلروفیل کل و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت که در گیاهان غیرپیوندی این کاهش بیشتر بود. با افزایش شوری پتانسیل فشار آوندی کاهش یافت. این مقدار در گیاهان غیرپیوندی نسبت به گیاهان پیوندشده روی هیبرید 'فررو' و کدوقلیانی کمتر بود. در توده گرمک افزایش شوری در هیچ‌یک از پایه‌های 'فررو'، 'کدو قلیانی' و 'شینتوزا' تفاوت معنی‌داری در شاخص کارآیی فتوسنتزی ایجاد نکرد اما در گیاهان پیوندشده روی هیبرید 'ارگو' کمترین میزان این شاخص در سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد. با افزایش شوری میزان قندهای محلول گیاهان پیوند شده روی هیبرید 'فررو' و کدو قلیانی کاهش یافت ولی در گیاهان پیوند شده روی هیبرید 'شینتوزا' افزایش شوری میزان قندهای محلول را افزایش داد. براساس یافته‌های پژوهش حاضر پایه‌های 'فررو' و 'شینتوزا' در ترکیب با توده‌های گرمک و سمسوری به شوری تحمل بیشتری نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای فتوسنتزی، پیوند، شینتوزا، سمسوری، کلرید سدیم

مقدمه

انواع طالبی و گرمک که گروه‌های گوناگون گونه *Cucumis melo* را تشکیل می‌دهند، از دیرباز تاکنون از محصولات مهم کشاورزی ایران بوده است (۱۶). خربزه و طالبی از مهم‌ترین گیاهان جالیزی می‌باشند که با دارا بودن ارقام بسیار متنوع دامنه گسترش زیادی داشته و در بسیاری از مناطق ایران پرورش داده می‌شوند (۲۰). این ژنوتیپ‌ها و توده‌های محلی با داشتن نیازهای حرارتی بالا، مقاومت به خشکی و کم‌آبی و مقاومت نسبی به شوری خاک، مناسب‌ترین محیط‌زیست خود را در آب و هوای گرم و خشک نواحی مختلف به‌ویژه در حاشیه کویر ایران یافته‌اند (۸). ملون‌ها گیاهانی علفی هستند که سیستم ریشه‌ای آن‌ها گسترده و نسبتاً عمیق است و ساقه‌ها زاویه‌دار بوده و یا بر روی آن‌ها شیار وجود دارد. سبزی‌های جالیزی جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشاورزی ایران به خود اختصاص داده‌اند. ایران دارای مقام سوم جهانی تولید خربزه و طالبی در سال ۲۰۱۳ پس از کشورهای چین و ترکیه بوده است (۵).

پیوند گیاهان علفی با اهداف مختلفی در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است که مقاومت به آفات و بیماری‌ها و مقاومت به تنش‌های محیطی از مهم‌ترین موارد است. پایه می‌تواند اثرات زیادی روی رشد گیاه، عملکرد و کیفیت میوه داشته باشد. گزارشات متعددی حاکی از آن است که نوع پایه در مقاومت پیوندک به تنش‌های محیطی، پاتوژن‌ها و همچنین بهره‌برداری از خاک‌های فقیر نقش بسزایی دارد (۴ و ۱۷). یکی از تنش‌ها که در مراکز مهم کشت خربزه و طالبی بسیار شایع می‌باشد تنش شوری و کم آبی است. پیوند به‌عنوان یکی از راهکارهای نوین و موثر جهت افزایش تحمل برای مقابله با شوری در کشورهای پیشرفته در حال گسترش است (۸). در تحقیقی که اثرات شوری آب آبیاری بر روی دو رقم خربزه پیوند شده

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: mraghami@vru.ac.ir)
۴- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.70016

بر روی پایه‌های کدو بررسی شد، نتایج نشان داد که گیاهان پیوندی در مقابل گیاهان غیرپیوندی مقاومت بیشتری داشتند. طبق یافته‌های این مطالعه، در بین پایه‌های مورد استفاده پایه کدو قلیانی مقاومت بیشتری نسبت به کدوحلوایی داشت (۱۸). در پژوهشی مشابه روی هندوانه رقم کریمسون سوییت و هفت ژنوتیپ کدو به عنوان پایه، گیاهان پیوندی تحت تأثیر تیمار شوری قرار گرفتند و گزارش شد که طول گیاه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه با افزایش شوری کاهش و غلظت سدیم افزایش می‌یابد (۲۷).

پیوند سبزی‌ها یک موضوع جدید در ایران است. در یکی از پژوهش‌ها در ایران اثر سه رقم کدوی تجاری ایس، شینتوزا و شینتوهونگتو به‌عنوان پایه بر زنده‌مانی و رشد اولیه گیاهچه‌های خربزه توده خاتونی و طالبی سمسوری در شرایط گلخانه بررسی و مشاهده شد که در بیشتر صفات گیاهان پیوندی برتر از غیرپیوندی‌ها بودند (۱۹). بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده روی پیوند گیاهان جالیزی با پایه‌های خارجی کدو به‌عنوان پایه انجام شده است و تحقیقات کمی روی توده‌های ایرانی به‌عنوان پایه یا پیوندک گزارش شده است. لذا در پژوهش حاضر چند هیبرید خارجی در کنار یک توده محلی در ترکیب با توده‌های ایرانی گرمک و طالبی که برای کشت‌های گلخانه‌ای نیز مناسب هستند، مورد آزمون قرار گرفتند. در این پژوهش پاسخ اکوفیزیولوژیکی به سطوح مختلف تنش شوری در ترکیب‌های پیوندی مختلف بین چهار پایه و دو توده ایرانی طالبی و گرمک و مقایسه آنان با گیاهان غیرپیوندی بررسی و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهان پیوندی و غیرپیوندی تحت تنش شوری ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور شامل شوری در سه سطح و چهار پایه و دو پیوندک با سه تکرار به اجرا درآمد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه و مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان اجرا گردید.

مواد گیاهی: مواد گیاهی شامل دو توده ایرانی گرمک و سمسوری و چهار پایه که شامل سه هیبرید بین گونه‌ای کدو (شینتوزا، فررو و ارگو) و یک توده کدوی محلی (کدو قلیانی) بود. توده‌های گرمک و سمسوری که در پژوهش حاضر مورد آزمون قرار گرفتند بر اساس گروه‌بندی ملون‌های ایرانی‌که توسط رقامی و همکاران (۱۶) انجام شد، به‌ترتیب در گروه‌های گیاه‌شناسی رتیکولاتوس (*reticulatus*) و کانتالوپنسیس (*cantalupensis*) قرار داشتند.

پیوند گیاهان: بذر گیاهان پیوندک سه تا چهار روز پس از بذر گیاهان پایه کشت گردید و عمل پیوند ۸-۷ روز بعد صورت گرفت. گیاهان پایه و پیوندک به روش حفره‌ای پیوند شدند. در این روش برگ حقیقی همراه با نقطه رویشی گیاه پایه به‌دقت و به‌طور کامل حذف شده و حفره‌ای به‌طول ۱/۵-۱ سانتیمتر به‌وسیله یک سوزن در جهت طولی ایجاد می‌شود. جهت سهولت قرارگیری پیوندک در حفره، انتهای آن را تراش داده و نوک‌تیز می‌نمایند. پس از قرار دادن پیوندک داخل حفره پایه، گیاهچه‌های پیوند شده درون اتاقک پیوند با رطوبت نسبی ۹۵ درصد، تاریکی کامل و دمای ۲۹-۲۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از سه روز به‌تدریج از میزان رطوبت نسبی کاسته شد تا در روز نهم به شرایط عادی گلخانه رسید.

اعمال تنش شوری: یک ماه پس از سازگاری گیاهان پیوندی، گلدان‌های گیاهان پیوندی و غیرپیوندی به مزرعه منتقل‌شده و تیمار شوری (کلرید سدیم) با سطوح صفر (آب شهری با EC= ۱)، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار یک هفته پس از کشت گیاهان در خاک مزرعه اعمال شد. قبل از اعمال تنش اصلی به‌منظور جلوگیری از شوک تنش و از بین رفتن گیاه، سازگاری به تنش انجام شد. بدین‌صورت که تنش شوری به‌تدریج طی چهار مرحله با افزایش غلظت شوری صورت گرفت. تنش اصلی به مدت ۷۳ روز روی گیاهان منتقل شده به مزرعه با توجه به دور آبیاری منظم ۲ روزه به میزان ۲ لیتر برای هر گلدان با توجه به ظرفیت مزرعه‌ای و ۳۰ درصد زهکشی جهت جلوگیری از تجمع نمک صورت گرفت. گیاهان غیرپیوندی به‌عنوان شاهد درنظر گرفته شدند. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. ترکیب‌های پیوندی شامل فررو+گرمک، فررو+سمسوری، شینتوزا+گرمک، شینتوزا+سمسوری، کدوقلیانی+گرمک، کدو قلیانی+سمسوری، ارگو+گرمک، ارگو+سمسوری، گرمک و سمسوری بود. ۷۳ روز بعد از اعمال تنش اندازه‌گیری صفات انجام شد.

اندازه گیری پارامترها: صفات ارزیابی‌شده عبارت بودند از: پارامترهای فتوسنتزی (کلروفیل کل، کاروتنوئید کل، شاخص کارآیی فتوسنتزی)، محتوای نسبی آب، پتانسیل فشار آوندی، پرولین و قندهای محلول. پتانسیل فشار آوندی ساقه از روش شولاندر و همکاران (۲۱) توسط دستگاه محفظه فشار اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فشار آوندی ساقه، انتهای ساقه برگ‌دار به طول پنج سانتیمتر در دستگاه قرار گرفت و میزان فشار بر حسب بار ثبت شد. میزان محتوای نسبی آب برگ با استفاده از روابط ریاضی مربوط به دست آمد (۲۶). مقدار پرولین به روش بیتس و همکاران (۱) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (T80 UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd) در طول موج ۵۱۵ نانومتر تعیین شد. از روش (Irigoyen *et al*., 1992) برای استخراج قند محلول استفاده شد. میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید بعد از اعمال تنش با استفاده از روش اسپکتروفتومتری (۹) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد. میزان جذب نور محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۶۳/۶، ۶۴۶/۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. برای اندازه‌گیری شاخص

کارآیی فتوسنتزی از دستگاه فلوریمتر (Hansatech LTD Pocket PEA, UK) ساخت کشور انگلستان استفاده شد. داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار Excel طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در برنامه SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

پارامترهای فتوسنتزی

کلروفیل کل: نتایج تجزیه واریانس برهمکنش بین ترکیب‌های پیوندی و سطوح شوری بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارها بود (جدول ۱). به طور کلی توده سمسوری میزان کلروفیل بیشتری نسبت به توده گرمک داشت. بیشترین میزان کلروفیل کل در ترکیب پیوندی گرمک روی پایه فررو در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار دیده شد (۰/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر). افزایش شوری باعث کاهش میزان کلروفیل کل در سمسوری پیوند شده روی پایه ارگو و افزایش میزان کلروفیل سمسوری‌های پیوند شده روی هیبرید شینتوزا شد. در توده گرمک با افزایش شوری کلروفیل کل در گیاهان پیوندی روی هیبرید ارگو و کدو قلیانی کاهش و در هیبرید فررو افزایش یافت (شکل ۱).

کاروتنوئید کل: برهمکنش ترکیب‌های پیوندی و سطوح شوری در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین میزان کاروتنوئید در ترکیب پیوندی گرمک روی پایه فررو در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار (۰/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان آن در ترکیب پیوندی گرمک روی پایه ارگو در همان سطح شوری (۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) وجود داشت. در توده سمسوری پیوند شده روی کدو قلیانی و هیبرید ارگو افزایش شوری باعث کاهش کاروتنوئید گردید. در توده گرمک پیوند شده روی هیبرید ارگو نیز همین حالت مشاهده شد (شکل ۲).

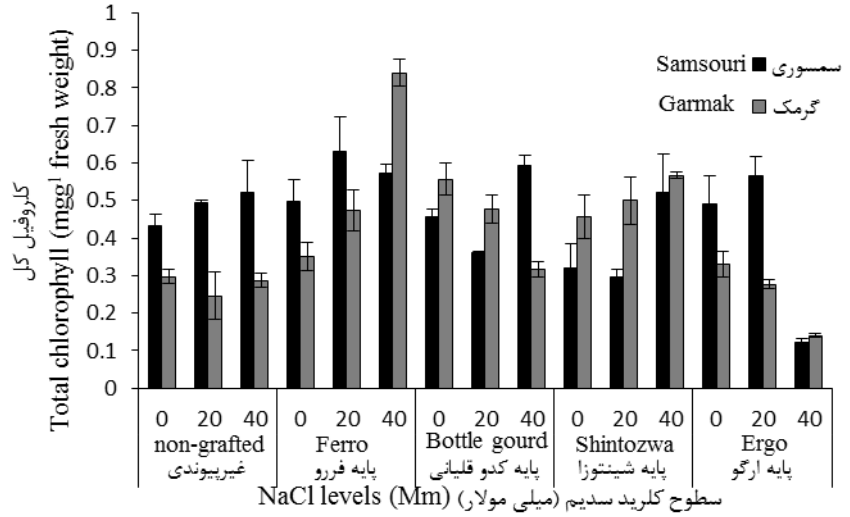
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برهمکنش ترکیب‌های پیوندی و سطوح شوری در صفات ارزیابی‌شده دو توده طالبی و گرمک ایرانی

Table 1- ANOVA for grafted combinations and salinity levels interactions in examined characteristics of two Iranian melon accessions

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares						
		قندهای محلول soluble sugars	پرولین Proline	کاروتنوئید کل Carotenoids content	کلروفیل کل Total chlorophyll	شاخص کارآیی فتوسنتزی PI	پتانسیل فشار آوندی Vascular pressure potential	محتوای نسبی آب برگ Relative water content
شوری Salinity	2	0.28**	0.09**	0.0002**	0.006^{ns}	0.03**	49.43**	^{ns}16.47
پایه Rootstock	4	0.80**	0.51**	0.0006**	0.15**	0.04**	40.02**	801.23**
پیوندک Scion	1	1.46**	*0.04	0.0005**	0.05**	0.01^{ns}	17.98**	344.88**
شوری × پایه Rootstock× Salinity	8	0.83**	**0.14	0.0004**	0.08**	0.07**	10.57**	124.80**
شوری × پیوندک Salinity ×Scion	2	0.53**	0.013^{ns}	0.00001^{ns}	0.004^{ns}	0.02*	34.62**	290.33**
پایه × پیوندک Rootstock×Scion	4	0.54**	0.20**	0.0004**	0.08**	0.06**	23.66**	343.27**
شوری × پایه × پیوندک Salinity×Rootstock×Scion	8	1.06**	0.07**	0.0002**	0.05**	0.04**	15.09**	184.17**
خطا Error	60	0.03	0.01	0.00003	0.007	0.005	0.38	19.18
ضریب تغییرات CV %		8.46	24.14	17.43	19.08	14.23	9.99	5.94

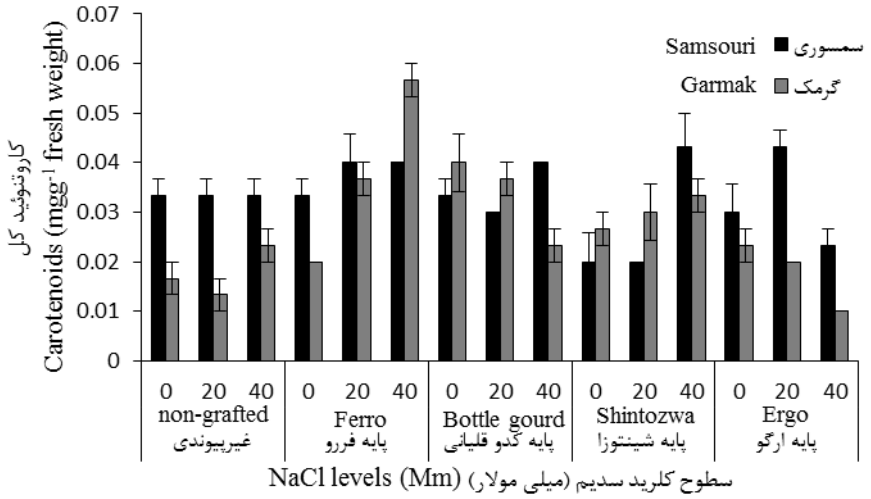
و **به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns بدون تفاوت معنی‌دار می‌باشند

^{ns}: not significant, * and **: significant at 5% and 1% of probability level, respectively



شکل ۱- مقایسه میزان کلروفیل کل در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش تنش شوری × ترکیب‌های پیوندی بر میزان کلروفیل کل دو توده طالبی و گرمک ایرانی.

Figure1- Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combinations on chlorophyll content of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.



شکل ۲- مقایسه میزان کاروتنوئید کل در گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش تنش شوری و ترکیب‌های پیوندی بر مقدار کاروتنوئید کل دو توده طالبی و گرمک ایرانی.

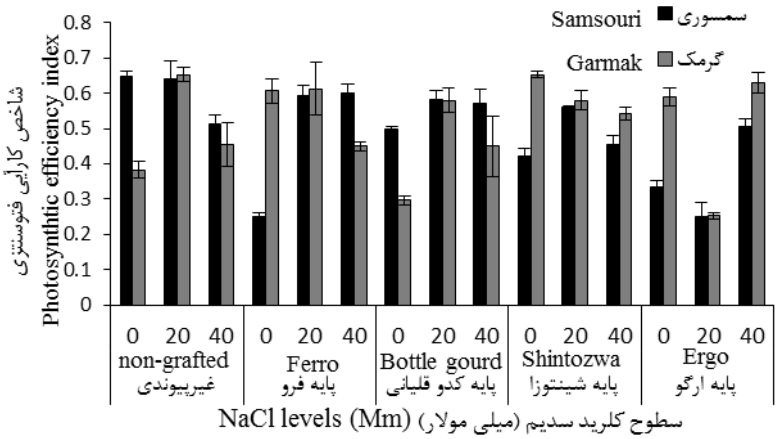
Figure 2- Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combination on carotenoids content of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.

شاخص کارآیی فتوسنتزی (PI)

بین گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش سطوح شوری و ترکیب‌های پیوندی در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین میزان PI در توده سمسوری غیرپیوندی (۰/۶۵) و ترکیب پیوندی گرمک روی پایه شینتوزا در سطح شوری شاهد (آب شهری) (۰/۶۵) و همچنین توده گرمک غیرپیوندی در سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار (۰/۶۵) و کمترین میزان آن در ترکیب پیوندی سمسوری روی پایه فررو در سطح شوری شاهد (آب شهری) و همچنین ترکیب‌های پیوندی گرمک و سمسوری روی پایه ارگو در سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار (۰/۲۵) بود (شکل ۳).

با افزایش شوری در گیاهان غیرپیوندی سمسوری از لحاظ آماری کاهشی در میزان این شاخص ایجاد نشد. اما در گیاهان غیرپیوندی گرمک با افزایش شوری تا سطح ۲۰ میلی‌مولار افزایش و سپس کاهش یافت. در توده سمسوری پیوند شده روی پایه فررو با افزایش

شوری میزان این شاخص نیز افزایش یافت اما شوری بر سایر پایه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. در توده گرمک افزایش شوری تفاوت معنی‌داری مقدار PI در هیچ‌یک از پایه‌های فررو، کدو قلیانی و شینتوزا ایجاد نکرد (شکل ۳).



شکل۳- مقایسه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش سطوح شوری و ترکیب پیوندی بر شاخص کارآیی فتوسنتزی دو توده طالبی و گرمک ایرانی.

Figure 3- Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combination on photosynthetic efficiency index of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.

کارآیی فتوسنتزی یکی از پارامترهای حساس به تنش های محیطی است و سرزنده بودن گیاه را می‌توان بوسیله شاخص کارآیی فتوسنتز مورد ارزیابی قرار داد (۲۴). شاخص کارایی فتوسنتزی عملکرد هر دو فتوسیستم I و II را بازتاب نموده و اطلاعات کمی (مقداری) راجع به عملکرد گیاه تحت شرایط تنش به پژوهشگران ارائه می‌دهد (۲۵).

طبق نتایج پژوهش حاضر با افزایش سطوح شوری در گیاهان غیرپیوندی سمسوری، کاهش معنی‌داری در میزان این شاخص مشاهده نشد. اما در گیاهان غیرپیوندی گرمک با افزایش شوری تا سطح ۲۰ میلی‌مولار شاخص کارآیی فتوسنتزی افزایش و سپس کاهش یافت. در گیاهان غیرپیوندی سمسوری در سطح شوری حداکثر (۴۰ میلی‌مولار)، میزان شاخص بیشتری مشاهده شد. در گیاهان پیوندی سمسوری، پایه هیبرید فررو واکنش مناسب‌تری نسبت به شرایط تنش از خود نشان داد و میزان شاخص بالاتری داشت. به طور کلی بالا بودن شاخص‌های فتوسنتزی گیاهان پیوندی در شرایط تنش را می توان به بالا بودن محتوای آب نسبی برگ و بالاتر بودن رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش مربوط دانست (۱۷).

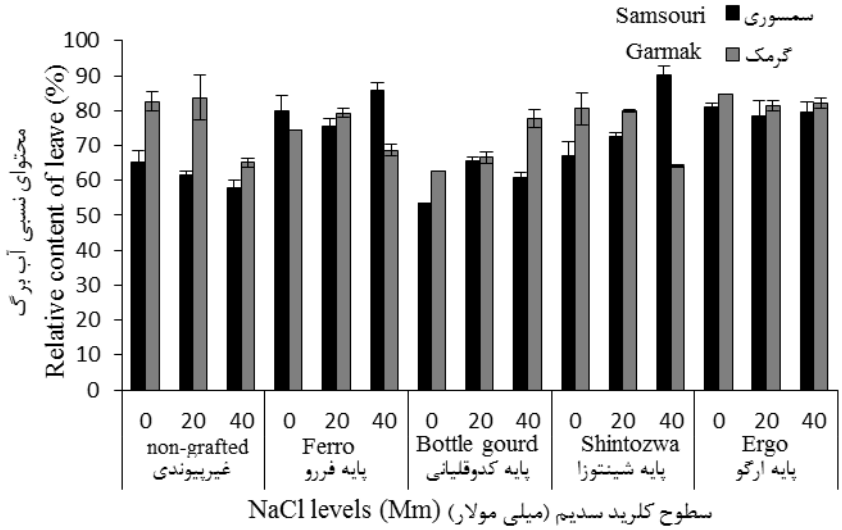
محتوای نسبی آب برگ (RWC)

نتایج تجزیه واریانس برهمکنش ترکیب‌های پیوندی و سطوح شوری نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارها بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین میزان محتوای آب نسبی برگ به ترتیب در ترکیب پیوندی سمسوری روی پایه شینتوزا در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار (۹۰/۲۶) و ترکیب پیوندی سمسوری روی پایه کدو قلیانی در سطح شوری شاهد (۵۳/۳۶) بود (شکل ۴). در گیاهان غیرپیوندی گرمک افزایش شوری باعث کاهش محتوای نسبی آب شد اما در سمسوری تفاوت معنی‌داری بین گیاهان وجود نداشت. در توده سمسوری پیوند شده روی هیبرید شینتوزا بیشترین محتوای نسبی آب برگ در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار ایجاد شد. در توده گرمک پیوند شده روی هیبرید شینتوزا با افزایش شوری میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت.

در گیاهان غیرپیوندی سمسوری با افزایش شوری تفاوت معنی‌داری بین گیاهان ایجاد نشد اما در ترکیب پیوندی روی هیبرید فررو با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ نیز افزایش یافت. در توده گرمک افزایش شوری باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان غیرپیوندی گردید. گیاهان پیوند شده روی هیبرید شینتوزا نیز مانند گیاهان غیرپیوندی تحت تاثیر شوری قرار گرفتند اما در کدو قلیانی افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ را افزایش داد.

بر طبق نتایج می‌توان بیان داشت که ارقام و توده‌های مختلف، واکنش‌های متفاوتی نسبت به تنش شوری از خود نشان داده و حتی ترکیب‌های پیوندی مختلف نیز واکنش‌های یکسانی نداشتند. محتوای آب نسبی برگ به‌عنوان معیاری قابل اعتماد برای اندازه‌گیری وضعیت آب در بافت‌های گیاهی محسوب می‌شود (۲۲) و از شاخص‌های

مرتبط با فتوسنتز در گیاهان زراعی است که با فتوسنتز و عملکرد بالا ارتباط قوی دارد و یکی از شاخص‌های موثر در تحمل به شوری، حفظ آماس سلولی و تنظیم اسمزی در اثر جذب نمک (یون‌های نمکی) و ساختن مواد آلی است. تنش شوری محتوای نسبی آب برگ را کاهش داده که این بیانگر کاهش آماس سلولی و کاهش آب قابل دسترس است. این فرایند باعث افزایش غلظت نمک‌ها شده که نتیجه آن آبگیری سلول‌هاست. محتوای نسبی آب برگ به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش می‌باشد که از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و با توانایی ریشه در جذب بدست می‌آید (۷).



شکل٤- مقایسه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش سطوح شوری و ترکیب پیوندی بر محتوای نسبی آب برگ دو توده طالبی و گرمک ایرانی.

Fig.4. Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combination on the relative water content of leaf of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.

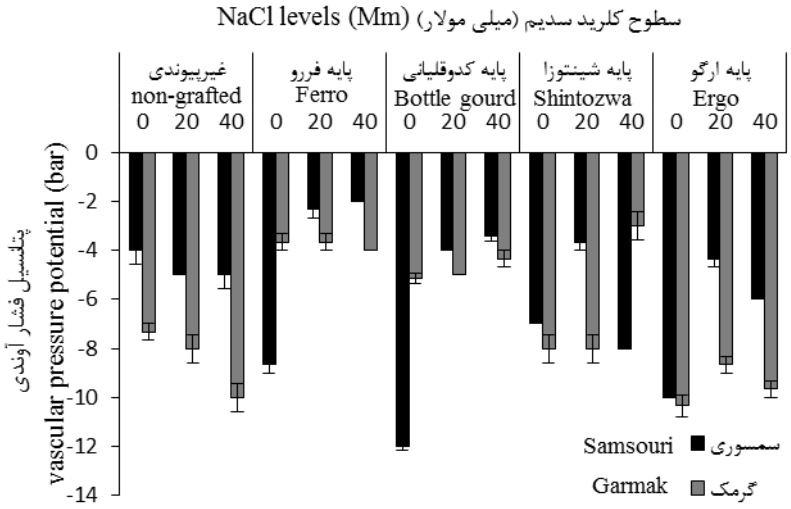
محتوای آب نسبی برگ از شاخص‌های مرتبط با فتوسنتز در گیاهان زراعی است که با فتوسنتز و عملکرد بالا ارتباط قوی دارد. افزایش نشت یونی غشا و کاهش محتوای آب نسبی با افزایش سطح شوری در برخی آزمایش‌ها روی ارقام آفتابگردان گزارش شده است (۱۱ و ۲۳).

پتانسیل فشار آوندی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد در برهمکنش ترکیب پیوندی و سطوح شوری بود (جدول ۱). در گیاهان غیرپیوندی با افزایش سطوح شوری میزان پتانسیل فشار آوندی کاهش یافت اما در گیاهان پیوندی (به جز گیاهان پیوند شده روی پایه شینتوزا) میزان پتانسیل فشار آوندی افزایش یافت به‌گونه‌ای که کمترین فشار آوندی با میانگین فشار ۱۱/۹۹- بار مربوط به ترکیب پیوندی سمسوری روی کدو قلیانی در سطح شوری شاهد و بیشترین میزان با میانگین فشار ۲- بار مربوط به ترکیب پیوندی همان پیوندک روی پایه فررو در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار بود (شکل ۵).

در مقایسه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی در توده گرمک با افزایش شوری پتانسیل فشار آوندی کاهش یافت. این مقدار در گیاهان غیرپیوندی نسبت به گیاهان پیوند شده روی هیبرید فررو و کدوقلیانی کمتر بود. در توده سمسوری گیاهان غیرپیوندی نسبت به ترکیب‌های پیوندی میزان پتانسیل فشار بیشتری داشتند اما در سطوح شوری بالاتر بعضی از ترکیب‌های پیوندی بهتر عمل کردند.

پتانسیل آب در اندام‌های گیاهی، انرژی آب در آن محیط را نشان می دهد. هر اندازه پتانسیل سلول‌های گیاهی بیشتر باشد نشانگر آن است که گیاه برای انجام فتوسنتز و انتقال مواد بین اندامها مشکلی ندارد، اما بدلیل تعرق آب از روزنه‌ها از یک سو و کاهش رطوبت خاک از سوی دیگر، پتانسیل آب سلول‌های گیاهی کاهش می‌یابد. کاهش پتانسیل آب از یک حدّ آستانه‌ای باعث بهم خوردن فعالیت‌های عمومی گیاه از جمله فتوسنتز است چرا که گیاه برای کاهش هدر رفت آب، روزنه‌های خود را می‌بندد. در نتیجه پتانسیل آب سلول‌های گیاهی و عموماً برگ شاخص مناسب و دقیقی از وضعیت آبِ گیاه می‌باشد که با پایش آن می‌توان به تنش‌های احتمالی گیاه پی برد.



شکل ۵- مقایسه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر پتانسیل فشار آوندی دو توده طالبی و گرمک ایرانی.
Figure 5- Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combination on vascular pressure potential of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.

پرولین

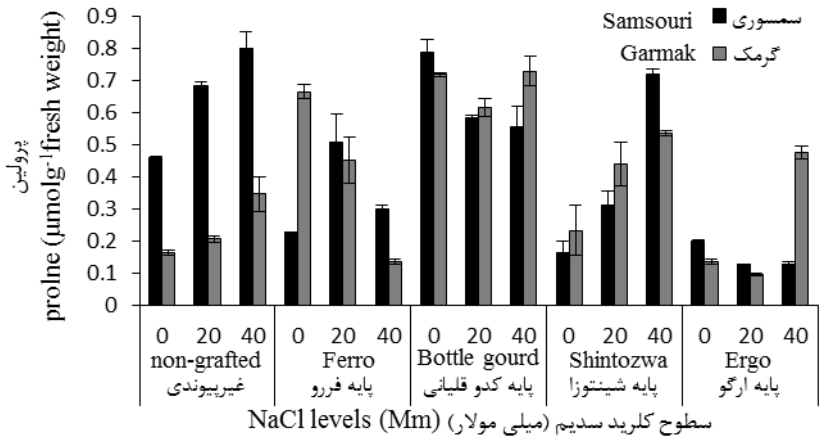
اسید آمینه پرولین از تنظیم کننده‌های اسمزی است که تجمع آن یک پاسخ فیزیولوژیکی به تنش‌های محیطی است (۳). براساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس برهمکنش سطوح شوری و ترکیب‌های پیوندی بین تیمارهای مورد ارزیابی در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌های بدست آمده، بیشترین میزان پرولین در ترکیب پیوندی سمسوری روی کدوقلیانی در سطح شوری شاهد (آب شهری) با مقدار ۰/۷۹ میکرو مول بر گرم وزن تازه و کمترین مقدار آن در ترکیب پیوندی گرمک روی پایه ارگو در سطح شوری۲۰ میلی‌مولار با مقدار ۰/۰۹۷ میکرومول بر گرم وزن تازه مشاهده شد (شکل ۶).

افزایش شوری در گیاهان غیرپیوندی در هر دو توده گرمک و سمسوری باعث افزایش پرولین گردید که مقدار آن در سمسوری بیشتر بود. در توده سمسوری پیوند شده روی پایه‌های کدو قلیانی و ارگو با افزایش شوری میزان تولید پرولین کاهش یافت اما روی هیبرید فررو در سطح شوری۲۰ میلی‌مولار حداکثر مقدار پرولین بدست آمد که با افزایش شوری مقدار آن دوباره کاهش یافت. در هیبرید شینتوزا نیز با افزایش شوری میزان پرولین افزایش یافت. در توده گرمک پیوند شده روی هیبرید شینتوزا نیز مانند گیاهان غیرپیوندی افزایش شوری باعث افزایش میزان پرولین شد. در گرمک‌های پیوند شده روی هیبرید فررو شوری باعث کاهش پرولین در توده گرمک شد و سطوح مختلف آن تاثیری بر ترکیب‌های پیوندی گرمک با هیبرید ارگو نداشت.

در شرایط تنش گیاه برای ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی مانند پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و به عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد (۱۴). پرولین یکی از مهم‌ترین اسمولیت‌هاست که در بیشتر گیاهان تحت تنش سنتز می‌شود. هم‌چنین پرولین حفاظت گیاه را در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد انجام می‌دهد (۱۰). در بین پایه‌های آزمون شده در پژوهش حاضر، دو هیبرید فررو و شینتوزا به تنش شوری تحمل بیشتری نشان دادند. هیبرید فررو به‌عنوان پایه برای توده سمسوری با افزایش شوری تا سطح ۲۰ میلی‌مولار در میزان پرولین افزایش نشان داد در حالی‌که در توده گرمک افزایش سطوح شوری باعث کاهش غلظت پرولین شد. در هیبرید شینتوزا به‌عنوان پایه برای هر دو توده، با افزایش شوری غلظت پرولین نیز افزایش یافت. تجمع پرولین رابطه مثبت و مستقیم با افزایش مقاومت به کم آبی در تنش‌های کم آبی و شوری ایجاد شده در گیاهان دارد (۲۰). افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشا در گیاهان می‌شود. بدین ترتیب با روش تنظیم اسمزی تحمل به تنش افزایش می‌یابد (۱۵).

قندهای محلول

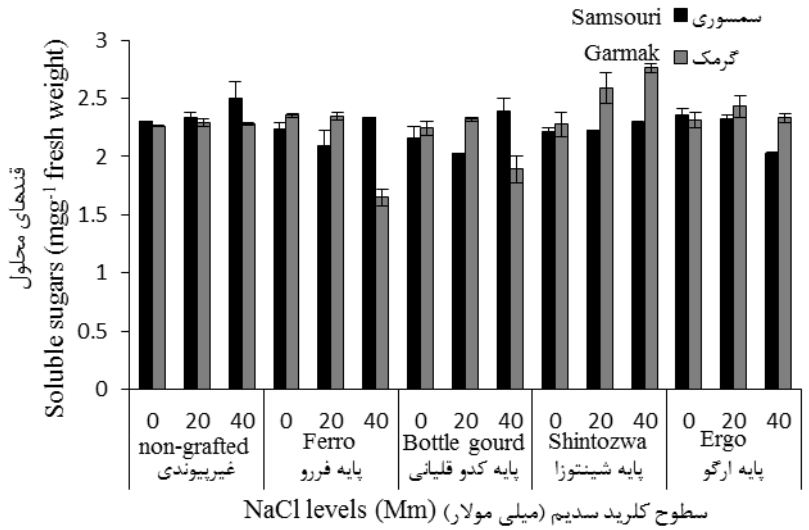
نتایج تجزیه واریانس برهمکنش شوری و ترکیب‌های پیوندی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین گیاهان پیوندی و غیرپیوندی داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار قندهای محلول را در ترکیب پیوندی گرمک روی شینتوزا در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار (۲/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین مقدار را در ترکیب پیوندی سمسوری روی کدوقلیانی در سطح شوری ۲۰ میلی‌مولار (۰/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نشان داد (شکل ۷).



شکل٦-Error! No text of specified style in document. **مقایسه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش تنش شوری و ترکیب پیوندی بر مقدار پرولین دو توده طالبی و گرمک ایرانی.**

Figure 6- Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combination on proline content of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.

در گیاهان غیرپیوندی افزایش سطوح شوری در میزان قندهای محلول هیچ‌یک از توده‌های سمسوری و گرمک تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. بین ترکیب‌های پیوندی مختلف تفاوت چشمگیری در سطوح مختلف شوری مشاهده نشد تنها در توده گرمک پیوند شده روی پایه فررو در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار کمترین مقدار (کمتر از ۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. در توده گرمک بین تیمارهای مختلف در سه سطح شوری متفاوت، تفاوت معنی‌دار ایجاد شد. در گیاهان پیوند شده روی هیبرید شینتوزا افزایش شوری میزان قندهای محلول را افزایش داد.



شکل ۷- مقایسه گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و برهمکنش تنش شوری × ترکیب پیوندی بر مقدار قندهای محلول دو توده طالبی و گرمک ایرانی . حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد می‌باشد. شاخص عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

Figure 7- Comparison of grafted and non-grafted plants and interactions between salinity levels ×grafting combination on level of soluble sugars of two Iranian melon accessions ($p\leq0.05$, DMRT). Bares indicate SE.

از مهمترین اسمولیت‌های سهیم در تنظیم اسمزی برای غالب شدن بر آثار سوء تنش کم‌آبی، تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین و قندهای محلول است. محتوی قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به شوری باشد (۱۳). طبق نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر بین پایه‌های مختلف و در سطوح مختلف شوری تفاوت چندانی مشاهده نشد. در پژوهش‌های پیشین (۲ و ۱۲) که از پیوند خیار و گوجه فرنگی روی پایه‌های مختلف استفاده شده بود، میزان قندهای محلول بیشتری در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی برخوردار بودند که آن را به توانایی بالای پایه در تجمع تنظیم کننده‌های اسمزی نسبت می‌دادند. در پژوهش حاضر تفاوت چشمگیری در سطوح مختلف شوری در مقدار قندهای محلول دیده نشد که ممکن است به دلیل شرایط کشت مزرعه باشد که تنش خشکی و دمای بالا نیز وجود داشت در حالی که بیشتر پژوهش‌های مشابه در گلخانه انجام شده‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد در گیاهان غیرپیوندی تحت تنش شوری، محتوای نسبی آب برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها بطور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین افزایش شوری باعث افزایش پتانسیل فشار آوندی گردید. طبق یافته‌های این پژوهش با افزایش شوری غلظت تنظیم‌کننده‌های پرولین افزایش یافت. در مقایسه بین گیاهان پیوندی و غیرپیوندی، مشاهدات نشان داد که اثرات منفی ناشی از تنش شوری در گیاهان غیرپیوندی بارزتر از گیاهان پیوندی بود. همچنین پارامترهای فتوسنتزی همچون نسبت رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی کاهش کمتری داشت.

در حالت کلی در مقایسه توده‌های سمسوری و گرمک، توده سمسوری نسبت به شرایط تنش ایجاد شده پاسخ مناسب‌تری نشان داد. در مقایسه بین گیاهان پیوندی و غیرپیوندی در شرایط بدون تنش بهترین پایه فررو بود که در هر دو توده سمسوری و گرمک بهترین نتیجه را در همه صفات به‌جز میزان پرولین نشان داد. در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار نیز پایه‌های فررو و شینتوزا برتر از سایر پایه‌ها بودند به‌گونه‌ای‌که در اکثر صفات نتایج رضایت بخشی از خود نشان دادند. شایان ذکر است که نتیجه بدست آمده نشان‌دهنده برتری گیاهان غیرپیوندی نسبت به گیاهان پیوند شده روی هیبرید ارگو بود. احتمالا بتوان دلیل این برتری در گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی را قدرت بیشتر ریشه گیاهان پایه نسبت به گیاهان پیوندک عنوان کرد. چرا که پایه‌ها با گسترش بیشتر و تولید ریشه‌های جانبی بیشتر میزان جذب آب و در نتیجه مواد غذایی مناسب‌تری داشته و باعث افزایش رشد گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی شدند. با توجه به واکنش ضعیف گیاهان پیوندشده روی پایه کدوقلیانی به نظر می‌رسد این پایه احتمالا به دلیل سازگاری پایین پایه مناسبی برای دو توده ارزیابی‌شده در پژوهش حاضر نباشد. به‌طور کلی پایه‌های فررو و شینتوزا در ترکیب با توده‌های گرمک و سمسوری به شوری تحمل بیشتری نشان دادند.

منابع

1- Bates L., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
2- Chen G., and Wang R. 2008. Effects of salinity on growth and concentrations of sodium, potassium and calcium in grafted cucumber seedlings. Acta Horticulturae, 771: 217-224.
3- Dezhban A., Shirvany A., Attarod P., Delshad M., and Matinizadeh M. 2015. Cadmium effect on the chlorophyll fluorescence, chlorophyll pigments and proline contents of *Celtis caucasica* and *Robinia pseudoacacia* seedlings leaves. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology). 28(4): 746-758. (In Persian with English abstract)
4- Edelstein M. 2004. Grafting vegetable crop plants: Pros and cons. Acta Horticulturae, 659: 235-238.
5- FAO. 2014. FAOSTAT agricultural database. From http://apps.fao.org
6- Kafi M., and Stewart D.S. 2001. Effects of salinity on growth and yield of nine wheat cultivars. Agricultural Sciences and Technology, 12(1).
7- Kafi, M. 2009. The effects of salinity and light on photosynthesis, respiration and chlorophyll fluorescence in salt-tolerant and salt-sensitive wheat (*Triticum aetivum* L.) cultivars. Journal of Agricultural Science, 11: 535-547.
8- Kashi A., Salehi R., and Javanpour R. 2008. Grafting Technology in Vegetable Crop Production. Agricultural Training Publishing. 212 p. (In Persian).
9- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.
10- Matysik J., Bhalu B., and Mohanty P. 2002. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. Current Science, 82(5): 525-532.

