نشریه علمی
علـوم باغبـانی
(علوم و صنایع کشاورزی)

شاپا: ۲۰۰۸-۴۷۳۰

دانشگاه فردوسی مشهد
Ferdowsi University of Mashhad

جلد ۳۵ شماره ۴
سال ۱۴۰۰

شماره پیاپی ۵۲

عنوان مقالات

مقایسه عملکرد، کیفیت میوه و برخی صفات بیوشیمیایی چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی، در سیستم کشت بدون خاک ۴۵۹
آلاله رضوان- سید عبدالله افتخاری- رضا صالحی محمدی- فریده صدیقی دهکردی

تعیین آللوتیپ ژن *S-RNase* و ناحیه پیشبر ژن *MdMYB0* در چند ژنوتیپ سیب (*Malus* spp.) ۴۶۹
معصومه وکیلی قرطاول- ناصر مهنا

اثر تنش خشکی بر متغیرهای جوانه‌زنی بذر و صفات فیزیولوژیکی گیاه ختمی زینتی (*Alcea rosea* L.) ۴۷۹
تکتم اورعی- محمود شور- علی تهرانی فر- سیدحسین نعمتی

غربالگری برخی ارقام تجاری زردآلوی ایران با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره با هدف شناسایی هم‌نامی‌ها ۴۹۳
مهدی رضائی- میترا رحمتی- عبدالرضا کاوند- مرتضی همتی- سیدرضا کاظمی

بررسی ارزش غذایی و کیفیت ظاهری میوه ده رقم پرتقال (*Citrus sinensis*) روی پایه نارنج (*Citrus aurantium*) ۵۰۷
اعظم سیدی- زینب فیروزبخت- مریم احمدزاده

بررسی اثر اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار 'سوپر دامینوس' (*Cucumis sativus* L.) تحت تنش خشکی ۵۲۱
میثم نجفی- حسن آروبی- محمدحسین امینی فرد

واکنش ریحان (*Ocimum bacilicum* L.) به سیستم‌های مختلف تغذیه در کشاورزی اکولوژیک ۵۳۵
سهیلا چهاربندی- فائزه زعفریان- وحید اکبرپور- محمد کاوه

بررسی ارتباط سطح کشت و عملکرد زعفران در بخش کدکن تربت حیدریه ۵۴۹
محبوبه ناصری- عباس عباسیان

ارزیابی اثر متقابل نیتروژن و زمان برداشت بر عملکرد رویشی، کمیت و کیفیت اسانس چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.) ۵۶۱
فرج مویدی- سجاد کردی- علی اشرف مهرابی- سهیلا دست برهان

ارزیابی تأثیر اقلیم بر مواد مؤثره زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) در منطقه بناب شهرستان مرند ۵۷۸
سعیده علیزاده سالطه- مینا امانی

ارزیابی تأثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر رشد گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری ۵۹۱
محدثه شمس الدین سعید- محمود رمرودی

بررسی اثرات کائولین و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی زیتون تحت تنش خشکی ۶۰۵
صادق عزیزی فر- وحید عبدوسی- رحمت اله غلامی- مهرداد قوامی- علی محمدی ترکاشوند

مطالعه اثر هرس بوته بر عملکرد بادمجان (*Solanum melongena* cv. Bellen) در شرایط گلخانه ۶۲۱
کریم عرب سلمانی- امیرهوشنگ جلالی- پیمان جعفری

تأثیر کتیرا روی برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و مرتبط با عملکرد دانه گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) تحت شرایط خشکی ۶۳۱
یوسف سهرابی- هاوری کیانی

بهینه‌سازی نوع ترکیب تنظیم کننده رشد گیاهی و نمک‌های محیط کشت در ریزازدیادی گیاه سینگونیوم (*Syngonium podophyllum* L.) ۶۶۰
احمد شریفی- مریم مرادیان- نسیم صفری- آزاده خادم- سیده مهدیه خرازی

Journal of Horticultural Science
(Agricultural Science and Technology)

ISSN:2008-4730

Vol. 35 No. 4
2022

Contents

Comparison of Yield, Fruit Quality and Some Biochemical Traits of Four Cherry Tomato Varieties in Soilless Culture 468
A. Rezvan - S.A. Eftekhari- R. Salehi Mohammadi- F. Sedighi Dehkordi