11- Modares A., Sorush A., and Jalali M. 2004. Changes in chlorophyll fluorescence and content of sunflower plants under stress and Zn and Mn application. Journal of Desert, 9(1): 93-109.
12- Mohsenian Y., Roosta H.R., Karimi H.R., and Esmailizade M. 2012. Investigation of the ameliorating effects of eggplant, Datura, orange nighshade, local Iranian tobacco and field tomato as rootstocks on alkali stress in tomato plants. Photosynthetica, 50: 411-421.
13- Nemati M., and Asghari A. 2013. Changes in Chlorophyll Content and Fluorescence and Total Soluble Sugars Rapeseed Cultivars under Osmotic Stress. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 167-181. (In Persian with English Abstract)
14- Orcutt D.M., and Nilsen E.T. 2000. The Physiology of Plant under Stress, Soil and Biotic Factors. 1st Edition, John Wiley and Sons, New York.
15- Pandey R., and Agarwal R.M. 1998. Water stress-induced changes in proline contents and nitrate reductase activity in rice under light and dark conditions. Physiology and Molecular Biology of Plants, 4: 53-57.
16- Raghami M., Lopez-Sese A.I., Hasandokht M.R., Zamani Z., Fattahi Moghadam M.R., and Kashi A. 2014. Genetic diversity among melon accessions from Iran and their relationships with melon germplasm of diverse origins using microsatellite markers. Plant Systematics and Evolution, 300: 139-151.
17- Rivero R.M., Ruiz J.M., and Romero L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. Journal of Food Agriculture and Environment, 1: 70-74.
18- Romero L., Belakbir A., Ragala L., and Ruiz J.M. 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). Soil Science and Plant Nutrition, 43(4): 855-862.
19- Salehi R., Kashi A., Lee J.M., Babalar M., Delshad M., Lee S.G., and Huh Y.C. 2010. Effect of Grafting on Survival Rate and Primary Growth of Melon and Muskmelon Seedlings Grafted onto Different Cucurbita Rootstocks. Iranian Journal of Horticultural science, 41(1): 1-9. (In Persian with English Abstract)
20- Saneoka H., Moghaieb R.E.A., Premachandra G.S., and Fujita K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental and Experimental Botany, 52: 131-138.
21- Scholander P.E., Hammel H.T., Bradstreet E.D., and Hemmingsen E.A. 1965. Sap pressure in vascular plant. Science, 148: 339-346.
22- Schonfield M.P., Richard J.C., Carver B.P., and Mornhi N.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science, 28: 526-531.
23- Shi D., and Sheng Y. 2004. Effect of various salts alkaline mixed stress conditions on sunflower seedling and analysis of their stress factors. Environmental and Experimental Botany, 54: 8-21.
24- Strasser R.J., Srivastava A., and Tsimilli-Michael M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. Photosynthesis Research, 94: 445-483.
25- Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., and Srivastava A. 2004. Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient. In: Papageorgiou G.C., Govindjee (eds) Chlorophyll a Fluorescence. Advances in Photosynthesis and Respiration, vol 19. Springer, Dordrecht.
26- Weatherley P.E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytolgist, 49: 81-97.
27- Yetisir H., and Uygur V. 2009. Plant growth and mineral element content of different gourd species and watermelon under salinity stress. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33(1): 65-77.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 89-100
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۰۰-۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigation on Eco-physiological Responses of Grafted and Non-grafted Plants in Two Iranian Melon Accessions under Salinity Stress

E. Rajabipour[1] -M. Raghami[2*]- H. R. Karimi[3]- R. Salehi[4]

Received: 28-01-2018
Accepted: 12-2-2019

Introduction: Varieties of melons have long been the most important crops in Iran and have a special place in Iran's agricultural economy which is the third major producers in the world. Different types of melons belong to various botanical groups of *Cucumis melo*. Salinity stress is one of the limiting factors in the production of crops. Majority lands in Iran have arid and semi-arid conditions. The characteristics of these regions are high evaporation and low rainfall, which causes the accumulation of different salts in the surface layer of the earth. Salinity is one of the most important issues in the world, and millions of tons of salt are come annually from irrigation water into agricultural land. Therefore, many plants are encountered to saline soils. Grafting is developing as a new and effective way to increase the tolerance of plants to salinity in advanced countries. Several reports indicate that the rootstock type has a significant role in the resistance of the scion to environmental stresses. In the present study, salinity tolerance of two Iranian melon accessions ('Garmak' and 'Samsouri') were investigated based on eco-physiological traits, on three commercial rootstocks and a local variety of cucurbit, as well as comparing them with non-grafting plant of 'Garmak' and 'Samsouri',.

Materials and Methods: This experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three factors including salinity stress (in three levels) and four rootstocks and two scions with three replications in greenhouse and field of the faculty of agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran. In this study, two melon accessions ('Garmak' and 'Samsouri') were grafted on commercial hybrids rootstocks ('Ferro', 'Shintozwa' and 'Ergo') and a local variety of bottle gourd and subjected to salinity treatments (0, 20 and 40 mM levels of sodium chloride) in the field. One month after adaptation of grafted plants, grafted and non-grafted plants were transferred to the field and salinity treatment (sodium chloride) was applied one week after planting in the field. The evaluated traits at the end of the experiment were: photosynthetic parameters (total chlorophyll, total carotenoids, photosynthetic efficiency index), relative water content, vascular pressure potential, proline and soluble sugars.

Results and Discussion: The results showed that in salinity treatments, grafted plants were superior to non-grafted plants in studied traits. Differences were also observed between the tested rootstocks, so that the 'Ergo' hybrid was weaker in many features than other rootstocks and even non-grafted plants. The results showed that salinity increased the amount of proline and carotenoids in the leaf, which was lower in grafted than non-grafted plants. With increasing salinity, the pressure of vascular pressure decreased. This amount was lower in non-grafted than in plants grafted on 'Ferro' and 'bottle gourd'. Also, the total chlorophyll content and relative water content of leaf decreased, which this reduction was higher in non-grafted plants. Among the traits mentioned, the best studied rootstocks were 'Ferro' and 'Shintozwa' that were better than other rootstocks as well as non-grafted plants. By increasing salinity, the soluble sugars of grafted plants on 'Ferro' and 'bottle gourd' decreased, but in grafted plants on 'Shintozwa' hybrid, increased salinity increased the soluble sugars content.

Conclusions The results of this study showed that salinity stress significantly reduced the relative water content of leaves, photosynthetic pigments and carotenoids. Salinity also increased the potency of vascular pressure potential and proline concentration. Compared to non-grafted plants, the negative effects of salinity stress on non-grafted plants were more prominent than grafted plants. Also, the amount of photosynthetic parameters in grafted plants decreased less than non-grafted plants. Comparing the two evaluated accessions, 'Samsouri' was more appropriate than stress conditions. Compared to non-grafted and grafted plants in non-stress conditions, the best rootstock was 'Ferro', which showed the best result for all traits except for proline content in both 'Samsouri' and 'Garmak'. At a salinity level of 40 mM, the 'Ferro' and 'Shintozwa' were superior to other rootstocks, which showed satisfactory results in most traits. Also, due to the poor reaction of the

1, 2 and 3- MSc. Graduate, Assistant Professor and Professor, Department of Horticulture science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: mraghami@vru.ac.ir)
4-Assistant Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

grafted plants on the bottle gourd rootstock under salt stress conditions, it seems that this rootstock probably due to low compatibility is not a suitable rootstock for two evaluated accessions in the present study. Based on the findings of the present study, ‘Ferrero’ and Shintozwa’ in combination with ‘Samsouri’ and ‘Garmak’ showed more tolerance to salinity.

Keywords: Grafting; Photosynthetic parameters; Samsouri; Shinozwa; Sodium chloride

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۱۱-۱۰۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 101-111
ISSN: 2008 - 4730

واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی در شرایط کمبود آهن

اعظم رحیمیان[۱] - محمود اثنی عشری[۲*] - حسن ساری خانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

چکیده

استفاده از زیست محرک‌ها در کشاورزی ارگانیک و پایدار با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی همواره مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه بررسی امکان جایگزینی کلات آهن در محلول غذایی با نوعی زیست محرک طبیعی محتوی عصاره جلبک دریایی به نام "اکتیویو" در کشت توت‌فرنگی ارقام کاماروسا و سلوا در سیستم کشت بدون خاک بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل تیمارهای شاهد (محلول غذایی حاوی کلات آهن با pH=۶)، محلول غذایی بدون آهن و حاوی اکتیویو با pH=۶، محلول غذایی حاوی کلات آهن با pH=۸ و محلول غذایی بدون آهن و حاوی اکتیویو با pH=۸ بود. نتایج نشان داد، عصاره جلبک دریایی روی همه صفت‌های اندازه‌گیری شده اثر معنی‌دار داشت، به‌طوری‌که وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر ریشه‌ها و همچنین میزان کلروفیل و آهن فعال برگ‌ها در تیمار حاوی اکتیویو با pH=۶ مشابه گیاهان شاهد بود. ارزیابی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در برگ نیز نشان داد که کاربرد اکتیویو سبب افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در گیاهان در شرایط کمبود آهن شد. بر اساس نتایج این پژوهش عصاره جلبک دریایی توانست جایگزین کلات آهن برای پرورش توت‌فرنگی در محلول غذایی شده و امکان تولید این گیاه را با کاهش استفاده از ترکیبات مصنوعی آهن فراهم کند، به عبارت دیگر کاربرد اکتیویو به‌جای کلات آهن در pH=۶ محلول غذایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکتیویو، کشاورزی ارگانیک، کشت بدون خاک، محلول غذایی

مقدمه

امروزه روش‌های پرورش محصولات، در حال حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک و کاربرد سیستم‌های پایدار و دوستدار محیط‌زیست است. کاهش استفاده از کودهای شیمیایی از اقدامات مؤثر برای رسیدن به این هدف است که با بهبود راندمان جذب و مصرف عناصر غذایی توسط گیاه می‌توان به این امر دست یافت (۳۷). این دغدغه‌ها به‌خصوص در مورد محصولاتی مانند توت‌فرنگی که سطح زیر کشت و تقاضای زیادی برای آن در کشور ما وجود دارد پررنگ‌تر است. اگر مدیریت بستر کشت، آبیاری و تغذیه در تولید این محصول به‌درستی انجام نشوند، سبب بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی شده و روی کیفیت محصول اثر منفی می‌گذارند؛ بنابراین به‌واسطه این نگرانی‌ها، سعی بر کاهش معنی‌دار حجم گسترده استفاده از آب و مواد غذایی در تولید این‌گونه محصولات وجود دارد (۳۴). سیستم‌های کشت بدون خاک به‌واسطه کاهش مصرف آب و مواد غذایی مزیت بزرگی در حفظ محیط‌زیست دارند، بااین‌حال استفاده از ترکیبات طبیعی برای جایگزینی ترکیبات مصنوعی مانند کلات‌های آهن در محلول غذایی می‌تواند گام مؤثری در رسیدن به اهداف کشاورزی ارگانیک در این زمینه باشد (۳۱).

نسل جدید عصاره‌های جلبک دریایی مانند اکتیویو[۲] ممکن است بتواند یک راهکار نویدبخش برای کاهش استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی باشد (۳۷). اکتیویو یک تقویت‌کننده متابولیسم است که از یک نوع جلبک قهوه‌ای بنام آسکوفیلوم ندوسوم[۳] به دست می‌آید، اما با شکل‌های قدیمی‌تر این نوع عصاره‌ها متفاوت بوده و ترکیب ثابت و متعادلی دارد. اکتیویو حاوی ترکیباتی نظیر کاهیدرین، آلژینیک اسید و بتائین‌هاست که در میزان اثرگذاری آن روی محصول نقش دارند (۳۱). کاهیدرین از مشتقات ویتامین K است. ویتامین K به‌طور طبیعی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری علوم باغبانی، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.esnaashari@basu.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.67812

2- Actiwave
3- *Ascophillum nodosum*

در گیاه وجود داشته و احتمالاً در غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی مسئول نقل و انتقالات الکترون است. کاربرد خارجی ویتامین K سبب تحریک پمپ پروتون غشا و متعاقباً اسیدی شدن آپوپلاست می‌شود که به احیای آهن نامحلول به نوع محلول آن کمک کرده و سبب جذب آهن توسط گیاه می‌شود. ازآنجاکه اکتیویو حاوی مشتقات ویتامین K می‌باشد، فرض بر این است که با مشارکت در فرآیند فوق سبب تسهیل جذب آهن توسط ریشه گیاه می‌گردد (۳۷). از طرف دیگر آلژینیک اسید به‌عنوان عامل بهبوددهنده وضعیت خاک عمل می‌کند، به‌طوری‌که با رادیکال‌های فلزی ترکیب شده و تشکیل پلیمرهایی می‌دهد که ویژگی‌های نگه‌داری آب در ریزوسفر را افزایش می‌دهند (۳۵). افزایش رطوبت در ریزوسفر به ایجاد محیطی مناسب‌تر برای رشد ریشه و میکروارگانیسم‌های مفید همراه آن کمک می‌کند (۱۱). درنهایت بتائین‌ها حلال‌های سازگاری می‌باشند که به‌عنوان محافظهای اسمزی عمل می‌کنند و افزاینده تحمل گیاه به تنش خشکی و شوری هستند (۱۷). همچنین بتائین‌ها فعالیت شبه سیتوکینینی دارند و کاربرد خارجی آن‌ها محتوای کلروفیل برگ و رشد شاخه و ریشه را افزایش می‌دهد (۱۰ و ۳۷). گزارش شده است که اکتیویو سبب افزایش جذب عناصر معدنی و تحمل تنش‌های غیرزنده توسط گیاه می‌شود (۳۱).

در پژوهشی، کاربرد دو نوع عصاره FZB24 و اکتیویو به‌طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد برگ، وزن‌تر و خشک برگ‌ها و عملکرد در کاهو پیچ شدند. در رابطه با عملکرد، اثر اکتیویو بیش از زیست محرک[1] دیگر بود و بیشترین مقدار کلروفیل، قند کل و کاروتنوئید و کمترین مقدار نیترات در برگ گیاهانی که با این دو زیست محرک تیمار شدند به دست آمد (۲۹). روی درختان سیب دارای سال آوری، اکتیویو با کاهش نوسان بین سال‌های آور و ناآور اثرات منفی این عارضه را تعدیل کرد (۳۰). در پژوهشی دیگر، کاربرد این ماده روی توت‌فرنگی رقم کوپین الیزا در گلخانه سبب افزایش رشد رویشی (۱۰ درصد)، محتوای کلروفیل برگ (۱۱ درصد)، تراکم روزنه (۶/۵ درصد)، نرخ فتوسنتز و تولید میوه (۲۷ درصد) و وزن میوه در شرایط کمبود آهن شد. مهم‌ترین نتیجه، افزایش زیست‌توده[2] گیاه بود، ماده خشک گیاه به بیش از ۲۷ درصد و ماده خشک ریشه به بیش از ۷۶ درصد افزایش یافتند. همچنین مشاهده شد که اکتیویو تأثیر مثبتی روی جمعیت میکروبی همراه ریشه دارد (۳۱). در پژوهشی دیگر، کاربرد اکتیویو سبب افزایش درصد ریشه‌زایی و میانگین وزن‌تر ریشه‌ها نسبت به شاهد در قلمه‌های گیاه کاملیا شد (۱۴). اکتیویو همچنین سبب افزایش معنی‌دار نمو ریشه، میزان کلروفیل و عملکرد و کاهش محتوای نیترات در گیاه منداب[3] در شرایط هیدروپونیک گردید (۳۶).

یکی از مشکلات کشاورزی در کشور ما وجود یون بی‌کربنات در خاک (خاک‌های آهکی) یا آب آبیاری است که سبب افزایش pH محیط ریشه گیاه می‌گردد. آشکارترین علامت زیاد بودن pH خاک، القای کلروز بین رگبرگی در برگ‌های جوان گیاه و بازماندن از رشد است. کلروز القا شده[4] در این حالت، به کمبود آهن به دلیل کاهش جذب آهن یا کاهش دسترسی به آن نسبت داده می‌شود (۷ و ۲۵). کاهش رشد گیاه همچنین می‌تواند به دلیل اثر بازدارنده بیکربنات روی فرآیندهای متابولیکی و تخریب فعالیت ریشه (۸) و نیز روی حلالیت عناصر غذایی باشد (۵). کاربرد زیست محرک‌ها ممکن است بتواند به بهبود پروتکل‌های کنونی کشت کمک کند. مواد زیست فعال[5] استخراج‌شده از جلبک‌های دریایی که به‌عنوان علف دریا[6] شناخته می‌شوند، به‌طور گسترده‌ای در کشاورزی و باغبانی استفاده‌شده و اثرات مفیدی روی کمیت و کیفیت محصولات داشته‌اند (۱۹). عصاره جلبک‌های دریایی که به شکل مایع یا پودر قابل‌حل در آب عرضه می‌شود، یک منبع غذایی در دسترس آسان می‌باشند که حاوی برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و همچنین اسمولیت‌های آلی مثل بتائین‌ها، اسیدهای آمینه، موادمعدنی، ویتامین و پیش سازهای ویتامین است (۶). برخلاف کودهای شیمیایی، عصاره جلبک‌های دریایی زیست‌تخریب‌پذیر[7] و غیر سمی بوده و برای انسان و حیوانات خطری ندارند (۱۲). گزارش‌های علمی و تجربی نشان می‌دهند که کاربرد این مواد سبب تسریع جوانه‌زنی بذور و استقرار گیاهان، افزایش رشد ریشه، جذب مواد غذایی و تشکیل میوه، افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش‌های محیطی (مانند خشکی و شوری و دماهای زیاد) و بهبود کیفیت و عمر قفسه‌ای محصول می‌شود (۱۹ و ۲۷).

پژوهش‌های زیادی برای تعیین مناسب‌ترین راهکارها برای غلبه بر کلروز ناشی از کمبود آهن در توت‌فرنگی انجام شده است (۱۳ ، ۳۳ و ۴۰). امروزه کاربرد کلات‌های آهن و محلول‌پاشی برگی آن‌ها مقبول‌ترین شیوه برای رفع این مشکل تغذیه‌ای است (۲)، اما مصرف این مواد علاوه بر تحمیل هزینه‌های زیاد، سبب بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود؛ بنابراین جستجو برای یافتن راهکارهای جایگزین، ضروری به نظر می‌رسد. اکتیویو یک زیست محرک است که می‌تواند در این هدف مشارکت کند (۳۱). هدف از این پژوهش، بررسی امکان جایگزینی کلات آهن در محلول غذایی با اکتیویو در دو

1- Biostimulant
2- Biomass

3- *Eruca sativa*
4- Induced chlorosis
5- Bioactive
6- Sea weed
7- Biodegradable

pH متعارف و قلیایی و تأثیر آن روی برخی ویژگی‌های رویشی و بیوشیمیایی دو رقم توت‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در گلخانه و آزمایشگاه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان انجام شد. عصاره جلبک دریایی با نام تجاری اکتیویو ساخت شرکت والاگرو[1] کشور ایتالیا در بسته‌های یک لیتری از شرکت واردکننده این محصول (شرکت خدمات کشاورزی گل پروران واقع در مشهد) خریداری شد. اواخر زمستان سال ۱۳۹۴ نشاءهای توت‌فرنگی[2] ارقام کاماروسا و سلوا از مرکز تحقیقات کشاورزی استان کردستان تهیه گردیدند و در گلدان‌های ۴ لیتری محتوی کوکوپیت و پرلیت (به نسبت مساوی) کشت شدند و یک هفته پس از استقرار گیاهان برنامه آبیاری و تغذیه گیاهان به‌صورت دستی با تیمارهای غذایی موردنظر آغاز گردید. تغذیه گیاهان دو بار در هفته با مقادیر ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌لیتر محلول هوگلند (شامل عناصر درشت مغذی: نیترات پتاسیم ۶، نیترات کلسیم ۴، فسفات آمونیوم ۲ و سولفات منیزیم ۱ میلی‌مولار و عناصر ریزمغذی: کلرید پتاسیم ۵۰، کلات آهن سکوسترین ۴۲/۵، اسید بوریک ۲۵، سولفات منگنز ۵/۵۹، سولفات روی ۱/۹۹، سولفات مس ۰/۵ و مولیبدات سدیم ۰/۱۲ میکرومولار) بسته به میزان رشد گیاه انجام شد. تنظیم pH و EC محلول غذایی توسط pH متر (۰/۱±۶) و EC متر (۰/۱ ±۱/۱ دسی زیمنس بر متر) انجام گرفت. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک در اطراف ریشه گیاهان، گلدان‌ها هفته‌ای یک‌بار آبشویی شدند. طی دوره رشد، دمای حداکثر گلخانه ۱±۲۴ و دمای حداقل ۱±۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵±۶۵ درصد بود و گیاهان تحت نور طبیعی قرار داشتند (۱۱۰۰-۶۰۰ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور شامل رقم توت‌فرنگی در ۲ سطح (کاماروسا و سلوا) و تیمار آهن در ۴ سطح به شرح ذیل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۵ گلدان و هر گلدان محتوی یک بوته توت‌فرنگی بود. برای ارزیابی بهتر تأثیر اکتیویو، کلات آهن در یک تیمار از محلول غذایی حذف شد و به‌جای آن از اکتیویو استفاده گردید و در تیمار دیگر، شرایطی ایجاد شد که عملکرد اکتیویو در pH قلیایی (با کاهش دسترسی گیاه به آهن) بررسی شود. سطوح تیمارها به شرح ذیل بودند: محلول کامل هوگلند با pH معادل ۶ (شاهد)، محلول هوگلند با pH معادل ۶ بدون کلات آهن + ۰/۲۵ میلی‌لیتر در لیتر اکتیویو، محلول کامل هوگلند با pH معادل ۸ (حاوی بی‌کربنات پتاسیم با غلظت ۱۰ میلی‌مولار) و محلول هوگلند با pH معادل ۸ (حاوی بی‌کربنات پتاسیم با غلظت ۱۰ میلی‌مولار) بدون کلات آهن + ۰/۲۵ میلی‌لیتر در لیتر اکتیویو.

تغذیه گیاهان به شیوه بالا تا دو ماه ادامه یافت و در پایان ماه دوم وزن تر و خشک ریشه و شاخساره اندازه‌گیری شد. همچنین میزان کلروفیل‌های a، b و کل و نیز کاروتنوئیدها به روش پورا (۲۲) توسط استخراج با استون ۸۰ درصد اندازه‌گیری گردید و درنهایت میزان جذب محلول‌های حاصل برای سنجش غلظت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۴، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یووی واریان مدل کری ۱۰۰[3] ساخت امریکا قرائت و با استفاده از روابط زیر محاسبه و برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیان شد، که در آن‌ها A بیانگر جذب در طول موج‌های ذکر شده است:

کلروفیل a (۱) $Chl_a= (12.25\times A664)-(2.55\times A645)$

کلروفیل b (۲) $Chl_b = (20.31\times A645)-(4.91\times A664)$

کلروفیل کل (۳) $Chl_t = Chl_a + Chl_b$

کاروتنوئیدها (۴) $Carotenoids = 1000\times A470-1.82\ chl_a-85.02\ chl_b /198$

ارزیابی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در نمونه‌های برگ تازه به ترتیب با استفاده از روش ابی (۴) و رانیری و همکاران (۲۳) انجام شد. میزان جذب عصاره‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر یووی واریان مدل کری ۱۰۰ ساخت امریکا در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۵ دقیقه با فواصل ۲۰ ثانیه (برای کاتالاز) و طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه با فواصل ۲۰ ثانیه (برای آسکوربات پراکسیداز) قرائت شد و درنهایت فعالیت ویژه آنزیم‌ها با استفاده از فرمول‌های مربوطه برحسب میزان جذب میلی‌گرم پروتئین در هر دقیقه محاسبه گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری آهن کل و فعال موجود در برگ و ریشه، ابتدا نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس پودر شدند. عصاره گیری از نمونه‌ها به روش عبدالشافی و همکاران (۳) برای آهن کل و روش تاکار و کائور (۳۲) برای آهن فعال به عمل آمد و سپس میزان جذب عصاره‌های حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی واریان مدل اسپکترا ۲۲۰[4] ساخت آمریکا قرائت شد و نهایتاً غلظت دو نوع آهن کل و فعال برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

1- Valagro
2- *Fragaria ×ananassa*
3- UV,Varian, Carry 100
4- SpectrAA 220

نتایج و بحث

استفاده از اکتیویو اثر معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) روی گیاهان از لحاظ وزن تر و خشک اندام هوایی برجا گذاشت. میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی در رقم کاماروسا بیشتر از سلوا بود. در رقم کاماروسا بین تیمار شاهد و تیمار جایگزینی اکتیویو با کلات آهن در pH=۶ اختلافی وجود نداشت و بیشترین میزان وزن تر و خشک از این تیمارها به دست آمد (به ترتیب ۴۰/۸ و ۱۱/۶ گرم). در مقابل، کمترین مقدار این ویژگی‌ها در تیمار محلول کامل هوگلند با pH= ۸ در رقم سلوا مشاهده شد (به ترتیب ۲۵/۱ و ۷/۸ گرم) (جدول ۱).

جدول ۱- اثر اکتیویو روی وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در دو رقم توت‌فرنگی

Table 1- The effect of Actiwave on shoots and root fresh and dry weight in two strawberry cultivars

تیمارها Treatments	وزن تر اندام‌های هوایی Fresh weight of shoots (g)	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight of shoots (g)	وزن تر ریشه‌ها Fresh weight of roots (g)	وزن خشک ریشه‌ها Dry weight of roots (g)
رقم Cultivar				
C1	37.87a	10.76a	26.12a	5.24a
C2	31.79b	9.45b	18.95b	4.37b
تیمار غذایی Nutrient treatmet				
T1	38.75a	11.03a	22.58a	4.66a
T2	36.16ab	10.51a	24.08a	4.89a
T3	29.00c	8.61b	19.91b	4.60a
T4	35.41b	10.28a	23.58a	5.08a
اثر متقابل Interaction effect				
C1×T1	42.83a	12.06a	25.50b	5.01abc
C1×T2	40.83a	11.60ab	29.16a	5.39ab
C1×T3	32.83b	9.43c	21.33c	4.92abc
C1×T4	35.00b	9.96c	28.50ab	5.63a
C2×T1	34.66b	10.00c	19.66c	4.30c
C2×T2	31.50b	9.43c	19.00c	4.39bc
C2×T3	25.16c	7.80d	18.50c	4.29c
C2×T4	35.83b	10.60bc	18.66c	4.52bc

C1 : رقم کاماروسا، C2 : رقم سلوا، T1 : تیمار هوگلند کامل pH=6، T2 : تیمار هوگلند بدون آهن حاوی اکتیویوpH=6، T3: تیمار هوگلند کامل pH=8، T4: تیمار هوگلند بدون آهن حاوی اکتیویوpH=8

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند.

C1: Camarosa cultivar, C2: Selva cultivar, T1: Absolute Hoagland Treatment pH=6, T2: iron-free Hoagland containing Actiwave pH=6, T3: Absolute Hoagland Treatment pH=8, T4: iron-free Hoagland containig Actiwave pH=8

Columns and group's treatments with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

در مورد وزن تر ریشه‌ها نیز، اثر اکتیویو در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و همچنان رقم کاماروسا وزن تر ریشه بیشتری نسبت به سلوا نشان داد. تیمارهای جایگزینی اکتیویو با کلات در هر دو pH ۶ و ۸ در رقم کاماروسا به ترتیب با ۲۹/۱ و ۲۸/۵ گرم، بیشترین میزان وزن تر ریشه را نسبت به سایر تیمارها عرضه کردند. دو رقم توت‌فرنگی تنها از لحاظ وزن خشک ریشه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) نشان دادند (وزن خشک ریشه کاماروسا بیشتر از سلوا بود)، اما بین تیمارها اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (جدول ۱).

در مورد میزان کلروفیل برگ‌ها، رقم سلوا کلروفیل a بیشتری از کاماروسا داشته و تیمار جایگزینی اکتیویو با کلات آهن در pH=۸ از این نظر بهتر از بقیه تیمارها بود. در مورد کلروفیل b ، بیشترین میزان مربوط به تیمار جایگزینی اکتیویو با کلات در pH=۸ رقم کاماروسا و کمترین آن مربوط به تیمار محلول کامل هوگلند با pH=۸ رقم سلوا بود. در مورد کلروفیل کل نیز همین نتایج در تیمارها وجود داشت. اثر اکتیویو روی میزان کاروتنوئید برگ‌ها نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار شاهد و کمترین آن در محلول کامل هوگلند با pH=۸ مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر اکتیویو روی محتوای رنگیزه‌ها و فعالیت آنزیم‌ها در دو رقم توت‌فرنگی

Table 2- The effect of Actiwave on pigment content and enzyme activities in two strawberry cultivars

تیمارها Treatments	کلروفیلa Chlorophyll a (mg/g FW)	کلروفیلb Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g FW)	کاروتنوئیدها Carotenoids (mg/g FW)	کاتالاز Catalase (abs/min/mg protein)	پراکسیداز Peroxidase (abs/min/mg protein)
رقم Cultivar						
C1	1.20b	0.56a	1.76a	0.51a	0.08a	0.46a
C2	1.32a	0.51a	1.84a	0.50a	0.07a	0.54a
تیمار غذایی Nutrient treatmet						
T1	1.29ab	0.53a	1.83ab	0.57a	0.10a	0.61a
T2	1.20b	0.60a	1.80b	0.50ab	0.07b	0.51a
T3	1.16b	0.41b	1.57c	0.45b	0.05c	0.36b
T4	1.39a	0.60a	2.00a	0.52ab	0.07bc	0.54a
اثر متقابل Interaction effect						
C1×T1	1.19abc	0.48bc	1.68cd	0.56ab	0.09ab	0.65a
C1×T2	1.14bc	0.58ab	1.72bcd	0.52ab	0.07bc	0.50abc
C1×T3	1.09c	0.47bc	1.57d	0.45b	0.06bcd	0.33c
C1×T4	1.38ab	0.69a	2.07a	0.52ab	0.07bcd	0.38bc
C2×T1	1.39ab	0.58ab	1.98ab	0.58a	0.11a	0.57ab
C2×T2	1.25abc	0.62ab	1.87abc	0.47ab	0.07bc	0.53abc
C2×T3	1.23abc	0.34c	1.57d	0.45b	0.04d	0.38bc
C2×T4	1.41a	0.50b	1.92abc	0.52ab	0.06cd	0.69a

C1 : رقم کاماروسا، C2 : رقم سلوا، T1 : تیمار هوگلند کامل pH=6، T2 : تیمار هوگلند بدون آهن حاوی اکتیویو pH=6، T3: تیمار هوگلند کامل pH=8، T4: تیمار هوگلند بدون آهن حاوی اکتیویو pH=8

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند.

C1: Camarosa cultivar, C2: Selva cultivar, T1: Absolute Hoagland Treatment pH=6, T2: iron-free Hoagland containing Actiwave pH=6, T3: Absolute Hoagland Treatment pH=8, T4: iron-free Hoagland containig Actiwave pH=8

Columns and group's treatments with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

کاربرد اکتیویو اثر معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) روی فعالیت آنزیم کاتالاز موجود در برگ‌ها گذاشت. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار شاهد (۰/۱) و کمترین آن در تیمار محلول کامل هوگلند با pH=۸ (۰/۰۵) وجود داشت. در مورد فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز نتایج مشابهی به دست آمد. تیمار محلول کامل هوگلند با pH=۸ کمترین میزان فعالیت آنزیم را نشان داده و بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۲).

شهاتا و همکاران (۲۹) بیان کردند که کاربرد اکتیویو سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ و وزن تر و خشک آن‌ها در کاهو پیچ شد و این اثرات با زیاد شدن غلظت ماده بیشتر و واضح‌تر بود. بیشترین مقدار کلروفیل و کاروتنوئید نیز از برگ گیاهانی که با این زیست محرک تیمار شدند به دست آمد. همچنین ورنیری و همکاران (۳۶) در آزمایشی مشابه دریافتند که اکتیویو به‌طور معنی‌داری سبب افزایش رنگ‌دانه‌های برگ در گیاه منداب شد. نتایج آزمایش حاضر در خصوص تأثیر این عصاره جلبک دریایی روی ویژگی‌های یادشده با یافته‌های محققین بالا مطابقت دارد.

علت این اثرات می‌تواند به دلیل محتوای ترکیبی اکتیویو شامل بتائین‌ها، آلژینات‌ها و کاهیدرین (از مشتقات ویتامین K) باشد. ازآنجاکه بتائین‌ها فعالیت سیتوکنینی دارند، می‌توانند باعث افزایش رشد ریشه از طریق بالا بردن میزان تقسیم سلول‌ها گردند (۹). افزایش محتوای کلروفیل نیز که می‌تواند نتیجه کاهش تجزیه کلروفیل باشد، احتمالاً به وجود بتائین‌ها در عصاره جلبک دریایی برمی‌گردد (۳۸).

در پژوهشی دیگر که توسط اسپینلی و همکاران (۳۱) انجام شد، استفاده از اکتیویو به‌طور معنی‌داری عملکرد رویشی گیاه توت‌فرنگی را تحت تأثیر قرار داد و سبب افزایش طول و وزن خشک طوقه، وزن تر و خشک ریشه و میزان کلروفیل برگ شد. در بررسی‌های ذکرشده به‌طورکلی اثر اکتیویو و کلات آهن روی پارامترهای مختلف رویشی گیاهان موردمطالعه مشابه بود که یافته‌های این آزمایش نیز این موضوع را تأیید کرد.

رشد رویشی بهتر و عملکرد بالاتر در گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک دریایی نشان داد که عناصر غذایی و فتوآسیمیلات‌های بیشتری برای اندام‌های مختلف گیاه فراهم شده است. گیاهان تیمار شده با اکتیویو سیستم ریشه‌ای گسترده‌تری تولید کردند که می‌توانند به‌طور مؤثری روی افزایش جذب عناصر غذایی اثر داشته باشد. تحریک رشد ریشه و افزایش وزن آن پس از تیمار با اکتیویو در گیاهان دیگر نیز مشاهده شده است (۶، ۱۴ و ۳۷). به‌علاوه، حضور کاهیدرین و آلژینیک اسید در اکتیویو، با اسیدی کردن ریزوسفر سبب تحرک و آزادسازی بیشتر یون‌ها در اطراف ریشه شده که نتیجه آن دریافت بیشتر یون‌ها توسط گیاه و افزایش آسیمیلاسیون آن‌هاست (۳۷).

گزارش‌های مختلفی در مورد کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، تحت شرایط کمبود آهن وجود دارد زیرا این آنزیم‌ها حاوی آهن بوده و فعالیت آن‌ها در این شرایط تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این آنزیم‌ها در گیاهان خنثی‌کننده پراکسید هیدروژن هستند (۳۹). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد اکتیویو سبب کاهش تنش وارده به گیاهان در اثر کمبود آهن شده و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش می‌دهد.

کاربرد اکتیویو اثر معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) روی میزان آهن کل برگ‌ها داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار هوگلند کامل با pH=۶ در رقم سلوا (۸۷/۲ میلی‌گرم) و کمترین آن در همین تیمار با pH=۸ در رقم کاماروسا (۵۳/۴ میلی‌گرم) مشاهده شد. اثر اکتیویو روی میزان آهن کل ریشه معنی‌دار نشد، اما ارقام از این نظر تفاوت نشان دادند، به‌طوری‌که میزان آهن کل در ریشه رقم کاماروسا بیشتر از سلوا بود (جدول ۳).

جدول ۳: اثر اکتیویو روی محتوای آهن کل و آهن فعال برگ و ریشه در دو رقم توت‌فرنگی

Table 3: The effect of Actiwave on shoots and root's total and active iron in two strawberry cultivars

تیمارها Treatments	آهن کل برگ Total leaf Fe (mg/kg DW)	آهن کل ریشه Total root Fe (mg/kg DW)	آهن فعال برگ Active leaf Fe (mg/kg DW)	آهن فعال ریشه Active root Fe (mg/kg DW)
رقم Cultivar				
C1	58.23b	219.44a	17.60b	47.70b
C2	69.79a	169.38b	20.68a	52.65a
تیمار غذایی Nutrient treatmet				
T1	72.32a	190.03a	22.65a	48.99bc
T2	65.71ab	204.15a	20.07ab	54.38a
T3	61.76bc	194.10a	16.43c	46.07c
T4	56.25c	189.35a	17.41bc	51.25ab
اثر متقابل Interaction effect				
C1×T1	57.37cde	223.00ab	23.22a	44.83de
C1×T2	63.87bcd	235.42a	17.30bc	57.05a
C1×T3	53.43e	215.46ab	14.15c	42.62e
C1×T4	58.25cde	203.87abc	15.75bc	46.30cde
C2×T1	87.26a	157.06c	22.07a	53.15ab
C2×T2	67.56bc	172.87bc	22.85a	51.72abc
C2×T3	70.09b	172.75bc	18.72ab	49.53bcd
C2×T4	54.25de	174.83bc	19.07ab	56.20a

C1 : رقم کاماروسا، C2 : رقم سلوا، T1 : تیمار هوگلند کامل pH=6، T2 : تیمار هوگلند بدون آهن حاوی اکتیویو pH=6، T3: تیمار هوگلند کامل pH=8، T4: تیمار هوگلند بدون آهن حاوی اکتیویو pH=8

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند.

C1: Camarosa cultivar, C2: Selva cultivar, T1: Absolute Hoagland Treatment pH=6, T2: iron-free Hoagland containing Actiwave pH=6, T3: Absolute Hoagland Treatment pH=8, T4: iron-free Hoagland containig Actiwave pH=8

Columns and group's treatments with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

تفاوت بین ارقام و تیمارها از نظر میزان آهن فعال برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که رقم سلوا آهن فعال بیشتری نسبت به کاماروسا در برگ داشت، همچنین میزان این عنصر در برگ گیاهان تیمار شده با اکتیویو در pH=۶ مشابه گیاهان شاهد بود (۲۲/۶ در تیمار شاهد و ۲۰/۰۷ میلی‌گرم در تیمار اکتیویو). میزان آهن فعال برگ در تیمار جایگزینی اکتیویو با آهن در pH=۸ بالاتر از تیمار

حاوی آهن با pH=۸ بود، اما بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت. از لحاظ میزان آهن فعال ریشه نیز تفاوت در ارقام و تیمارها وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان آهن فعال به ترتیب در شرایط جایگزینی اکتیویو با کلات در pH ۶ و ۸ رقم کاماروسا و سلوا مشاهده گردید و کمترین میزان آهن فعال از ریشه رقم کاماروسا در تیمار هوگلند کامل با pH=۸ به دست آمد (جدول ۳). در کل رقم کاماروسا نسبت به سلوا حساسیت بیشتری به کمبود آهن نشان داد که به این موضوع در منابع نیز اشاره شده است (۱۶).

اثبات شده است که غلظت آهن در برگ همیشه شاخص مناسبی برای بررسی وضعیت آهن گیاه نیست و حتی تحت شرایط خاص، گیاهانی که کلروز آهن نشان می‌دهند مقدار آهن بیشتری در برگ‌ها نسبت به گیاهان بدون کلروز دارند (۳۹). در این مطالعه نیز میزان آهن کل برگ و ریشه در تیمار هوگلند با pH=۸ بالا بود که البته دلیل این امر هنوز کاملاً مشخص نشده است. برخی پژوهش‌ها این امر را به محدود شدن رشد برگ‌های جوان و تجمع آهن در بافت‌ها یا غیرفعال شدن آهن در بافت‌ها (با فرآیند قلیایی شدن در آپوپلاست برگ) نسبت می‌دهند (۳۹).

رویز و همکاران (۲۸) در مطالعه تعدادی از ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی نشان دادند که فعالیت آسکوربات پراکسیداز حاوی آهن و آهن استخراج شده با هیدروکلریدریک اسید، مؤثرترین شاخص‌ها برای بررسی وضعیت آهن گیاه هستند. ایتوربه و همکاران (۱۸) نیز دریافتند که فعالیت آسکوربات پراکسیداز حاوی آهن و کاتالاز همبستگی بیشتری با وضعیت آهن در گیاه نخود دارند و غلظت آهن کل گیاه در این رابطه اهمیت کمتری دارد.

بررسی رابطه بین شدت کلروز آهن برگ، غلظت آهن کل و فعالیت آنزیم‌های حاوی آهن در برگ دو رقم گوجه‌فرنگی حساس و مقاوم به کمبود آهن نیز نشان داد که در شرایط کمبود آهن که میزان کلروفیل برگ کاهش یافت، غلظت آهن کل برگ‌ها در دو رقم مشابه بود، اما فعالیت آنزیم‌های حاوی آهن وابستگی زیادی به شدت کلروز برگ داشت (۳۹). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که برای بررسی وضعیت آهن برگ و مقاومت گیاه به کمبود آهن، اندازه‌گیری آنزیم‌های حاوی آهن در برگ قابل‌اعتمادتر از اندازه‌گیری غلظت آهن کل است. به نظر می‌رسد که در ارقام مقاوم به کمبود آهن، از لحاظ فیزیولوژیکی آهن قابل‌دسترس بیشتری در بافت‌ها نسبت به ارقام حساس وجود دارد (۳۹).

غلظت زیاد بی‌کربنات در محلول خاک، مهم‌ترین فاکتور القای کلروز آهن در گونه‌های دولپه بوده و از جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن به شاخه‌ها و برگ‌ها جلوگیری می‌کند. بی‌کربنات یک بافر قوی pH است که پروتون رهاشده به‌وسیله پمپ پروتون غشای پلاسمایی ریشه را خنثی کرده و سبب افزایش pH آپوپلاست ریشه می‌گردد که نتیجه آن جلوگیری از احیای Fe^{3+} متصل به غشای پلاسمایی ریشه است (۲۴). علاوه بر اثر بی‌کربنات روی جذب آهن توسط ریشه‌ها، پیشنهاد شده که غیرفعال شدن آهن در برگ‌ها نیز می‌تواند عامل کلروز آهن باشد که همراه با افزایش pH آپوپلاست برگ و جلوگیری از فرآیندهای احیای Fe^{3+} در برگ است (۲۰). آهن فعال (Fe^{2+}) که از احیای Fe^{3+} در برگ به دست می‌آید اهمیت فیزیولوژیکی خاصی به‌ویژه برای بیوسنتز کلروفیل دارد (۱).

در بررسی نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات برای کاهش اثرات منفی قلیایی شدن محلول غذایی ناشی از وجود بی‌کربنات در کشت هیدروپونیک توت‌فرنگی، پیشنهاد شده است که اثرات منفی قلیاییت با افزایش سهم آمونیوم در محلول کمتر شده و وجود آمونیوم سبب عملکرد بهتر گیاهان می‌شود (۲۶). احتمالاً در حضور مقادیر کم بی‌کربنات، گیاه سهم بیشتر نیتروژن را به فرم آمونیوم جذب می‌کند که سبب کاهش pH محیط می‌شود. pH پایین می‌تواند به دلیل فعال کردن Fe–رداکتاز سبب حلالیت بیشتر آهن و افزایش میزان آهن در گیاه شود (۱۵).

اضافه کردن اسید به آب، کاربرد بسترهایی با pH پایین، کاهش مقدار کلسیت یا دولومیت در زمان آماده‌سازی بستر، استفاده از ارقام و گونه‌های مقاوم و تغذیه اصولی، از عملیات باغبانی غلبه بر قلیاییت آب هستند. همچنین، کاربرد کودهای با واکنش اسیدی وسیله خوبی برای کنترل قلیاییت ملایم می‌باشند. (۲۱).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، کاربرد اکتیویو به‌جای کلات آهن در pH=۶ محلول غذایی باعث شد که وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر ریشه‌ها، محتوای کلروفیل کل، فعالیت آنزیم پراکسیداز و آهن فعال برگ گیاهان توت‌فرنگی با گیاهان شاهد تفاوتی نداشته باشد، که نشان‌دهنده توانایی زیست محرک اکتیویو در کاهش تنش وارده به گیاهان بود. هم‌چنین کاربرد محلول غذایی حاوی آهن در pH=۸ سبب افت ویژگی‌های یادشده در گیاهان شد، اما استفاده از اکتیویو در این شرایط سبب بهبود آن‌ها گردید. زیست محرک اکتیویو با دارا بودن ترکیبات خاص مانند بتائین‌ها، آلژینات‌ها و کاهیدرین توانایی اصلاح و تعدیل فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه را داشته و از این طریق روی رشد و نمو و واکنش به تنش اثر می‌گذارد. درمجموع می‌توان گفت این زیست محرک امکان پرورش گیاه توت‌فرنگی را در شرایط هیدروپونیک بدون استفاده از ترکیبات مصنوعی آهن فراهم می‌کند.

منابع

1- Abadia J. 1992. Leaf responses to Fe deficiency: a review. Journal of Plant Nutrition, 15(10):1699-1713.
2- Abadia J., Álvarez-Fernández A., Morales F., Sanz M., and Abadia A. 2002. Correction of iron chlorosis by foliar sprays. Acta Horticulturae, 594:115-121.
3- Abdel-Shafy H.I., Hegemann W., and Teiner A. 1994. Accumulation of metals by vascular plants. Environment Management and Health, 5(2):21-24.
4- Aebi H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105:121- 126.
5- Alcántara E., Romera F.J., and De la Guardia M.D. 1988. Genotypic differences in bicarbonate-induced iron chlorosis in sunflower. Journal of Plant Nutrition, 11(1):65-75.
6- Berlyn G., and Russo R. 1990. The use of organic bio-stimulants to promote root growth. Belowground Ecology, 2:12–13.
7- Bertoni G.M., Pissaloux A., Morard P., and Sayag D.R. 1992. Bicarbonate-pH relationship with iron chlorosis in white lupine. Journal of Plant Nutrition, 15(10):1509-1518.
8- Biatczyk J., Lechowski Z., and Libik A. 1994. Growth of tomato seedlings under different HCO^{-}_{3} concentration in the medium. Journal of Plant Nutrition, 17(5):801-816.
9- Blunden G., Wildgoose P.B., and Nicholson F.E. 1979. The effects of aqueous seaweed extract on sugar beet. Botanica Marina, 22(8):539-542.
10- Blunden G., Jenkins T., and Liu Y.W. 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. Journal of Applied Phycology, 8(6):535-543.
11- Chen S.K., Edwards C.A., and Subler S. 2003. The influence of two agricultural biostimulants on nitrogen transformations, microbial activity, and plant growth in soil microcosms. Soil Biology and Biochemistry, 35(1):9-19.
12- Dhargalkar V.K., and Pereira N. 2005. Seaweed: promising plant of the millennium. Science and Culture, 71(3-4): 60-66.
13- Erdal I., Kepenek K., and Kizilgöz I. 2006. Effect of elemental sulphur and sulphur containing waste on the iron nutrition of strawberry plants grown in a calcareous soil. Biological Agriculture and Horticulture, 23(3):263-272.
14- Ferrante A., Trivellini A., Vernieri P., and Piaggesi A. 2013. Application of Actiwave® for improving the rooting of Camellia cuttings. Acta Horticulturae, 1009:213-218.
15- Flores P., Carvajal M., Cerdá A., and Martínez V. 2001. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. Journal of Plant Nutrition, 24(10):1561-1573.
16- Hancock J.F. 1999. Strawberries: Crop Production Science in Horticulture Series. CABI Publishing, Wallingford, UK. 237 p.
17- Huang J., Hirji R., Adam L., Rozwadowski K.L., Hammerlindl J.K., Keller W.A., and Selvaraj G. 2000. Genetic engineering of glycinebetaine production toward enhancing stress tolerance in plants: metabolic limitations. Plant Physiology, 122(3):747-756.
18- Iturbe-Ormaetxe I., Moran J.F., Arrese-Igor C., Gogorcena Y., Klucas R.V., and Becana M. 1995. Activated oxygen and antioxidant defences in iron-deficient pea plants. Plant Cell and Environment, 18(4):421-429.
19- Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., and Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation, 28(4):386-399.
20- Mengel K., Planker R., and Hoffmann B. 1994. Relationship between leaf apoplast pH and iron chlorosis of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Plant Nutrition, 17(6):1053-1065.
21- Nelson P. V. 1998. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall. USA. 692 p.
22- Porra R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research, 73(1-3):149-156.
23- Ranieri A., Castagna A., Pacini J., Baldan B., Mensuali Sodi A., and Soldatini G.F. 2003. Early production and scavenging of hydrogen peroxide in the apoplast of sunflower plants exposed to ozone. Journal of Experimental Botany, 54(392):2529-2540.
24- Romera F.J., Alcántara E., and de la Guardia M.D. 1992. Effect of bicarbonate, phosphate and high pH on the reducing capacity of the Fe-deficient sunflower and cucumber plants. Journal of Plant Nutrition, 15(10):1519-1530.
25- Roosta H.R. 2011. Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf Mg, Fe, Mn and Zn concentrations in lettuce. Journal of Plant Nutrition, 34(5): 717–731.
26- Roosta H.R. 2014. Effect of Ammonium: Nitrate ratios in the response of strawberry to alkalinity in hydroponics. Journal of Plant Nutrition, 37(10):1676–1689.
27- Ross R.E., Subramanium S., Sangha J.S., Critchley A.T., and Prithibiraj B. 2011. A review of seaweed extract induced suppression of plant diseases. pp: 19-24. In: 4th Congress International Society for Applied Phycology, 19-24 June 2011. Halifax, Canada.

28- Ruiz J.M., Baghour M., and Romero L. 2000. Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the response of some bioindicators. Journal of Plant Nutrition, 23(11-12):1777-1786.
29- Shehata S.M., Schmidhalter U., Valšíková M., and Junge H. 2016. Effect of bio-stimulants on yield and quality of head lettuce grown under two sources of nitrogen. Gesunde Pflanzen, 68(1):33-39.
30- Spinelli F., Fiori G., Noferini M., Sprocatti M., and Costa G. 2009. Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 84(6):131-137.
31- Spinelli F., Fiori G., Noferini M., Sprocatti M., and Costa G. 2010. A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. Scientia Horticulturae, 125(3):263-269.
32- Takkar P.N., and Kaur N.P. 1984. HCl method for Fe2+ estimation to resolve iron chlorosis in plants. Journal of Plant Nutrition, 7(1-5):81-90.
33- Türemis N., Ozguven A.L., Paydas S., and Idem G. 1997. Effects of sequestrene Fe-138 as foliar and soil application on yield and earliness of some strawberry cultivars in the subtropics. Acta Horticulturae, 441: 369–374.
34- Van Noordwijk M., and Cadisch G. 2002. Access and excess problems in plant nutrition. Plant and Soil, 247: 25–40.
35- Verkleij F.N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. Biological Agriculture and Horticulture, 8(4):309-324.
36- Vernieri P., Borghesi E., Ferrante A., and Magnani G. 2005. Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. Journal of Food Agriculture and Environment, 3(3/4):86-88.
37- Vernieri P., Borghesi E., Tognoni F., Serra G., Ferrante A., and Piagessi A. 2006 .Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. Acta Horticulturae, 718: 477–484.
38- Whapham C.A., Blunden G., Jenkins T., and Hankins S.D. 1993. Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. Journal of Applied Phycology, 5(2):231-234.
39- Yildiz Dasgan H., Ozturk L., Abak K., and Cakmak I. 2003. Activities of Iron-Containing Enzymes in Leaves of Two Tomato Genotypes Differing in Their Resistance to Fe Chlorosis. Journal of Plant Nutrition, 26(10-11):1997-2007.
40- Zaiter H.Z., Saad I., and Nimah M. 1993. Yield of iron-sprayed and non-sprayed strawberry cultivars grown on high pH calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 24(11-12): 1421-1436.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 101-111
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۱۱-۱۰۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Physiological and Biochemical Responses of Strawberries Affected by Seaweed Extract under Iron Deficiency Conditions

Rahimian[1] – M. Esna-Ashari[2]* – H. Sarikhani[3]

Received: 10-03-2018
Accepted: 12-02-2019

Introduction: Nowadays, crop production methods are moving towards organic farming through reducing the use of chemicals in agriculture. The new generation of seaweed extracts, like Actiwave, could be a promising approach to achieve a part of this goal. Actiwave is a metabolic enhancer derived from a type of brown algae, called *Ascophyllum nodosum*, and contains compounds that play an important role in plant metabolism. The application of this product on various plants has often improved their vegetative and reproductive characteristics. One of the important problems in our agricultural lands is the presence of bicarbonate ion in soil (calcareous soils) or irrigation water, which increases pH around plant's root followed by chlorosis between the veins in the young leaves resulting in a reduction or halt in plant growth. The induction of chlorosis in calcareous soils is attributed to iron deficiency due to reduction of iron absorption or availability. The use of biostimulants may help to improve plant growth under such conditions. The aim of this study was to investigate the possibility of replacing iron chelates in nutrient solution with Actiwave in two optimal and alkaline pH and its effect on some of the vegetative and biochemical properties of two strawberry cultivars in a soil-less system.

Materials and Methods: Strawberry seedlings of Camarosa and Salva cultivars were cultivated in pots containing coco-peat and perlite (1:1), followed by plant's irrigation and nourishment through a plant nutritional program. The project was conducted in a factorial experiment (with two factors) based on a completely randomized design with three replications. The first factor was strawberry cultivar in two levels including Camarosa and Salva, and the second factor was iron treatment in four levels consisting of Hoagland nutrient solution containing iron chelate (pH=6), iron-free nutrient solution containing 0.25 ml/l Actiwave (pH=6), Hoagland nutrient solution containing iron chelate (pH=8), and iron-free nutrient solution containing 0.25 ml/l Actiwave (pH=8). Plants were fed for two months, at the end of which, the roots and shoot's fresh and dry weight, chlorophylls a, b and total as well as carotenoids contents, catalase and ascorbate peroxidase activities in fresh leaf samples and also total Fe and active Fe in dried leaf and root samples were measured.

Results and Discussion: The results showed that the algae extract had a significant effect on all the measured parameters, so that fresh and dry weights of the aerial parts, fresh weight of the roots, as well as chlorophyll and active iron content of leaves in the treatment containing Actiwave with pH=6 was similar to the control plants. Evaluation of the activity of catalase and peroxidase enzymes in the leaf also showed that Actiwave application reduced iron deficiency stress in plants increasing the activity of these enzymes under such conditions. The reason behind these effects can be due to the Actiwave ingredient content, which includes betaine, alginates and kahydrin (derived from vitamin K). Since betaines have cytokine activity, they can increase root growth by increasing the amount of cell division. Increasing the chlorophyll content, which can be the result of reduced chlorophyll degradation, is probably due to the presence of betaines in the seaweed extract. In addition, the presence of kahydrin and alginic acid in Actiwave, with the acidification of the rhizosphere, stimulated the release of more ions around the roots, resulting in more ions received by the plant and increased their assimilation. As observed in this study, It has been proven that iron concentration in the leaf is not always an appropriate indicator for checking the state of iron in plants. Some studies attribute this to limiting the growth of young leaves and the accumulation of iron in tissues or inactivation of iron in tissues occurred through the process of alkalization in leaf apoplast. It is found that activity of catalase and ascorbate peroxidase containing iron and the iron extracted with hydrochloric acid are the most effective indices for checking the iron status in plants, and the concentration of the total iron is less important in this regard. According to the results of this study, algae extract was able to replace iron chelate in nutrient solution for growing strawberry, and so made it possible to produce this fruit by reducing the use of synthetic iron compounds. In other words, application of Actiwave instead of iron chelate is recommended in nutrient solution with pH=6.

Keywords: Actiwave, Organic agriculture, Soil-less culture, Nutrient solution

1, 2 and 3 - PhD Student of Horticultural Science, Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.esnaashari@basu.ac.ir)

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۲۶-۱۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 113-126
ISSN: 2008 - 4730

مقایسه مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال شش گونه سبزی در مرحله میکروگرین در دو سیستم آبکشت و کشت خاکی

لاله پورشاه آبادی[۱] - سید حسین میردهقان[۲*] - حمیدرضا روستا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

چکیده

میکروگرین‌ها مرحله‌ای از رشد سبزی‌ها هستند که به واسطه داشتن ارزش غذایی بالا محبوبیت خاصی در بین مصرف کنندگان پیدا کرده‌اند. پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر مرحله رشد گیاه (میکروگرین و برگ‌های بالغ) در سیستم‌های کشت (آبکشت و کشت خاکی) بر ویژگی‌های رشدی نظیر وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و سطح برگ، ترکیبات زیست فعال شامل کلروفیل، کاروتنوئید، ترکیبات فنلی، فعالیت ضد-اکسیدانی، ویتامین ث، و عناصر معدنی شش نوع سبزی (ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز) انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که خصوصیات رشدی درتمام سبزی‌ها به‌جز تربچه و شوید؛ ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ سبزی‌های کاهو، تربچه و گشنیز؛ محتوای ویتامین ث (در هر دو شرایط کشت خاکی و آبکشت) در تمام سبزی‌ها به‌جز شوید و گشنیز و محتوای تمام عناصر معدنی اندازه‌گیری شده (فسفر، منیزیم، کلسیم، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس) به جز عنصر روی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود. بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که تولید و پرورش گیاهان در مرحله میکروگرین می‌تواند به عنوان یک روش مناسب با ارزش غذایی بالا، مورد توجه پرورش-دهندگان سبزی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی، عناصر معدنی، فعالیت ضداکسیدانی، کاروتنوئید

مقدمه

سبزی‌ها گیاهان بسیار ارزشمندی هستند که قسمت‌های مختلف آن‌ها مانند برگ، غنچه، ساقه، ریشه، غده، پیاز، گل، میوه و دانه به صورت خام، پخته، خشک شده، پودر شده، یخزده و یا کنسرو شده در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸). امروزه از سبزی‌ها در تغذیه روزمره استفاده فراوان می‌شود به طوری‌که براساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی مقدار سرانه مصرف سبزی در دنیا از ۲۰۰ گرم به ۴۰۰ گرم در روز افزایش یافته است (۵). سبزی‌ها همچنین به دلیل دارا بودن آب و الکترولیت‌های قلیایی (کمک به حفظ تعادل اسید و باز بدن)، املاح معدنی، انواع مختلفی از ویتامین‌ها (ویتامین‌های C، A، D و B)، فیبر و رنگدانه‌ها (کلروفیل و کاروتنوئید) و ترکیبات فنلی که نقش ضداکسیداسیونی در گیاه ایفا می‌کنند، حائز اهمیت هستند (۷).

شیوه‌های جدیدی در کشت، نحوه ارائه به بازار و مصرف سبزی‌ها در جهان وجود دارد که یکی از این شیوه‌ها پرورش و عرضه میکروگرین‌ها است. میکروگرین مرحله‌ای از رشد گیاه است که قسمت‌های قابل استفاده آن شامل ساقه، لپه‌ها و دو برگ حقیقی می‌باشد و ارتفاع آن‌ها به سه الی هشت سانتی‌متر می‌رسد (۲۹). گزارش شده است که میکروگرین‌ها به دلیل تنوع در رنگ، شکل، عطر و طعم سبب ایجاد تنوع در وعده‌های غذایی انسان می‌گردد. برداشت سبزی‌ها در مرحله میکروگرین به دلیل ارزش غذایی بالا و داشتن ویتامین‌های مختلف (C، K_1 و B_9)، کاروتنوئیدها (لوتئین، ویلوزانتین، زآکسانتین و بتاکاروتن) و ترکیبات فنلی بیشتر نسبت به مرحله بالغ از اهمیت بسیاری برخوردار است (۲۹). طی بررسی انجام شده روی گیاه ماش و سویا مقدار ویتامین C و کاروتنوئید در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در هر دو گیاه بیشتر بود (۴). همچنین گزارش شده است که مقدار فعالیت ضداکسیداسیونی ۲۵ گونه گیاهی در مرحله میکروگرین در مقایسه با مرحله برداشت استاندارد (گیاهان بالغ) حدود ۱۰ برابر بالاتر می‌باشد (۳). همچنین در مورد کلم قرمز مقدار ویتامین C، E و K در مرحله میکروگرین در مقایسه با مرحله بالغ به ترتیب حدود شش، ۴۰۰ و ۶۰ برابر بیشتر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: mirdehghan@vru.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.70902

است (۲۹).

تولید میکروگرین در محیط رشد مناسب که عناصر غذایی مناسب و کافی را برای رشد گیاهی فراهم می‌کند، لازم و ضروری است (۱۰). از طرف دیگر به دلیل حساس بودن مراحل رشد اولیه به فعالیت‌های میکروبی، کشت سبزی‌ها در محیط عاری از عوامل بیماری‌زا، نقش مهمی در حفظ کیفیت و بازاررسانی محصولات ایفا می‌کند (۳۰). کشت آبکشت (آبکشت) گیاهان، یک راه‌کار منطقی برای رسیدن به این هدف می‌باشد و حتی در بعضی موارد، جایگزین خوبی برای کشت خاکی بوده است. سیستم آبکشت یکی از روش‌های کاشت گیاهان می‌باشد که به دلیل کارآیی مصرف آب بسیار مورد توجه تولیدکنندگان سبزی‌های گلخانه‌ای قرار گرفته است (۳۰). مزایای فوق‌العادهٔ کشت‌های آبکشت در تولید میزان بالای محصول به همراه کیفیت و کمیت بالا می‌باشد که سال‌هاست دانشمندان به اهمیت آن پی برده‌اند. همچنین از مزیت‌های دیگری که تولید در شرایط آبکشت نسبت به کشت خاکی دارد می‌توان به کاهش عوامل بیماری‌زا اشاره نمود و همچنین با تغییر در محلول غذایی می‌توان کیفیت محصول را افزایش داد (۱۶). گزارش شده است که ویژگی‌های عملکردی، کیفیت و رشدی گیاه کدو در شرایط آبکشت به طور معنی‌داری نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (۲۱). همچنین گزارش شده است که مقدار ترکیبات فنلی ارقام مختلف ریحان در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط کشت آبکشت در تمام ارقام بیشتر بود (۲۳).

این پژوهش به‌منظور ارزیابی تولید میکروگرین برخی از سبزی-های برگی در شرایط کشت خاکی و آبکشت می‌باشد. همچنین مقایسه برخی از ویژگی‌های رشد، ترکیبات زیست فعال و مقدار عناصرمعدنی برگ سبزی‌ها در مرحله میکروگرین و مرحله بالغ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

روش اجرای آزمایش

بذر سبزی‌های ریحان سبز و ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*)، کاهو (*Lactuca sativa*)، تربچه (*Raphanus sativus*)، شوید (*Anethum graveolens*) و گشنیز (*Coriandrum sativum*) در شرایط آبکشت و کشت خاکی برای ارزیابی و بررسی خصوصیات کمی و کیفی سبزی‌ها در مراحل اولیه رشد (میکروگرین) و در مرحله بلوغ، کشت شدند. ۳۶ گلدان از ۷۲ گلدان با مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه با نسبت دو به یک پر شدند. در هر گلدان پنج کیلویی حدود ۵۰۰ گرم زهکش (۲۰۰ گرم پوکه معدنی و ۳۰۰ گرم ماسه) و مابقی از مخلوط خاکی ریخته شد. در بستر کشت آبکشت از کوکوپیت و پرلیت به نسبت یک به یک استفاده گردید. از ۳۶ گلدان خاکی در ۱۸ گلدان آن به منظور برداشت گیاه در مرحله میکروگرین و ۱۸ گلدان به منظور برداشت در مرحله بلوغ بذر سبزی‌ها مورد نظر کشت شد و در ۳۶ گلدان آبکشت نیز به همین ترتیب عمل شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل: سه فاکتور، شرایط کشت (کشت خاکی و آبکشت) به‌عنوان فاکتور اول و نوع سبزی (ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز) به‌عنوان فاکتور دوم و مرحله رشد سبزی شامل میکروگرین و بالغ به‌عنوان فاکتور سوم با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش گیاهان در شرایط کشت خاکی روزانه در دو نوبت با آب مقطر آبیاری شدند و سبزی‌ها در شرایط آبکشت با محلول غذایی نیم هوگلند در دو نوبت تغذیه شدند.

در پایان هر مرحله برداشت، صفات رویشی و کیفی همچون وزن تر و خشک ریشه (برای مقایسه میزان توسعه ریشه در دو سیستم کشت خاکی و آبکشت)، وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، ترکیبات فنلی، ویتامین C، مقدار کلروفیل کل، فعالیت ضداکسیداسیونی، عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شدند.

خصوصیات رشدی

ده روز پس از جوانه‌زنی برای هر گونه سبزی اندام هوایی هر دانهال در داخل گلدان از محل طوقه جدا شد و سپس وزن‌تر هرکدام به صورت جداگانه با ترازو اندازه‌گیری شدند (تعداد ۲۰-۳۰ گیاه از هر گلدان اندازه‌گیری شد و سپس میانگین وزن آن‌ها محاسبه گردید). برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را داخل پاکت کاغذی گذاشته و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و دوباره وزن شدند و وزن خشک آن‌ها به‌دست آمد. سطح برگ نیز بعد از برداشت توسط دستگاه سنجش سطح برگ (CI-202, USA) اندازه‌گیری شد.

ویتامین ث

برای اندازه‌گیری مقدار اسید آسکوربیک از روش دپینتو و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد. شدت جذب در طول موج ۵۲۵ نانومتر قرائت شد. استاندارد، محلولی حاوی ۳۰۰ میکرولیتر متافسفریک اسید ۵ درصد بود. برای محاسبه غلظت از منحنی استاندارد آسکوربیک اسید استفاده شده و میزان آن بر حسب وزن خشک محاسبه گردید .

کلروفیل و کاروتنوئید کل

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل و کارتنوئیدها از روش لیچنتالر (۱۹۸۷) استفاده شد. میزان جذب نور محلول‌های به دست آمده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلT80 UV/VIS ساخت کشور چین) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید

و با استفاده از فرمول‌های مربوطه محاسبه شد.

ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی

تعیین فعالیت ضداکسیداسیونی با استفاده از DPPH به روش ژیل و توماس (۲۰۰۰) انجام شد. برای ترکیبات فنلی پس از عصاره‌گیری از ۴ گرم بافت سبزی توسط محلول‌های K_2HPO_4 و KH_2PO_4 توسط دستگاه ULTRA-TURRAX محلول‌های به دست امده با معرف فولین تیمار و سپس میزان جذب نور با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد گالیک اسید برحسب معادل میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه گردید (۱).

عناصرمعدنی

در این پژوهش عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی اندازه‌گیری شد. عصاره، به دست آمده از نمونه‌های خشک شده پودر شدند و پس از تبدیل به خاکستر با اسیدهای لازم عصاره‌گیری شدند. عنصر پتاسیم توسط دستگاه شعله-سنج، فسفر به روش آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات، عناصر منیزیم، آهن، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب‌اتمیک و کلسیم به روش تیتراسیون عصاره اشباع خاک انجام شد.

تجزیه تحلیل داده‌ها

در پایان آزمایش داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD محاسبه گردید. رسم نمودارها نیز به وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

نتایج

خصوصیات رشدی

وزن‌تر ریشه سبزی‌های ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه و شوید در مرحله میکروگرین و بالغ تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت ولی وزن تر ریشه گیاه گشنیز در مرحله میکروگرین و بالغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۱). وزن خشک ریشه گیاهان کاهو و شوید در مرحله بالغ در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود و همانطور که در جدول یک نشان داده شده است وزن خشک ریشه گیاه تربچه و گشنیز در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود.

وزن تر اندام هوایی گیاهان در ریحان سبز، کاهو و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که وزن تر اندام هوایی گیاه تربچه در مرحله میکروگرین در شرایط کشت آبکشت کاهش یافت. وزن تر اندام هوایی شوید و ریحان بنفش در مرحله میکروگرین تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت. وزن تر اندام هوایی کاهو، تربچه، شوید و گشنیز در مرحله بلوغ در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که وزن تر اندام هوایی ریحان بنفش و ریحان سبز در مرحله بالغ تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت (جدول ۱) .

در مرحله میکروگرین وزن خشک اندام هوایی کاهو، شوید و گشنیز در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود و وزن خشک اندام هوایی تربچه در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن خشک اندام هوایی ریحان بنفش و ریحان سبز در مرحله میکروگرین بین شرایط کشت آبکشت و خاکی مشاهده نشد (جدول ۱). نتایج همچنین نشان داد که وزن خشک اندام هوایی سبزی‌های ریحان سبز، کاهو، شوید و گشنیز در مرحله بالغ در آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که در وزن خشک اندام هوایی ریحان بنفش و تربچه در مرحله بالغ که در سیستم آبکشت و شرایط خاکی رشد کرده بودند تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

نتایج بدست آمده بیانگر آن است که شرایط کشت (آبکشت و کشت خاکی) تاثیر معنی‌داری بر سطح برگ گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین نداشت (جدول ۱) ولی سطح برگ گیاه ریحان سبز، کاهو، تربچه و گشنیز در مرحله بالغ که در شرایط آبکشت رشد کرده بودند نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود، در حالی که سطح برگ ریحان بنفش و شوید در شرایط کشت خاکی بیشتر از شرایط کشت آبکشت بود (جدول ۱).

کلروفیل کل

مقدار کلروفیل کل برگ ریحان بنفش، ریحان سبز، کاهو و شوید در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود، در حالی که گیاه گشنیز در مرحله بالغ از مقدار کلروفیل کل برگ بیشتری نسبت به مرحله میکروگرین برخوردار است. مقدار کلروفیل کل برگ تربچه در مرحله بالغ در شرایط آبکشت تفاوتی مشاهده نشد ولی در شرایط کشت خاکی گیاه گشنیز در مرحله بالغ گیاه نسبت مرحله میکروگرین از مقدار کلروفیل برگ بیشتری برخوردار بود (شکل۱). نتایج همچنین نشان داد که مقدار کلروفیل کل برگ گیاه ریحان بنفش، کاهو و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود درحالی که مقدار کلروفیل کل برگ ریحان سبز، تربچه و شوید در مرحله میکروگرین تفاوتی بین شرایط کشت مشاهده نشد. مقدار کلروفیل کل برگ گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو و تربچه در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار کلروفیل کل برگ شوید در مرحله بلوغ در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی افزایش

یافت (شکل ۱).

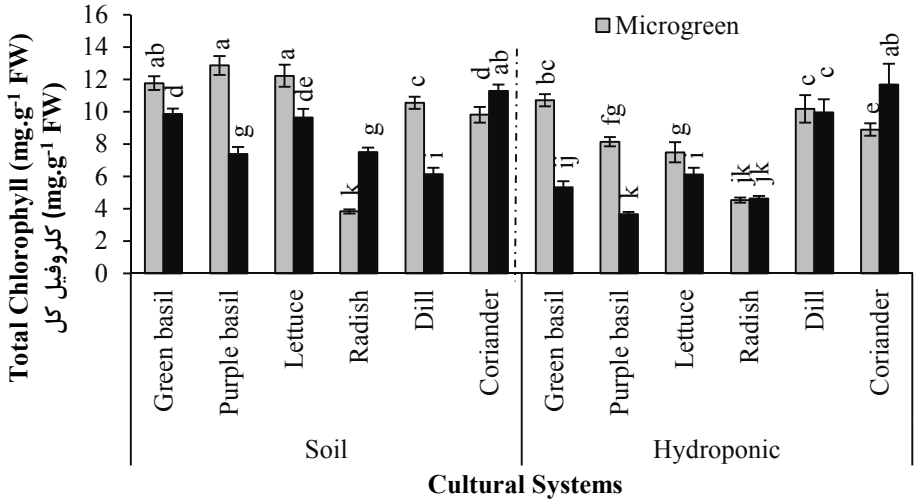
جدول ۱- برهمکنش مرحله رشد × سیستم کشت بر خصوصیات رویشی سبزی‌ها

Table 1- **Interaction of growth stage ×cultural system on vegetative characteristics of vegetables**

مرحله رشد Growth stage	سبزی Vegetables	شرایط کشت Culture condition	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg/plant)	وزن تر ریشه Root fresh weight (mg/plant)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g/plant)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g/plant)	سطح برگ Leaf area (cm^2)
Microgreen	***Green Basil*** ریحان سبز	Soil	4±0.0002 $^{a-h}$	82±0.001 $^{a-h}$	0.44±0.05 $^{l-o}$	0.02±0.0001 ^{ij}	4.178±0.05 ^{l}
		Hydroponic	6±0.0001 ^{fg}	79±0.003 $^{f-i}$	0.49±0.04 $^{k-l}$	0.03±0.0002 ^{ij}	5.01±0.05 ^{kl}
	Purple basil ریحان بنفش	Soil	2±0.00023 ^{gh}	71±0.002 $^{g-j}$	0.37±0.04 $^{l-n}$	0.022±0.0002 ^{kj}	5.21±0.05 ^{kl}
		Hydroponic	3±0.0001 ^{gh}	39±0.003 $^{j-k}$	0.47±0.03 $^{k-o}$	0.027±0.0003 ^{ijk}	5.57±0.05 ^{jk}
	Lettuce کاهو	Soil	3±0.00023 ^{gh}	61±0.001 $^{h-j}$	0.53±0.05 $^{g-l}$	0.034±0.0004 ^{ih}	21.11±0.05 ^{hi}
		Hydroponic	4±0.0002 ^{gh}	69±0.003 $^{f-j}$	0.97±0.04 ^{de}	0.073±0.0003 ^{be}	16.2±0.05 ^{fi}
	Radish تربچه	Soil	7.4±0.0002 ^{cd}	77±0.004 $^{f-i}$	0.36±0.03 $^{l-o}$	0.025±0.0002 $^{g-l}$	6.18±0.05 ^{jk}
		Hydroponic	5±0.0001 $^{d-g}$	75±0.003 $^{f-i}$	0.34±0.03 $^{l-o}$	0.003±0.0001 ^{k}	12.8±0.05 ^{ik}
	Dill شوید	Soil	3±0.0002 ^{gh}	36±0.004 ^{jk}	0.11±0.03 ^{op}	0.007±0.0002 ^{k}	3.23±0.05 ^{l}
		Hydroponic	2±0.00023 ^{gh}	50±0.002 $^{h-j}$	0.26±0.02 $^{n-p}$	0.026±0.002 $^{g-l}$	1.97±0.05 ^{l}
	Coriander کشنیز	Soil	8±0.00028 ^{b}	118±0.003 $^{d-g}$	0.34±0.02 $^{l-o}$	0.014±0.003 ^{jk}	7.03±0.05 ^{jk}
		Hydroponic	11±0.0001 ^{a}	160±0.002 ^{c}	0.6±0.03 $^{g-k}$	0.037±0.002 ^{ih}	3.94±0.05 ^{l}
Mature بالغ	***Green Basil*** ریحان سبز	Soil	11±0.0002 ^{a}	100±0.001 $^{d-g}$	0.37±0.02 $^{l-n}$	0.052±0.002 ^{d}	33.2±0.05 ^{fg}
		Hydroponic	12±0.0002 ^{a}	120±0.003 $^{d-g}$	0.74±0.02 ^{fg}	0.074±0.002 ^{be}	85.2±0.05 ^{d}
	Purple basil ریحان بنفش	Soil	8±0.0002 $^{b-e}$	90±0.002 $^{e-h}$	0.37±0.03 $^{l-n}$	0.049±0.003 ^{de}	59.23±0.05 ^{e}
		Hydroponic	8±0.001 ^{de}	69±0.001 $^{g-j}$	0.67±0.03 $^{g-j}$	0.039±0.002 ^{ef}	41.23±0.05 ^{f}
	Lettuce کاهو	Soil	2±0.001 ^{h}	130±0.03 ^{de}	1.44±0.08 ^{b}	0.077±0.003 ^{be}	172±0.05 ^{b}
		Hydroponic	5±0.002 ^{gh}	150±0.05 ^{c}	2.23±0.5 ^{a}	0.0168±0.002 ^{a}	232±0.05 ^{a}
	Radish تربچه	Soil	10±0.001 ^{cd}	140±0.02 ^{cd}	0.65±0.03 th	0.051±0.001 ^{d}	4.78±0.05 ^{jk}
		Hydroponic	17±0.002 ^{bc}	160±0.05 ^{c}	1.10±0.03 ^{cd}	0.051±0.003 ^{de}	24.6±0.05 ^{ef}
	Dill شوید	Soil	12±0.001 ^{c}	250±0.03 ^{bd}	0.28±0.02 $^{no-o}$	0.032±0.002 ^{gh}	98.3±0.05 ^{b}
		Hydroponic	8±0.002 ^{de}	150±0.01 ^{c}	0.83±0.03 ^{ef}	0.052±0.003 ^{d}	23.8±0.05 ^{fi}
	Coriander کشنیز	Soil	18±0.001 ^{b}	250±0.03 ^{b}	0.56±0.02 $^{g-l}$	0.067±0.003 ^{e}	16.35±0.05 ^{gi}
		Hydroponic	27±0.001 ^{a}	350±0.02 ^{a}	1.45±0.05 ^{b}	0.079±0.002 ^{b}	25.5±0.05 ^{fi}

ستون‌هایی با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).



شکل ۱- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار کلروفیل کل برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 1- Interaction of growth stage ×cultural systems on total chlorophyll content of vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

کاروتنوئیدها

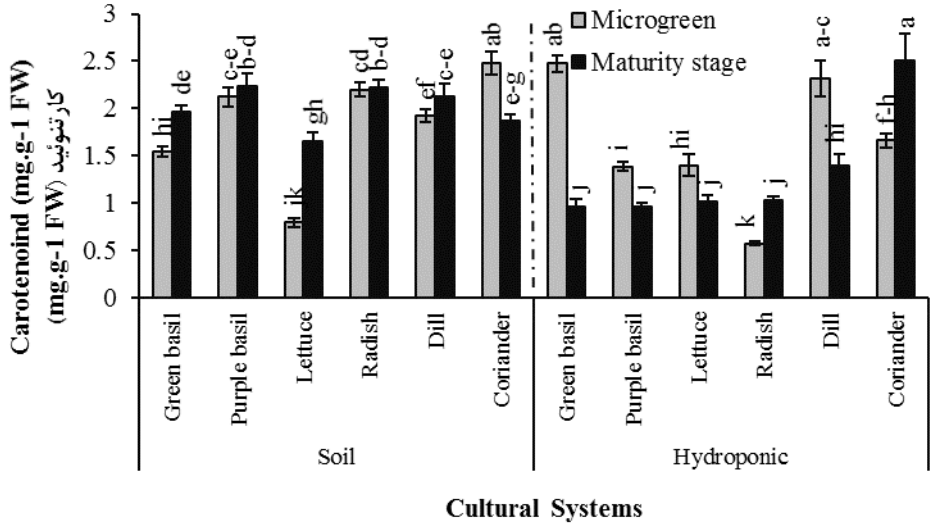
برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو و شوید در مرحله میکروگرین که در شرایط آبکشت رشد کرده بودند از مقدار کاروتنوئید بیشتری نسبت به مرحله بالغ برخوردار بودند در حالی که مقدار کاروتنوئید برگ بیشتری در گیاه گشنیز و تربچه در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت مشاهده گردید. نتایج همچنین نشان داد که در شرایط کشت خاکی مقدار کاروتنوئید برگ گشنیز در مرحله میکروگرین نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود ولی مقدار کاروتنوئید برگ گیاهان کاهو و ریحان سبز در شرایط کشت خاکی در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین بالاتر بود، با این وجود تفاوت معنی‌داری بین مراحل میکروگرین و بالغ در گیاهان ریحان بنفش تربچه و شوید در شرایط کشت خاکی مشاهده نشد (شکل ۲). نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار کاروتنوئید برگ گیاهان ریحان بنفش، کاهو، تربچه و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی بیشتر از شرایط کشت آبکشت بود در حالی که مقدار کاروتنوئید برگ در گیاهان ریحان سبز و شوید در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به کشت آبکشت بیشتر بود. مقدار کاروتنوئید برگ ریحان سبز، بنفش، کاهو، تربچه و شوید در مرحله بالغ در شرایط کشت خاکی نسبت به آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار کاروتنوئید برگ در مرحله بالغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به کشت خاکی افزایش یافت (شکل ۲).

ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیداسیونی

مقدار ترکیبات فنلی کاهو، تربچه و گشنیز در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین در شرایط خاکی و آبکشت بیشتر بود در حالی‌که مقدار ترکیبات فنلی برگ مرحله بلوغ گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش و شوید نسبت به مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی و آبکشت بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که کشت خاکی گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش و شوید سبب افزایش مقدار ترکیبات فنلی برگ نسبت به شرایط کشت آبکشت گردید در حالی که مقدار ترکیبات فنلی کاهو و گشنیز و تربچه در شرایط کشت آبکشت نسبت به کشت خاکی بیشتر بود (شکل ۳).

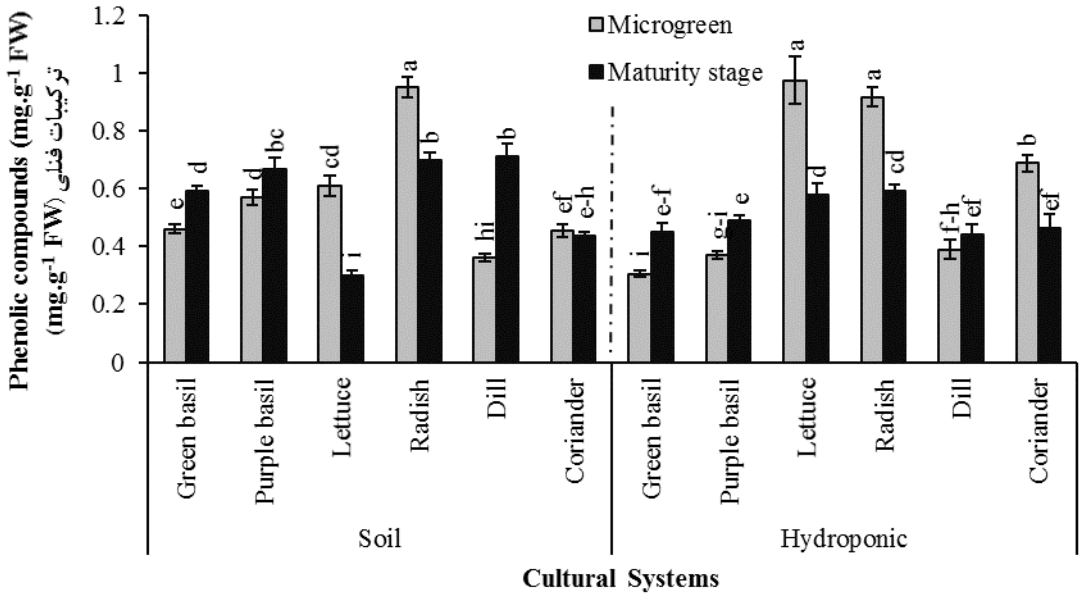
فعالیت ضد اکسیداسیونی گیاه ریحان بنفش، و شوید در شرایط کشت خاکی در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین بیشتر بود در حالی که فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ تربچه در شرایط کشت خاکی مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مرحله میکروگرین و بالغ از لحاظ فعالیت ضداکسیداسیونی برگ ریحان سبز،کاهو و گشنیز در شرایط کشت خاکی مشاهده نشد. فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ ریحان سبز، ریحان بنفش و شوید در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکرو گرین در شرایط کشت آبکشت بیشتر بود ولی میزان فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ گیاه کاهو و گشنیز در شرایط آبکشت در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود. فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ تربچه در شرایط آبکشت تحت تاثیر مرحله رشد قرار نگرفت (شکل ۴). نتایج همچنین نشان داد که فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ ریحان سبز و ریحان بنفش در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود در حالی که فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ در مرحله میکروگرین در شرایط کشت آبکشت

نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود. فعالیت ضداکسیداسیون برگ کاهو، تربچه و شوید در مرحله میکروگرین تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت. نتایج همچنین نشان داد که فعالیت ضداکسیداسیونی برگ ریحان سبز، تربچه، شوید و گشنیز در مرحله بالغ در شرایط کشت خاکی و آبکشت یکسان بود ولی فعالیت ضد اکسیداسیونی برگ ریحان بنفش و کاهو در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود (شکل ۴).



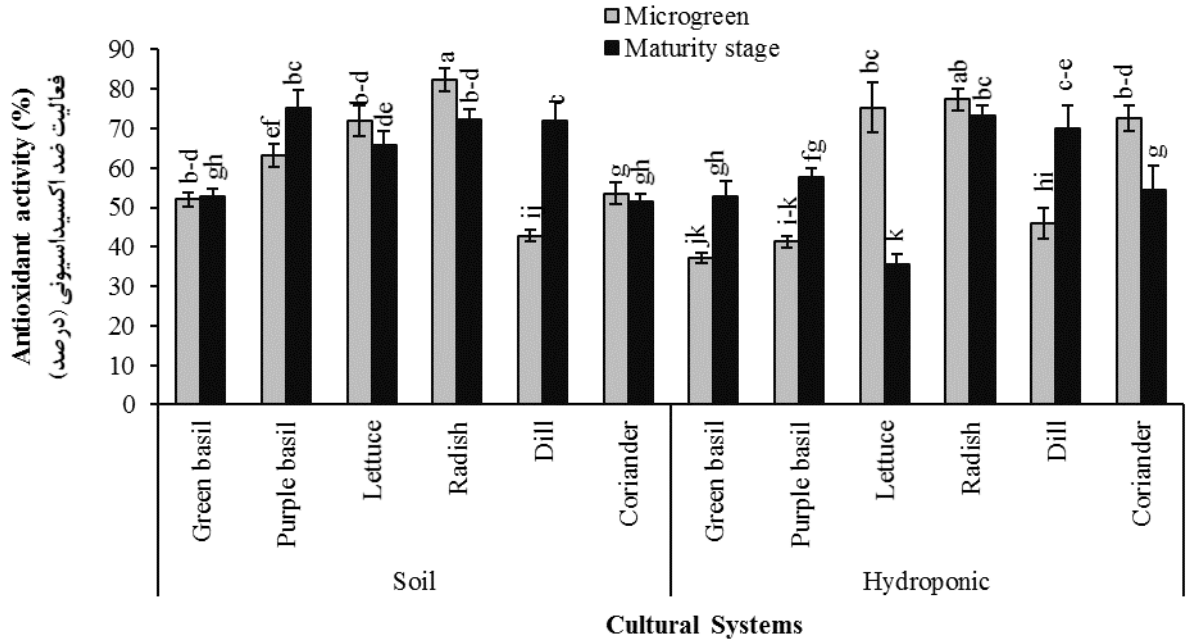
شکل ۲- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار کاروتنوئید برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 2- Interaction of growth stage ×cultural systems on carotenoid content of some vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).