Allelotyping of *S-RNase* Gene and Promoter Region of *MdMYB0* Gene in some Genotypes of Apple (*Malus* spp.) 477
M. Vakili-Gartavol - N. Mahna

Effect of Drought Stress on Seed Germination Variables and Physiological Traits of Ornamental Hollyhock (*Alcea rosea* L.) 492
T. Oraee - M. Shoor- A. Tehranifar- S.H. Nemati

Screening of some Iranian Commercial Apricot Cultivars by SSR Markers for Identification of Synonyms 505
M. Rezaei - M. Rahmati- A.R. Kavand- M. Hemati- S.R. Kazemi

Evaluation of Pomological Characteristics and Fruit Quality of Ten Orange (*Citrus sinensis*) Cultivars on Sour Orange (*Citrus aurantium*) Rootstock 520
A. Seyedi - Z. Firoozbakht - M. Ahmadzadeh

Effects of Humic Acid and Amino Acid on some Growth Traits on Super Daminus Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Drought Stress 533
M. Najafi - H. Arouiee - M.H. Aminifard

Reaction of Sweet Basil (*Ocimum bacilicum* L.) to Different Fertilizing System in an Agroecosystem 547
S. Charbandi - F. Zaefarian- V. Akbarpour- M. Kaveh

Investigating the Relationship between Cultivation Area and Saffron Yield in Torbat-e Heydariyeh Kadkan Town 560
M. Naseri - A. Abbasian

Evaluation of Nitrogen and Harvest Time Interaction on Yield, Quantity and Quality of Essential Oil of Four Cultivars of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) 577
F. Moayedi - S. Kordi - A.A. Mehrabi - S. Dastborhan

Evaluation of Climate Effect on Saffron's Metabolites (Crocin, Picrocrocin and Safranal) in Bonab Region of Marand 590
S. Alizadeh-Salteh - M. Amani

Evaluation of the Effect of Biochar Obtained from Different Pyrolysis Temperatures on the Mariold Growth under Salt Stress 604
M. Shamsaddin Saied -M. Ramroudi

Evaluation of the Effects of Kaolin and Salicylic Acid on Yield and some Physiological Responses of Olives under Drought Stress 619
S. Azizifar - V. Abdossi- R. Gholami- M. Ghavami- A. Mohammadi Torkashvand

Study the Effect of Plant Pruning on Eggplant (*Solanum melongena* cv. Bellen) Yield in Greenhouse Condition 630
K. Arabsalmani - A. Hooshang Jalali - P. Jafari

Effect of Tragacanth on some Morpho-physiological Characteristics related to Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Yield under Drought Stress Conditions 645
Y. Sohrabi -H. Kiani

Optimization Plant Growth Regulation Type and Culture Medium Salts in the Micropropagation of Syngonium (*Syngonium podophyllum* L.) 660
A. Sharifi- M. Moradian- N. Safari- A. Khadem- M. Kharrazi

نشریه علمی علوم باغبانی
جلد ۳۵ شماره ۴ سال ۱۴۰۰
Journal of Horticultural Science Vol. 35 No. 4 2022

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

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

جلد 35 شماره 4 زمستان 1400

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

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

اعضای هیئت تحریریه:

آرویی، حسین	دانشیار- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
توکل افشاری، رضا	استاد- فیزیولوژی بذر(دانشگاه فردوسی مشهد)
تهرانی فر، علی	استاد- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
شور، محمود	دانشیار- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
حقیقی، مریم	دانشیار- علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)
خانی زاده، شاهرخ	پژوهشگر - موسسه کشاورزی و غذا اوتاوا کانادا
داوری نژاد، غلامحسین	استاد- علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
راحمی، مجید	استاد - علوم باغبانی (دانشگاه شیراز)
زمانی، ذبیح اله	استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
شریفانی، محمد مهدی	دانشیار- علوم باغبانی (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
عزیزی، مجید	استاد- گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)
عبادی، علی	استاد- علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
فلاحی، اسماعیل	استاد- گروه علوم باغبانی دانشگاه آیداهوی آمریکا
فارسی، محمد	استاد- ژنتیک واصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
کافی، محسن	استاد- گلکاری ومهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
لاهوتی، مهرداد	استاد- فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

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

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

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

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

مقایسه عملکرد، کیفیت میوه و برخی صفات بیوشیمیایی چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی، در سیستم کشت بدون خاک 459
آلاله رضوان- سید عبدالله افتخاری- رضا صالحی محمدی- فریده صدیقی دهکردی