شکل ۳- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار ترکیبات فنلی برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 3- Interaction the effect of growth stage ×cultural systems on leaf phenolic compounds content of vegetables
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

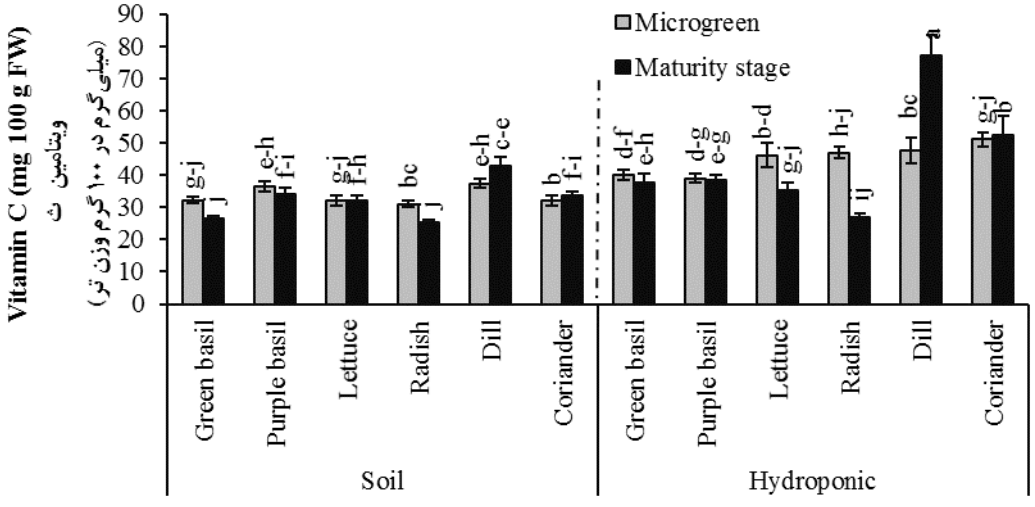


شکل ٤- برهمکنش اثر مرحله رشد × نوع کشت بر فعالیت ضداکسیداسیونی برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 4- Interaction the effect of growth stage ×cultural systems on antioxidant activity of some vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

ویتامین ث

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که مقدار ویتامین ث برگ ریحان سبز، بنفش، کاهو، تربچه در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود در حالی که مقدار ویتامین ث شوید و گشنیز در مرحله بالغ نسبت به مرحله میکروگرین بیشتر بود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار ویتامین ث برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو تربچه، شوید و گشنیز در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (شکل ۵).



شکل ۵- برهمکنش مرحله رشد × نوع کشت بر مقدار ویتامین ث برگ سبزی‌های مختلف
ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Figure 5- Interaction of growth stage ×cultural systems on vitamin C of vegetables leaf
Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

عناصر معدنی

مقدار فسفر برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در شرایط آبکشت و کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که مقدار فسفر برگ گیاهان ریحان سبز و ریحان بنفش، در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود. در حالی که مقدار فسفر برگ کاهو در مرحله میکروگرین تحت تاثیر شرایط کشت قرار نگرفت. مقدار فسفر برگ تربچه، شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲). همانطور که در جدول دو نشان داده شده است مقدار فسفر برگ ریحان سبز، کاهو، تربچه و شوید در مرحله باغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود ولی تفاوتی بین مقدار فسفر برگ گیاهان ریحان بنفش، و تربچه در مرحله بالغ بین شرایط کشت خاکی و آبکشت مشاهده نشد.

مقدار کلسیم برگ ریحان بنفش، کاهو و شوید در شرایط کشت خاکی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود ولی مقدار کلسیم برگ در شرایط کشت خاکی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ کمتر بود و تفاوت معنی‌داری بین مرحله میکروگرین و بالغ گیاهان ریحان سبز و کاهو در شرایط کشت خاکی از لحاظ مقدار کلسیم برگ مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که مقدار کلسیم برگ مرحله میکروگرین گیاهان ریحان سبز، ریحان بنفش، شوید و گشنیز در شرایط هیدیوپونیک نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین مقدار کلسیم برگ کاهو در مرحله میکروگرین و بالغ در شرایط آبکشت مشاهده نشد (جدول ۲). مقدار کلسیم برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، تربچه و گشنیز در مرحله میکروگرین و بالغ در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار کلسیم برگ کاهو در هر دو مرحله از رشد در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲).

مقدار پتاسیم در شرایط کشت خاکی در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در تمام سبزی‌ها بیشتر بود. در شرایط آبکشت مقدار پتاسیم برگ ریحان بنفش و ریحان سبز تحت تاثیر مراحل رشد قرار گرفت ولی سایر سبزی‌ها مرحله میکروگرین از مقدار پتاسیم بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲). نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار پتاسیم برگ در مرحله بلوغ در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی بیشتر می‌باشد، ولی مقدار پتاسیم برگ در مرحله میکروگرین در سبزی‌های ریحان سبز، ریحان بنفش و کاهو در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود در حالی که مقدار پتاسیم برگ شوید و گشنیز در مرحله میکروگرین در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۲).

مقدار آهن برگ در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ در تمام سبزی‌های مورد بررسی بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار آهن برگ ریحان سبز و ریحان بنفش در مرحله میکروگرین در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود در حالی که مقدار آهن برگ شوید در مرحله میکروگرین در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت بیشتر بود. نتایج همچنین حاکی از آن بود که مقدار آهن برگ ریحان بنفش، کاهو، تربچه و شوید در مرحله بلوغ در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۳).

مقدار روی در مرحله بلوغ نسبت به مرحله میکروگرین بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار روی برگ ریحان سبز، کاهو، تربچه و گشنیز در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی در مرحله بلوغ بیشتر بود. در حالی که مقدار روی در مرحله میکروگرین ریحان بنفش، کاهو و تربچه در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود (جدول ۳).

مقدار منگنز برگ سبزی‌ها در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار منگنز برگ ریحان سبز، ریحان بنفش، گشنیز در شرایط کشت خاکی نسبت به شرایط آبکشت در مرحله میکروگرین و بالغ بیشتر بود (جدول ۳). مقدار مس برگ ریحان سبز، ریحان بنفش و گشنیز در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی بیشتر بود در حالی‌که مقدار مس برگ کاهو، تربچه و شوید در شرایط آبکشت و خاکی تفاوتی نداشت (جدول ۳).

بحث

سبزی‌ها در مرحله میکروگرین ارزش غذایی بالایی دارند که نقش مهمی در سبد غذایی انسان ایفا می‌کنند (۲۴)، ولی به دلیل کوتاه بودن دوره رشد از زمان سبز شدن تا زمان برداشت (هفت الی ۱۴ روز) خصوصیات رشدی گیاه مانند وزن گیاه، ارتفاع گیاه و سطح برگ نسبت به مرحله بالغ کمتر می‌باشد (۲۲). هرچند خصوصیات رشدی مانند وزن تر، در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ خیلی کمتر است اما معمولا به دلیل کشت با تراکم بالا در واحد سطح، وزن تر سبزی و عملکرد بیولوژیکی در این موارد نسبت به مرحله بالغ قابل کنترل می‌باشد (۳).

جدول ۲- برهمکنش اثر مرحله رشد و نوع کشت بر مقدار عناصر پرمصرف برگ سبزی‌های مختلف

Table 2- Interaction of growth stage and cultural system on leaf macro-elements content of vegetables

مرحله رشد Growth stage	سبزی Vegetables	شرایط کشت Culture condition	P (% DW)	Ca (% DW)	Mg (% DW)	K(% DW)
میکروگرین Microgreen	***Green Basil***	Soil	0.25±0.008 ^{d}	1.02±0.1 ^{gi}	0.58±0.02 ^{a}	4.24±0.23 ^{fh}
	ریحان سبز	Hydroponic	0.24±0.009 ^{ef}	1.39±0.1 ^{a}	0.63±0.03 ^{a}	3.44±0.22 ^{jk}
	Purple basil	Soil	0.22±0.008 ^{h}	1.1±0.1 ^{f}	0.54±0.01 ^{a}	5.08±0.23 ^{bc}
	ریحان بنفش	Hydroponic	0.20±0.01 ^{i}	1.06±0.09 ^{fg}	0.56±0.02 ^{a}	4.11±0.23 ^{fi}
	Lettuce	Soil	0.21±0.03 ^{hi}	1.01±0.1 ^{i}	0.55±0.01 ^{a}	4.51±0.27 ^{df}
	کاهو	Hydroponic	0.21±0.02 ^{hi}	1.21±0.1 ^{c}	0.58±0.03 ^{a}	4.85±0.28 ^{c}
	Radish	Soil	0.21±0.02 ^{hi}	1.13±0.1 ^{de}	0.5±0.02 ^{a}	5±0.78 ^{bc}
	تربچه	Hydroponic	0.31±0.01 ^{b}	1.02±0.09 ^{hi}	0.60±0.03 ^{a}	4.68±0.33 ^{ce}
	Dill	Soil	0.25±0.01 ^{fg}	1.05±0.08 ^{fh}	0.54±0.02 ^{a}	4.93±0.87 ^{c}
	شوید	Hydroponic	0.35±0.03 ^{a}	1.04±0.09 ^{gi}	0.57±0.03 ^{a}	5.4±0.48 ^{ab}
	Coriander	Soil	0.22±0.02 ^{gh}	1.16±0.09 ^{d}	0.60±0.04 ^{a}	4.28±0.21 ^{kl}
	گشنیز	Hydroponic	0.27±0.02 ^{c}	0.91±0.08 ^{k}	0.60±0.02 ^{a}	5.71±0.34 ^{a}
بالغ Mature	***Green Basil***	Soil	0.15±0.01 ^{k}	1.04±0.1 ^{gi}	0.60±0.01 ^{a}	2.71±0.45 ^{m}
	ریحان سبز	Hydroponic	0.12±0.01 ^{n}	0.89±0.09 ^{l}	0.62±0.01 ^{a}	3.2±0.48 ^{k}
	Purple basil	Soil	0.13±0.02 ^{lm}	0.87±0.08 ^{kl}	0.56±0.02 ^{a}	2.73±0.57 ^{lm}
	ریحان بنفش	Hydroponic	0.13±0.01 ^{m}	0.94±0.06 ^{j}	0.57±0.03 ^{a}	3.87±0.71 ^{hi}
	Lettuce	Soil	0.17±0.01 ^{j}	0.88±0.08 ^{kl}	0.54±0.02 ^{a}	3.84±0.47 ^{hj}
	کاهو	Hydroponic	0.15±0.03 ^{k}	1.21±0.1 ^{c}	0.56±0.01 ^{a}	4.6±0.41 ^{cd}
	Radish	Soil	0.15±0.02 ^{k}	1.09±0.04 ^{ef}	0.59±0.02 ^{a}	2.04±0.25 ^{n}
	تربچه	Hydroponic	0.1±0.01 ^{o}	1.08±0.05 ^{g}	0.60±0.02 ^{a}	2.75±0.33 ^{lm}
	Dill	Soil	0.22±0.02 ^{gh}	0.96±0.03 ^{j}	0.59±0.03 ^{a}	4.06±0.4 ^{gi}
	شوید	Hydroponic	0.14±0.03 ^{kl}	0.84±0.05 ^{m}	0.60±0.02 ^{a}	4.22±0.5 ^{fh}
	Coriander	Soil	0.16±0.02 ^{k}	1.28±0.01 ^{b}	0.59±0.03 ^{a}	3.13±0.8 ^{kl}
	گشنیز	Hydroponic	0.15±0.01 ^{k}	0.52±0.003 ^{n}	0.61±0.02 ^{a}	4.37±0.2 ^{dg}

ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Columns with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ (LSD).

جدول ۳- برهمکنش مرحله رشد و نوع کشت بر مقدار عناصر کم مصرف برگ سبزی‌های مختلف

Table 3- Interaction of growth stage and cultural systems on leaf micro-elements content of vegetables

مرحله رشد Growth stage	سبزی Vegetables	شرایط کشت Culture condition	Fe (mg.g^{-1} DW)	Cu (mg.g^{-1} DW)	Zn (mg.g^{-1} DW)	Mn (mg.g^{-1} DW)
میگروگرین Microgreen	***Green Basil***	Soil	166.67±10.32 ^{ce}	34.0±2.23 ^{e}	47.5±2.02 ^{fh}	114.2±2.12 ^{b}
	ریحان سبز	Hydroponic	186±8.12 ^{bc}	39.8±3.12 $^{b-d}$	43±4.03 ^{gh}	69.4±3.32 ^{g}
	Purple basil	Soil	121±11.25 $^{h-j}$	34.0±2.36 ^{bc}	39.66±5.02 ^{k}	81.8±2.45 ^{f}
	ریحان بنفش	Hydroponic	130±14.34 ^{hi}	40.8±3.87 ^{b}	43.16±3.01 ^{j}	67.4±3.85 ^{g}
	Lettuce	Soil	221±15.12 ^{a}	37.8±3.75 ^{d}	40.16±4.21 ^{k}	108.4±4.46 ^{c}
	کاهو	Hydroponic	238.33±14.12 ^{a}	38.8±2.42 ^{cd}	55±4.02 ^{c}	129.4±3.12 ^{a}
	Radish	Soil	176.33±14.21 ^{cd}	18.48±3.32 ^{g}	49.83±3.01 ^{ef}	87±2.14 ^{e}
	تربچه	Hydroponic	222.02±16.45 ^{a}	17.2±2.42 ^{g}	52.33±2.78 ^{d}	61.92±2.1 ^{h}
	Dill	Soil	197±16.65 ^{b}	40.2±4.68 ^{bc}	43.5±4.45 ^{j}	105.2±3.12 ^{c}
	شوید	Hydroponic	152.67±13.77 ^{cg}	41.42±6.47 ^{b}	37±2.21 ^{l}	101.4±4.12 ^{d}
	Coriander	Soil	143.33±9.87 ^{fh}	30.2±1.45 ^{e}	25±3.11 ^{m}	69±2.2 ^{h}
	گشنیز	Hydroponic	158.33±5.47 ^{df}	45.2±3.23 ^{a}	23.5±4.03 ^{m}	63±2.4 ^{g}
بالغ Mature	***Green Basil***	Soil	112.33±8.19 $^{i-k}$	34.0±2.87 ^{e}	46.66±1.11 ^{hi}	51.6±3.12 ^{j}
	ریحان سبز	Hydroponic	126.67±9.20 $^{h-j}$	39.8±3.78 $^{b-d}$	63.66±2.78 ^{a}	32.2±4.11 ^{o}
	Purple basil	Soil	96±4.17 ^{k}	34.0±4.36 ^{bc}	49.5±3.87 $^{e-g}$	49.4±4.3 ^{jk}
	ریحان بنفش	Hydroponic	137±12.45 $^{f-h}$	40.8±3.45 ^{b}	48.5±2.87 $^{f-h}$	39±1.42 ^{n}
	Lettuce	Soil	111±5.36 ^{ik}	37.8±5.33 ^{d}	44.5±4.75 ^{ij}	45.8±2.21 ^{lm}
	کاهو	Hydroponic	141±5.45 $^{f-h}$	38.8±2.35 ^{cd}	48±3.21 $^{f-h}$	57±2.12 ^{i}
	Radish	Soil	106.2±12.45 ^{jk}	18.48±2.78 ^{g}	46±3.45 ^{hi}	62±3.02 ^{h}
	تربچه	Hydroponic	165.67±8.36 ^{cc}	17.2±4.47 ^{g}	51.67±2.36 ^{dc}	48.2±3.02 ^{kl}
	Dill	Soil	97±7.12 ^{k}	40.2±2.23 ^{bc}	48±3.34 ^{fh}	44±2.03 ^{m}
	شوید	Hydroponic	133.33±6.23 ^{gh}	41.42±3.45 ^{b}	47.33±4.34 ^{gh}	45.6±2.03 ^{lm}
	Coriander	Soil	95.33±6.42 ^{k}	30.2±3.21 ^{e}	41±2.33 ^{k}	51±2.01 ^{jk}
	گشنیز	Hydroponic	94±2.11 ^{k}	45.2±3.11 ^{a}	58±2.32 ^{b}	25±2.02 ^{p}

ستون‌ها با حروف متفاوت اختلاف در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارند.

Columns with different letters are significantly different at $p\leq 0.05$ (LSD)

وزن تر ریشه در سبزی‌های مختلف در دو سیستم کشت آبکشت و کشت خاکی متفاوت است. با توجه به اینکه در شرایط آبکشت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در دسترس می‌باشد در نتیجه خصوصیات رشدی گیاه افزایش پیدا می‌کند ولی در شرایط خاکی افزایش رشد ریشه ممکن است به دلیل جذب مواد غذایی از تمام سطح خاک باشد به همین دلیل گیاه برای جذب آب و مواد غذایی خود ریشه خود را گسترش می‌دهد (۲۱). از طرف دیگر برخی از گیاهان در زمان سبز شدن از محور هیپوکوتیل ضعیف‌تری برخوردار هستند و در شرایط کشت خاکی احتمال سبز شدن آنها پایین می‌باشد و در صورت سبز شدن ابتدا پریموردیا (آغازه) ریشه را توسعه میدهند و زمانی که ریشه تا حدودی توسعه پیدا کرد گیاهچه قادر به خروج از خاک می باشد که این امر منجر به توسعه بیشتر ریشه در شرایط خاک می‌گردد (۲۵). نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که وزن‌تر اندام هوایی ریحان سبز، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود. مکندی (۱۴) در یک بررسی روی گیاهان ریحان، کلم پیچ، هویج، اسفناج، کاهو، فلفل، جعفری و هندوانه نشان دادند که به جز گیاهان هویج و هندوانه که در آن‌ها تفاوتی در خصوصیات رشدی در شرایط آبکشت و خاکی مشاهده نشد سایر سبزی‌ها در شرایط آبکشت از ویژگی رشدی بیشتری نسبت به شرایط کشت خاکی برخوردار بودند. خصوصیات رشدی کدو تخم کاغذی شامل عملکرد و خصوصیات رشدی نظیر سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه در شرایط آبکشت بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین شرایط آبکشت و کشت خاکی از لحاظ وزن تر و خشک ریشه مشاهده نشد (۲۱).

کاروتنوئیدها با حذف رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی-اکسیدانی از خود بروز می‌دهند (۹). کلروفیل نیز علاوه بر این‌که سبب ایجاد رنگ سبز در برگ می‌شود به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند (۲). بنابراین ارزیابی تغییرات در مقدار کلروفیل نقش مهمی در حفظ ارزش غذایی و بازار پسندی سبزی‌ها ایفا می‌کند (۱۳).

بخش مهمی از ارزش غذایی سبزی‌ها مربوط به ترکیبات فنلی با فعالیت ضداکسیداسیونی است. این ترکیبات که از طریق واکنش با رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن که برای سلول‌های زنده خطرناک می‌باشند، آسیب‌های اکسایشی وارده به موجود زنده را کاهش می‌دهند. لذا انسان با مصرف سبزی‌ها و میوه‌ها می‌تواند بدن خود را در برابر رادیکال‌های آزاد ایمن کند (۱۸). از ترکیبات فنلی به عنوان ناجیان سلامت نیز یاد می‌شود به طوری‌که ترکیبات فنلی نظیر اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها به عنوان عوامل کاهش دهنده‌ی رادیکال‌های آزاد اکسیژن فعالیت دارند و در پیشگیری و درمان انواع سرطان‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۱۰). مهم‌ترین ترکیبات فنلی گیاه ریحان، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز به ترتیب اسید روزمانیک (۱۱)، کوئرستین (۱۸)، فلاونول‌ها (۱۰)، نئو اسید کلروجنیک (۹) و دی‌متوکسیسیانومیل هگزوساید (۹) می‌باشد. در یک بررسی انجام شده در ارتباط با ترکیبات فنلی کل گیاه خردل نشان داده شد که مقدار ترکیبات فنلی ارقام مختلف در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ بیشتر بود (۶). همچنین گزارش شده است که مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیداسیونی ریحان و چغندر در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ کمتر است (۲).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی برگ سبزی‌ها در شرایط کشت خاکی و کشت آبکشت در سبزی‌های مختلف متفاوت بود. به طوری که مقدار ترکیبات فنلی کاهو در شرایط کشت آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود که با نتایج اوح و همکاران (۱۷) روی کاهو مطابقت دارد. بالا بودن مقدار ترکیبات در شرایط کشت مزرعه‌ای (خاکی) به دلیل افزایش نرخ تبخیر تعرق نسبت داده شده است (۱۷).

ویتامین ث یک ضداکسیدانت مهم فیزیولوژیکی است که می‌تواند ساخت و تولید سایر آنتی‌اکسیدان‌ها را در بدن تحریک کند (۱۵). تفاوت در مقدار ویتامین ث در مراحل و یا سن‌های فیزیولوژی گیاهان می‌تواند بسته به گونه‌های گیاهی متفاوت باشد. به طوری که گیاهانی که از خانواده چتریان هستند با افزایش سن فیزیولوژیکی گیاه مقدار ویتامین ث افزایش پیدا می کند د ر حالی که در سایر گونه های گیاهی با افزایش سن فیزیولوژی کاهش پیدا کرد. بررسی های انجام شده روی کاهو و چغندر (۲) نشان داد که مقدار ویتامین ث در مرحله میکروگرین نسبت مرحله بلوغ بیشتر بود. همچنین گزارش شده است که مقدار ویتامین ث با افزایش سن گیاه کاهو از مرحله میکرو گرین به مرحله بالغ کاهش یافت (۱۹). بنابراین می‌توان گفت که استفاده از سبزی‌ها در مرحله میکروگرین می‌تواند به عنوان یک منبع غنی از ویتامین ث در سبد غذایی انسان قرار گیرد.

مقدار ویتامین ث در شرایط آبکشت نسبت به شرایط خاکی در تمام سبزی‌ها بیشتر بود. که این نتایج با نتایج انجام شده روی توت‌فرنگی (۱۲) و کاهو (۱) مطابقت دارد. بوچانان و امایان (۱) روی ارقام مختلف کاهو نشان دادند که مقدار ویتامین ث برگ ارقام مختلف کاهو که در شرایط آبکشت رشد کرده بودند حدود سه برابر مقدار ویتامین ث برگ ارقام کاهو که در شرایط خاکی رشد کرده بودند بود. بالا بودن مقدار ویتامین ث در شرایط آبکشت را می توان به دلیل وجود مواد غذایی کافی و تاثیر آن بر مقدار این ویتامین نسبت داد (۱).

اندازه‌گیری عناصر معدنی در سبزی‌ها نقش مهمی در تعیین ارزش غذایی سبزی‌ها در مراحل مختلف ایفا می‌کند. در یک بررسی روی گیاه کلم نشان داده شد که مقدار سدیم، مس، منگنز، روی و عناصر معدنی کل گیاه کلم در مرحله جوانه، میکروگرین و بالغ

متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سدیم، مس و آهن در مرحله جوانه مشاهده گردید و با افزایش سن فیزیولوژی گیاه مقدار این عناصر کاهش پیدا کرد ولی بیشترین مقدار عناصر منگنز، روی و مواد معدنی کل در ارقام کلم در مرحله میکروگرین مشاهده شد و کمترین مقدار این عناصردر مرحله بالغ مشاهده گردید (۲۶). وبر (۲۸) در یک بررسی روی کلم بروکلی نشان داد که مقدار عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم، منگنز، روی، آهن، کلسیم، سدیم و مس در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ به طور معنی‌داری بیشتر بود به طوری که متوسط مقدار عناصر حدود ۱/۷۳ برابر نسبت به مرحله بلوغ بیشتر بودند. پیشنهاد شده است که تولید بروکلی در مرحله میکروگرین به عنوان منبع غنی از مواد معدنی محسوب می‌شود (۲۸). افزون براین مقدار عناصر پتاسیم، فسفر، کلسیم،منیزیم،گوگرد، منگنز، مس، روی و سدیم گیاهان کاهو و کلم در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بلوغ حدود دو الی سه برابر بیشتر بود (۲۷).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که مقدار عناصر معدنی در شرایط آبکشت نسبت به شرایط کشت خاکی بیشتر بود. مقدار عناصر معدنی گیاه کاهو و کلم در مرحله میکروگرین در بستر ورمی‌کمپوست و آبکشت بررسی شده و مشاهده شد که مقدار عناصر معدنی هر دو گونه گیاهی در شرایط بستر ورمی‌کمپوست نسبت به شرایط کشت آبکشت بیشتر بود (۲۷). بنابراین میزان عناصر در دسترس گیاهان می‌تواند بر مقدار عناصر غذایی تاثیرگذار باشد (۲).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رشد سبزی‌های در شرایط کشت آبکشت و کشت خاکی متفاوت بود. نتایج کلی صرفنظر از استثنائات بیانگر برتری کشت آبکشت در ارتباط با ترکیبات زیست فعال شامل ترکیبات فنلی، کاروتنوئید، ویتامین ث و فعالیت ضداکسیداسیونی در مقایسه با کشت خاکی است. همچنین ارزش غذایی کلی سبزی‌ها در مرحله میکروگرین نسبت به مرحله بالغ که در شرایط کشت خاکی و آبکشت رشد کرده بودند بیشتر بود، هرچند در برخی از شاخص‌ها مقدار کلروفیل کل در گیاهانی که در شرایط کشت خاکی رشد کرده بودند بیشتر بود.

منابع

1- Buchanan D.N. and Omaye S.T. 2013. Comparative study of ascorbic acid and tocopherol concentrations in hydroponic-and soil-grown lettuces. Food and Nutrition Sciences, 4(10): 1047-1053.
2- Bulgari R., Baldi A., Ferrante A. and Lenzi A. 2017. Yield and quality of basil, swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 45(2): 119-129.
3- Di Gioia F., Renna M. and Santamaria P. 2017. Sprouts, Microgreens and "Baby Leaf" Vegetables. p. 403-432. In F. Yildiz and R. C. Wiley (eds.) Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Springer. Springer, Boston, MA.
4- Ebert A.W., Chang C.H., Yan M.R. and Yang, R.Y. 2017. Nutritional composition of mungbean and soybean sprouts compared to their adult growth stage. Food Chemistry, 237: 15-22.
5- Fao, I. 2014. The State of Food Insecurity in The World. 80 p.
6- Frazie M.D., Kim M.J. and Ku K.M. 2017. Health-promoting phytochemicals from 11 mustard cultivars at Baby Leaf and mature stages. Molecules, 22(10): 1749-1756.
7- Galaverna G., Di Silvestro G., Cassano A., Sforza S., Dossena A., Drioli E. and Marchelli R., 2008. A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. Food Chemistry, 106(3): 1021-1030.
8- George R.A. 2009. Vegetable Seed Production. CABI. Wallingford, UK.
9- Jaleel C.A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Al-Juburi H.J., Somasundaram R. and Panneerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11(1): 100-105.
10- Koley, T.K. Khan Z., Oulkar D., Singh B.K., Maurya A., Singh B. and Banerjee K. 2017. High resolution LC-MS characterization of phenolic compounds and the evaluation of antioxidant properties of a tropical purple radish genotype. Arabian Journal of Chemistry. 3:75-89.
11- Kruma Z., Andjelkovic M., Verhe R., Kreicbergs V., Karklina D. and Venskutonis, P.R. 2008. Phenolic compounds in basil, oregano and thyme. Foodbalt, 5(7): 99-103.
12- Lassley J.R., Green C. and Bemis M. 2014. Pinnacle Software LLC, Method and system for marketing and selling water rights. U.S. Patent Application 14/023,750.
13- Mairapetyan S., Alexanyan J., Tovmasyan A., Daryadar M., Stepanian, B. and Mamikonyan, V. 2016. Productivity, biochemical indices and antioxidant activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) in condition of hydroponics. Journal of Science and Technology and Environment Information, 3(2):

191-194.
14- Makendi, M. 2012. A Comparative Analysis of Two Plant Growth Mediums: Hydroponic vs and soil. The Academy of Science, Research and Medicine at THE Paulding County High School. PP27
15- Miller N.J. and Rice-Evans, C.A. 1997. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS•+ radical cation assay. Free Radical Research, 26(3): 195-199.
16- Murty M.G. and Ladha J.K. 1988. Influence of Azospirillum inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil, 108(2):281-285.
17- Oh M.M., Carey E.E. and Rajashekar C.B. 2011. Antioxidant phytochemicals in lettuce grown in high tunnels and open field. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 52(2): 133-139.
18- Pérez-López U., Sgherri C., Miranda-Apodaca J., Micaelli F., Lacuesta M., Mena-Petite A., Quartacci M.F. and Muñoz-Rueda A. 2018. Concentration of phenolic compounds is increased in lettuce grown under high light intensity and elevated CO_2. Plant Physiology and Biochemistry, 123: 233-241.
19- Pinto E. and Ferreira I.M., 2015. Changes in the content of free and conjugated polyamines during Lettuce (*Lactuca sativa*) growth. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(2): 440-446.
20- Resh H.M. 2012. Hydroponic Food Production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. CRC Press.
21- Rouphael Y., Colla G., Battistelli A., Moscatello S., Proietti S. and Rea E. 2004. Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(3): 423-430.
22- Samuolienė G., Brazaitytė A., Sirtautas R., Viršilė A., Sakalauskaitė J., Sakalauskienė S. and Duchovskis P. 2013. LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(13): 3286-3291.
23- 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(2), 416-422.
24- Treadwell D.D., Hochmuth R., Landrum L. and Laughlin W. 2010. Microgreens: A new specialty crop. University of Florida IFAS Extension HS1164.
25- Treftz C. and Omaye S.T. 2016. comparision between hydroponic and soil systems for growing strawberries in a greenhouse. International Journal of Agricultural Extension, 3(3): 195-200.
26- Waterland N.L., Moon Y., Tou J.C., Kim M.J., Pena-Yewtukhiw E.M. and Park S. 2017. Mineral Content Differs among Microgreen, Baby Leaf, and Adult Stages in Three Cultivars of Kale. HortScience, 52(4): 566-571.
27- Weber C.F. 2016. Nutrient content of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. Journal of Horticulture, 3-4.
28- Weber C.F. 2017. Broccoli microgreens: A mineral-rich crop that can diversify food systems. Frontiers in Nutrition, 4: 1-9.
29- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y. and Wang, Q. 2012. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(31): 7644-7651.
30- Xiao, Z., Nou, X., Luo, Y. and Wang, Q. 2014. Comparison of the growth of Escherichia coli O157: H7 and O104: H4 during sprouting and microgreen production from contaminated radish seeds. Food Microbiology, 44, 60-63.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 113-126
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۲۶-۱۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Comparison of Minerals and Bioactive Compounds of Six Vegetable Species in Microgreen Stage in Hydroponic and Soil Production Systems

L. Poorshahabadi[1]- S. H. Mirdehghan[2]*- H. R. Roosta[3]

Received: 10-03-2018
Accepted: 16-02-2019

Introduction: Consumer's demand for high valuable bioactive compounds have been increased in recent years. Microgreen is a stage in the growth of vegetables that is popular among consumers for their high nutritional value. It can consider as young and tender edible seedling to enhance salad quality and safety. At the same time, it has been reported that microgreen can provide higher amount of phytonutrient (ascorbic acid, phenolics and carotenoids) and minerals. Hydroponics is defined as a system of growing plant in nutrient solution which could provide necessary micro- and macro-elements for early seedling growth. The use of hydroponic gardening by commercial growers is steadily increasing as the ability to control the growing factors while conserving space is of paramount importance to crop yields and commercial profits. It is also worth noting that hydroponic systems are good for the environment. As the water is recirculating, it is not being evaporated as readily or absorbed into the ground quickly. Therefore, it is important and valuable to study the growth of some common vegetable in hydroponics as microgreen in terms of higher bioactive compounds and minerals.

Material and Methods: The present study was conducted to evaluate two production systems (hydroponic and soil system) and also two growth stages (microgreen and mature) of 6 vegetable species (green basil, violet basil, lettuce, radish, dill and coriander). Different growth characteristics and bioactive compounds were measured as indices of yield and quality include: root dry/fresh weight, shoot dry/fresh weight, leaf area, ascorbic acid, total chlorophyll, carotenoids, phenolics, antioxidant activity and micro- and macro-nutrients in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications. The weight of roots and shoots were measured at two stages during growth. Leaf area of vegetables were determined using a leaf area meter (CI-202, USA). Ascorbic acid determination was performed by 2, 6-dichlorophenolindophenol reagent. Chlorophyll, carotenoids, phenolics and antioxidant activity were tested spectrophotometric analysis. Samples of dry leaves were ground and dry-ashing at 550 °C for 4 h. The ashes were dissolved with 5 ml 2 N HCl and made up to 50 ml with distillated water. The concentrations of K were measured by flame photometry (Jenway, model PFP7). Analysis of Ca and P was carried out by titration and spectrophotometry (model T80 UV/VIS) , respectively. The Mg, Fe, Zn and Cu were identified by atomic absorption procedure.

Result and Discussion: The results showed that growth characteristics of violet basil, green basil, lettuce, radish, dill and coriander were higher at the adult stage than microgreen stage. The results also showed that the growth characteristics of green basil, lettuce, radish, dill and coriander were higher in hydroponics than soil cultivation. Total chlorophyll content of violet basil, green basil, lettuce and dill were higher at microgreen stage than adult stage, while total chlorophyll content of leaf radish and dill plants were higher at the adult stage than microgreen stage. However, the chlorophyll content of the whole plants was higher in the conditions of soil cultivation than hydroponic conditions. Phenolic compounds and antioxidant activity of lettuce, radish and coriander leaves were higher at microgreen stage than adult stage, while these traits were higher in adult stage than in microgreens in violet basil, green basil and dill. Vitamin C was also higher in all vegetables in the microgreen stage compared to the mature stage in both cultures except for dill and coriander. Mineral elements content was higher at microgreen stage than in the mature stage, except for zinc element.

Conclusion: Based on the results of this experiment, it can be concluded that the production and cultivation of these six vegetables in the microgreen stage could be considered as a suitable method for high nutritional value.

Keywords: Antioxidant activity, Carotenoids, Minerals, Phenolic compounds

1, 2 and 3- MS.C student and Professors Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: mirdehghan@vru.ac.ir)

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۳۹-۱۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 127-139
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر کلشیسین بر القاء پلی‌پلوئیدی و اثرات آن بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی شنبلیله

امیر حسین کشتکار[۱]*- نوشین فلاحی[۲]- محمد رضا عبداللهی[۳]- حسن ساری‌خانی[۴]- هوشمند صفری[۵]- ژاله محسنی عراقی[۶]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۷

چکیده

القاء پلی‌پلوئیدی با استفاده از مواد شیمیایی جهش‌زا یکی از روش‌های به‌نژادی گیاهان دارویی به منظور افزایش قابلیت تولید متابولیت‌های ثانویه است. کلشیسین موثرترین ماده شیمیائی جهش‌زا در القا پلی‌پلوئیدی گیاهان می‌باشد. به منظور بررسی تاثیر تیمار کلشیسین بر القاء پلی‌پلوئیدی در گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور کلشیسین (صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵ درصد وزن به حجم)، زمان (۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) و نمونه (بذر، مریستم ریشه و مریستم انتهایی) در ۳ تکرار انجام شد. در این آزمایش اثر کلشیسین بر درصد صفات زنده‌مانی، میکسوپلوئیدی و تتراپلوئیدی در نمونه‌های بذر، جوانه انتهایی و ریشه ارزیابی شد. بررسی‌ها نشان داد که بعد از تیمار شاهد بیشترین درصد زنده‌مانی مربوط به غلظت ۰/۰۵ درصد کلشیسین برای نمونه جوانه انتهایی است و بالاترین درصد میکسوپلوئیدی مربوط به نمونه جوانه انتهایی با غلظت تیمار ۰/۱ و ۰/۲ درصد کلشیسین می‌باشد. نتایج بررسی‌های مورفولوژیکی، سیتوژنتیکی، فلوسایتومتری و بیوشیمیایی نشان داد که نمونه جوانه انتهایی در غلظت ۰/۵ درصد کلشیسین در مدت زمان ۷۲ ساعت موثرترین تیمار در القاء تتراپلوئیدی در گیاه شنبلیله است. همچنین نتایج حاصل از GC/MS بیانگر افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاه تتراپلوئید نسبت به گیاه دیپلوئید شنبلیله بود.

واژه‌های کلیدی: تتراپلوئیدی، فلوسایتومتری، کروماتوگرافی گازی توده‌ای، میکسوپلوئیدی

مقدمه

شنبلیله (*Trigonella foenum–graecum*) گیاهی یکساله، علفی و از تیره بقولات می‌باشد که بعنوان یک گیاه دارویی، زراعی، مرتعی، آرایشی و بهداشتی حائز اهمیت فراوان است (۱). این گیاه بومی ایران بوده و بیشتر در آذربایجان، اصفهان، فارس، خراسان، سمنان و دامغان می‌روید. شنبلیله دارای خواص ضد دیابتی، ضد سرطان، ضد میکروبی، ضد التهاب و تسکین دهنده درد مفاصل بوده و سرشار از پروتئین، انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه است (۳، ۱۴ و ۲۶). نتایج مطالعات سیتوژنتیکی انجام شده روی گونه های شنبلیله نشان داده که تعداد کروموزوم ها در کلیه گونه‌ها برابر $2n= 2x=16$ است (۳۳).

دست ورزی سطح پلوئیدی، ابزار توانمندی در به‌نژادی بسیاری از گیاهان از جمله در گیاهان دارویی است (۲۲). تیمار کلشیسین یکی از رایج‌ترین روش‌هایی است که اغلب برای القاء پلی پلوئیدی در گیاهان از آن استفاده می‌شود و نسبت به مواد جهش‌زای دیگر تغییرات مورفولوژیکی بیشتر و فراوانی گیاهان جهش یافته بالاتری ایجاد می کند (۲۹). به منظور تعیین سطح پلوئیدی از روش‌های مستقیم (شمارش کروموزوم و فلوسایتومتری) و همچنین از روش‌های غیرمستقیم (اندازه گیری طول و عرض سلول‌های روزنه، تعداد کلروپلاست سلول‌های محافظ روزنه و مشاهدات مورفولوژیکی) استفاده می‌گردد (۳۸). در اغلب گونه‌های گیاهی، القاء پلی‌پلوئیدی با افزایش در اندازه سلول‌ها، توانایی تولید اندام‌های رویشی پررشدتر را سبب شده است. اندام‌های رویشی منبع بسیاری از متابولیت‌های ثانویه با ارزش تجاری هستند (۲). القاء پلی پلوئیدی درگیاهان اغلب موجب تولید واریانت‌های جدید با کیفیت متمایز می‌شود. همچنین از طریق دو برابر شدن سطح کروموزومی، افزایش تعداد نسخه‌های ژنی بیان کننده ترکیبات موادمؤثره و افزایش جثه گیاه، موجب بیشتر شدن

۱، ۲، ۳ و ۶- به ترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: akesht@gmail.com)
۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۵- عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.71781

ترکیبات ثانویه و دارویی آن می‌شود (۴۱).

لاوانیا و همکاران (۲۰) در پژوهشی گزارش کردند که در گونه‌ای از علف لیمو افزایش سطح پلوئیدی موجب افزایش مواد مؤثره گردید. گیاه پلی‌پلوئید پونه دشتی(*Mentha arvensis*) در مقایسه با والدین دیپلوئید، ۳۰ درصد اسانس بیشتری داشته ولی در گونه (*Mentha spicata*) میزان اسانس کاهش یافته است. گزارش شده است که تتراپلوئیدهای دو گیاه دارویی بابونه و مریم گلی، فلاونوئیدها و ترپنوئیدهای بیشتری نسبت به حالت دیپلوئید تولید می‌کنند، همچنین میزان آرتمیزین در درمنه تتراپلوئید، ۲۰ درصد بیشتر از دیپلوئید آن گزارش شده است (۱۵ و ۱۶).

برای استخراج و ارزیابی ترکیبات موثره دارویی فرار از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود که از میان آن‌ها روش میکرواستخراج فاز جامد (SPME) روشی ساده اما بسیار قدرتمند برای آماده سازی نمونه است که تغلیظ، استخراج و ورود نمونه به دستگاه کروماتوگرافی را در یک مرحله انجام می‌دهد. در این روش تنها چند میلی‌لیتر نمونه، کافی است و در آماده سازی نمونه‌های شیمیایی، زیست دارویی، محیطی و غذایی کاربرد فراوان دارد (۱۷). به طور معمول ارزیابی ترکیبات فرار مانند اسانس‌ها در گیاهان دارویی توسط دستگاه GC-MS انجام می‌شود. در دستگاه GC-MS اجزای یک مخلوط به ترتیب توسط یک ستون کروماتوگرافی از هم جدا شده و پس از حذف گاز حاصل، وارد منبع یونش طیف‌سنج جرمی شده و بواسطه تولید میدان‌های الکتریکی پرقدرت، اقدام به شناسایی کمی و کیفی اجزای مخلوط بر اساس نسبت بار الکتریکی به جرم آنها می‌گردد (۱۸). در پژوهشی با تهیه نمونه خشک و آسیاب شده از برگ گیاه آویشن بوسیله تکنیک های SMPE و GC-MS، ۲۹ ترکیب فرار در این گیاه شناسایی شد (۳۱).

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر تیمار کلشیسین بر سطح پلوئیدی و مقایسه برخی ویژگی‌های سیتوژنتیکی، مورفولوژیکی، و بیوشیمیایی گیاه شنبلیله دیپلوئید نسبت به تتراپلوئید می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بذر شنبلیله (*Trigonella foenum - graecum*) از توده‌های بومی استان کرمانشاه تهیه شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. آزمایش شامل فاکتورهای نمونه در سه سطح (بذر، مریستم ریشه و مریستم انتهایی)، غلظت کلشیسین در ۵ سطح (صفر، ۰/۰۵ ، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵ درصد وزن به حجم) و زمان تیمار کلشیسین در چهار سطح (۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) بود. در این آزمایش جهت اعمال تیمار، تعداد ۳ گروه ۵ تایی نمونه برای هر تیمار در نظر گرفته شد. آزمایش شامل سه قسمت بود:

تیمار بذر

ابتدا بذور توسط هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شده و پس از شستشو، در محلول‌های تهیه شده کلشیسین (ساخت شرکت مرک آلمان) قرارداده شدند. پس از سپری شدن زمان تیمار کلشیسین، بذرها به خوبی شستشو و به ژرمیناتور (۲۸ درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند. بعد از ۴ روز، بخش انتهایی ریشه جهت رنگ آمیزی کروموزوم‌ها و تعیین سطح پلوئیدی جدا و جوانه‌ها در گلدان‌هایی در گلخانه کشت شدند.

تیمار ریشه

بذور در ابتدا ضدعفونی و بعد از شستشو در گلدان‌هایی حاوی پرلیت کشت شدند. پس از رشد گیاهچه (مرحله ۳ برگی) و شستشو، ریشه‌ها به تیمار کلشیسین منتقل شدند. برای افزایش جذب و نفوذ محلول کلشیسین این عمل زمانی صورت گرفت که از آخرین آبیاری گیاهچه‌ها مدتی گذشته و گیاهچه‌ها به آب نیاز داشتند. عمل انتقال گیاهچه‌ها به تیمار کلشیسین در زیر نور لامپ انجام شد تا تبخیر و تعرق گیاه افزایش یافته و محلول کلشیسین بهتر جذب گردد. پس از گذشت مدت زمان تیمار، ریشه‌ها از داخل محلول خارج شده و به مدت ۱۰ دقیقه شستشو شدند، سپس به گلدان‌هایی حاوی پرلیت و کوکوپیت منتقل شدند. ۱۵ روز بعد از کشت، نمونه‌برداری از ریشه انجام گرفته و گیاهان به گلدان‌هایی بزرگتر حاوی ماسه، پرلیت و کود دامی به نسبت ۱:۱:۱ انتقال و در دمای ۲۸ درجه با دوره روشنایی ۱۴ ساعت نگهداری شدند.

تیمار جوانه انتهایی

هفت روز بعد پس از خروج کوتیلدون‌ها، گلوله‌های پنبه‌ای کوچک آغشته به محلول کلشیسین، روی جوانه انتهایی قرار داده شد. برای جلوگیری از تبخیر و خشک شدن گلوله‌های پنبه‌ایی، دور گلدان ها با کیسه های پلاستیکی پوشانیده شد و پس از گذشت مدت زمان تیمار جوانه‌های انتهایی به خوبی شستشو شدند. ۱۵ روز پس از اعمال تیمارها از ریشه‌ها به منظور بررسی تعداد کروموزوم‌ها از ریشه‌ها نمونه برداری شد و گیاهچه‌ها به گلدان‌هایی با ابعاد بزرگتر حاوی ماسه، خاک و کود دامی به نسبت ۱:۱:۱ منتقل شدند.

ارزیابی سطح پلوئیدی از طریق فلوسایتومتری

آنالیز سطح پلوئیدی برگ‌های جوان گیاه توسط دستگاه فلوسایتومتری (Germany, Partec)، مجهز به لامپ HBO انجام شد. جهت تهیه سوسپانسیون هسته‌ای، به مقدار مساوی بافت برگی از برگ‌های سوم و چهارم از بالا و ترجیحا قسمت‌های بدون رگبرگ از گیاه نمونه،گیاه شاهد (شنبلیله 2n) و گیاه استاندارد (رزتتراپلوئید)، به

مقدار تقریبی ۰/۵ سانتی‌متر مربع برداشته شد. بافت نمونه در پتری دیش پلاستیکی حاوی ۴۰۰ میکرولیتر بافر استخراج هسته متعلق به شرکت Partec قرار گرفته و با استفاده از تیغ تیز خرد شدند. سپس به نمونه‌ها ۱۶۰۰ میکرولیتر محلول فلوروکروم DAPI اضافه و توسط فیلتر ۵۰۰ نانومتری فیلتر شدند. آنگاه نمونه‌های صاف شده به داخل لوله پلاستیکی متعلق به دستگاه فلوسایتومتری منتقل و وضعیت پلوئیدی در بافت‌های مورد نظر بررسی گردید. سپس داده ها توسط نرم افزار Fit LT 3.1 آنالیز شد.

ارزیابی سطح پلوئیدی از طریق سیتوژنتیک

ابتدا قسمت کوچکی از انتهای ریشه‌چه‌ها توسط تیغ اسکالپل برش داده شد و برای مدت ۴ ساعت به محلول پیش‌تیمار آلفا برومونفتالین ۰/۵ درصد منتقل شدند. پس از خارج کردن ریشه‌ها از محلول پیش تیمار، به مدت یک ساعت شستشو و در محلول تثبیت کننده لویتسکی (نسبت ۱ به ۱ فرمالدهید ۴۰ درصد و اکسیدکرم ۱ درصد) در یخچال نگهداری گردیدند و با گذشت ۲۰ تا ۲۴ ساعت، برای مدت ۳۰ دقیقه در آب جاری شستشو داده شدند. ریشه‌ها در محلول سدیم هیدروکسید یک نرمال به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آبی ۶۰ درجه سانتی گراد هیدرولیز و پس از شستشو به مدت ۲ دقیقه رنگ آمیزی با رنگ استوهماتوکسیلین (پودر هماتوکسیلین، اسید استیک و آمونیوم سولفات آهن (III)) صورت گرفت. در مرحله آخر نمونه‌ها روی لام قرار داده شد و بعد از اسکواش، شمارش کروموزوم توسط میکروسکوپ، با بزرگنمایی 40x انجام شد.

اندازه‌گیری‌های برخی از صفات مورفولوژیکی توسط خط کش و کولیس انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان فنل کل از معرف فولین – سیکالتو (۳۶) استفاده شد و میزان فنل کل در مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه شد. همچنین برای تعیین میزان کلروفیل، از روش آرنون، (۵) استفاده شد. به منظور تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی ابتدا محلول با غلظت ۰/۰۵ میلی مولار با حل کردن مقدار ۲ میلی گرم از ماده ۲ و۲–دی فنیل–۱– پیکریل هیدرازیل در مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد بدست آمد. این محلول برای اندازه گیری درصد بازدارندگی به صورت روزانه تهیه گردید. از نمونه‌های قبلی که برای سنجش میزان فنل استفاده شده بود مقدار ۵۰۰ میکرولیتر برداشته و پس از مخلوط شدن با مقدار۲۵۰ میکرو لیتر آب در درون تیوب‌هایی ریخته شد. آنگاه عمل سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) انجام شد. سپس مقدار ۳۷/۵ میکرولیتر از این نمونه برداشت و به آن ۱۴۶۲/۵ میکرو لیتر DPPH اضافه گردید. بلافاصله پس از تکان دادن میزان جذب کارتنوئید در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان، آمریکا) قرائت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تعیین گردید.

استخراج ترکیبات فرار با استفاده از روش SMPE و جداسازی و شناسایی ترکیبات توسط GC/MS

بعد از آسیاب کردن برگ‌های خشک شده یک گرم از آن در ظرف مخصوص SMPE با در پوش تفلونی ریخته شد. آنگاه ۵۰۰ میکرو لیتر آب دیونیزه به آن اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تحت امواج فرا صوت قرار گرفت. در مرحله بعد فیبر مخصوص SMPE با نام PDMS را به مدت ۴۰ دقیقه در فضای فوقانی گذاشته تا جذب صورت گیرد. در نهایت فیبر را به آرامی درون نگهدارنده فیبر کشیده و بلافاصله برای عمل واجذب به محل تزریق دستگاه GC/MS منتقل گردید. برای شناسایی ترکیبات از دستگاه کروماتوگرافی گازی Agilent 6890 N متصل به دتکتور جرمی Agilent 5973 N که نوع ستون در آن با HP-5 دارای ستون موئینه به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون بود استفاده شد و تزریق به صورت Splitless انجام گرفت.

درصد زنده مانی

به منظور بررسی درصد زنده مانی بوته های کاشته شده نسبت تعداد بوته‌های باقیمانده در پایان آزمایش (S) به تعداد نهال های اولیه(n) به صورت درصد زنده مانی(SP) منظور و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

$$SP=S/n\times100$$

از نرم‌افزارهای SAS و SPSS برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، همچنین مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نیز با استفاده از آزمون t در سطح معنی‌دار ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس برای صفت درصد زنده‌مانی نشان داد تمامی اثرات به جز دو مورد (اثر متقابل نمونه در زمان و اثر متقابل سه‌گانه نمونه در کلشیسین در زمان) برای صفت درصد زنده‌مانی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شدند. همچنین بررسی جدول تجزیه واریانس صفت میکسوپلوئیدی نشان داد که عوامل اصلی شامل نمونه، کلشیسین و زمان در سطح ۰/۰۱ معنی دارند. همچنین در بین تمامی اثرت متقابل، اثر متقابل نمونه در کلشیسین و کلشیسین در زمان در سطح ۰/۰۱ بسیار معنی دار شد و بقیه اثرات متقابل تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (جدول۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر کلشیسین بر درصد زنده‌مانی نمونه‌های بذر، ریشه و جوانه انتهایی گیاه شنبلیله

Table 1- ANOVA for the effect of colchicine on viability percentage of seed, root and terminal bud samples of fenugreek

منابع تغییر Treatments	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)	
		درصد زنده‌مانی Viability percentage	درصد میکسوپلوئید Mixoploid percentage
نمونه Sample	2	0.83 **	0.28**
کلشسین Colchicine	4	0.62**	0.15**
زمان Time	3	0.12*	0.046**
نمونه × کلشیسین Colchicine × Sample	8	0.05**	0.034**
نمونه × زمان Sample× Time	6	0.02ns	0.007 ns
کلشیسین × زمان Colchicine dose× Time	12	0.03**	**0.042
نمونه × کلشیسین × زمان Time × Colchicine × Sample	24	0.017ns	0.011ns
خطای آزمایشی Erorr	120	0.013	0.008
ضریب تغیرات C.V. (%)	-	11.87	10.9

ns ، * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns= Non significant, ** = $p < 0.01$, and * = $p < 0.05$

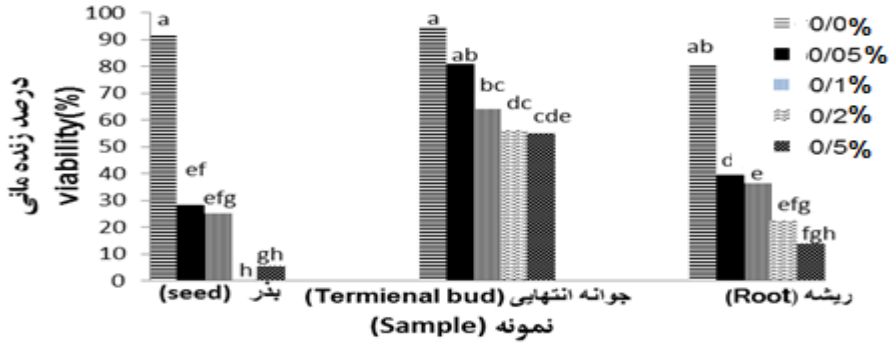
همچنین آنالیز دادها حاصل از مقایسه میانگین حاکی از این بود که بعد از تیمار شاهد بالاترین درصد زنده‌مانی مربوط به نمونه جوانه انتهایی در غلظت ۰/۰۵درصد کلشیسین و پایین‌ترین درصد زنده‌مانی مربوط به نمونه بذر در غلظت ۰/۲درصد کلشیسین بود. بطور کلی در نتایج حاصل از این پژوهش نمونه جوانه انتهایی درصد بالاتری از زنده‌مانی را نسبت به دو نمونه دیگر (بذر و ریشه) به خود اختصاص داده و نمونه بذر پایین‌ترین درصد زنده‌مانی را داشته است (شکل ۱). القا پلی‌پلوئیدی در گیاهان توسط کلشیسین به روش‌های مختلفی مانند تیمار بذر(۳۵) ، تیمار جوانه‌گل (۴۲) ، تیمار مریستم انتهایی (۲۴)، و شرایط درون شیشه‌ای (۲ و ۱۰) انجام می‌شود. حنظلکا و کوبزا[1] (۱۲) در آزمایشی که به‌منظور انگیزش پلی‌پلوئیدی در گیاه نخود انجام گرفت مشاهده کردند که افزایش غلظت محلول کلشیسین میزان مرگ و میر در گیاهان تیمار شده را افزایش داد. تیمار بذر با عوامل القاء کننده پلی پلوئیدی، مانند کلشیسین، جوانه زنی بذر را کاهش داده در حالیکه میزان مرگ و میر گیاهچه را افزایش می دهد (۳، ۶، ۴۰ و ۴۲). همچنین سحرخیز (۳۷) نشان داد که بین غلظت‌های مختلف کلشیسین و میزان مرگ‌ومیر در گیاهچه‌های بابونه‌کبیر رابطه مستقیمی وجود دارد. ایجاد حالت مسمومیت و گیاه‌سوزی در گیاهان تیمار شده با کلشیسین دلیل اصلی مرگ‌ومیر گیاهان پس از تیمار با این ماده جهش‌زا است (۱۱).

در جدول مقایسه میانگین صفت میکسوپلوئیدی مشخص شد که بالاترین درصد میکسوپلوئیدی متعلق به نمونه جوانه انتهایی برای غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد کلشیسین در گروه a و کمترین درصد میکسوپلوئیدی در گروه e متعلق به غلظت صفر در تمامی نمونه‌ها و غلظت ۰/۲ درصد کلشیسین در نمونه بذر است. مرزوقی و همکاران (۲۵) با بررسی سیتوژنتیکی ریشه ۳۸ گونه از شنبلیله تونسی ثابت کردند اعمال تیمار ۰/۰۵ درصد کلشیسین به مدت ۷۲ ساعت از طریق نمونه جوانه انتهایی در بدست آوردن گیاه میکسوپلوئید موثر است. نتایج بدست آمده از آزمایش دوم مبنی بر وجود گیاه میکسوپلوئید در نمونه جوانه انتهایی با غلظت کلشیسین ۰/۵ درصد در مدت زمان ۷۲ ساعت، نتایج مرزوقی و همکاران (۲۵) را تایید می‌کند.

در این آزمایش مشاهده شد که اعمال تیمار شیمیایی کلشیسین در گیاهان شنبلیله میکسوپلوئید موجب پدیدآمدن ناهنجاری‌هایی در برگ این گیاهان می‌گردد که با نتایج بدست آمده از تولید گیاهان با برگ‌های غیرعادی و نامناسب در اثر انگیزش پلوئیدی در گیاه دارویی

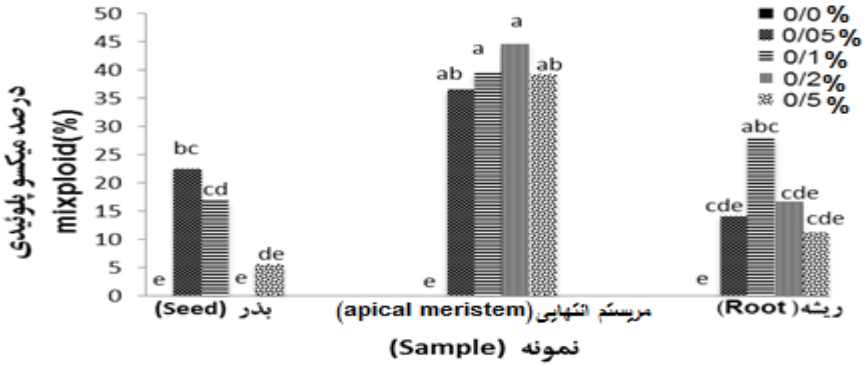
1- Hanzelka and Kobza

بنگدانه مطابقت داشت (۱۹). برقعی و همکاران (۷) بعد از اعمال تیمار کلشیسین روی جوانه انتهایی گیاه بادرنجبویه مشاهده نمودند در مراحل اولیه رشد در گیاهان میکسوپلوئید ناهنجاری‌هایی در برگ‌ها ایجاد می‌شود.



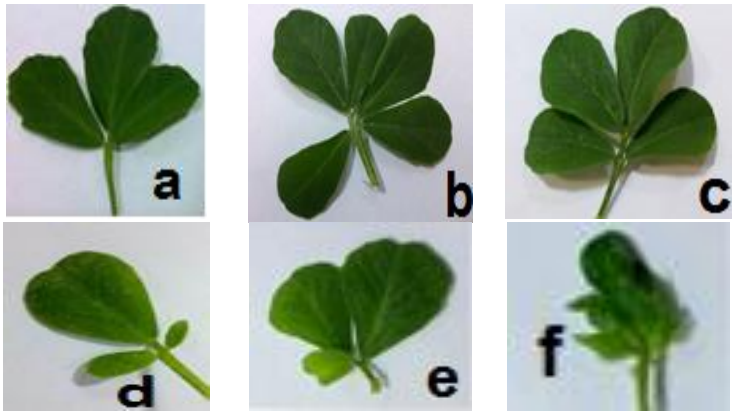
شکل ۱- اثر غلظت کلشی‌سین بر زنده‌مانی در نمونه‌های بذر، ریشه و جوانه انتهایی شنبلیله

Figure 1- The effect of colchicine concentration on viability of seed, root and terminal bud samples of fenugreek



شکل۲- درصد میکسوپلوئیدی تیمارهای بذر، ریشه و جوانه انتهایی در گیاه دارویی شنبلیله

Figure 2- Mixoploidy percentage of seed, root, and terminal bud samples of fenugreek

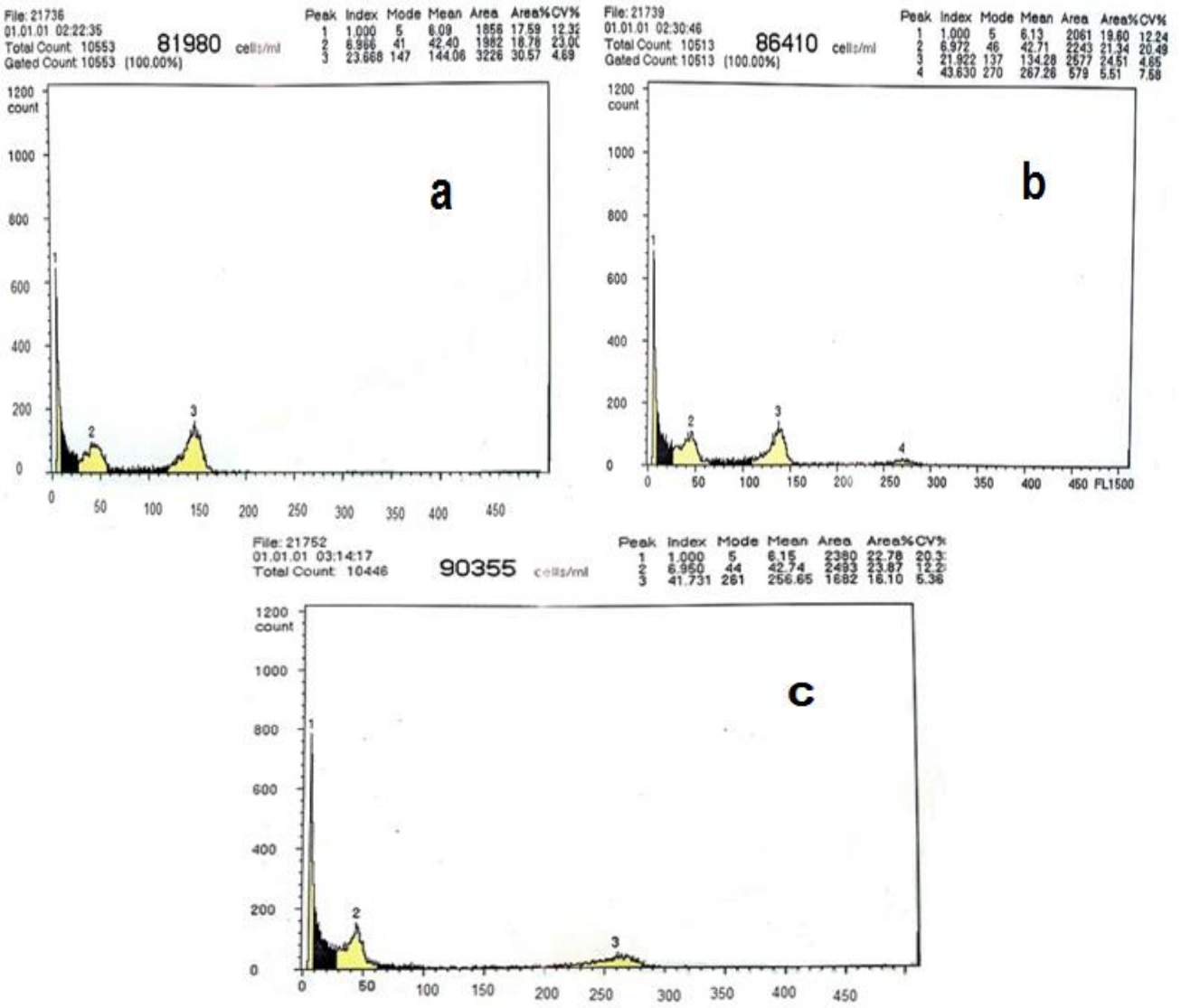


شکل ۳- برگ گیاه شنبلیله دیپلوئید (a) و برگ گیاهان میکسوپلوئید (b, c, d, e و f)

Figure 3- Leaf of diploid fenugreek (a) and leaf of mixoploid fenugreek plants (e, d, c, b and f)

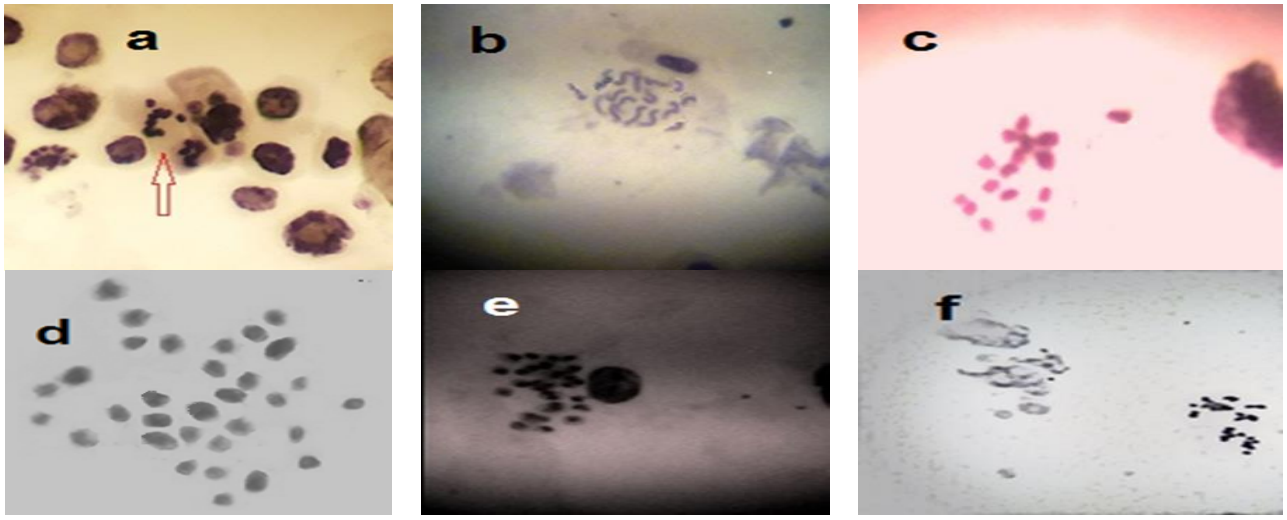
نتایج حاصل از بررسی‌های فلوسایتومتری، سیتوژنتیکی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در این پژوهش نشان داد که با اعمال تیمار غلظت ۰/۵ درصد کلشیسین در مدت زمان ۷۲ ساعت در نمونه جوانه انتهایی گیاه شنبلیله با تعداد کروموزوم 2n=4x=32 تولید شد.

غلظت موثر برای القاء تتراپلوئیدی در گیاهان مختلف متفاوت است. تحقیقات نشان می‌دهد که در بسیاری از گیاهان، تیمار مریستم انتهایی به طور موثری در بوجود آمدن گیاه تتراپلوئید موثر است (۲۳). در گیاه بابونه کبیر در مراحل ظهور برگ‌های لپه‌ای و ظهور دو برگ حقیقی، غلظت ۰/۲ درصد کلشیسین بهترین تیمار برای به دست آوردن اتوتتراپلوئیدی معرفی شد (۳۷). همچنین در گیاه بادرشبی بیشترین درصد گیاهان تتراپلوئید را در غلظت ۰/۱درصد گزارش کردند (۴۳).



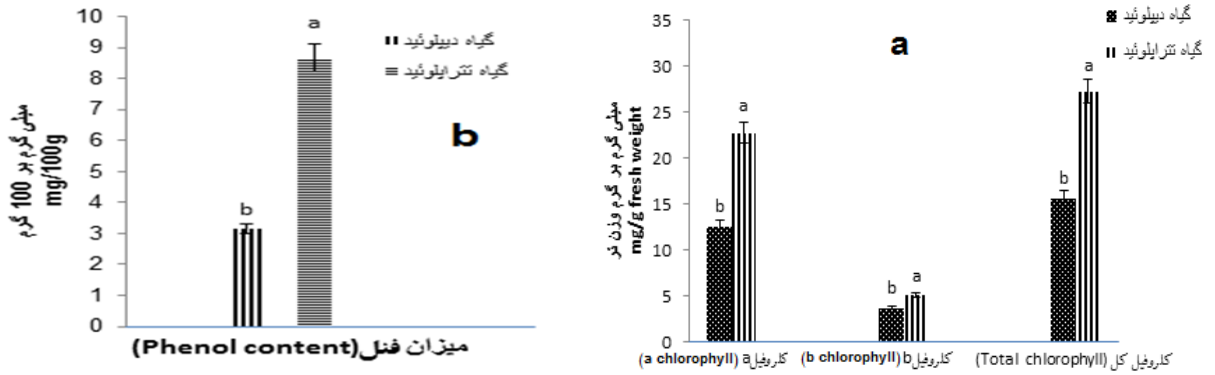
شکل ٤- فلوسایتومتری هسته‌های سلولی گیاه شنبلیله در حالت دیپلوئید (پیک ۳) و گیاه شاخص (رز تتراپلوئید) در حالت دیپلوئید (پیک ۲) (a)- تجزیه فلوسایتومتری هسته‌های سلولی گیاه شنبلیله در حالت میکسو پلوئید پیک ۲ شاخص (رز تتراپلوئید) پیک ۳ سلول دیپلوئید و پیک ٤ سلول‌های تتراپلوئید گیاه شنبلیله (b)- تجزیه فلوسایتومتری هسته‌های سلولی گیاه شنبلیله در حالت تتراپلوئید (پیک ۳) و گیاه شاخص (رز تتراپلوئید) (پیک ۲)(c).

Figur 4- Flow cytometry analysis of index plant cell nuclei (rose) (internal standard) (peak 2) and fenugreek (diploid) (peak3) (a)- Flow cytometry analysis of index plant cell nuclei (rose) (internal standard) (peak 2) and fenugreek mixoploid (peak 3and 4) (b)– Flow cytometry analysis of index plant cell nuclei (rose) (internal standard) (peak 2) and fenugreek in tetraploid ststus (peak 3) (c).



شکل ۵- تعدادکروموزوم‌ها در شنبلیله دیپلوئید (2n=2x=16)(a، b و c) و تعداد کروموزوم‌ها در شنبلیله تتراپلوئید (2n=4x=32) (d، e و f).

Figure 5. Chromosome numbers in a diploploid (2n=2x=16) (a, b and c) and chromosome numbers in a tetraploid (2n=4x=32) fenugreek (d, e and f).



شکل٦- مقایسه میزان کلروفیل در شنبلیه دیپلوئید و تتراپلوئید (a) و مقایسه میزان فنل در شنبلیه دیپلوئید و تتراپلوئید (b)

Figure 6-Comparison of chlorophyll content in diploid and tetraploid fenugreek (a) and comparison of phenol content in diploid and tetraploid fenugreek (b).

نتایج حاصل از فلوسایتومتری

در پژوهش حاضر، نتایج حاصل از تجزیه پلوئیدی گیاهان با دستگاه فلوسایتومتری سه سطح پلوئیدی را نشان داد. فلوسایتومتری روشی بسیار کارآمد است که در زمان بسیار کوتاه و تنها با استفاده از یک نمونه بسیار کوچک از برگ می‌تواند با دقت بالایی سطح پلوئیدی گیاه مورد آزمایش را مشخص کند (۳۵).

شمارش کروموزوم

برای شمارش کروموزوم‌های گیاه شنبلیله بهترین نتیجه برای ریشه‌های ۱/۵-۱سانتی‌متر به دست آمد. بعد از نمونه برداری‌های مکرر از ریشه، بهترین زمان نمونه‌برداری(زمانی که بیشتر سلول‌ها در مرحله متافاز هستند) برای قطع ریشه‌های این گیاه ۹ صبح تشخیص داده شد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات مرادی و همکاران (۳۰) مطابقت داشت.

در این پژوهش برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه شنبلیله تتراپلوئید نسبت به گیاه شنبلیله دیپلوئید به منظور امکان استفاده از آنها در تعیین تتراپلوئیدی احتمالی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در صفت ارتفاع، گیاه دیپلوئید شنبلیله نسبت به تتراپلوئید دارای برتری بود. افزایش سطح پلوئیدی درگیاهان سبب ایجاد تغییرات آناتومی و ساختمانی در آن‌ها می‌شود (۸). مادون و همکاران (۲۲) دریافتند با افزایش سطح پلوئیدی در گیاه بذرالبنج ارتفاع گیاه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

طبق نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس بین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b،کلروفیل کل و فنل در گیاه دیپلوئید و

تتراپلوئید در سطح آماری ۰/۰۱ اختلاف معنی‌داری وجود داشت، بطوریکه بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b،کلروفیل کل و فنل متعلق به گیاه تتراپلوئید شنبلیله با گروه a بود. نتایج حاصل از اندازه-گیری مقدار کلروفیل با نتایج بدست آمده از پژوهش حسنی و همکاران (۱۳) مطابقت داشت. آنها گزارش نمودند که با افزایش سطح پلوئیدی در گیاه ریحان میزان کلروفیل a، b و کل نیز به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. لذا، چنین استنباط می‌شود که نوع و رقم مورد مطالعه در میزان کلروفیل سطوح پلوئیدی تاثیر دارد (۴).

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی به دست آمده از تجزیه GC/MS در گیاه دیپلوئید و تتراپلوئید شنبلیله

Table 2- Chemical compounds detected from GC / MS analysis in diploid and tetraploid fenugreek

شماره No.	ترکیبات اندازه‌گیری شده Measured ccompounds	شاخص بازداری RI	درصد در گیاه دیپلوئید Percentage in diploid plant	درصد در گیاه تتراپلوئید Percentage in tetraploid plant	درصد تغییر Percentage change
1	آلفا پینن Alpha-Pinene	5.12	27.40	46.42	+5.88
2	دلتا کارن delta-Carene	6.67	28.0	26.0	+3.57
3	۸ و۱- سینئول 1,8-Cineole	7.17	12	12	0
4	گاما ترپینن Gamma-Terpinene	7.84	4.0	5.0	+25
5	لینالیل استات Linalyl acetate	12.92	82.0	83.0	+1.21
6	آلفا ترپنن Alpha –Terpinene	15.44	1	95.0	-5
7	یلانژن Ylangene	16.2	1.0	2.0	+8.42
8	آلفا کوپان alpha-Copaene	16.15	41.0	44.0	+7.31
9	اُکتادین- ۱- اُل Octadien-1-ol	16.27	23.0	22.0	-4.24
10	بتا بوربونن Beta-Bourbonene	16.4	87.0	1	+14.92
11	بتا کوبیبن Beta-Cubebene	16.49	32.0	38.0	+15.62
12	آلفا گورجونن Alpha-Gurjunene	17.05	46.0	45.0	-2.17
13	ترنس کاریوفیلن Trans-Caryophyllene	17.30	8.3	4.4	+15.78
14	دودکاترین Dodecatriene	18.10	46.1	49.1	+2.05
15	آلفا هومولین Alpha-humulene	18.16	36.1	5.1	+10.29
16	گاما هیماکالین Gamma-himachalene	18.77	86.0	98.0	+13.92
17	جرماسرین- دی Germacrene-D	18.84	94.0	1	+6.38
18	بتا آیونون Beta- Ionone	18.93	5.1	6.1	+6.66
19	اسید تترا دکانوئیک متیل استر Tetradecanoic acid methel ester	19.75	25.0	0/49	+96
20	اسید هگزا دکانئیک متیل استر Hexadecanoic acid methel ester	20.90	4.2	2.3	+33.33
21	۹- اُکتانئیک اسید 9-Octadecenoic acid	21.30	15.0	15.0	0

(GC/MS)

به منظور تجزیه تحلیل درست نتایج، ترکیبات نمونه‌ها توسط کروماتوگرافی گازی طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه نتایج حاصل از GC/MS با اطلاعات کتابخانه‌ای موجود، مقدار و نوع ترکیبات گیاه دیپلوئید و تتراپلوئید شنبلیله مشخص شد. در این پژوهش از ۲۱ ترکیب شناخته شده توسط آنالیز GC/MS گیاه تتراپلوئید شنبلیله نسبت به دیپلوئید در ۱۵ ترکیب، مقادیر بیشتری داشت. به طور مثال در اسیدهای چرب دکانوئیک متیل استر در گیاه تتراپلوئید ۹۶ و۳۳ درصد نسبت به دیپلوئید افزایش مشاهده شد. این ترکیبات دارای خواص کاهندگی کلسترول و فشار خون و همچنین جلوگیری کننده از بیماری های قلب و عروق هستند(۳۶). همچنین مواد موثره گاما ترپینن و آلفا همولین که به ترتیب ۲۵ و ۱۰ درصد در گیاه تتراپلوئید افزایش داشتند، دارای خاصیت ضد باکتریایی، ضد قارچی و ضد التهاب است (۲۷و۳۳). در ترکیبات بتا بوربونن، بتا کوبیبن، ترنس کاریوفیلن و گاما هیماکالین نیز افزایش بالای ۱۰ درصد مشاهده شد.

پلی‌پلوئیدی اغلب با افزایش اندازه سلول ، افزایش میزان ژن و فعالیت آنزیم‌ها به ازاء هر سلول باعث تغییرات قابل ملاحظه درمتابولیسم ثانویه می‌شود. زمانی که مانند اکثر گیاهان دارویی، اندام-های رویشی گیاه منبع متابولیت های ثانویه باشند، دستورزی سطح پلوئیدی مانند مضاعف سازی مستقیم کروموزومی اتوپلی‌پلوئیدی یا آلوپلی پلوئیدی روشی سریع در بهبود و تولید ترکیب‌های ارزشمند دارویی می‌باشد (۲۱). به طور کلی اتوپلی‌پلوئیدی در بسیاری از گیاهان دارویی از قبیل *Hyoscyamus niger* ،*Atropa belladona* و *Solanum nigrum* باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه به ازاء واحد وزن خشک گیاه شده است . برای مثال در گیاهان *Atropa belladona* و *Hyoscyamus niger* افزایش سطح پلوئیدی بترتیب ۶۸ و ۳۸ درصد افزایش در بازده تروپان آلکالوئید، در گیاه *Solanum nigrum* ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش محتوای سولاسودین و در گیاه *Camellia sasanqua* افزایش در غلظت کاتچین‌ها، اگزتراکین‌ها و کافئین ها را در پی داشته است (۱۶). قیاسوند و همکاران (۹) با استفاده از روش SMPE و GC/MS در آنالیز متابولیت های گونه گیاهی *Tagetes minuta* L. ۴۷ ترکیب را در این گیاه شناسایی کردند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش محلول۰/۵ درصد کلشی‌سین به مدت ۷۲ ساعت به عنوان بهترین غلظت به منظور تحریک تتراپلوئیدی در شنبلیله شناخته شد. میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و فنل در گیاه تتراپلوئید نسبت به گیاهان دیپلوئید افزایش ، اما ارتفاع بوته کاهش یافت. همچنین مشخص شد که با افزایش سطح پلوئیدی در گیاه شنبلیله تغییراتی در میزان مواد شناسایی شده در GC/MS به وجود می‌آید که در بسیاری از موارد این تغییرات به صورت افزایشی بود. بنابراین، کلشی‌سین به عنوان یک ماده جهش‌زا می‌تواند بر بهبود صفات و ویژگی‌های گیاهان تأثیرگذارد، هر چند که اثر تغییرات ایجاد شده بر مقدار و محتوای مواد موثره بر سلامت مصرف کنندگان نیازمند بررسی‌های تکمیلی است.

منابع

1- Aasim M., Hussain N., Umer E.M., Zubair M., Hussain S.B., Saeed S.H., Rafique T.S. and Sancak C. 2010. *In-vitro* shoot regeneration of fenugreek (*Trigonellafoenum-graecum* L.) using different cytokinins, African Journal of Biotechnology, 42: 7174-7179.

2- Adaniya S., and Shira D. 2001. *In vitro* induction of tetraploid ginger (*Zingiber officinalis Roscoe*) and its pollen fertility and germinability, Scientia Horticulturae, 88: 277-287.

3- Al-Habori M. and Raman A. 2002. Pharmacological Properties in Fenugreek- The genus Trigonella (1st edition) by G.A. Petropoulos (ed.). Taylor and Francis, London and New York, 10: 163-182.

4- Andersson S.C. 2009. Carotenoids tocochromanols and chlorophylls in sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides*) and rose hips (*Ros*a sp.). Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden, 52:75-60.

5- Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiology, 24: 1-15.

6- Beck S.L., Dunlop W.R. and Fossey A. 2003. Stomatal length and frequency as a measure of ploidy level in black wattle, *Acacia mearnsii* (de Wild), Botanical Journal of the Linnean Society, 141 177–181.

7- Borgheei S.F., Sarikhani H., Chaichi M. and Kashi A. 2010. *In vitro* induction of polyploidy in lemon balm (*Melissa officinalis* L.), Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26:283-295. (in Persian with English abstract).

8- Dhawan O.P. and Lavania U.C. 1996. Enhancing the productivity of secondary metabolites via induced polyploidy. A review, Euphytica, 87: 81-89.

9- Ghiasvand A. R., Nasseri M, Farsizaeh S., Meshkatalsadat M.H., Sadeghi-Sarabi R., Shadabi S.H. and Borzoei M .2011. Chemical characterization of cultivated *Tagetes minuta* L. by use of ultrasound-assisted head space SPME and GC–MS, Chromatographia, 73:1031–1035.

10- Gu X. and Huang W. 2002. Testing the parsimony test of genome duplications: A counterexample, Genome Research, 12**:** 1-2.

11- Han D.S., Niimi Y. and Nakamo M. 1999. Production of doubled haploid plants through colchicine treatment of anther-drived haploid calli in Asiatic hybrid lilly, Journal of Japanese Society of Horticultural Sciencs, 68: 979-983.

12- Hanzelka P. and Kobza F. 2001. Genome induced mutation in *Challistephus chinensis Nees*. Effect of colchicines application on the early plant development, Zahradnictvi Horticultural Science, 28: 15-20.

13- Hasani M.A., Mirzaei M. and Omid Baigi R. 2010. An investigation of the effect of autotetraploidy on essential oil content and some of quntitative and qualitative characteristics of basil medicinal plant (*Ocimum basilicum* L.), Iranian Journal of Horticultural Science, 41 (2): 111-118. (In Persian with English abstract).

14- Hidvegi M., El-Kady A., Lasztity R., Bekes F. and Simon-Sarkadi L 1984. Contribution to the nutritional characterization of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L. 1753), Acta Alimentaria., 13(4): 315-324.

15- Hoseini H., Chehrazi M., Nabatiahmadi D. and Mahmodisarvestani M. 2012. Induction polyploidy in *Vinca* plants and changes in phenotypic properties. First National Conference Playbooks Achieving Sustainable Development, 5pp (In Persian).
16- Jesus L.D. 2003. Effect of artificial polyploidy in transformed roots of *Artemisia annua* L. Plant Cell Reports, 21: 809-813.
17- Kaykhaii M. and Saffari F. 2008. Application of polypyrrole coated stainless-steel wire to the determination of aliphatic amines using headspace solid-phase microextraction, Journal of Sciences, 2: 111-117.
18- Kitson F.G., Larsen B.S. and McEwen C.N. 1996. The fundamentals of GC/MS. p 3-35 In: Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide. F.G. Kitson et al. (ed.) Academic Press. San Diego, CA.
19- Lavania U.C. and Srivastava S. 1991. Enhanced productivity of tropane alkaloids and fertility in artificial autotetraploids of *Hyoscyamus niger* L., Euphytica, 52: 73-77.
20- Lavania U.C. 1998. Enhanced productivity of the essential oil in the artificial autotertraploid of Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash). Euphytica, 38: 271- 276.
21- Lavania U.C. 2005. Genomic and ploidy manipulation for enhanced production of phyto-pharmaceuticals, Plant Genetic Resources, 3(2): 170–177.
22- Madon M., Clyde M.M., Hashim H., Mohdyusuf Y., Mat H. and Saratha S. 2005. Polyploidy induction of oil palm through Colchicine and oryzalin treatments, Journal of Oil Palm Research, 17:110-123.
23- Malekzade Shafarodi S., Ghani A. and Habibi M. 2010. The study of induction of polyploidy in basil (*Ocimum basilicum*) plant, Journal of Horticulture, 25: 469-461. (In Persian).
24- Marzougui N., Boubaya A., Elfalleh W., Ferchichi A. and Beji M. 2009. Induction of polyploidy in *Trigonella foenum-graecum* L.: Morphological and chemical comparison between diploids and induced autotetraploids, Acta Botanica Gallica, 156: 379-389.
25- Marzougui N., Guasmi F., Elfalleh W., Boubaya A., Touil L., Ferchichi A., Lachieheb B. and Beji M. 2010. Physiological performa nce of induced autotetraploid genotype of *Trigonella foenum-graecum* L. compared with diploid genotypes, Acta Botanica Gallica, 157: 117-126.
26- Mathura S., Fossey A. and Beck S. 2006. Comperative study of chlorophyll content in diploid and tetraploid black wattle (*Acacia mearnsii*). Journal of Forestry, 79: 381- 388.
27- Massumi M., Fazeli M., Alavi S. and Ajani Y. 2007. Chemical constituents and antibacterial activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. Fruits, Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences, 3(3): 171-6.
28- Mehrafarin A., Rezazadeh S.h., Naghdi Badi H., Zand E. and Noormohammadi G.h. 2011. A Review on biology, cultivation and biotechnology of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a valuable medicinal plant and multipurpose, Journal of Medicinal Plants, 1(37): 6-24.
29- Mensha J.K., Obadoni B.O., Akomeah P.A., Ikhajiagbe B. and Ajibolu J. 2007. The effects of sodium azide and colchicine treatments on morphological and yield traits of sesame seed (*Sesame indicum* L.), African Journal of Biotechnology, 6: 534-538.
30- Moradi P., Kashi A., Hasandokht M.R., Khosroshahi M. and Khalighi A. 2008. Study of genetic diversity of indigenous Iranian fenugreek masses based on cytological traits, Plant and Ecosystem,, 21: 33-46.(in Persian).
31- Nezhadali A., Akbarpour M., Zarrabi Shirvanb B. and Mousavic M. 2010. Comparison of volatile organic compounds of *Thymus vulgaris* using hydrodistillation and headspace solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometry, Journal of the Chinese Chemical Society, 57:40-43.
32- Razavi S.M., Zahri S., Zarrini G., Nazemiyeh H. and Mohammadi S. 2009. Biological activity of quercetin-3-O-glucoside, a known plant flavonoid. Russian Journal of Bioorganic Chemistry, 35(3): 376-8.
33- Riasat M., Karaptyan Zh. and Nasirzadeh A. 2003. Study of karyotype of some species of the genus *Trigonella* Fars Province. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 11:127-145 (in Persian with English abstract).
34- Rubuluza T., Nikolova R.V., Smith M.T. and Hannweg K. 2007. In vitro induction of tetraploids in *Colophospermum mopane* by colchicines. South African Journal of Botany, 73: 259–261.
35- Quan K., Guolu L., Qigao G. and Xiaolin L. 2004. Polyploid induction of *Arctium lappa* by colchicine, Plant Physiol Communi, 40:157-158.
36- Saeedi K.A. and Omidbaigi R. 2009. Evaluation of content and composition of fatty acids, totalphenolic content of *Kelussia odoratissima* Mozaff. Seed, Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25 (1): 113- 9.
37- Saharkhiz M.J. 2005. The effects of some environmental factors and ploidy level on morphological and physiological characteristics of feverfew (*Tanacetum parthenium* L.) medicinal ornamental plant. Ph.D. Thesis, Tarbiat Modares University, pp 173. (In Persian with English abstract).
38- Sari N., Abak, K. and Pitrat, M.1999. Comparison of ploidy level screening methods in watermelon, Science Swedish University of Agricultural Sciences, 41: 361–390.
39- Singleton VL. and Rossi I.A. 1995. Colorimetry of total phenolics with phosphor-molybdic phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16:144-58.
40- Takamura T., and Miyajima I. 1996. Colchecine induced tetraploids in yellow-flowered cyclamens and their

characteristics, Scientia Horticulturae, 65:305-312.