تعیین آللوتیپ ژن *S-RNase* و ناحیه پیشبر ژن *MdMYB0* در چند ژنوتیپ سیب (*Malus* spp.) 469
معصومه وکیلی قرطاول- ناصر مهنا

اثر تنش خشکی بر متغیرهای جوانه‌زنی بذر و صفات فیزیولوژیکی گیاه ختمی زینتی (*Alcea rosea* L.) 479
تکتم اورعی- محمود شور- علی تهرانی فر- سیدحسین نعمتی

غربالگری برخی ارقام تجاری زردآلوی ایران با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره با هدف شناسایی هم‌نامی‌ها 493
مهدی رضائی- میترا رحمتی- عبدالرضا کاوند- مرتضی همتی- سیدرضا کاظمی

بررسی ارزش غذایی و کیفیت ظاهری میوه ده رقم پرتقال (*Citrus sinensis*) روی پایه نارنج (*Citrus aurantium*) 507
اعظم سیدی- زینب فیروزبخت- مریم احمدزاده

بررسی اثر اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار 'سوپر دامینوس' (*Cucumis sativus* L.) تحت تنش خشکی 521
میثم نجفی- حسن آرویی- محمدحسین امینی فرد

واکنش ریحان (*Ocimum bacilicum* L.) به سیستم‌های مختلف تغذیه در کشاورزی اکولوژیک 535
سهیلا چهاربندی- فائزه زعفریان- وحید اکبرپور- محمد کاوه

بررسی ارتباط سطح کشت و عملکرد زعفران در بخش کدکن تربت حیدریه 549
محبوبه ناصری- عباس عباسیان

ارزیابی اثر متقابل نیتروژن و زمان برداشت بر عملکرد رویشی، کمیت و کیفیت اسانس چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.) 561
فرج مویدی- سجاد کردی- علی اشرف مهرابی- سهیلا دست برهان

ارزیابی تأثیر اقلیم بر مواد مؤثره زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) در منطقه بناب شهرستان مرند 578
سعیده علیزاده سالطه- مینا امانی

ارزیابی تأثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر رشد گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری 591
محدثه شمس الدین سعید- محمود رمرودی

بررسی اثرات کائولین و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی زیتون تحت تنش خشکی 605
صادق عزیزی فر- وحید عبدوسی- رحمت اله غلامی- مهرداد قوامی- علی محمدی ترکاشوند

مطالعه اثر هرس بوته بر عملکرد بادمجان (*Solanum melongena* cv. Bellen) در شرایط گلخانه 621
کریم عرب سلمانی- امیرهوشنگ جلالی- پیمان جعفری

تأثیر کتیرا روی برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و مرتبط با عملکرد دانه گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) تحت شرایط خشکی 631
یوسف سهرابی- هاوری کیانی

بهینه‌سازی نوع ترکیب تنظیم کننده رشد گیاهی و نمک‌های محیط کشت در ریزازدیادی گیاه سینگونیوم (*Syngonium podophyllum* L.) 647
احمد شریفی- مریم مرادیان- نسیم صفری- آزاده خادم- سیده مهدیه خرازی

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 459-468
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۶۸-۴۵۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

مقایسه عملکرد، کیفیت میوه و برخی صفات بیوشیمیایی چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی، در سیستم کشت بدون خاک

آلاله رضوان[۱]- سید عبدالله افتخاری[۲*]- رضا صالحی محمدی[۳]- فریده صدیقی دهکردی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۰

چکیده

این پژوهش به منظور مقایسه عملکرد، کیفیت میوه و برخی صفات بیوشیمیایی چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی (Cherry Belle، Belize، Baby Tom و Sogno) در سیستم کشت بدون خاک در گلخانه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز در سه تکرار و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید. مطابق نتایج این پژوهش، رقم Cherry Belle بیش‌ترین (۲/۹۲ کیلوگرم در بوته) و رقم Belize کم‌ترین (۱/۶۳ کیلوگرم در بوته) عملکرد در بوته را نشان دادند. بیش‌ترین وزن تک میوه در رقم Cherry Belle (۱۱/۱۳ گرم) و بیش‌ترین تعداد میوه در بوته در رقم Sogno (۲۹۵ عدد) مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول در رقم Baby Tom (۴/۸۶ درجه بریکس) و بیش‌ترین مقدار ویتامین ث در رقم Cherry Belle (۲۸/۲۴ میلی‌گرم در ۱۰۰گرم وزن تر میوه) مشاهده گردید. صفات بیوشیمیایی مورد بررسی در این آزمایش شامل لیکوپن، نیترات و نیتریت میوه و رنگیزه‌های فتوسنتزی بودند. در بین ارقام از نظر میزان لیکوپن تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت و بیش‌ترین میزان آن در رقم Cherry Belle مشاهده گردید. موقعیت خوشه بر مقدار نیترات و نیتریت میوه اثر معنی‌دار در سطح یک درصد نشان داد. بیش‌ترین میزان نیترات میوه در خوشه چهارم (۰/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کم‌ترین میزان آن در خوشه دهم (۰/۱۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد. بیش‌ترین میزان نیتریت در خوشه اول (۰/۵۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کم‌ترین میزان آن در خوشه دهم (۰/۱۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) وجود داشت. در مجموع، رقم Cherry Belle بهترین نتیجه را برای عملکرد، شاخص برداشت و ویتامین ث و بیش‌ترین میزان لیکوپن و کم‌ترین میزان تجمع نیترات و نیتریت میوه را دارا بود، لذا این رقم جهت کشت در گلخانه‌های اهواز توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گوجه فرنگی، عملکرد، لیکوپن، مواد جامد محلول، نیترات

مقدمه

گوجه‌فرنگی یکی از مهم‌ترین سبزی‌های میوه‌ای در سراسر جهان است (۱۳). در تیره بادنجانیان بعد از سیب‌زمینی، بیش‌ترین سطح کشت در دنیا به گوجه‌فرنگی اختصاص دارد (۲۶). سهم کشورهای آسیایی در تولید جهانی گوجه‌فرنگی در حدود ۶۰/۵ درصد می‌باشد که کشور چین با ۵۰ میلیون تن بیش‌ترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده است و تولید آن در ایران ۶ میلیون تن در سال می‌باشد (۷). براساس این جایگاه ویژه جهانی، کشت‌وکار آن در مزرعه، گلخانه و محیط‌های حفاظت شده در سیستم‌های مختلف کشت (خاکی و هیدروپونیک) در سطح تجاری توسعه یافته است (۱۸). گوجه‌فرنگی گیلاسی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* به عنوان یک واریته گیاهشناسی از گوجه فرنگی می‌باشد، که دارای میوه‌های کوچک، به اندازه یک بند انگشت تا به اندازه یک توپ گلف (۱/۵ تا ۳/۵ سانتی‌متر قطر)، به شکل گرد تا کمی کشیده و به رنگ‌های مختلف، روی یک گل آذین طویل می‌باشد، که به طور عمده برای مصرف تازه‌خوری استفاده می‌شود (۱۳ و ۱۶)، و همچنین در کشورهای آسیایی به عنوان محصول تجاری محسوب شده است (۹). گوجه‌فرنگی گیلاسی، در سراسر جهان به دلیل ویژگی‌های مطلوب (منبع خوبی از ویتامین‌های

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گرایش سبزی‌کاری، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: eftekhari_9t@yahoo.com)
۳- استادیار گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

DOI: 10.22067/JHS.2021.60924.0

آ و ث، مواد جامد محلول، طعم، کالری کم و تشکیل میوه حتی در دمای بالا) به محصولی محبوب تبدیل شده است. گوجه‌فرنگی گیلاسی منبع ژرم پلاسم برای فراهم آوردن مقاومت به بیماری و سازگاری با فصول سرد و گرم است (۱۶). گرچه عملکرد این نوع گوجه فرنگی نسبت به انواع معمولی کم تر می‌باشد، اما ویژگی ظاهری، طعم و توانایی آن جهت سازگار شدن با شرایط آب و هوایی مختلف و پایداری و ماندگاری طولانی میوه پس از برداشت (۲۲) و به طور کلی با افزایش روز افزون تقاضا برای توسعه ارقام پر محصول با مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده و مناسب برای تازه‌خوری و فرآوری، تمایل به افزایش کشت آن را روزافزون ساخته است. بنابراین ارزش بالقوه گوجه‌فرنگی گیلاسی از طریق ارزیابی گونه‌های کشت شده برای ویژگی‌های مطلوب تحت شرایط آب و هوایی مناطق مختلف اثبات می‌شود (۱۶).