41- Thao N.T.P., Ureshino K., Miyajima I., Ozaki Y. and Okubo H. 2003. Induction of tetraploids *inornamental Alocasia* through colchicine and oryzalin treatments, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 72: 19-25.

42- Wu H.Z., Zheng S., He Y., Yan G., Bi Y. and Zhu Y. 2007. Diploid female gametes induced by colchicine in oriental lilies. Scientia Horticulturae, 114: 50-53.

43- Yavari S. 2007. The study of the effect of colchicine on morphological, physiological, and active ingredients of (*Melissa officinalis* L.) medicinal plant. MSc. Thesis, Department of Horticulture. University of Tarbiat Modarres, Tehran. 140 pages. (In Persian with English abstract).

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 127-139
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۳۹-۱۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Colchicine on Polyploidy Induction and Its Effects on Morphophysiological and Biochemical Properties of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*)

A.H. Keshtkar[1]*- N. Fallahi[2]- M.R. Abdollahi[3]- H. Sarikhani[4]- H. Safari[5]- J. Mohseni Araghi[6]

Received: 18-04-2018
Accepted: 27-01-2019

Introduction: Polyploidy plays an important role in creation of genetic variability. Polyploidy induction by mutagenic chemicals such as colchicine is considered to enhance the potential of secondary metabolites production in herbs breeding. Colchicine is the most effective chemicals used in the polyploidy induction studies. The effect of colchicine is to form cells with two or multiply number of chromosomes resulting in a lack of germination and death of a large number of plant samples. Flow cytometry analysis and cytogenetic studies were effectively used to assess the ploidy levels for fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) plants. In the beginning of 90 decade, a new type of adsorption technique called solid-phase micro extraction (SPME) has been developed by Pawliszyn and co-workers. This method compared to the traditional techniques, offers many advantages such as the high sensitivity and reproducibility, does not require solvent, and combines extraction and pre-concentration in a single step without pre-treatment of samples. Moreover, it is a fast and inexpensive method, requires low sample volume and it can be easily automated. Solid-phase micro extraction (SPME) uses a fine rod (fused silica or metal) with a polymeric coating to extract organic compounds from their matrix and it directly transfer them into the gas chromatograph injector for thermal desorption and analysis (Kaykhaii, 2008). The aim of this study was to investigate the effect of colchicine treatment on ploidy levels and compare some of the morphological, physiological, cytogenetical, flow cytometric analysis and biochemical characteristics in diploid and tetraploid fenugreek plants.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of polyploidy induction by colchicine on *Trigonella foenum-graecum* medicinal species, an experiment was planned as a factorial completely randomized design with five concentrations of colchicine (0, 0.05, 0.1, 0.2, and 0.5%) for 12, 24, 48 and 72 hours. In this experiment the effect of colchicine was examined on the percentage of survival and tetraploidy of seed, root and terminal bud samples. Level of ploidy was identified in survival explants through root tip chromosome counting and flow cytometry of leaf samples. In addition to distinguish tetraploid from the diploids plants, morphological, physiological and biochemical characteristics were considered in treated plants. SAS and SPSS software programs were used to analysis of variance and comparison of means by Duncan's multiple test. Graphs were also drawn by EXCEL software.

Results and Discussion: The analysis of variance showed that all characteristic factors for survival percent and mixoploidy percentage were statistically significant. Survival percentage was decreased with increasing of colchicine concentration and increased exposure time of colchicine-treated seed. After the observation of morphological changes, the samples were considered to assess the ploidy levels by flow cytometry system. Results showed that 0.5% colchicine concentration had the highest survival rate after control treatment for the terminal bud. The highest percentage of mixoploidy was also observed in treated terminal buds with 0.1 and 0.2% of colchicine concentrations. Morphological, physiological, cytogenetic, flow cytometric analysis and biochemical studies confirmed that terminal bud treatment with 0.2% colchicine for 72 hours is the most effective treatment to induce tetraploidy in fenugreek plant. The results of GC/MS also indicated an increase in secondary metabolites content, but traits including growth rate and plant height of tetraploid reduced compared to the diploid plants. Result of this study showed a significant increase in chlorophyll a, b and total chlorophyll contents of tetraploid plants, which were higher than the levels of diploid plants.

Conclusion: Polyploidy induction using mutagenic chemicals is one of the methods to enhance the

1, 2, 3 and 6- Assistant Professor, Former MSc student, Associate Professor and Former MSc student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan-Iran
(*-Corresponding Author E-mail: akesht@gmail.com)
4- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan-Iran
5- Faculty Member, Research Division of Natural Resources, Kermanshah Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Kermanshah, Iran

production of plant secondary metabolites. Colchicine is the most effective mutagenic chemical in inducing plant polyploidy. Although, flow cytometry is an expensive method, it is increasingly used for ploidy screening by analyzing of nuclear DNA content. In this study, both flow cytometry and chromosome microscopic examinations were used to test ploidy. The two methods were compared, and it was found that flow cytometry testing was fast and labor saving, especially in case of a large number of samples. Tetraploidy induction significantly affected different morphological, physiological, and biochemical characteristics of Trigonella *foenum-graecum*. These changes suggested that ploidy manipulation as a rapid and effective method for enhancing genetic diversity and metabolite production for this plant. SMPE method offers a number of practical advantages: smaller sample volume, simplicity of extraction and low cost, when compared to the other methods that are currently being used.

Keywords: Flow cytometry, GC/MS**,** Mixoploidy, Tetraploidy

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۵۴-۱۴۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 141-154
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های محلی انبه (*Mangifera indica* L.) استان هرمزگان با استفاده از صفات ریخت‌شناسی و نشانگر ISSR

عبدالنبی باقری[1*]- حامد حسن‌زاده خانکهدانی[2]- وجیهه قنبری[3]- مجید عسکری سیاهویی[4]- سید سعید مدرس نجف‌آبادی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴

چکیده

بررسی تنوع ژنتیکی انبه موجب افزایش شناخت نسبت به این گیاه شده و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مرغوب‌تر جهت توسعه کشت و کار آن فراهم می‌نماید. در این پژوهش، تنوع ژنتیکی و ریخت‌شناسی ۳۹ ژنوتیپ انبه جمع‌آوری‌شده از شهرستان‌های میناب و رودان (استان هرمزگان) با استفاده از نشانگرهای ISSR و صفات ریخت‌شناسی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر مبنای داده‌های ریخت‌شناسی، ژنوتیپ‌ها به هشت گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند. دامنه تشابه به‌دست‌آمده برای داده‌های ریخت‌شناسی از ۰/۱۲ تا ۰/۸۳ متفاوت بود. حداقل میزان تشابه بین ژنوتیپ‌های آل‌مهتری و چارک دیده شد و حداکثر تشابه بین مشک، آناناسی گلشوار، نغال و هلیلی گلشوار بود. متوسط میزان تشابه به‌دست آمده نیز ۰/۵۴ بود. نتایج تجزیه ۲۱ ویژگی ریخت‌شناسی در ژنوتیپ‌های انبه مورد مطالعه نشان داد که این ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات (به‌جز تراکم گل و شکل گل‌آذین) دارای اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج نشانگرهای ISSR نشان داد که آغازگرهای استفاده شده در این پژوهش، در مجموع ۱۴۵ نوار قابل امتیازدهی تولید کردند. حداکثر و حداقل تعداد نوار چندشکل به‌ترتیب در آغازگرهای MI808 (۲۰ نوار) و MI827 (۶ نوار) مشاهده شد. میانگین محتوای اطلاعات چندشکلی برابر ۰/۴۵۰ بود. دامنه تشابه به‌دست آمده برای داده‌های مولکولی در ماتریس تشابه محاسبه شده از ۰/۳۱ تا ۰/۹۰ متفاوت بود که در آن، حداقل میزان تشابه بین ژنوتیپ‌های مجلسی و چارک و حداکثر تشابه بین گیلاسی و کلانفر بازیاری دیده شد. تنوع بالای مشاهده شده بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش، علاوه بر وجود تفاوت‌های ذاتی آن‌ها، می‌تواند ناشی از تکثیر بذری این ژنوتیپ‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: انگشت‌نگاری، نشانگر مورفولوژیک، نشانگر مولکولی، PIC

مقدمه

انبه (*Mangifera indica* L.) یک گونه مهم از خانواده Anacardiaceae و یک محصول مهم تجاری در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری دنیا است (۳۵). رسیدن تولید جهانی انبه به نزدیک ۴۶/۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۶ آن را به یکی از پنج محصول باغی مهم جهانی (بعد از موز، پرتقال، انگور و سیب) تبدیل کرده است (۸).

جنس انبه دارای ۶۲ گونه است که عمده ارقام خوراکی آن به گونه *M. indica* تعلق دارند. انبه شامل دو نژاد، یکی هندی و دیگری فیلیپینی است. نوع هندی دارای جوانه‌های قرمز روشن و نوع فیلیپینی دارای جوانه‌های سبز کم‌رنگ یا قرمز است (۵).

بررسی تنوع ژنتیکی انبه، موجب افزایش شناخت نسبت به این گیاه شده و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مرغوب‌تر را برای توسعه کشت و کار آن و فعالیت‌های تحقیقاتی بعدی فراهم می‌نماید. سطح بالای تنوع مشاهده‌شده در ژنوتیپ‌های بومی در ایران می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی برای تولید ارقام بهتر و استفاده از این ارقام به‌عنوان والد بخشنده برای انتقال صفات مطلوب به ارقام پرمحصول مورد استفاده قرار گیرد. تولید و توسعه کشت انبه به دلیل کمبود ارقام مرغوب (بیشتر به دلیل موانع موجود بر سر راه به‌نژادی معمولی)، با محدودیت‌هایی مواجه شده است. از جمله مشکلات موجود در به‌نژادی معمولی انبه می‌توان به چندرویانی حاصل از رویان‌زایی بافت خورشی، درصد تشکیل بذر و میوه کم، هتروزیگوسیتی، ریزش زیاد میوه، پیچیده‌بودن طبیعت گل‌ها، نیاز به باغ با مساحت زیاد برای

۱، ۴ و ۵- به ترتیب استادیاران بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
۲- محقق بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت
(*- نویسنده مسئول: (Email: nabibagheri53@gmail.com
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.72766

ارزیابی دورگه‌ها و دوره طولانی نونهالی اشاره کرد (۲۹).

اهداف به‌نژادی انبه شامل بهبود اندازه و شکل میوه، افزایش کیفیت انباری، مقاومت به بیماری‌های قارچی آنتراکنوز و سفیدک پودری (۲۹) و بالابردن میزان ماندگاری (۲۱)، مقاومت به خشکی، رسیدن به تاج متراکم درخت، پاکوتاهی و حل مشکل باردهی نامنظم آن می‌باشد. مشکلاتی که برای افزایش تولید و گسترش سطح زیر کشت انبه در منطقه وجود دارد، بیشتر مربوط به مقاومت درختان به تنش‌های زیستی مانند آفات و بیماری‌ها و غیرزیستی مانند شوری آب و خاک و خشکی می‌باشد. شناسایی ارقام مناسب برای تهیه پایه و پیوندک و ارقام مقاوم به انواع بیماری‌ها و ارقامی با تولید محصول زیاد (با توجه به سال‌آوری انبه) می‌تواند با شناخت بهتر پتانسیل ژرم‌پلاسم‌های موجود انجام گیرد (۵). استفاده از نشانگرهای مولکولی یکی از ابزارهای بسیار مهم و قوی در این زمینه می‌باشد که در ارزیابی روابط خویشاوندی و بررسی شباهت‌ها یا تفاوت‌ها بین نمونه‌های مختلف کاربرد دارد. هم‌چنین استفاده از این نشانگرها در مدیریت ژرم‌پلاسم و گزینش براساس نشانگر، برای افزایش کارایی اصلاح و تکثیر ژرم‌پلاسم مفید می‌باشد. به‌علاوه، یکی از پایه‌های اساسی اصلاح نباتات دسترسی و آگاهی از میزان تنوع در مراحل مختلف پروژه‌های اصلاحی است که نشانگرهای مولکولی توانایی برآورد مناسبی از فواصل ژنتیکی بین واریته‌های مختلف را دارا می‌باشند. در بین انواع نشانگرهای مولکولی موجود، نشانگرهای ISSR به‌طور خاصی مورد توجه قرار گرفته و کاربردی شده‌اند (۲۸).

کاربرد نشانگرهای ISSR باتوجه به ماهیت آن که نیازی به شناخت ساختار ژنتیکی گیاهان مورد مطالعه نیست، به‌صرفه بوده و از این نظر بر نشانگر SSR ارجحیت دارد. تاکنون نشانگرهای مختلفی برای بررسی تنوع ژنتیکی ارقام انبه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به بکارگیری نشانگرهای RAPD برای بررسی تحمل در ژنوتیپ‌های جهش‌یافته حاصل از کشت تک‌رویانی انبه‌های هیندی و کارابائو به سمیت قارچ (*Colletotrichum gloesporoides*) (۱۶)، تنوع ژنتیکی در ۵۰ ژنوتیپ تجاری انبه با استفاده از نشانگرهای RAPD (۱) و بررسی تنوع ژنتیکی انبه با استفاده از نشانگرهای ISSR (۱۱) اشاره کرد. در یک پژوهش تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های انبه در منطقه جیر در گجرات هندوستان با استفاده از ۲۱ نشانگر ISSR بررسی و تنوع بالایی مشاهده شد (۳۸).

در دو دهه گذشته در جنوب ایران، روند تولید درختان پیوندی انبه با کشت بذور و پیوند ارقام مناسب (چه ثبت‌شده نظیر سندری و لانگرا و چه ثبت‌نشده) روی آن‌ها سرعت بیشتری گرفته است. لذا بررسی تنوع ژرم پلاسم‌های انبه موجود در این مناطق می‌تواند نقشه راه مناسبی در شناسایی و تفکیک این ژنوتیپ‌ها باشد. در پژوهش حاضر ژنوتیپ‌های بومی مناطق میناب و رودان (استان هرمزگان) که عمدتاً از طریق بذر به‌وجود آمده‌اند و به‌مرور زمان براساس کیفیت و ذائقه‌پسندی تکثیر رویشی یافته‌اند، جمع‌آوری و تنوع آن‌ها توسط صفات ریخت‌شناسی و نشانگرهای مولکولی بررسی شد. این ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف، نام‌گذاری‌های خاصی داشته و این احتمال وجود دارد که دو نام متفاوت از نظر ژنتیکی، یک ژنوتیپ بوده و یا حتی دو نام یکسان تفاوت‌های فاحشی داشته باشند.

هدف این پژوهش، بررسی تنوع ژنتیکی و ریخت‌شناسی ۳۹ ژنوتیپ انبه جمع‌آوری‌شده از مناطق مختلف استان هرمزگان با استفاده از نشانگرهای ISSR و صفات ریخت‌شناسی بود. به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر خصوصیات رشدی و تحمل به تنش‌های محیطی از جمله شوری در درجات مختلفی از مقاومت قرار داشته و احتمالاً گروه‌بندی ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها بتواند گروه‌هایی ایجاد کند که تا حدودی از نظر مقاومت یا تحمل به تنش‌ها، شباهت‌هایی باهم داشته باشند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری ژنوتیپ‌های گیاهی برای استخراج DNA

نمونه‌ها از سرشاخه‌های جوان ۳۹ ژنوتیپ بالغ انبه بدون علائم ظاهری ناشی از عوامل بیماری‌زا و فیزیولوژیک از مناطق مختلف استان هرمزگان شامل میناب (حکمی، راونگ و هشت‌بندی)، رودان (کمیز) و ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب جمع‌آوری (جدول ۱) و به آزمایشگاه مولکولی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان منتقل شدند و تا زمان استخراج DNA در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نام‌گذاری ژنوتیپ‌ها در پژوهش حاضر براساس نام محلی که در مناطق مذکور به‌کار می‌رود، صورت گرفته است.

بررسی‌های ریخت‌شناسی

ارزیابی صفات و ویژگی‌های ریخت‌شناسی مورد نظر براساس توصیف‌نامه موجود برای انبه (۱۵) انجام شد. در این رابطه عادات رشدی درخت و خصوصیات برگ، میوه (در زمان رسیدن میوه) و گل‌آذین ارزیابی شد (جدول ۲).

بررسی‌های ژنتیکی

برای استخراج DNA از روش تغییریافته CTAB (۶) استفاده شد. کیفیت و کمیت DNA استخراج‌شده به‌ترتیب با استفاده از الکتروفورز روی ژل آگارز ۱ درصد و استفاده از دستگاه نانودراپ ساخت شرکت اپندروف آلمان تعیین شد. واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با استفاده از دستگاه ترموسایکلر ساخت شرکت Bio Rad آلمان انجام شد. برای انجام واکنش‌های PCR در حجم ۱۰ میکرولیتری، ۳ میکرولیتر DNA الگو با غلظت ۵۰ نانوگرم، ۰/۷ میکرولیتر آغازگر با

غلظت ۱۰ میکرومول، ۵ میکرولیتر مسترمیکس آمپلیکون شرکت سیناژن و ۱/۳ میکرولیتر آب مقطر استریل استفاده شد. شرایط تکثیر اولیه نیز به ترتیب زیر تنظیم شد:

جدول ۱- نام، کد و محل جمع‌آوری ژنوتیپ‌های انبه مورد مطالعه

Table 1- Name, code and collecting location of the studied mango genotypes

کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	نام اختصاری Abbreviation name	محل جمع‌آوری Collecting location	کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	نام اختصاری Abbreviation name	محل جمع‌آوری Collecting location
1	مشک	Moshk	میناب، احمدآباد	21	کد ۲۱	21	میناب، چلوگاومیشی
2	چارک	Charak	میناب، احمدآباد	22	شاهانی	Shahani	رودان، کمیز
3	نغال	Noghal	میناب، احمدآباد	23	سیب	Sib	میناب، چلوگاومیشی
4	هلیلی رودان	HalR	رودان، کمیز	24	هویج	Havij	میناب، چلوگاومیشی
5	هلیلی دهوسطی	HalMD	میناب، دهوسطی	25	خیار گلشوار	KhiarMG	میناب، گلشوار
6	هلیلی گلشوار	HalMG	میناب، گلشوار	26	خیار دهوسطی	KhiarMD	میناب، دهوسطی
7	آناناسی گلشوار	AnaMG	میناب، گلشوار	27	کلانفر گلشوار	KalanMG	میناب، گلشوار
8	آناناسی چلوگاومیشی	AnaMCh	میناب، چلوگاومیشی	28	کلانفر بازیاری	KalanMB	میناب، بازیاری
9	شوزانبه گلشوار	ShozMG	میناب، گلشوار	29	گیلاسی	Gilasi	میناب، احمدآباد
10	شوزانبه دهوسطی	ShozMD	میناب، دهوسطی	30	محلی	Mahali	هشت‌بندی
11	میخک میناب	MikhM	میناب، چلوگاومیشی	31	هندی	Hendi	هشت‌بندی
12	میخک رودان	MikhR	رودان، کمیز	32	خارجی	Khareji	هشت‌بندی
13	کد ۱۳	13	میناب، چلوگاومیشی	33	سندری	Sendry	میناب، ایستگاه تحقیقات کشاورزی
14	کد ۱۴	14	میناب، چلوگاومیشی	34	لانگرا	Langra	میناب، ایستگاه تحقیقات کشاورزی
15	کد ۱۵	15	میناب، چلوگاومیشی	35	دودو	Dodo	میناب، ایستگاه تحقیقات کشاورزی
16	کد ۱۶	16	میناب، چلوگاومیشی	36	انبه ۶ رودان	Mango6	رودان، کمیز
17	کد ۱۷	17	میناب، چلوگاومیشی	37	انبه ۳ رودان	Mango3	رودان، کمیز
18	کد ۱۸	18	میناب، چلوگاومیشی	38	کلانفر راونگ	KalanMRa	میناب، راونگ
19	کد ۱۹	19	میناب، چلوگاومیشی	39	مجلسی	Majlesi	میناب، احمدآباد
20	آل‌مهتری	Almeh	میناب، دهوسطی				

منطقه Location	عرض جغرافیایی (شمالی) Latitude (N)	طول جغرافیایی (شرقی) Longitude (E)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
میناب، احمدآباد Minab, Ahmadabad	27° 10′ 34″	57° 03′ 44″	36
میناب، دهوسطی Minab, Dehosta	27° 09′ 36″	57° 01′ 47″	32
میناب، گلشوار Minab, Goleshvar	27° 08′ 51″	57° 02′ 20″	31
میناب، چلوگاومیشی Minab, Chelowgavmishi	27° 08′ 15″	56° 59′ 10″	18
میناب، بازیاری Minab, Baziari	27° 10′ 20″	57° 02′ 20″	30
میناب، راونگ Minab, Ravang	27° 03′ 57″	57° 11′ 44″	61
هشت‌بندی Hashtbandi	27° 10′ 00″	57° 27′ 20″	251
رودان، کمیز Rudan, Komiz	27° 23′ 10″	57° 13′ 27″	171
میناب، ایستگاه تحقیقات کشاورزی Minab, Agricultural Research Station	27° 06′ 39″	57° 05′ 36″	27

جدول ۲- لیست صفات ریخت‌شناسی و نحوه توصیف برخی از آن‌ها در ژنوتیپ‌های انبه استان هرمزگان

Table 2- List of morphological attributes and their describe in mango genotypes of Hormozgan province

ردیف Row	صفات بررسی شده The studies attributes	توصیف صفت Attribute describe
1	عادت رشدی درخت	افراشته ،(۱)* نیمه‌افراشته (۲)، گسترده (۳)
	Tree growth habit	Erect (1)*, Semi-erect (2), Spreading (3)
2	ارتفاع درخت	پابلند (۱)، متوسط (۲)، پاکوتاه (۳)
	Tree height	Long-legged (1), Moderate (2), Dwarf (3)
3	شکل برگ	کشیده- نیزه‌ای (۱)، نیزه‌ای (۲)، بیضوی- کشیده (۳)
	Leaf shape	Elongate-Spear shaped (1), Spear shaped (2), Oval-Elongate (3)
4, 5	طول و عرض برگ بالغ	اندازه‌گیری
	Mature leaf length and width	Measurement
6	نوک برگ	نوک تیز (۱)، گرد (۲)
	Leaf tip	Sharp (1), Round (2)
7	حاشیه برگ	صاف (۱)، موجدار (۲)
	Leaf margin	Smooth (1), Wavy (2)
8	موقعیت گل‌آذین	انتهایی (۱)، جانبی (۲)، هم انتهایی و هم جانبی (۳)
	Inflorescence status	Apical (1), Lateral (2), Apical and lateral (3)
9	شکل گل‌آذین	مخروطی (۱)، هرمی (۲)، هرمی گسترده (۳)
	Inflorescence shape	Conic (1), Pyramid (2), Wide pyramid (3)
10	تراکم گل‌ها در گل‌آذین	کم پشت (۱)، پرپشت (۲)
	Flower density in inflorescence	Thin (1), Dense (2)
11	طول گل‌آذین	اندازه‌گیری
	Inflorescence length	Measurement
12	رنگ گل‌آذین	سبز روشن (۱)، سبز با لکه‌های قرمز (۲)، قرمز روشن (۳)، قرمز تیره (۴)، کرم (۵)
	Inflorescence color	Light green (1), Green with red spots (2), Bright red (3), Dark red (4), Cream (5)
13	شکل میوه	کشیده (۱)، بیضوی (۲)، نسبتاً گرد (۳)
	Fruit shape	Elongate (1), Oval (2), Fairly round (3)
14	رنگ پوست میوه بالغ	قرمز (۱)، زرد (۲)، سبز-زرد (۳)، سبز (۴)، غیره (۵)
	Mature fruit peel color	Red (1), Yellow (2), Green-yellow (3), Green (4), etc (5).
15	دوره بلوغ میوه	زودرس (۱)، میان‌رس (۲)، دیررس (۳)
	fruit maturity period	Early ripening (1), Mid ripening (2), Late ripening (3)
16	نوک میوه	ندارد (۰)، دارد (۱)
	Fruit tip	Not has (0), has (1)
17	نوع نوک میوه	ندارد (۰)، نقطه‌ای (۱)، برجسته (۲)، پستانکی شکل (۳)
	Fruit tip type	Not has (0), Point wise (1), Tipped (2), Panty-shaped (3)
18	سینوس	ندارد (۰)، دارد (۱)
	Sinus	Not has (0), has (1)
19	نوع سینوس	ندارد (۰)، کم عمق (۱)، عمیق (۲)
	Sinus type	Not has (0), Shallow (1), Deep (2)
20	شیب شانه‌ها	دارای شیب تند (۱)، انتها با یک قوس کامل (۲)، شانه‌ها بالا آمده و سپس گرد شده (۳)
	The shoulder slope	Having steep slope (1), End with a complete arc (2), The shoulders are raised and then rounded (3)
21	قطر گل	اندازه‌گیری
	Flower diameter	Measurement

*کدگذاری برای امتیازدهی Codification for scoring

در ابتدا واسرشته‌سازی اولیه در ۹۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ دقیقه، ۴۰ چرخه شامل واسرشته‌سازی در ۹۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ دقیقه، اتصال آغازگرها در ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱ دقیقه و توسعه در ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ دقیقه و در نهایت ۷ دقیقه توسعه نهایی در ۷۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

مشخصات نشانگرهای ISSR به‌کار رفته در واکنش PCR در

جدول ۴ نشان داده شده است. محصول PCR با استفاده از ژل آگارز ۱ درصد در دستگاه الکتروفورز (مدل ESP-600Z ساخت شرکت پایا پژوهش پارس ساخت ایران) با بافر TBE تفکیک شد. برای رنگ‌آمیزی DNA از Fluoro Dye و از مارکر ۱۰۰bp به عنوان سایزمارکر (تهیه‌شده از شرکت پیشگام) استفاده شد. برای بارگذاری نمونه‌ها، مقدار ۵ میکرولیتر از هر محصول PCR با ۲ میکرولیتر رنگ کاملاً مخلوط و سپس در چاهک‌های ژل بارگذاری شد. بعد از بارگذاری تمام نمونه‌ها، ژل به مدت ۱/۵ ساعت با ولتاژ ۱۰۰ و آمپر ۸۰ الکتروفورز شد. عکس‌برداری از باندهای تفکیک‌شده با استفاده از دستگاه ژل‌داک ساخت شرکت Uvitec (انگلیس) انجام شد. امتیازدهی باندهای تفکیک‌شده براساس وجود و یا عدم وجود باندها به ترتیب با ۱ و صفر انجام شد. برای تجزیه از نرم‌افزار NTSYS 2.02 استفاده شد. دندروگرام با استفاده از الگوریتم جفت گروه بدون وزن با میانگین حسابی (UPGMA[1]) و براساس ضریب تشابه جاکارد رسم شد. محتوای اطلاعات چندشکلی (PIC) هر یک از آغازگرهای ISSR با استفاده از رابطه PIC=2fi(1-fi) محاسبه شد (۳۳) که در آن fi، فراوانی تعداد باندهای تکثیرشده و 1-fi، فراوانی باندهای نول می‌باشد.

تجزیه داده‌های ریخت‌شناسی

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از اندازه‌گیری کمی صفات ریخت‌شناسی، داده‌ها در نرم‌افزار SAS 9.1 در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۵ تکرار تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. همچنین داده‌های ریخت‌شناسی براساس حالت تظاهر و امتیازبندی موجود در توصیف‌نامه، به صفر و یک تبدیل و ماتریس تشابه با استفاده از ضرایب تشابه جاکارد تشکیل و همانند داده‌های مولکولی، روابط تباری بین ژنوتیپ‌های انبه با استفاده از نرم افزار NTSYS 2.02 در قالب دندروگرام ترسیم شد.

نتایج

صفات ریخت‌شناسی

با استفاده از دندروگرام حاصل از داده‌های ریخت‌شناسی، ژنوتیپ‌ها به هشت گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند (شکل ۱). این هشت گروه عبارت بودند از: **گروه اول:** مشک، آناناسی گلشوار، نغال، هلیلی گلشوار، شوزانبه گلشوار، آناناسی چلوگاومیشی، میخک رودان، هندی، کلانفر گلشوار، هلیلی رودان، مجلسی، کد ۲۱، انبه ۳ رودان، کلانفر بازیاری، انبه ۶ رودان و چارک. **گروه دوم:** میخک میناب و محلی. **گروه سوم:** هلیلی دهوسطی، شوزانبه دهوسطی، خیار دهوسطی، کد ۱۴ و کد ۱۹. **گروه چهارم:** شاهانی، کلانفر راونگ، سیب، هویج و رقم دودو. **گروه پنجم:** گیلاسی و رقم لانگرا. **گروه ششم:** آلمهتری. **گروه هفتم:** کد ۱۳، کد ۱۸، کد ۱۶، کد ۱۵، خارجی، کد ۱۷ و خیار گلشوار و **گروه هشتم:** رقم سندری.

دامنه تشابه به‌دست آمده از تجزیه ماتریس تشابه داده‌های ریخت‌شناسی از ۰/۱۲ تا ۰/۸۳ متفاوت بود. حداقل میزان تشابه بین ژنوتیپ‌های آلمهتری و چارک دیده شد و حداکثر تشابه بین مشک، آناناسی گلشوار، نغال و هلیلی گلشوار بود. متوسط میزان تشابه به‌دست آمده نیز ۰/۵۴ بود. ضریب تشابه بین نغال و مشک ۰/۷۰، هلیلی گلشوار و مشک ۰/۷۶، هلیلی و نغال ۰/۷۶، آناناسی گلشوار و نغال ۰/۸۳، آناناسی گلشوار و مشک ۰/۸۳ و بین آناناسی گلشوار و هلیلی گلشوار ۰/۷۶ به‌دست آمد.

مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس براساس داده‌های ریخت‌شناسی

نتایج تجزیه ۲۱ ویژگی ریخت‌شناسی مورد نظر در ژنوتیپ‌های انبه مورد مطالعه، نشان داد که این ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات (به‌جز تراکم گل، شکل گل‌آذین، سینوس میوه و نوع سینوس) دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۳).

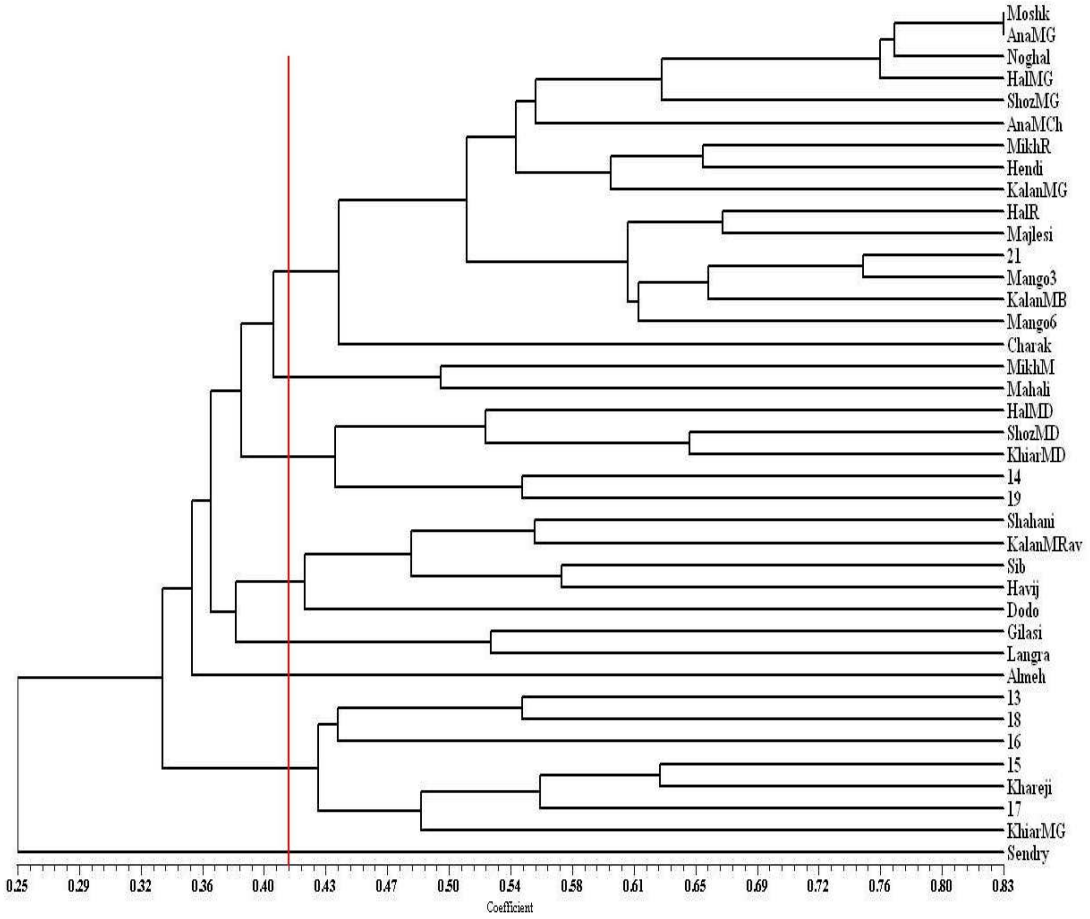
نشانگرهای ISSR

آغازگرهای استفاده‌شده در این مطالعه در مجموع ۱۴۵ نوار قابل امتیازدهی تولید کردند. حداکثر تعداد نوار چندشکل در آغازگر MI808 با ۲۰ نوار و حداقل تعداد نوار چندشکل در آغازگر MI827 با ۶ نوار مشاهده شد. متوسط تعداد نوار به ازای هر آغازگر برابر ۱۱/۲ بود. میزان چندشکلی برای آغازگر MI837، ۹۴ درصد؛ برای آغازگرهای MI811 و MI868، ۹۰ درصد: برای آغازگر MI864، ۸۹ درصد؛ برای آغازگر MI827، ۸۶ درصد و برای دیگر آغازگرها، ۱۰۰ درصد بود. درصد چندشکلی کل نیز برابر ۹۶/۱ درصد محاسبه شد. الگوی باندهای تکثیرشده در دو آغازگر MI868 و MI846 در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. حداقل مقدار محتوای اطلاعات چندشکلی در آغازگرهای MI868 و MI837 (به‌ترتیب ۰/۳۵۵ و ۰/۳۵۸) و حداکثر آن در آغازگرهای MI846[b] و MI826 (به‌میزان ۰/۴۹۹) بود. میانگین محتوای اطلاعات چندشکلی برای تمام نوارهای تکثیری توسط تمام آغازگرها (PIC کل) برابر ۰/۴۵۰ بود (جدول ۴). براساس دندروگرام حاصله (شکل ۴)، ۳۹ ژنوتیپ انبه در هفت کلاستر دسته‌بندی شدند:

کلاستر اول: مشک، آناناسی گلشوار، نغال، هلیلی گلشوار، شوزانبه گلشوار، آناناسی چلو گاومیشی، میخک رودان، میخک میناب، هلیلی رودان، چارک، هلیلی دهوسطی و شوزانبه دهوسطی. **کلاستر**

[1]Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean

دوم: کد ۱۳. **کلاستر سوم:** کد ۱۴، کد ۱۵، کد ۱۷ و کد ۱۹. **کلاستر چهارم:** کد ۲۱. **کلاستر پنجم:** هندی، کلانفر گلشوار، انبه ۳ رودان، کلانفر بازیاری، انبه ۶ رودان، محلی، خیار دهوسطی، شاهانی، کلانفر راونگ، سیب، هویج، رقم دودو، گیلاسی و رقم لانگرا، آل‌مهتری، خارجی، خیار گلشوار و رقم سندری. **کلاستر ششم:** مجلسی. **کلاستر هفتم:** کد ۱۶ و کد ۱۸.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از داده‌های ریخت‌شناسی با استفاده از ضریب تشابه جاکارد و الگوریتم UPGMA

Figure 1- Dendrogram resulted from morphological data using Jaccard's similarity coefficient and UPGMA algorithm

تجزیه به مختصات اصلی (PCA)

براساس نتایج PCA، ارقام هندی، کلانفر گلشوار، مجلسی، انبه ۳ رودان، کلانفر بازیاری، انبه ۶ رودان، محلی، کلانفر راونگ، دودو، گیلاسی، لانگرا و خارجی در کنار هم، ارقام چارک، مشک، نغال، هلیلی رودان، هلیلی دهوسطی، هلیلی گلشوار، آناناسی گلشوار، آناناسی چلو گاومیشی، شوزانبه دهوسطی، شوزانبه گلشوار، میخک رودان و میخک میناب در کنار هم و ارقام آل‌مهتری، شاهانی، سیب، هویج ، خیار گلشوار، خیار دهوسطی و سندری در کنار هم قرار گرفتند. ارقام کد ۱۴، کد ۱۵، کد ۱۶، کد ۱۷، کد ۱۸، کد ۱۹ و کد ۲۱ در مجارت یکدیگر و دور از سایر ارقام قرار گرفتند و کد ۱۳ جدا از سایر ارقام قرار گرفت (شکل ۵).

بحث

به‌طور کلی ارقام انبه به دو گروه کلی تک‌جنین و چندجنین تقسیم می‌شوند. در گروه تک‌جنین‌ها که عمدتاً نیمه‌گرمسیری محسوب شده و در کشورهایی نظیر هند، پاکستان و ایران پرورش می‌یابند، جنین حاصل از بذر، تفرق صفات داشته و طی تکثیر بذری، گیاهی شبیه به اصل تولید نمی‌کند. در مقابل ارقام چندجنین که پراکنش مناسبی در نیمکره جنوبی و مناطق گرمسیری نظیر استرالیا و فیلیپین دارند، دارای جنین‌های نوسلار بوده و علاوه بر تولید یک جنین جنسی، جنین‌های خورشی شبیه به اصل نیز تولید می‌کنند که به عنوان پایه‌های همگروهی، گزینه‌های مناسبی برای تولید پایه یا

پیوندک محسوب می‌شوند (۵ و ۲۲). دامنه وسیع ماتریس تشابه پژوهش حاضر (هم در مورد داده‌های ریخت‌شناسی و هم در خصوص داده‌های مربوط به نشانگرهای ISSR) خود تأییدی بر تفرق صفات ناشی از کشت بذور تک‌جنینی انبه در جنوب کشور می‌باشد. چرا که روند گسترش سطح زیرکشت انبه در ایران (دو استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان) از سال‌ها قبل با تکثیر بذری ژنوتیپ‌های انبه موجود و میوه‌های وارداتی انجام شده است و همان‌گونه که گفته شد با توجه به ماهیت تک‌جنینی انبه‌های موجود و عمده میوه‌های وارداتی، تنوع ناشی از تفرق صفات موجود در باغات این دو استان کاملاً طبیعی و قابل تفسیر می‌باشد. تقریباً همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش به جز رقم دودو تک‌جنین بودند. تاکنون تلاش‌ها برای پی‌بردن به ماهیت تک‌جنین یا چندجنین بودن ارقام انبه از طریق نشانگرهای مولکولی موفقیت‌آمیز نبوده است.

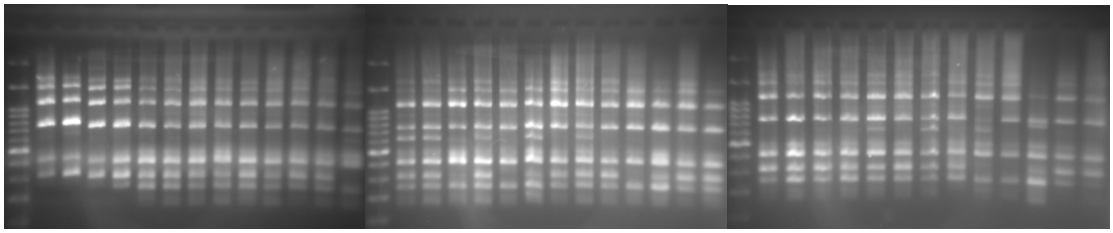
جدول ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها حاصل از مقایسه میانگین صفات ریخت‌شناسی

Table 3- Genotype grouping derived from mean comparison of morphological attributes

ردیف Row	صفت ریخت‌شناسی Morphological attribute	تعداد گروه[1] Group number	وضعیت گروه‌ها Groups status
1	عادت رشدی درخت Tree growth habit	2	a-b
2	ارتفاع درخت Tree height	3	a-c
3	شکل برگ Leaf shape	2	a-b
4	طول برگ Leaf length	15	a-o
5	عرض برگ Leaf width	14	a-n
6	موقعیت گل‌آذین Inflorescence status	2	a-b
7	شکل گل‌آذین Inflorescence shape	1	a
8	تراکم گل‌ها در گل‌آذین Flower density in inflorescence	1	a
9	طول گل‌آذین Inflorescence length	17	a-q
10	رنگ گل‌آذین Inflorescence color	4	a-d
11	شکل میوه Fruit shape	2	a-b
12	رنگ پوست میوه بالغ Mature fruit peel color	3	a-c
13	نوک برگ Leaf tip	2	a-b
14	حاشیه برگ Leaf margin	2	a-b
15	طول دم برگ Petiole length	9	a-i
16	نوک میوه Fruit tip	2	a-b
17	نوع نوک میوه Fruit tip type	2	a-b
18	سینوس Sinus	1	a
19	نوع سینوس Sinus type	1	a
20	شیب شانه‌ها The shoulder slope	2	a-b
21	قطر گل Flower diameter	3	a-c

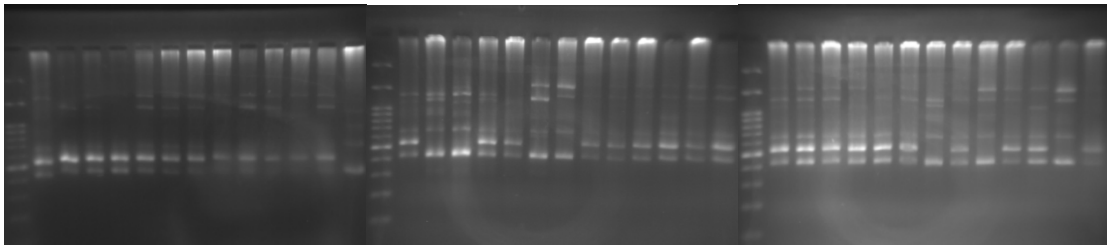
[1] صفت ریخت‌شناسی با تعداد گروه‌بندی بیشتر، تنوع بیشتری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد.

[1] Morphological attribute with more grouping number, showed more diversity among the studied genotypes.



شکل ۲- الگوی باندی حاصل از آغازگر MI868

Figure 2- Banding pattern resulted from MI868 primer



شکل ۳- الگوی باندی حاصل از آغازگر MI846

Figure 3- Banding pattern resulted from MI868 primer

جدول ٤- اطلاعات به دست آمده از آغازگرهای ISSR برای ۳۹ ژنوتیپ انبه

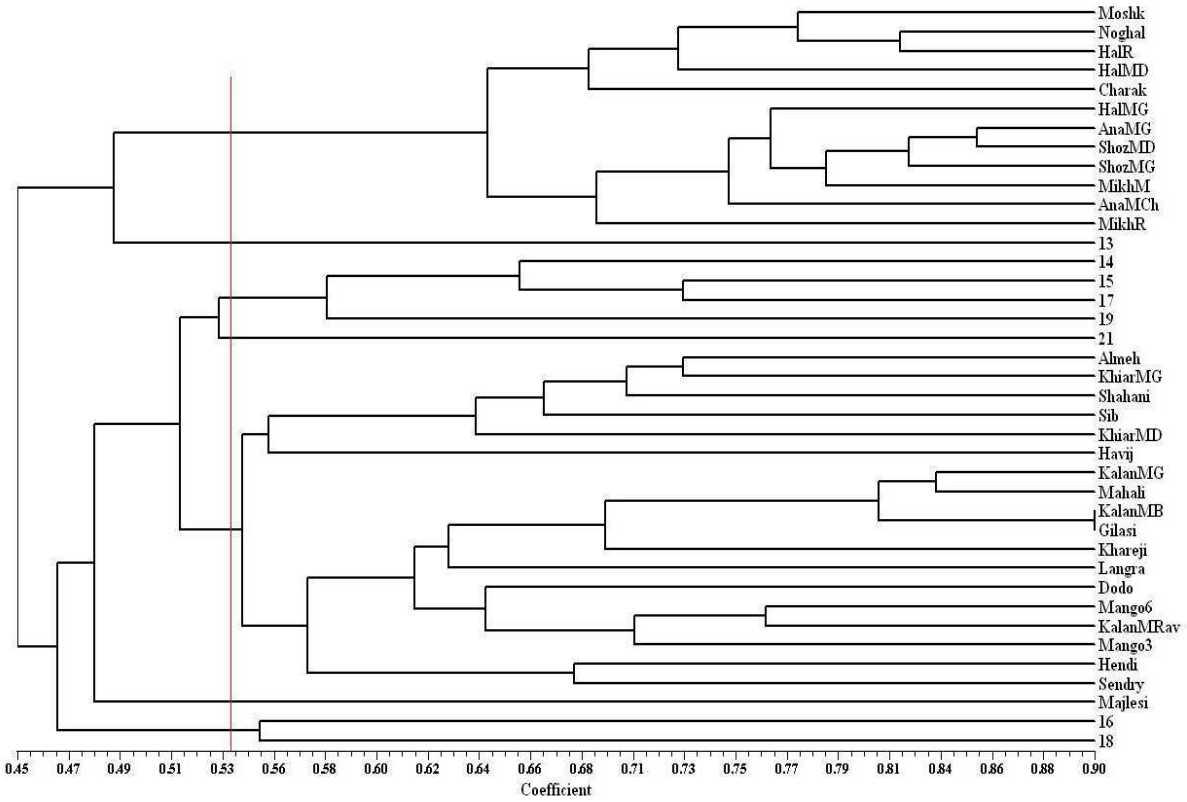
Table 4- The obtained information from ISSR primers for 39 mango genotypes

کد آغازگر Primer code	توالی Sequence (5′--->3′)	تعداد کل باند Total band no.	تعداد باند چندشکل Polymorphism band no.	درصد چندشکلی Polymorphism %	محتوای اطلاعات چند شکلی (PIC)
MI816	$(CA)_8T$	12	12	100	0.404
MI823	$(CT)_8C$	10	10	100	0.368
MI835[b]	$(AG)_8CC$	9	9	100	0.494
MI846[b]	$(CA)_8AT$	9	9	100	0.499
MI808	$(AG)_8C$	20	20	100	0.427
MI811	$(GA)_8C$	10	9	90	0.491
MI818	$(CA)_8G$	10	10	100	0.488
MI825	$(AC)_8T$	9	9	100	0.475
MI826	$(AC)_8C$	12	12	100	0.499
MI827	$(AC)_8G$	7	6	86	0.494
MI864	$(ATG)_6$	9	8	89	0.492
MI868	$(GAA)_6$	10	9	90	0.355
MI837	$(GACA)_4$	18	17	94	0.358
Sum جمع		145	140	-	-
Mean میانگین		11.2	10.8	96.1	0.450

ویژگی‌های ریخت‌شناسی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین نشانگرهای مورد استفاده برای بررسی تنوع ژنتیکی در گیاهان هستند که هنوز هم در موارد متعددی که ارقام براساس صفات برگ، گل‌آذین، میوه و دیگر خصوصیات فیزیکی شناسایی می‌شوند، این روش، کماکان قابل استفاده می‌باشد هرچند صفات مورد بررسی در این نشانگرها ممکن است براساس شرایط محیطی تغییر یابند. به‌علاوه، تشخیص دقیق برخی ارقام براساس صفات ریخت‌شناسی مشکل است چرا که ارقام مشابه پرورش‌یافته در نواحی مختلف، صفات ریخت‌شناسی متفاوتی دارند. عمده‌ترین فواید نشانگرهای ریخت‌شناسی شامل سادگی و سرعت در ارزیابی، کم‌هزینه‌بودن و قابلیت به‌کارگیری آن‌ها حتی در نمونه‌های موجود در هرباریوم‌های گیاهی و یا بافت‌های مرده می‌باشد (۳ و ۲۰). با این وجود این روش به‌دلیل محدودبودن ویژگی‌های ریخت‌شناسی همیشه قابل استفاده نبوده و یا این‌که با قطعیت قابل بررسی نیستند. به علاوه ممکن است این صفات ریشه در ژنوم موجود نداشته و از طریق اثرات ژنی اپیستازی و پلیوتروپیک کنترل شوند. زمان‌بر بودن این روش بررسی به‌خصوص در گیاهانی که دوره نونهالی در آن‌ها طولانی است، از دیگر معایب این نوع روش بررسی تنوع ژنتیکی می‌باشد. بنابراین صفات ریخت‌شناسی ممکن است به‌طور کافی برای بیان وجود و یا عدم‌تجانس میان ژنوتیپ‌های یک رقم مناسب نباشد و به همین دلیل تلفیق صفات ریخت‌شناسی و نشانگرهای مولکولی می‌توانند برایند جامعی از نقشه ژنتیکی جمعیت‌های یک گونه را بیان کند (۳).

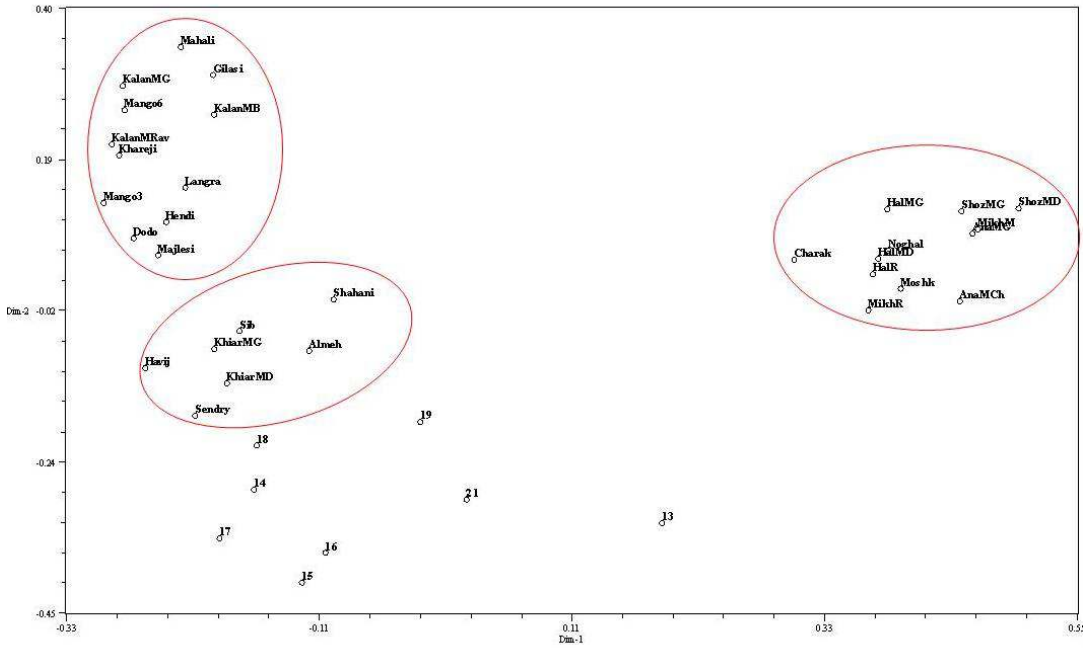
در پژوهش حاضر، نتایج تجزیه ویژگی‌های ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های انبه نشان داد که این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات ریخت‌شناسی به‌جز تراکم گل و شکل گل‌آذین، دارای اختلاف‌های معنی‌داری هستند و این روش به‌خوبی توانست ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را از هم تفکیک و گروه‌بندی نماید. براساس خوشه‌بندی داده‌های ریخت‌شناسی، ژنوتیپ‌های مورد بررسی به هشت گروه تقسیم شدند که در آن ارقام شناخته‌شده‌ای نظیر لانگرا و سندری در کلاس مجزایی از هم قرار گرفتند و دارای تفاوت فاحشی با بیشتر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات ریخت‌شناسی بودند. کارایی ویژگی‌های ریخت‌شناسی در بررسی تنوع ژنتیکی ارقام انبه توسط محققین مختلفی تأیید شده است. به عنوان مثال بویان و گوها (۴) نشان دادند که دامنه وسیعی از تنوع در صفات میوه انبه وجود دارد که می‌تواند در گروه‌بندی ارقام انبه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین خصوصیات میوه می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید برای شناسایی

ژنوتیپ‌های خاص در نظر گرفته شود (۹، ۱۴، ۲۵ و ۳۵).



شکل ٤- دندروگرام حاصل از داده‌های ISSR با استفاده از ضریب تشابه جاکارد و الگوریتم UPGMA

Figure 4- Dendrogram resulted from ISSR data using Jaccard's similarity coefficient and UPGMA algorithm



شکل ٥- تجزیه به مختصات اصلی (PCA) براساس داده‌های مولکولی

Figure 5- Principle Component Analysis (PCA) based on ISSR data

صفات کیفی نظیر شکل میوه، نوک میوه و گودی دم میوه نیز که کمتر تحت تأثیر فاکتورهای محیطی قرار می‌گیرند، از دیگر صفات مناسب برای بررسی‌های تنوع ژنتیکی هستند (۲۳) که در پژوهش حاضر نیز مورد استفاده قرار گرفتند. از دیگر موارد مربوط به استفاده از صفت میوه در بررسی‌های ژنتیکی می‌توان به پژوهش‌های سینگ و همکاران (۳۶) (بررسی تنوع در رقم بنگلاپالی براساس تجزیه ریخت‌شناسی ۱۷ پارامتر در میوه)، نایک (۲۷) (تغییرپذیری زیاد بین درختان یک رقم انبه از نظر اندازه، شکل، رنگ و کیفیت میوه) و بالی و همکاران (۲۳) (تنوع فنوتیپی در نوع میوه در ۱۵ ژنوتیپ از رقم کنسینگتون‌پراید به‌عنوان یک رقم انبه چندجنین) اشاره کرد. همچنین جینتاناونگ و همکاران (۱۷) استانداردهای کیفی خاصی را برای ژنوتیپ‌های انبه براساس اندازه، شکل، رنگ، وزن، بافت و میزان فیبر میوه تعیین کردند که همگی نشان از کارایی بالای این صفات در گروه‌بندی ژنوتیپ‌های انبه دارد. در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تنوع بالایی از نظر پارامترهای مربوط به میوه بودند که همسو با پژوهش‌های فوق و تحقیقات انجام‌شده توسط هیومن (۱۳) و مورتون (۲۴) می‌باشد که تنوع فراوان در پارامترهای میوه انبه را گزارش کرده‌اند. آن‌ها نشان دادند که انبه می‌تواند دارای میوه‌های بسیار کوچک از نظر وزنی (چند گرم تا یک کیلوگرم) و یا طولی (از ۲/۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) در ارقام مختلف باشد. همچنین براساس یافته‌های هاکو و همکاران (۱۲) مشخص شد که ژنوتیپ‌های مختلف انبه، دارای خصوصیات برجسته‌ای از نظر طول، عرض و ضخامت هسته برای بررسی‌های ریخت‌شناسی هستند.

به‌طور معمول، هتروزیگوسیتی بین رقمی در انبه عمدتاً در سطح ریخت‌شناسی توسط چندین محقق تشخیص داده شده است (۱۰، ۲۶، ۲۷، ۳۱، ۳۳ و ۳۶). پاندی (۳۳) برخی تفاوت‌ها در بین ژنوتیپ‌های مختلف انبه مشتق‌شده از رقم آلفونسو مشاهده نمود. در مطالعه‌ای دیگر که برای تشریح ارقام انبه رشدیافته در تایلند با استفاده از توصیف نامه IPGRI انجام شد، مشخص شد که پارامترهای مورد بررسی، برای تشریح همه ارقام مناسب بودند (۳۷). تنوع ریخت‌شناسی که قبلاً در همگروه‌های انبه گزارش شده است به چند عامل مانند هیبریداسیون احتمالی، موتاسیون سوماتیکی خودبخودی، تنوع پایه‌ای و عوامل محیطی (۲۷، ۳۳ و ۳۶) وابسته می‌باشد.

با توجه به نتایج نشانگرهای ISSR و تأیید وجود تنوع ژنتیکی بالا در میان ژنوتیپ‌های انبه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بخش قابل توجهی از تنوع ریخت‌شناسی مشاهده‌شده میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش، به وجود تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها مربوط شده و ناشی از تغییرات محیطی و میکروکلیمایی نمی‌باشد. همچنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بخش اعظمی از تنوع تشخیص داده شده توسط نشانگرهای ISSR، در نواحی رمزگذاری ژنوم انبه بوده است.

در تأیید نتایج موجود می‌توان به تجزیه ریخت‌شناسی برخی ارقام انبه در هندوستان توسط سینگ و همکاران (۳۶) اشاره کرد. آن‌ها نشان دادند که بررسی صفات ریخت‌شناسی، وجود تنوع بین ارقام استاندارد و نتاج حاصل از آن‌ها را به‌خوبی مشخص نمود (۳۶). همچنین براساس یافته‌های هاکو و همکاران (۱۲) مشخص شد که ژنوتیپ‌های مختلف انبه، دارای خصوصیات برجسته‌ای از نظر طول، عرض و ضخامت هسته برای بررسی‌های ریخت‌شناسی هستند.

کشف و به‌کارگیری نشانگرهای مولکولی در سال‌های اخیر، با هدف بررسی جزئیات ژنتیکی و به‌عنوان راه‌کاری برای اصلاح گیاهان، افزایش چشمگیری داشته است. نشانگرهای مبتنی بر DNA نظیر ISSR، RAPD و RFLP ابزارهای مناسبی برای مطالعه تنوع ژنتیکی در گیاهان هستند. این نشانگرها تنوع را در سطح DNA بررسی کرده و به‌ندرت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (۲۰). در پژوهش حاضر، دامنه تشابه به‌دست‌آمده در ماتریس تشابه حاصل از نشانگرهای ISSR از ۰/۳۱ تا ۰/۹۰ متفاوت بود که تاییدی بر نتایج داده‌های ریخت‌شناسی در ارتباط وجود تنوع بالای ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های انبه می‌باشد. وجود تفاوت ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مشتق‌شده از رقم کنسینگتون‌پراید با استفاده از نشانگرهای مولکولی RAPD (۲) و یا بررسی تغییرپذیری درون رقمی در ارقام بیگمپلی، داشهری و لانگرا با استفاده از نشانگرهای ISSR (۳۶) پیشتر بررسی و تأیید شده است.

نشانگرهای ISSR یک ابزار قوی در شناسایی ارقام انبه و تعیین تنوع ژنتیکی بین آن‌ها هستند (۱۱، ۴۰ و ۳۰). با استفاده از این نشانگرها بسیاری از ارقام به راحتی قابل تفکیک هستند. به علاوه، برخی قطعات توسط این نشانگرها به‌طور منحصربفردی تکثیر شده که در ژنوتیپ‌های دیگر دیده نمی‌شوند. این قطعات، سهم زیادی در شناسایی ژنوتیپ‌های انبه به عهده دارند (۷ و ۱۸). یوکوسکیت (۳۹)، ۳۹ باند حاوی توالی‌های تکرارشونده دو نوکلئوتیدی در انبه گزارش کرد که برای توسعه نشانگرهای ریزماهواره قابل استفاده هستند. نتایج به‌طور واضح نشان می‌دهند که آزمون‌های مبتنی بر PCR در نشانگرهای غالب (بارز) یک ابزار خوب برای تجزیه ژنتیکی ژنوتیپ‌های انبه هستند.

در پژوهش حاضر تفاوت‌هایی در ژنوتیپ‌های یکسان پرورش‌یافته در مناطق مختلف مشاهده شد. همان‌طور که در مطالب قبلی اشاره شد، صفات ریخت‌شناسی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند به‌طوری که تغییر شرایط محیطی ممکن است بر اندازه اندام‌های رویشی و زایشی تأثیرگذار باشد. انبه از جمله گیاهان مناطق حاره‌ای است که به شدت به کاهش کیفیت آب و خاک حساس بوده و با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری، از ۱۰۰۰ میکروموس به بالا، دچار نقصان شده و رشد رویشی آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در پی

خشکسالی‌های اخیر و عدم وقوع مناسب باران یا پراکنش نامطلوب بارش‌ها، مناطق عمده تولید انبه در استان هرمزگان دچار کم‌آبی شده و درختان موجود پتانسیل واقعی خود را بروز نمی‌دهند. این در حالی است که در بسیاری از مناطق میناب، آبیاری باغات انبه به‌صورت سه‌ماه یک‌بار و آن هم با آبی با کیفیت نامناسب انجام می‌شود. از طرفی مدیریت باغات انبه در بسیاری از مناطق استان هرمزگان که عمدتاً به‌صورت سنتی کشت شده‌اند و همچنین عمر بالایی دارند، ضعیف بوده و تغذیه و مبارزه با آفات و بیماری‌ها به‌نحو صحیحی انجام نمی‌شود. مسلماً عدم اجرای صحیح مدیریت در باغ و همچنین عدم دسترسی به شرایط رشدی مناسب، می‌تواند بر صفات ریخت‌شناسی درختان تأثیر داشته باشد. در منطقه رودان به‌واسطه کیفیت بهتر آب آبیاری و همچنین دسترسی کافی و مناسب به آب آبیاری، شرایط رشدی درختان انبه در وضعیت بسیار مناسب‌تری نسبت به مناطق میناب قرار دارد. این تفاوت‌های موجود از نظر شرایط رشدی در مناطق رودان و میناب می‌تواند دلیل ایجاد تنوع ریخت‌شناسی زیادی بین ژنوتیپ‌های مشابه انبه در این دو منطقه باشد که باعث عدم همراهی صفات ریخت‌شناسی و مولکولی شده است. به همین دلیل ژنوتیپ‌هایی که از نظر ژنتیکی تشابه بالایی با هم دارند ممکن است از نظر ریخت‌شناسی تفاوت‌های زیادی با هم داشته باشند و یا دو ژنوتیپ هم‌نام در دو منطقه، تفاوت‌های ژنتیکی فاحشی با هم داشته باشند. به‌عنوان مثال ژنوتیپ کلانفر بازیاری که ضریب تشابه ژنتیکی بالایی (۰/۹۰) با ژنوتیپ گیلاسی داشت، از نظر ریخت‌شناسی ضریب تشابهی برابر ۰/۳۷ با هم داشتند. این در حالی است که ژنوتیپ گیلاسی که از منطقه احمدآباد میناب جمع‌آوری شده بود با منطقه بازیاری شباهت اکولوژیکی یکسانی داشت. در مثالی دیگر، ضریب تشابه ژنتیکی ژنوتیپ آناناسی گلشوار و شوزانبه دهوسطی ۰/۸۵ بود در حالی‌که این دو ژنوتیپ از نظر ریخت‌شناسی ۳۸ درصد با هم تشابه داشتند. ضریب همبستگی بین ماتریس تشابه ژنتیکی و مورفولوژی حدود ۰/۳۳۶ و غیرمعنی‌دار بود. این عدد حاکی از همبستگی ضعیف و غیرمعنی‌دار بین صفات ریخت‌شناسی و نشانگرهای ژنتیکی بود.

منابع

1. Adato A., Sharon D., Lavi U., Hillei I., and Gazit S. 1995. Application of DNA fingerprints for identification and genetic analysis of Mango (*Mangifrera indica*) genotypes. Journal of American Society of Horticultural Sciences, 120: 259-264.
2. Bally I.S.E., Graham G.C., and Henry R.J. 1996. Genetic diversity of Kensington mango in Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture,36: 243-247.
3. Begum H., Reddy M.T., Malathi S., Reddy B.P., Narshimulu N., Nagaraju J., and Siddiq E.A. 2014. Morphological and microsatellite analysis of intravarietal heterogeneity in 'Beneshan' mango (*Mangifera indica* L.). International Journal of Agricultural and Food Research, 3(2): 16-33.
4. Bhuyan M.A.J., and Guha D. 1995. Performance of some exotic mango germplasm under Bangladesh conditions. Bangladesh Horticulture, 23(1&2): 17-22.
5. Bose T.K., and Mitra S.K. 1990. Fruits: Tropical and subtropical. NAYA PROKASH, India.
6. Doyle J.J., and Doyle J.L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus, 12: 13-15.
7. Eiadthong W., Yonemori K., Kanzaki S., Sugiura A., Utsunomiya N., and Subhadrabandhu S. 2000. Amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis for studying the genetic relationship among *Mangifera* species in Thailand. Journal of American Society of Horticultural Sciences, 125(2): 160-164.
8. FAO. 2016. FAOSTAT agriculture data, Domain: Agriculturel Production. (Food and Agriculture Organization of the United Nations) http://apps.fao.org/.
9. Galvez-Lopez D., Salvador-Figueroa M., Adriano-Anaya M.L., and Mayek-Perez N. 2010. Morphological characterization of native mangos from Chiapas, Mexico Subtropical. Plant Science Journal, 62: 18-26.
10. Gan Y.Y., Zaini S., and Idris A. 1981. Genetic variation in the grafted vegetatively ropagated mango (*Mangifera indica*). Pertanika, 4(1): 53-62.
11. Gonzalez A., Coulson M., and Brettell R. 2002. Developmentof DNA markers (ISSRs) in mango. Acta Horticulturae, 575: 139-143.
12. Haque A.M.M.M., Ali M.R., Uddin M.R., and Hossain A.K.M.A. 1993. Evaluation of elite mango cultivars at southern region of Bangladesh. Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetic, 6(2): 21-28.
13. Human C.F. 2008. Production areas. In: de Villiers, E.A., Joubert, P.H. (eds). The Cultivation of Mango. ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops, pp: 9-15.
14. Illoh H.C., and Olorode O. 1991. Numerical taxonomic studies of mango (*Mangifera indica* L.) varieties in Nigeria. Euphytica, 51: 197-205.
15. IPGRI. 2006. Descriptors for Mango (*Mangifera indica* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

16. Jayasankar S., Litz R.E., Schnell R.J., and Hernandez A.C. 1998. Embrogenic mango cultures selected for resistance to *Colletotricum gloeosprioides* culture filtrate show variation in random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant, 34(2): 112-116.
17. Jintanawong S., Hiranpradit H., Polprasid P. and Duangpikul P. 1992. Group characterization of Thai mango, *Mangifera indica* L. Acta Horticulturae, 321: 254-261.
18. Krauss S.L. 2000. Accurate gene diversity estimates from amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. Molecular Ecology, 9: 1241-1245.
19. Kumar N.V.H., Narayanaswamy P., Prasad D.T., Mukunda G.K., and Sondur S.N. 2001. Estimation of genetic diversity of commercial mango (*Mangifera indica* L.) cultivars using RAPD markers. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 76: 529-533.
20. Kumar S., and Venkateswarlu K. 2013. Clonal variability studies in 'Alphonso' mango (*Mangifera indica* L.) by phenotypic characters and molecular markers. International Journal of Pharmamedix India, 1(2): 398-414.
21. Litz R.E. 2001. Recovery of mango plants with anthracnose resistance following mutation induction and selection in vitro with the phytoalexin(s) produced by *Colletothricum gloesporioides* Penz. Report of the First Co-ordinated Research Project. Vienna: Johnt FAO/IAEA Division: 73-78.
22. Luo C., He X., Chen H., Ou S., Gao M., Brown J.S., Tondo C.T., and Schnell R.J. 2011. Genetic diversity of mango cultivars estimated using SCoT and ISSR markers. Biochemical Systematics and Ecology, 39: 676-684.
23. Morell M.K., Peakll R., Apels R., Preston L.R., and Lloyd H.L. 1995. DNA profiling techniques for plant variety identification. Australian Journal of Experimental Agricultire, 35: 807-819.
24. Morton J.F. 1987. Fruits of warm climates. Miami. Florida Flair Books, pp: 221-239.
25. Mussane C.R.B., Biljon A.V., and Herselman L. 2010. Morphological and genetic characterization of mango varieties in Mozambique. Second Ruforum Biennial Meeting 20-24, September 2010, Entebbe, Uganda pp: 991-995.
26. Naik K.C. 1948. Improvement of mango (*Mangifera indica* L.) by selection and hybridization. Indian Journal of Agricultural Sciences, 18(1): 35-41.
27. Naik K.C. 1971. Mango improvement. Andhra Agricultural Journal, 18(6): 221-222.
28. Naghavi M.R., Ghareyazi B., Hosseini Salekdeh GH. 2009. Molecular markers. Tehran University Publication. 337 p.
29. Nakasone H.Y., and Paull R.E. 1998. Tropical fruits. Cab International.
30. Nybom H. 2004. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecyfic genetic diversity in plants. Molecular Ecology, 5: 1143-1150.
31. Oppenheimer C. 1956. Study tour report on subtropical fruit growing and research in India and Ceylon. Special Bulletin No. 3, State of Israel, Ministry of Agriculture, Agicultural Research Station, Rehovat, Israel, October.
32. Ozkaya M.T., Cakir E., Gokbayrak Z., Ercan H., and Taskin N. 2006. Morphological and molecular characterization of Derik Halhali olive (*Olea europaea* L.) accessions grown in Derik–Mardin province of Turkey. Scientia Horticulturae, 108: 205-209.
33. Pandey S.N. 1998. Mango cultivars. In Srivastav, R.P.P. (Ed.) Mango Cultivation. International Book Distributing Company, Lucknow, India, pp. 39-99.
34. Powell W., Morgante M., Andre C., Hanafey M., Vogel J., Tingey S., and Rafalsky A. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR markers for germplasm analysis. Molecular Breeding, 2: 225-238.
35. Rajwana I.A., Khan I.A., Malik A.U., Saleem B.A., Khan A.S., Ziaf K., Anwar R., and Amin M. 2011. Morphological and biochemical markers for varietal characterization and quality assessment of potential indigenous mango (*Mangifera indica*) germplasm. International Journal of Agriculture and Biology, 13: 151-158.
36. Singh S., Gaikwad A.B., and Karihaloo J.L. 2009. Morphological and molecular analysis of intra cultivar variation in Indian mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Acta Horticulture, 829: 205-212.
37. Sokal R.R., and Sneath P.N.A. 1963. Principles of numerical taxonomy. Free-man, San Francisco.
38. Tomar R.S., Gajera H.P., Viradiya R.R., Patel S.V., and Golakiya B.A. 2014. Characterization of mango genotypes of Gir region based on ISSR markers. Indian Journal of Horticulture, 71(1): 1-5.
39. Ukoskit K. 2007. Development of microsatellite markers in mango (*Mangifera indica* L.) using 5' anchored PCR. Thammasat International Journal of Science and Technology, 12: 1-7.
40. Zhao Y., Chen X.Y., Wang X.R., and Pian R.Q. 2007. ISSR analysis of genetic diversity among *Lespedeza bicolor* populations. Journal of Plant Genetic Resources, 2: 195-199.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 141-154
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۵۴-۱۴۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Genetic Diversity among Mango (*Mangifera indica* L.) Genotypes in Hormozgan Province Using Morphological and ISSR Markers

A. Bagheri[1]*- H. Hassanzadeh Khankahdani[2]- V. Ghanbari[3]- M. Askari Seyahooei[4]- S. S. Modarres Najafabadi[5]

Received: 17-06-2018
Accepted: 05-12-2018

Introduction: Assessment of genetic diversity in Mango can provide a platform to deepen our knowledge about its genetic background and determine the high quality genotypes for involving in the inbreeding programs. The high observed diversity among native landraces of mango can be used in breeding programs to produce better cultivars and utilization of these cultivars as donor parent to transfer desirable characteristics to high-bearing cultivars. Suitable mango cultivars to prepare rootstock and scion and resistant cultivars against diseases and the high yielding cultivars (with regards to alternate bearing in mango) can be recognized by better understanding of available germplasms. In the past two decades in southern Iran, the process of producing the grafted mango trees via seed culturing and grafting suitable cultivars (What has been registered such as Sindary and Langra and what has not been registered) on the seedlings has been accelerated. Therefore, studying the diversity of mango germplasms in these regions can be a good way to identify and distinguish these genotypes. In the present study, native genotypes of mango from Minab and Rudan counties (Hormozgan Province) were collected, which are mainly produced through seed and over time they have been propagated by vegetative methods based on the quality and taste and their diversity, was evaluated using morphological attributes and molecular markers.

Materials and Methods: In this experiment, we studied genetic and morphological diversity of 39 mango genotypes collected from Minab and Rudan counties (Hormozgan province) using ISSR markers and morphological attributes. Morphological characteristics were assessed using IBPGR descriptor. DNA extraction was done using modified CTAB method. Similarity coefficient of ISSR markers was calculated by Jaccard's procedure. Polymorphism information content (PIC) was calculated using $PIC=2f_i(1-f_i)$ formula, where fi was frequency of the amplified bands and 1-fi was frequency of the null bands. In order to analyze morphological data SAS 9.1 software was used and the means were compared using LSD test. In addition, it was prepared a 0 and 1 matrix from morphological data and dendrogram of morphological attributes was designed using Jaccard's similarity coefficient.

Results and Discussion: The dendrogram inferred from morphological characters grouped all genotypes in eight main clades in which similarity of the dendrogram ranged from 0.12 to 0.83 with mean value of 0.54. The least similarity was observed between Almehtari and Charak, and the most similarity was observed among Moshk, AnaMG, Noghal and HalMG. Analysis of 21 morphological parameters in the studied genotypes demonstrated being of significant differences among these genotypes in terms of morphological attributes (except flower density and inflorescence shape). The ISSR primers produced totally 145 scorable bands that the highest and lowest polymorphism band were observed in MI808 (20 bands) and MI827 (6 bands) primers, respectively. Average of PIC was 0.450. The similarity for ISSR markers ranged from 0.31 to 0.90, in which the least similarity was observed between Majlesi and Charak. However, the highest similarity was observed between Gilasi and KalanMB genotypes. It was observed the differences among same genotypes grown in the various regions. In Rudan region in due to better quality of irrigation water as well as sufficient and proper availability to irrigation water, growth conditions for mango trees is better than Minab region. These differences between Rudan and Minab regions in viewpoint of growth conditions can be reason of morphological diversity among mango similar genotypes in both regions, which it has been caused to incompatibility of morphological and molecular markers. For this reason, the genotypes that are genetically similar to each other may have different morphological differences and/or two homonymous genotypes in two regions have significant genetic

1 , 4 and 5- Assistant Professors of Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran
2 Researcher of Horticulture Crop Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran
3 M.Sc in Horticulture, Islamic Azad University, Branch Jiroft
(*- Correspounding Author Email: nabibagheri53@gmail.com)

differences. For example, Clanfar Baziari genotype, which had high genetic similarity (0.90) with Gilasi genotype, had morphological similarity coefficient equal 0.37 together. However Gilasi genotype collected from Ahmadabad Minab had same ecological similarity with Baziari region. In other instant, genetic similarity coefficient of AnaMG genotype was 0.85 with ShozMD, while in these genotypes had 38% morphological similarity. Correlation coefficient between similarity matrix of ISSR and morphological markers was 0.336 and not significant.

Conclusion: It seems that the observed high diversity among morphological attributes is intrinsically and stemming from mango propagation procedure in which mango genotypes highly diverged due to seed propagation. The high genetic diversity showed by morphological attributes was also corroborated by ISSR markers, indicating low environmentally influence-ability of the attributes.

Keywords: Fingerprint, Molecular marker, Morphological markers, PIC

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۶۷-۱۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 155-167
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر اختلاط مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری با خاک بر خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو (*Festuca arundinaceae* Schreb.) در شرایط تنش رطوبتی

محمد سادات فریزنی[۱]- حمیدرضا خزاعی[۲*]- غلامعلی گزانچیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

چکیده

تحقیق حاضر در قالب دو آزمایش با هدف بررسی تاثیر نسبت‌های اختلاط کمپوست زباله شهری با خاک بر برخی خصوصیات ریشه چمن گونه بومی تال فسکیو در پاسخ به تنش خشکی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. آزمایش اول با هدف بررسی درصد و سرعت سبز شدن چمن در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد که در آن تیمارهای آزمایش شامل ده مقدار مختلف اختلاط کمپوست با خاک (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد (خاک زراعی بدون اختلاط با کمپوست) بود. بر اساس یافته‌های آزمایش اول، سه مقدار برتر کمپوست، انتخاب و به آزمایش دوم آورده شدند. در آزمایش دوم، سه مقدار ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار به همراه شاهد (عدم مصرف کمپوست) به عنوان فاکتور اول و سه سطح تنش رطوبتی ۲۵، ۵۰ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب به عنوان تنش‌های شدید و ملایم و عدم تنش، به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند که بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمایش اول نشان داد که مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن حاصلخیزی بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار درصد و سرعت سبز شدن چمن شدند. در آزمایش دوم، اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی کلیه صفات مورد بررسی ریشه چمن معنی‌دار شد. بطوری که با افزایش شدت تنش خشکی در مقادیر مختلف کمپوست، خصوصیات مجموع طول، حجم و سطح ریشه افزایش و صفات وزن خشک و متوسط ضخامت ریشه کاهش پیدا کردند. در نهایت به نظر می‌رسد که کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار بطور معنی‌داری در بهبود خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو در شرایط تنش خشکی موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، ریشه و گراس چمنی

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و گسترش زندگی شهرنشینی، توسعه فضای سبز پایدار به منظور بالا بردن سطح کیفی زندگی شهری را به یک امر ضروری تبدیل کرده است. بطوری که امروزه سرانه فضای سبز شهری به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی شهرها محسوب می‌گردد. چمن به عنوان یکی از اجزاء بسیار مهم فضای سبز شهری است که علاوه بر جنبه زیبایی، به عنوان یک گیاه پوششی باعث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردد (۲۲). چمن‌های کاشته شده در کشور عمدتاً از انواع بذور وارداتی بوده که با شرایط خشک و نیمه خشک کشور ما چندان سازگار نیستند و از این نظر، گاهاً محدودیت‌هایی را به لحاظ تامین نیاز آبی ایجاد می‌نمایند (۲۳). از این رو، با توجه به منابع آبی محدود در شهر مشهد از یک سو و وجود مساحت بیش از ۴۰۰ هکتار چمن در این شهر از سوی دیگر (۱۳)، تلاش برای رفع این محدودیت را امری ضروری جلوه می‌دهد. از آنجایی که از فواید این پوشش سبز (همچون زیباسازی فضای شهری، تولید اکسیژن و تهویه هوای آلوده شهر) نمی‌توان صرف نظر نمود، لذا می‌بایست راهکارهایی را بر اساس تغییر در عوامل محیطی پیدا کرد که به کمک آنها بتوان حفظ این گیاه در شرایط تنش رطوبتی را بهبود بخشید.

یکی از این راهکارها، استفاده از گونه‌ها و ارقام مقاوم به خشکی می‌باشد (۲۳). این در حالی است که بسیاری از گراس‌های بومی موجود در نقاط مختلف کشور از مقاومت بالایی در برابر تنش خشکی برخوردارند (۱۱) و به نظر می‌رسد که گراس‌های بومی ایران می‌توانند

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Khazaie41@yahoo.com)
۳- دانشیار بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.74279

منابع ژنتیکی مناسبی را جهت اصلاح گراس‌ها تحت شرایط تنش خشکی فراهم آورند (۲۴). یکی از این گونه‌ها، گونه تال فسکیو است که از انواع چمن‌های فصل سرد، چند ساله و علفی بوده و در شرایط رشد مطلوب، مقاومت خوبی به پاخوری دارد (۸). در این گونه اتلاف آب از طریق برگ‌ها کمتر بوده و در آن، توسعه ریشه‌ها برای جذب آب بیشتر و حفظ تعادل اسمزی باعث افزایش مقاومت به خشکی شده است (۶). سلاح ورزی و همکاران (۲۳) بیان نمودند که توده بومی تال فسکیو نسبت به ارقام مشابه وارداتی، با داشتن محتوی پرولین بیشتر و کمترین مقدار نشت یونی و همچنین کمترین تخریب غشای سلولی، مقاومت بیشتری به تنش خشکی از خود نشان داد.

یکی دیگر از راهکارهای حفظ چمن در شرایط تنش رطوبتی، تغییر در ساختمان خاک با هدف افزایش رطوبت ذخیره شده در آن می‌باشد. در همین راستا استفاده از ترکیبات آلی بهساز خاک[1] از جمله کمپوست پسماند شهری و کود دامی می‌تواند مثمر ثمر باشد. کمپوست پسماند شهری یکی از ترکیبات بهساز آلی جامد بوده که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در رابطه با آن صورت گرفته است. کمپوست از بازیافت بقایای گیاهی و جانوری، زباله‌های شهری و لجن فاضلاب به دست می‌آید (۱۶). از آنجائی که ۷۰ درصد زباله‌های شهری زبالهٔ تر هستند، با تبدیل آنها به کمپوست می‌توان از تولید هزاران متر مکعب شیرابه و میلیون‌ها تن گاز متان خودداری نمود و بدین طریق از آلوده شدن بخش عظیمی از محیط زیست جلوگیری کرد (۳). علاوه بر این، استفاده از کمپوست، ساختمان خاک را ارتقاء داده، محتوی مواد معدنی خاک را تقویت کرده و سبب می‌شود تا خاک مدت زمان بیشتری آب را در خود نگه دارد. چرا که کمپوست می‌تواند ۲ تا ۶ برابر حجم خود آب نگهداری نموده و از هدر رفتن آن جلوگیری کند (۳ و ۱۶). همچنین کمپوست قدرت باروری خاک را افزایش داده و کمک می‌کند تا ریشه‌های سالم در گیاه با سرعت بیشتری رشد کنند. کمپوست در خاک‌های سنگین، تخلخل خاک را بهبود بخشیده و باعث تهویه بهتر خاک می‌گردد. در خاک‌های سبک نیز مانند اسفنج عمل کرده و با نگهداری آب و مواد غذایی تا حد زیادی از شستشوی آنها جلوگیری می‌کند (۳ و ۲۵). حالت چسبندگی خاک را کاهش داده و از مقاومت خاک در مقابل ماشین آلات کشاورزی می‌کاهد (۲۵). کمپوست فعالیت ریز جانداران خاک را تقویت کرده و به حاصلخیزی آن کمک می‌کند و بواسطهٔ تشکیل خاکدانه‌های با ثبات، از فرسایش خاک جلوگیری می‌نماید (۳). کاسادوولا و همکاران (۴) تاثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آهکی در کالیفرنیا را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده، هدایت هیدرولیکی و عناصر سنگین، همگی با زیاد شدن مقدار کمپوست مصرف شده افزایش یافت. لی و همکاران (۱۷) نیز نشان دادند که خواص فیزیکی خاک با افزودن مواد آلی (از جمله کمپوست)، متناسب با مقدار ماده آلی افزوده شده بهبود پیدا کرد.

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر نسبت‌های اختلاط ماده کمپوست زباله شهری با خاک بر جنبه‌های مختلف رشدی ریشه‌های چمن گونه بومی تال فسکیو در پاسخ به تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا برای پیدا کردن بهترین میزان اختلاط کمپوست با خاک در مرحله سبز شدن و تأثیر مقادیر مختلف کمپوست در خاک بر درصد و سرعت سبز شدن گونه مذکور، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی انجام شد و سپس بر اساس نتایج حاصله از آزمایش آول، مقادیر مناسب کمپوست، انتخاب و برای بررسی اثر آنها در شرایط تنش خشکی، به آزمایش دوم آورده شدند.