انتخاب رقم یکی از مهم‌ترین تصمیمات مدیریتی است (۱۰) و با وجود واریته‌های فراوان موجود می‌تواند امری خطیر به نظر برسد. ارقام در صفاتی همچون رنگ، شکل، اندازه، طعم و مزه، زودرسی، عادت رشدی، نحوه مصرف، زمان کاشت و مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها متفاوت هستند (۳). برای انتخاب یک رقم مناسب، پرورش‌دهندگان باید به تقاضای بازار و ویژگی‌های میوه از نظر صفات مذکور، سازگاری و پتانسیل عملکرد ارقام توجه کنند (۲۱). مطالعات کشاورزی با تمرکز بر توسعه و یا بهبود گونه‌های جدید از میوه‌ها معمولا بهره‌وری، مقاومت در برابر بیماری‌ها، پاسخ به باروری و محتوای غذایی بالاتر را در اولویت قرار می‌دهند (۲۰).

این سبزی منبع عمده‌ای از ویتامین‌ها، مواد معدنی، فلاونوئیدها، اسیدهای فنلی و کارتنوئیدها است که برای تغذیه و سلامت انسان مهم هستند (۵). گوجه‌فرنگی به دلیل سطح بالای لیکوپن که یک کارتنوئید مسئول رنگ قرمز میوه است، مانع از تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود و مصرف آن رابطه عکس با بروز برخی از انواع سرطان‌ها (سرطان پروستات، ریه و معده)، اختلالات قلبی و عروقی و سکته مغزی دارد (۱۴ و ۲۰).

قسمت عمده نیترات و نیتریتی که به بدن انسان وارد می‌شود، از طریق مصرف سبزی‌ها می‌باشد، به طوری‌که در حدود ۸۵ درصد نیترات و ۱۶-۴۳ درصد نیتریت موجود در رژیم غذایی از این طریق وارد سیستم گوارشی می‌گردد (۱۵). نیترات تجمع یافته در سبزی‌ها به نیتریت و نیتروز اسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمین‌های نوع اول و دوم، نیتروزآمین‌ها تولید می‌شوند که مخاطرات بهداشتی آنها به اثبات رسیده است (۱۵). حضور نیترات و نیتریت در غذا با افزایش خطر سرطان‌های معده و روده در افراد بزرگسال و بیماری مت هموگلوبینمیا در افراد خردسال همراه است (۲۳). طبق استانداردهای جهانی حداکثر میزان دریافت مجاز نیترات و نیتریت به‌ترتیب ۳/۶۵ و ۰/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن تعیین شده است (۴). مقدار نیترات سبزی‌ها به شماری از عوامل داخلی و خارجی بستگی دارد. از عوامل خارجی می‌توان نور، زمان از روز، دما، فصل، عرضه آب، رطوبت نسبی، غلظت CO_2 در هوا، فلزات سنگین، علف‌کش‌ها، خواص شیمیایی خاک، زمان و روش برداشت، شرایط نگهداری و ... و از جمله مهم‌ترین عوامل داخلی، ویژگی ژنتیکی در تجمع نیترات (تفاوت بین گونه‌ها و تفاوت در ارقام) را ذکر نمود. (۲۴).

رنگیزه‌های فتوسنتزی جذب انرژی نورانی برای فتوسنتز را به عهده دارند. کلروفیل‌ها رنگیزه‌های معمول موجودات فتوسنتز کننده هستند و کلروفیل a و کلروفیل b در گیاهان به تواتر وجود دارند. انواع مختلف کاروتنوئیدها در موجودات فتوسنتز کننده وجود دارند. این رنگیزه‌ها لازمه ساختار غشاهای تیلاکوئیدی هستند و با بسیاری از پروتئین‌هایی که در دستگاه فتوسنتزی دخالت دارند، رابطه تنگاتنگی دارند. نور جذب شده توسط کارتنوئیدها به کلروفیل منتقل شده و برای فتوسنتز استفاده می‌شود؛ از این جهت به آن‌ها رنگیزه‌های کمکی گفته می‌شود. کارتنوئیدها همچنین در مقابل تخریب نوری از سلول گیاهی محافظت می‌کنند (۱۲). بنابراین آزمایش کشت ارقام جدید و انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها روش مناسبی به نظر می‌رسد، تا ارقام و ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و سازگاری بالا به شرایط منطقه را در دسترس کشاورزان قرار دهیم. هدف از این طرح، شناسایی ارقامی از گوجه‌فرنگی گیلاسی با عملکرد و سازگاری مطلوب در سیستم کشت بدون خاک در گلخانه و شرایط آب‌وهوایی اهواز بود.