آزمایش اول

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و به منظور تعیین بهترین میزان اختلاط کمپوست زباله شهری با خاک و تأثیر آن بر سرعت و درصد سبز شدن چمن بومی تال فسکیو انجام شد (خصوصیات کمپوست در جدول ۱ آورده شده است). بذور چمن مورد بررسی نیز از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی تهیه شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و در گلدان‌های یک کیلویی با قطر دهانه ۱۴۰ و ارتفاع ۱۲۰ میلی‌متر صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایش شامل ده مقدار مختلف اختلاط کمپوست با خاک (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد (خاک زراعی بدون اختلاط با کمپوست) بود. مقادیر مختلف اختلاط کمپوست با خاک پس از تبدیل واحد گرم کمپوست بر سانتی‌متر مکعب خاک در گلدان‌های تهیه شده اعمال گردید. بدین صورت که برای تیمارهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و۱۰۰ گرم کمپوست به خاک گلدان اضافه گردید. قبل از انجام آزمایش، برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مانند درصد کربن آلی، نسبت C/N و EC به‌طور جداگانه در آزمایشگاه خاک‌شناسی اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بافت خاک نیز از نوع لوم رسی شنی بود.

۱- ترکیبات‌آلی بهساز خاک به ترکیباتی گفته می‌شود که خصوصیات یک ترکیب آلی را داشته و جهت بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به آن افزوده می‌شوند.

جدول ۱-مشخصات کمپوست استفاده شده در آزمایش

Table 1- Traits of compost that used experiment

وزن مخصوص ظاهری $\int$ (g/cm^3)	EC (dS/m)	pH	C/N
0.49	4.80	7.23	16.5

جدول ۲-مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2- Traits of soil of experiment location

تیمارهای آزمایش Treatment	وزن مخصوص ظاهری $\int$ (g/cm^3)	EC (dS/m)	pH	N (%)	P (%)	K (ppm)	Na^+ (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	C/N	رطوبت خاک Soil wetness (%)	ماده آلی Organic matter (%)
شاهد (خاک بدون اختلاط با کمپوست) Control (without compost)	1.95	0.98	8.50	0.059	1.80	59.00	2.10	9.0	3.2	22.5	3.4
اختلاط خاک با ۱۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 10 ton ha^{-1} compost	1.96	2.30	8.30	0.075	1.80	58.60	2.40	3.4	8.6	31.4	13.8
اختلاط خاک با ۲۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 20 ton ha^{-1} compost	1.33	2.50	8.30	0.083	1.90	59.00	2.46	3.4	8.6	33.1	13.9
اختلاط خاک با ۳۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 30 ton ha^{-1} compost	1.28	2.85	8.20	0.086	1.90	59.30	2.48	3.6	8.9	34.2	14.1
اختلاط خاک با ۴۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 40 ton ha^{-1} compost	1.10	3.40	8.20	0.100	2.05	59.50	3.80	3.6	9.2	34.8	15.7
اختلاط خاک با ۵۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 50 ton ha^{-1} compost	1.10	3.80	8.20	0.100	2.10	59.50	3.80	4.4	9.5	35.6	15.8
اختلاط خاک با ۶۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 60 ton ha^{-1} compost	1.07	4.40	8.15	0.200	2.04	59.70	4.60	4.4	9.8	36.3	16.1
اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 70 ton ha^{-1} compost	1.06	4.40	8.00	0.400	2.28	60.01	4.60	4.45	10.4	40.4	16.8
اختلاط خاک با ۸۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 80 ton ha^{-1} compost	1.07	4.40	7.80	0.460	2.30	60.06	4.60	4.4	11.3	41.3	17.2
اختلاط خاک با ۹۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 90 ton ha^{-1} compost	1.07	4.50	8.00	0.460	2.28	60.06	4.60	4.4	11.6	41.5	17.4
اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 100 ton ha^{-1} compost	1.08	4.90	8.20	0.440	2.30	59.04	4.71	4.2	11.8	40.3	17.6

پس از تهیه نسبت‌های مختلف خاک و کود در داخل هر گلدان، در اوّل خردادماه سال ۹۵ تعداد ۵۰ عدد بذر کاشته شد که به جهت ممانعت از تشکیل سله و سبز شدن بهتر، سطح فوقانی آن با یک‌لایه یک سانتی‌متری ماسه پوشانیده شد. سپس بوته‌ها تنک شده و تعداد آنها در هر گلدان به ۲۵ عدد کاهش یافت. در ادامه، تا استقرار کامل گیاه، گلدان‌ها به مدت سه هفته (بیست و یک روز) بصورت روزانه آبیاری شدند.

در این مدت تعداد گیاهچه‌های سبز شده، بصورت روزانه ثبت شده و در پایان سرعت و درصد ظهور گیاهچه‌ها از طریق معادله‌های یک و دو تعیین گردید (۱).

معادله ۱:

$$\text{میانگین سرعت ظهور گیاهچه} = \sum {}^{n_i}/_{D_i}$$

که در آن n_i تعداد گیاهچه سبز شده در روز i ام و D_i تعداد روز پس از شروع آزمایش می‌باشد.

معادله ۲:

$$\text{درصد ظهور گیاهچه} = \sum {}^{n_i}/_{n} * 100$$

که در آن n_i تعداد گیاهچه سبز شده در روز i ام و n تعداد کل بذور کشت شده است.

علاوه بر این، کیفیت بصری چمن مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که از چهار ارزیاب از دو جنسیت زن و مرد در طول مدت آزمایش برای ارزیابی بصری چمن استفاده شد. شاخص بصری از عدد یک تا نه بود که عدد یک برای ضعیف‌ترین یا کمترین و نه برای بهترین یا بیشترین در نظر گرفته شد و اعداد شش به بالا نیز نتایج قابل‌قبول بودند (۲۳).

آزمایش دوم

این آزمایش در مردادماه سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار صورت پذیرفت و برای انجام آن، سه سطح از مطلوب‌ترین تیمارهای اختلاط کمپوست شهری با خاک در آزمایش اول (۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار) و یک سطح تیمار شاهد که فاقد کمپوست و فقط شامل خاک مزرعه بود به عنوان چهار سطح فاکتور اول در نظر گرفته شدند. فاکتور دوم شامل تیمارهای تنش رطوبتی بود که در سه سطح ۲۵، ۵۰ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تیمار شاهد (به ترتیب به عنوان تنش‌های شدید و ملایم و عدم تنش) اعمال گردید. ظرفیت زراعی در این مرحله به روش وزنی محاسبه شد. بدین ترتیب که جهت تعیین درصد رطوبت در وضعیت ظرفیت زراعی خاک (F.C) سه گلدان از خاک مورد آزمایش تهیه و برای تعیین وزن خشک خاک، به مدت ۷۲ ساعت داخل آون در دمای ۹۰ درجه قرار گرفته و سپس گلدان‌ها با آب اشباع شدند. در ادامه به منظور جلوگیری از تبخیر سطحی، سطح گلدان‌ها پوشیده و وزن گلدان‌ها بصورت روزانه اندازه‌گیری شد تا زمانی که وزن گلدان‌ها به مدت پنج روز ثابت ماند. از تفاوت وزن فعلی گلدان‌ها و وزن آن‌ها پس از خشک شدن در آون درصد رطوبت در ظرفیت زراعی مزرعه محاسبه گردید (۱۸).

در این آزمایش از لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر ۱۱۰ میلی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر (که با درپوش‌هایی در انتهای لوله مسدود شده بودند) استفاده شد. بر این اساس وزن هر لوله حدود ۱۴۰۰ گرم و وزن خاک جهت پر کردن هر لوله حدود ۷۰۰۰ گرم بود. پس از تهیه نسبت‌های مختلف کودی داخل لوله‌ها، ۵۰ عدد بذر در هر لوله کاشته شد. سپس بوته‌ها تنک شده و تعداد آنها در هر گلدان به ۲۵ عدد کاهش یافت. از زمان کاشت تا استقرار کامل گیاه، آبیاری چمن به صورت روزانه و به مدت ۳۰ روز ادامه یافت و پس از پایان دوره استقرار ۳۰ روزه گیاه، تیمارهای تنش رطوبتی به مدت دو ماه اعمال شدند. بدین ترتیب که لوله‌ها بطور روزانه توزین شدند و وزن کسر شده، مطابق با تیمارهای مورد نظر، از طریق اضافه کردن آب به لوله‌ها جبران گردید. در طی این مدت کلیه عملیات نگهداری چمن مانند چمن‌زنی و آبیاری به صورت متداول در سطوح چمن‌کاری فضاهای سبز شهری صورت پذیرفت.

پس از سپری شدن مدت مذکور، لوله‌ها روی یک سطح شیب‌دار قرارگرفته و به‌آرامی خاک درون آن‌ها شسته شد و ریشه‌ها بصورت کامل با حداقل آسیب‌دیدگی از خاک خارج و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس خصوصیات مجموع طول ریشه، متوسط ضخامت ریشه و سطح ریشه با دستگاه اسکن ریشه مدل DELTA-T اندازه‌گیری شد (۲). وزن خشک ریشه نیز پس از قرار گرفتن ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون و توزین آنها اندازه‌گیری شد. همچنین حجم ریشه به وسیله اندازه‌گیری اختلاف حجم، از طریق قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب (قانون ارشمیدس) محاسبه گردید (۱۰).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mini tab انجام گرفت. میانگین‌ها نیز از طریق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول

درصد سبز شدن

در آزمایش اول، اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی درصد سبز شدن چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین درصد

سبز شدن در تیمار شاهد ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که درصد سبز شدن بالای ۹۵ درصد وجود داشت. با این وجود تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، درصد سبز شدن بطور معنی‌داری کاهش یافت و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه پیدا کرد. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، درصد سبز شدن بطور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی درصد سبز شدن چمن داشته‌اند. به نظر می‌رسد که دلیل بالاتر بودن درصد سبز شدن چمن در تیمار شاهد ناشی از پایین بودن هدایت الکتریکی خاک در این تیمار بوده است. بطوری که در این تیمار، هدایت الکتریکی خاک حتی به یک dS/m هم نرسید. در حالی که در سایر تیمارها هدایت الکتریکی خاک بیش از dS/m ۲/۳ بود (جدول ۲). چرا که با افزایش هدایت الکتریکی خاک و به دنبال آن، منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک، جذب آب برای گیاه دشوارتر شده و گیاه شرایط کم آبی و حتی بی آبی را درک می‌کند (۱۵) و این موضوع برای گیاه چمن که از نظر جذب آب، گیاه پر توقعی محسوب می‌شود (۲۳)، می‌تواند سبب کاهش درصد جوانه-زنی گردد. همچنین به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن حاصلخیزی بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز شدن چمن شده‌اند و در این تیمارها، اثر مثبت بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب بر اثر منفی افزایش هدایت الکتریکی خاک، چیرگی پیدا کرده و همین امر باعث بهبود درصد سبز شده چمن در این تیمارها شده است. علاوه بر این، در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، وزن مخصوص ظاهری خاک بطور چشمگیری کاهش و نسبت C/N افزایش پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به اینکه رابطه وزن مخصوص ظاهری با میزان تخلخل خاک معکوس بوده و با کاهش وزن مخصوص ظاهری، میزان خلل و فرج خاک افزایش می‌یابد (۱۶) لذا به نظر می‌رسد که با افزایش مقدار کمپوست به ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار، میزان خلل و فرج خاک نیز افزایش یافته و این امر سبب افزایش تهویه و فراهمی بیشتر اکسیژن برای بذر شده و نهایتاً افزایش درصد جوانه‌زنی را به دنبال داشته است. مضافاً اینکه افزایش نسبت C/N و به دنبال آن، افزایش ماده آلی خاک در تیمارهای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، در افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک موثر بوده است. در همین راستا، فولی و کوپربانـد (۹) گزارش کردند که اضافه کردن ضایعات خمیر کاغذ و کمپوست حاصل از آن باعث افزایش کربن آلی خاک شده و پس از اضافه کردن متوالی این مواد به مدت دوسال، مقدار آب قابل دسترس در خاک بین ۵ تا ۴۵ درصد افزایش یافت.

سرعت سبز شدن

اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی سرعت سبز شدن چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین صورت که بیشترین سرعت سبز شدن در تیمار شاهد ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که سرعت سبز شدن به بیش از ۸ عدد بذر در روز رسید. لکن، تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار پس از تیمار شاهد در گروه آماری بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، سرعت سبز شدن بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه داشت. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، سرعت سبز شدن افزایش معنی‌داری از خود نشان داد. با این وجود، در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار سرعت سبز شدن از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). مشابه نتایج بدست آمده از درصد سبز شدن، چنین به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی سرعت سبز شدن چمن دارند. این موضوع احتمالاً ناشی از تامین رطوبت و عناصر غذایی بیشتر (خصوصاً عناصر ماکرو) در تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار باشد (جدول ۲). کاسادوولا و همکاران (۴) در گزارشات خود اظهار داشتند که با زیاد شدن مقدار کمپوست مصرف شده در خاک، خصوصیات مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده و هدایت هیدرولیکی در خاک افزایش یافت. در تحقیقی دیگر، نظمی و همکاران (۱۹) به بررسی تاثیر نوع و مقدار کمپوست ضایعات آلی بر خصوصیات فیزیکی دو نوع خاک پرداخته و سه نوع کود آلی (کود دامی، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب) را با مقادیر مختلف (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ و ۳۰۰ متر مکعب در هکتار) در دو نوع خاک (لوم سیتی و رسی) مورد مطالعه قرار دادند. آنها گزارش کردند که بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری و به دنبال آن، افزایش خلل و فرج و تخلخل خاک در بالاترین سطح اختلاط لجن فاضلاب با خاک صورت گرفت.

کیفیت بصری

اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی کیفیت بصری چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین کیفیت بصری در تیمار کمپوست ۹۰ تن در هکتار ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که کیفیت بصری بالای ۸/۵ وجود داشت. با این وجود تیمارهای شاهد و اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار با تیمار

کمپوست ۹۰ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، کیفیت بصری چمن بطور معنی‌داری کاهش یافت و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه پیدا کرد. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، کیفیت بصری بطور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی کیفیت بصری چمن داشته‌اند. به نظر می‌رسد که تیمار شاهد بواسطه داشتن هدایت الکتریکی پایین و تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن حاصلخیزی بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار کیفیت بصری چمن شده‌اند و در این تیمارها، اثر مثبت بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب بر اثر منفی افزایش هدایت الکتریکی خاک، غلبه پیدا کرده است. ضمن آنکه در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، وزن مخصوص ظاهری خاک بطور چشمگیری کاهش و نسبت C/N افزایش پیدا کرده و این امر نیز در بهبود تخلخل و تهویه خاک و همچنین جذب بهتر آب و مواد غذایی موثر بوده است (جدول ۲). بطور کلی چنانچه کاربری گراس‌ها استفاده در مراتع و چراگاه‌ها باشد، در این صورت مهم‌ترین صفتی که از نظر اقتصادی حائز اهمیت است، تولید علوفه و وزن خشک اندام هوایی است. اما چنانچه کاربری گراس‌ها استفاده در پوشش‌های فضای سبز باشد، مهم‌ترین ویژگی مورد نظر، کیفیت ظاهری آن‌ها است (۲۳). جیانگ و هوانگ (۱۴) تنش خشکی یکی از دلایل مهم کاهش کیفیت گراس‌های فصل سرد عنوان کرده و بیان نمودند که انجام اقداماتی جهت کاهش اثرات تنش خشکی بر روی گراس‌ها، می‌تواند در حفظ و یا بهبود کیفیت آن‌ها تاثیر گذار باشد.

بر اساس نتایج حاصله از آزمایش اول، به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد بهترین تاثیر را بر روی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و همچنین درصد و سرعت سبز شدن چمن داشته‌اند. از این رو، این تیمارها برای استفاده در آزمایش دوم انتخاب شدند.

آزمایش دوم

مجموع طول ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی مجموع طول ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین ترتیب که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، مجموع طول ریشه افزایش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با هم و سطوح تنش خشکی ملایم نیز با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی شدید در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار و عدم تنش، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند؛ لکن تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶). این نتایج نشان می‌دهند که با افزایش شدت تنش خشکی، گیاه چمن تلاش کرده است تا با افزایش طول ریشه‌های خود، میزان دسترسی خود به رطوبت را ارتقا دهد. به عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی فرم توزیع ریشه‌ها تغییر نموده و گیاه تلاش کرده است تا با افزایش طول ریشه‌های خود و نفوذ به بخش‌های عمیق‌تر خاک، از رطوبت موجود در بخش‌های زیرین خاک استفاده کند و بواسطهٔ جذب رطوبت بیشتر، امکان اجتناب از خشکی را فراهم سازد (۱۵ و ۱۶).

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه چمن تال فسکیو در آزمایش اول.

Table 3- Mean square that obtained by analysis of variance for studied traits of tall fescue grass in first experiment.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کیفیت بصری Visual quality	سرعت سبز شدن Rate of emergence	درصد سبز شدن Percentage of emergence
کمپوست Compost	10	0.69**	1.08**	8.36**
خطا Error	33	0.16	0.05	1.61
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.09	3.10	1.36

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد
**: significant in 1% level

ns: غیر معنی‌دار
ns: non-significant

جدول ٤- مقایسات میانگین اثر کمپوست بر درصد و سرعت سبز شدن و کیفیت بصری چمن تال فسکیو.

Table 4- Mean comparisons of effect of compost on percentage of emergence, rate of emergence and visual quality of tall fescue grass.

تیمارهای آزمایش Treatments	کیفیت بصری Visual quality	درصد سبز شدن Percentage of emergence	سرعت سبز شدن Rate of emergence (seed/day)
شاهد (خاک بدون اختلاط با کمپوست) Control (without compost)	8.42 ab	95.75 a	8.27 a
اختلاط خاک با ۱۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 10 ton ha^{-1} compost	7.85 b-e	93.50 b-e	7.27 cd
اختلاط خاک با ۲۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 20 ton ha^{-1} compost	7.97 b-d	93.00 c-e	7.05 de
اختلاط خاک با ۳۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 30 ton ha^{-1} compost	7.50 de	93.00 c-e	6.97 d-f
اختلاط خاک با ۴۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 40 ton ha^{-1} compost	7.55 c-e	92.25 ef	6.80 e-g
اختلاط خاک با ۵۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 50 ton ha^{-1} compost	7.32 e	92.00 ef	6.66 fg
اختلاط خاک با ۶۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 60 ton ha^{-1} compost	7.92 b-d	91.00 f	6.54 g
اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 70 ton ha^{-1} compost	8.10 a-c	94.75 a-c	7.59 bc
اختلاط خاک با ۸۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 80 ton ha^{-1} compost	8.22 ab	95.00 ab	7.68 b
اختلاط خاک با ۹۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 90 ton ha^{-1} compost	8.65 a	94.50 a-d	7.51 bc
اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 100 ton ha^{-1} compost	7.55 c-d	92.75 d-f	6.89 ef

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

سلاح‌ورزی و همکاران (۲۳) در بررسی خصوصیات ریشه سه گونه گراس فستوکای تجاری، لولیوم و تال فسکیو در شرایط تنش خشکی بیان نمودند که توده بومی تال فسکیو، از طریق افزایش طول ریشه‌های خود و فراهمی رطوبت قابل دسترس، در استفاده از مکانیسم اجتناب از خشکی جهت مقابله با آن موفق‌تر بوده است. این محققین همچنین اظهار داشتند که توده بومی تال فسکیو، در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش، کمترین میزان مجموع طول ریشه‌ها را دارا بوده است. اما طی اعمال یک دوره تنش خشکی ۱۵ روزه، با ۷۰/۱ درصد افزایش نسبت به شاهد، بالاترین مجموع طول ریشه را از خود نشان داد. علاوه بر این، در مقدار ۹۰ تن کمپوست در هکتار و در شرایط تنش‌های خشکی ملایم و شدید، نسبت به سایر مقادیر کمپوست و در سطوح مشابه تنش، گیاه کمتر به طول ریشه‌های خود افزوده بود. این موضوع نشان می‌دهد که در تیمار ۹۰ تن کمپوست در هکتار، بواسطهٔ افزایش ظرفیت نگهدای آب خاک، گیاه کمتر سطح تنش را درک کرده و لذا بخش کمتری از ماده خشک تولید شده را به توسعه طول ریشه‌ها اختصاص داده است. از این رو، به نظر می‌رسد که این مقدار از کمپوست می‌تواند در شرایط تنش خشکی، باعث بهبود مقاومت گیاه چمن تال فسکیو گردد.

متوسط ضخامت ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی متوسط ضخامت ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین صورت که در مقادیر مختلف کمپوست، بیشترین متوسط ضخامت ریشه در تیمار عدم تنش وجود داشت و در این تیمارها متوسط ضخامت ریشه، بیش از ۱/۷۰ میلیمتر بود. بطور کلی در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، متوسط ضخامت ریشه کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. به گونه‌ای که در تیمار تنش خشکی شدید، متوسط ضخامت ریشه حتی به یک میلیمتر هم نرسید (جدول ۶). علاوه بر این، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با هم و سطوح تنش خشکی ملایم نیز با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی شدید در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار و عدم تنش،

با یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند؛ لکن تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه چمن تال فسکیو در آزمایش دوم.

Table 5- Analysis of variance for studied traits of tall fescue grass in second experiment.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سطح ریشه level of root	وزن خشک ریشه drought weight of root	حجم ریشه volume of root	متوسط ضخامت ریشه average thickness of root	مجموع طول ریشه total length of root
کمپوست Compost (C)	3	12286730 **	2.95 **	0.534 **	0.032 *	34286700 **
تنش خشکی Drought stress (D)	2	135151141 **	36.68 **	3.10 **	3.60 **	810931969 **
کمپوست × تنش خشکی C × D	6	4060353 **	0.924 **	0.357 **	0.027 *	26156567 **
خطا Error	36	389336	0.060	0.023	0.009	425215
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.81	4.74	5.65	7.37	1.58

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد
**: significant in 1% level

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد
*: significant in 5% level

ns: غیر معنی‌دار
ns: non-significant

جدول ٦- مقایسات میانگین اثر متقابل کمپوست و تنش خشکی بر روی صفات مورد مطالعه چمن تال فسکیو در آزمایش دوم.

Table 6- Mean comparisons of interactions of compost and drought stress for studied traits of tall fescue grass in second experiment.

کمپوست compost (ton ha^{-1})	تنش خشکی drought stress	سطح ریشه level of root (mm^2)	وزن خشک ریشه drought weight of root (g/pot)	حجم ریشه Volume of root (mm^3)	متوسط ضخامت ریشه average thickness of root (mm)	مجموع طول ریشه total length of root (mm)
شاهد control	عدم تنش Without stress	32275.7 g	6.89 a	2.44 d	1.72 a	34041.8 f
	تنش ملایم Moderate stress	32571.0 e-g	4.18 c	2.52 d	1.35 b	41777.0 d
	تنش شدید Severe stress	36039.7 c	3.58 d	4.01 a	0.64 d	54606.0 a
70	عدم تنش Without stress	32290.0 fg	6.88 a	2.42 d	1.72 a	34480.8 f
	تنش ملایم Moderate stress	33103.3 ef	4.23 c	2.48 d	1.35 b	41650.8 d
	تنش شدید Severe stress	37180.7 b	3.61 d	3.05 b	0.73 d	48063.0 b
80	عدم تنش Without stress	32293.5 fg	6.90 a	2.39 d	1.73 a	34393.5 f
	تنش ملایم Moderate stress	33116.5 e	4.28 c	2.44 d	1.36 b	41630. 0 d
	تنش شدید Severe stress	37231.0 b	3.65 d	2.92 bc	0.77 d	48022.5 b
90	عدم تنش Without stress	32302.8 e-g	6.91 a	2.34 d	1.73 a	34247.8 f
	تنش ملایم Moderate stress	34867.0 d	5.25 b	2.40 d	1.36 b	40332.0 e
	تنش شدید Severe stress	40714.3 a	5.55 b	2.79 c	0.99 c	43425.3 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

این موضوع به درک کمتر تنش خشکی شدید توسط گیاه در تیمار ۹۰ تن کمپوست در هکتار نسبت داده شد. همچنین با توجه به زیاد شدن مجموع طول ریشه‌ها طی افزایش شدت تنش خشکی، کاهش متوسط ضخامت ریشه تحت افزایش شدت تنش، منطقی به نظر آمده و چنین به نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش خشکی، گیاه تلاش کرده است تا متوسط ضخامت ریشه‌های خود را کاهش و طول ریشه‌های خود را افزایش دهد تا از این طریق، میزان دسترسی خود به رطوبت را ارتقا بخشد. در واقع تولید ریشه‌های نازک‌تر می‌تواند یک استراتژی مناسب در پاسخ به تنش خشکی به منظور جذب آب و مواد غذایی بیشتر باشد (۷ و ۲۳). سلاح ورزی و همکاران (۲۳) نیز در مطالعه خصوصیات ریشه سه گونه گراس فستوکای تجاری، لولیوم و تال فسکیو در شرایط تنش خشکی، کاهش متوسط ضخامت ریشه را طی افزایش شدت تنش گزارش کردند.

حجم ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی حجم ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). به گونه‌ای که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، حجم ریشه افزایش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی و تنش خشکی ملایم با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی شدید در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار تنش خشکی شدید در شرایط عدم مصرف کمپوست در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶). با توجه به افزایش مجموع طول ریشه‌ها طی افزایش شدت تنش خشکی، زیاد شدن حجم ریشه تحت افزایش شدت تنش، منطقی بوده و به نظر می‌رسد که افزایش حجم ریشه چمن طی افزایش شدت تنش خشکی، جهت ارتقای میزان دسترسی به رطوبت بیشتر صورت گرفته است. هر چند حجم ریشه به عنوان یکی از خصوصیات مهم ریشه جهت بررسی نحوه مقابله گیاه با تنش خشکی مطرح است، اما محققین مختلف، عکس العمل‌های متفاوتی را از این خصوصیت در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند. رسام و همکاران (۲۰) و دهقان و همکاران (۵) به ترتیب با بررسی پاسخ ریشه گیاهان زوفا و گوجه-فرنگی در شرایط تنش خشکی، کاهش معنی‌دار حجم ریشه را طی افزایش تنش خشکی عنوان کرده و سلاح‌ورزی و همکاران (۲۳) طی مطالعه خصوصیات ریشه سه گونه گراس چمنی در شرایط تنش خشکی، افزایش معنی‌دار حجم ریشه را طی افزایش شدت تنش گزارش کردند. با این حال به نظر می‌رسد که گیاه چمن به دلیل داشتن ریشه‌های کاملاً سطحی و کم عمق، تلاش می‌کند که در شرایط تنش خشکی، تاحدی حجم ریشه‌های خود را افزایش داده تا از این طریق به رطوبت بیشتری دست پیدا کند. هرچند که در مقدار ۹۰ تن کمپوست در هکتار و در شرایط تنش خشکی شدید، نسبت به سایر مقادیر کمپوست، گیاه بواسطهٔ درک کمتر شدت تنش، کمتر به حجم ریشه‌های خود افزوده بود.

وزن خشک ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی وزن خشک ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین ترتیب که در مقادیر مختلف کمپوست، بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار عدم تنش وجود داشت و در این تیمارها وزن خشک ریشه، بیش از ۶/۸۸ گرم بود. بطور کلی در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، وزن خشک ریشه کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. به گونه‌ای که در تیمار تنش خشکی شدید و در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ و عدم مصرف کمپوست، وزن خشک ریشه حتی به ۳/۷ گرم هم نرسید (جدول ۶). علاوه بر این، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با هم و سطوح تنش خشکی ملایم (به غیر از تیمار ۹۰ کمپوست تن در هکتار) نیز با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶). احتمالاً کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار می‌تواند در شرایط تنش خشکی بواسطهٔ بهبود تهویه خاک، باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌های چمن تال فسکیو گردد. کاهش وزن خشک ریشه در گیاهان با نیاز آبی بالا و حساس به تنش خشکی در منابع مختلف گزارش شده است. هنگ و گائو (۱۲) در بررسی ویژگی‌های ریشه مرتبط با مقاومت به تنش خشکی در گیاه tall fescue کاهش وزن خشک ریشه را طی افزایش شدت تنش خشکی عنوان کردند. در تحقیقی دیگر، رسام و همکاران (۲۰) در مطالعه اثر تنش خشکی بر خصوصیات ریشه گیاه دارویی زوفا، کاهش ۵۶ درصدی وزن خشک ریشه را تحت اعمال شدت تنش خشکی شدید گزارش نمودند. به نظر می‌رسد که با پیشرفت تنش خشکی ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش پیدا کرده و به دنبال آن، اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها کاهش یافته (۲) و همین امر سبب کاهش وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی شده است.

سطح ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی سطح ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین صورت که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش

به تنش شدید)، سطح ریشه افزایش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی ملایم در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار و عدم تنش، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار داشتند؛ بیشترین سطح ریشه نیز در تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار وجود داشت و این تیمار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی، به تنهایی در بالاترین رتبه قرار گرفت (جدول ۶). از این رو، به نظر می‌رسد که کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار می‌تواند در شرایط تنش خشکی شدید، در افزایش معنی‌دار سطح ریشه‌های چمن تال فسکیو موثر باشد. بطور کلی در زمان وقوع تنش خشکی، محتوی رطوبتی خاک، بطور قابل توجهی کاهش یافته و مولکول‌های ناچیز آب موجود در خاک، بواسطهٔ نیروی مکش زیادی که از طرف ذرات خاک به آنها وارد می‌شود (پتانسیل ماتریک) به ذرات خاک می‌چسبند (۱۰ و ۱۶). از این رو، گیاهان تلاش می‌کنند تا بطور آگاهانه به منظور قابل دسترس ساختن هرچه بیشتر این مقدار آب اندک، سطح تماس ریشه‌های خود با ذرات خاک را گسترش دهند (۲۱). خصوصاً اینکه بر خلاف لایه‌های سطحی خاک که در شرایط تنش خشکی، به سرعت رطوبت خود را از دست می‌دهند، در اعماق پایین‌تر خاک، فراهمی رطوبت قابل دسترس، بیشتر می‌باشد و افزایش طول و سطح ریشه‌ها می‌تواند در دستیابی گیاه به رطوبت موثر واقع شود (۲۱). در این میان، انجام اقدامات کمک کننده به تحقق این هدف (همچون کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار برای چمن تال فسکیو در پژوهش حاضر) می‌تواند گام موثری در بهبود مقاومت گیاه به تنش خشکی تلقی گردد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، با افزایش شدت تنش خشکی، خصوصیات مجموع طول، حجم و سطح ریشه افزایش و صفات وزن خشک و متوسط ضخامت ریشه کاهش پیدا کردند. این نتایج، بازگوننده این مطلب هستند که گیاه چمن تال فسکیو بطور هوشمندانه‌ای تلاش کرده است تا در راستای افزایش فراهمی رطوبت قابل دسترس برای خود، با تنش خشکی مقابله کند. همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار بواسطهٔ اثرات مثبتی همچون افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش تخلخل و تهویهٔ خاک، بطور معنی‌داری در بهبود خصوصیات ریشه مطالعه شده برای چمن تال فسکیو در شرایط تنش خشکی تاثیرگذار بود. بطوری که در کمپوست ۹۰ و سطح تنش شدید، نسبت به کمپوست ۸۰ و سطح تنش مشابه، خصوصیات سطح، وزن خشک و متوسط ضخامت ریشه، بطور معنی‌داری و به ترتیب به میزان ۹/۳۶، ۵/۲۰ و ۲۸/۵۷ درصد افزایش پیدا کردند. از این رو، بکارگیری این مقدار کمپوست برای چمن تال فسکیو در شرایط کم آبی و وقوع تنش‌های رطوبتی توصیه می‌گردد.

منابع

1- Arshadi, J., and Asgharipour, M.R. 2011. The Effects of Seed Size on Germination and Early Seedling Growth of Pelleted Seeds of Sugar Beet. Journal of Applied Sciences Research, 7(8):1257-1260.
2- Arshadi, M.J. 2016. Investigation of the effect of seeds inoculation of chickpea (*Cicer arietinium* L.) with arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza in response to drought stress. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)
3- Bahremand, M.R., Afyuni, M., Hajabbassi, M.A., and Rezaeinejad, Y. 2003. Effect of Sewage Sludge on Soil Physical Properties**.** Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6(4):1-9. (In Persian with English abstract)
4- Casado-Vela, J., Sellés, S., Navarro, J., Bustamante, M.A., Mataix, J., Guerrero, C., and Gomez, I. 2006. Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils. Waste Management, 26(9):946-952.
5- Dehghan, H., Alizadeh, A., Esmaili, K., and Nemati, H. 2015. Root growth, yield and yield components of tomato in drought stress. Journal of Water Research in Agriculture, 29(2):169-180. (In Persian with English abstract)
6- Duncan, R.R. and Shuman, L.M. 1993. Acid soil stress response of zoysiagrass. International Turfgrass Society Research Journal, 7:805-811.
7- Eissenstat, D.M. 1992. Costs and benefits of constructing roots of small diameter. Journal of Plant Nutrition, 15:763-782.
8- Fallahiyan, A. 2001. Grass, Construction and Maintenance Technology. Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad. (In Persian)
9- Foley, B.J., and Cooperband, L.R. 2002. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. Journal of Environmental Quality, 31(6):2086-2095.
10- Ganjali, A. 2005. Investigation of Physio-morphological aspects of drought resistance in chickpea genotypes (*Cicer arientinum* L.). Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with

English abstract)
11- Gazanchian, A., Sima, K.K., Nayer, A., Malboobi, M.A., and Majidi Heravan, E. 2006. Relationships between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop science, 46(2):544-553.
12- Huang, B., and Gao, H. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science, 40:196-203.
13- Islamic Republic News Agency (IRNA). 2018. Official news agency of the Islamic Republic of Iran. (In Persian)
14- Jiang, Y., and Huang, B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science, 42(1):202-207.
15- Kafi, M., Borzuie, A., Salehi, M., Kamandi, M., Masumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad. (In Persian)
16- Khaje Poor, M.R. 2004. Principles of Agronomy. Jihad Daneshgahi Publications of Isfahan. (In Persian)
17- Lee, J.J., Park, R.D., Kim, Y.W., Shim, J.H., Chae, D.H., Rim, Y.S., and Kim, K.Y. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. Bioresource Technology, 93(1):21-28.
18- Movahedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A.R., and Kavoosi, B. 2010. The effect of cyclocel on proline, soluble sugars, protein, oil content and fatty acids of flaxseed oil (*Linum ussitatissimum*) Under drought stress conditions in pot cultivation. Journal of Environmental Stress in Crop Sciences, 3(2):129-138. (In Persian with English abstract)
19- Nazmi, L., Shaban Poor, M., and Hashemi, M. 2011. Effect of type and amount of waste compost on physical properties of two soil types. Journal of Soil Research, 25(2):93-102. (In Persian with English abstract)
20- Rassam, G.A., Khoshnud Yazdi, A., Dadkhah, A.R., and Rostami, M. 2012. Effect of drought stress on root and shoot traits of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). National Symposium on Natural Products and Medicinal Plants, 26 and 27 September, 2012. Bojnourd, North Khorasan University of Medical Sciences. (In Persian with English abstract)
21- Qian, Y.L., and Fry, J.D. 1996. Irrigation frequency affects zoysia grass rooting and plant water status. Horticultural Science, 31(2):234-237.
22- Sakr, W.R.A. 2009. Response of paspalum turf grass grown in sandy soil to trinexapac-ethyl and irrigation water salinity. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 1:15-26.
23- Selahvarzi, Y., Tehranifar, A., Gazanchian, A., and Arooei, H. 2008. Drought resistance mechanisms of native and commercial turf grasses under drought stress: I. Root responses. Journal of Horticultural Sciences, 22(2):1-11. (In Persian with English abstract)
24- Tehranifar, A., Selahvarzi, Y., Gazanchian, A., and Arooei, H. 2009. Drought resistance mechanisms of native and commercial turf grasses under drought stress: II. Shoot responses. Journal of Horticultural Sciences, 23(1):1-9. (In Persian with English abstract)
25- Zaeri, A., Rezaei Nezhad, Y., Afyooni, M., and Shariat Madari, H. 2005. Cumulative and residual effects of sewage sludge on aggregate stability, permeability and bulk density of soil. Scientific Journal of Agriculture, 28(1):101-110. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 155-167
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۶۷-۱۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluating the Effect of Mixing Different Amounts of Municipal Solid Waste (MSW) Compost with Soil on Root Properties of Tall Fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) Under Moisture Stress Conditions

M. Sadat Farizani[1]- H. R. Khazaie[2*]- Gh. A. Gazanchian[3]

Received: 28-07-2018
Accepted: 02-02-2019

Introduction: Significant impact of green space in the beautification of urban space and creating attractive face for cities has caused to per capita of urban green space be introduced as an important factor in urban development, especially in metropolitan areas. Meanwhile, the important role of covert plants, especially lawn grasses, in creating green spaces has caused to add quickly the area of these beautiful plants in the cities. On the other, existence of plants with high water requirements between the lawn grasses, have created limitations in terms of water requirements supply. The grass planted in the country is mainly from imported seed types that are not so compatible with dry and semi-arid conditions in our country. Sometimes from this point of view, they create limitations in terms of water supply. Hence, given the limited water resources in Mashhad city and the grass surface area in this city (which is more than 400ha), attempts at the removal of this limitation are necessary. Thus, this research was done with aim of evaluating the effect of mixing different amounts of MSW compost with soil on some root properties of Tall Fescue native grass, under moisture stress conditions.

Materials and Methods: The present study, was conducted in the form of two experiments, in research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad in 2016. The first experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. The experimental treatments consisted of ten different levels of compost mixing with soil (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 ton ha^{-1}) and control treatment (agronomic soil without mixing compost). According to the results of the first experiment, three superior compost ingredients were selected and included in the second experiment. In the second experiment, these were considered, three values of 70, 80 and 90 tons of compost per hectare plus control (no compost consumption) as the first factor and three levels of moisture stress of 25, 50 and 100 percent of field capacity as intense stress, mild stress and non-stress, respectively as the second factor. They were compared in factorial pattern by a completely randomized design with four replications. So that, their effects should be investigated on some of the characteristics of the grass root of Tall fescue.

Results and Discussion: The Results of the first experiment showed that the amounts of 70, 80 and 90 tons per hectare increased significantly the percentage and the rate of grass emergence due to increased fertility and higher water holding capacity and in these treatments, the positive effect of rising water holding capacity has been dominated on negative effect of electrical conductivity of the soil and this topic has led to an improvement in the percentage of grass emergence in these treatments. Furthermore, in the amounts of 70, 80 and 90 tons of compost per hectare, the bulk density of soil significantly decreased and the C/N ratio dramatically increased. In the second experiment, the interactions between different amounts of compost and drought stress levels were significant on all studied traits of grass root. So that, with increasing drought stress severity in different amounts of compost, characteristics of total length of root, volume of root and level of root would be increased and traits of drought weight of root and average thickness of root would be decreased. The results showed that in the treatment of 90 tons of compost per hectare, the plant has understood less level of the stress due to increased water holding capacity. Therefore, the lower part of the dry matter allocated to the development of roots.

Conclusion: By increasing severe of drought stress characteristics of total length of root, volume of root and level of root were increased and traits of drought weight of root and average thickness of root were decreased, it seems that tall fescue grass cleverly has tried to deal with for confronting drought stress with target of increase the amount of moisture available for itself. Also, based on the findings of this study, application of 90 tons of compost per hectare significantly improved root studied traits for tall fescue grass in drought stress conditions. Therefore, using this amount of compost for tall fescue grass in low water conditions and occurrence of moisture

1 And 2- Ph.D student of Crop Physiology and Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: Khazaie41@yahoo.com)
3- Associate Professor in Forests and Rangelands Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

stresses is recommended.

Keywords: Germination, Root and Grass

Contents

The Effects of Deficit Irrigation, Nitrogen Levels and Bulb Size on Seed Yield and Reproduction Traits of Onion (*Allium cepa* var. Ghooli gheseh) 10
S. Malekani - A. Golchin – S. Shafiei

Effect of Nitrogen and Phosphate Bio-fertilizer on Qualitative and Quantitative Characteristics of Azarshahr Red Onion Cultivar 26
A.R. Imani - M. Arshad

Genetic Variability, Correlation and Path Analysis in Iranian Onion Landraces 37
S. A. Mousavizadeh

The Effect of Light Quality and Cultivar on some Physiological and Vegetative Characteristics of Melon (*Cucumis melo* Gr. Inodorus) Transplant 49
A. Rashidi - S. H. Nemati- N. Bozorg

Effect of Nitric Oxide and Arbuscular Mycorrhiza on some Physiological Traits of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) Plant under Salinity Stress 63
A. Safarzade - G. Barzin- D. Talei

The Study of Nitric Oxide (NO) Effect on Proliferation and Rhizogenesis of the MM0 and MM Apple Rootstocks Micro Cutting under *In vitro* Conditions 77
S. M. H. Hayatolgheibi - A. A. Mozafari

The Effect of Foliar Application of Ascorbic Acid and Calcium Lactate on Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper 87
M. Fateh - T. Barzegar- F. Razavi

Investigation on Eco-physiological Responses of Grafted and Non-grafted Plants in Two Iranian Melon Accessions under Salinity Stress 100
E. Rajabipour -M. Raghami- H. R. Karimi- R. Salehi

Physiological and Biochemical Responses of Strawberries Affected by Seaweed Extract under Iron Deficiency Conditions 111
Rahimian – M. Esna-Ashari – H. Sarikhani

Comparison of Minerals and Bioactive Compounds of Six Vegetable Species in Microgreen Stage in Hydroponic and Soil Production Systems 125
L. Poorshahabadi - S. H. Mirdehghan - H. R. Roosta

Effect of Colchicine on Polyploidy Induction and Its Effects on Morphophysiological and Biochemical Properties of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) 139
A. H. Keshtkar - N. Fallahi- M. R. Abdollahi- H. Sarikhani- H. Safari- J. Mohseni Araghi

Genetic Diversity among Mango (*Mangifera indica* L.) Genotypes in Hormozgan Province Using Morphological and ISSR Markers 154
A. Bagheri - H. Hassanzadeh Khankahdani - V. Ghanbari - M. Askari Seyahooei- S. S. Modarres Najafabadi

Evaluating the Effect of Mixing Different Amounts of Municipal Solid Waste (MSW) Compost with Soil on Root Properties of Tall Fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) Under Moisture Stress Conditions 167
M. Sadat Farizani - H. R. Khazaie- Gh. A. Gazanchian

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 33 No. 1 2019

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.
Khanizadeh,SH.	Research Scientist	Bioproducts and Bioprocesses, Agriculture and Agri-Food Canada.
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.
Fallahi,E.	Horticultural Sciences	Department of Plant Sciences, University of Idaho.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Plant Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
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