مواد و روش‌ها

عملیات اجرایی این تحقیق از پاییز ۱۳۹۳ تا بهار ۱۳۹۴، در گلخانه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهوازکه از نظرجغرافیایی در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است، انجام شد. پژوهش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (بدلیل یکسان نبودن فاکتورهای محیطی در کل گلخانه) با چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسیCherry Belle، Belize، Baby Tom و Sogno (شرکت Seminis، آمریکا)، در سه تکرار و در هر تکرار با سه بوته (به عنوان مشاهده)، صورت گرفت. در اواسط آذرماه در سینی‌های کشت حاوی بستر کوکوپیت، در گلخانه با دمای روز ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد و شب ۲±۱۸ درجه سانتی‌گراد کشت شدند. جهت تغذیه نشاءها، از کود کامل فوسامکو۴ [ازت (N): ۱۰۰، پتاس (K_2O): ۷۰، فسفات (P_2O_5): ۴۰، منیزیم (Mg): ۱/۸، منگنز (Mn EDTA): ۱/۳، مس (Cu EDTA): ۱، روی (Zn EDTA): ۰/۷، بر (B): ۰/۲، آهن (Fe EDTA): ۰/۰۷ و مولیبدن (Mo): ۰/۰۳، (مقادیر برحسب گرم/لیتر می‌باشند).] استفاده گردید. ۱۷ روز پس از کشت بذر، در مرحله ظهور برگ‌های حقیقی، محلول‌دهی با غلظت ۵-۳ گرم در یک‌لیتر آب و

یک روز در میان انجام شد. نشاءها در اواخر دی‌ماه به گلدان‌های ۷ لیتری پر شده با مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت (با نسبت ۶۰ به ۴۰) به فاصله ردیف ۹۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۴۰ سانتی‌متر منتقل شدند و تغذیه به کمک سیستم قطره‌ای با محلول غذایی کوپر (۱۹۷۹) انجام شد. پس از انتقال نشاها به گلدان‌ها، محلول‌دهی آغاز شد. محلول‌دهی ۵ بار در طی ۲۴ ساعت، در ساعت‌های ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ تا پایان پژوهش انجام شد. مقدار محلول متناسب با نیاز و مرحله رشدی گیاه متفاوت بود. ابتدا با ۴۰ میلی‌لیتر در هر وعده آغاز شد و سپس به مرور زمان متناسب با مراحل رشدی گیاه مقدار محلول به میزان ۱۶۰ میلی‌لیتر در هر وعده افزایش یافت. تربیت بوته‌ها به روش تک ساقه‌ای صورت گرفت. در طی دوره کشت و در پایان آزمایش صفات تعداد خوشه در بوته، تعداد میوه در خوشه، تعداد میوه در بوته، درصد میوه‌های بدشکل در بوته، متوسط وزن تک میوه، عملکرد کل در بوته، عملکرد بازارپسند در بوته، عملکرد بازارپسند در متر مربع، شاخص برداشت، ویتامین ث و مواد جامد محلول میوه، ارزیابی شدند. برای اندازه‌گیری ویتامین ث (میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه میوه‌تر) میوه از روش تیتراسیون با دی کلرو ایندو فنل (DCIP) (هرناندز و همکاران، ۲۰۰۶) و جهت اندازه‌گیری مواد جامد محلول از رفرکتومتر دیجیتالی (ATAGO مدل PAL-1) استفاده شد ابتدا دستگاه با آب مقطر کالیبره شد، سپس چند قطره از عصاره، بر روی سنسور رفرکتومتر ریخته شد و با فشار دادن دکمه استارت میزان TSS بر حسب درجه بریکس یا درصد قرائت گردید. جهت بررسی صفات کیفی از هر بوته، ۴ میوه از میوه‌هایی که در میانه خوشه قرار داشتند، انتخاب گردید و میانگین خوشه‌های ۱ تا ۵ هر بوته برای آنالیز مورد استفاده قرار گرفت.

همچنین طرح آزمایشی برای اندازه‌گیری میزان نیترات و نیتریت میوه‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور [رقم (چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی Cherry Belle، Belize، Baby Tom و Sogno) و موقعیت خوشه (۶ خوشه شامل: خوشه ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۱۰)] بود. در طی دوره کشت میزان نیترات، نیتریت، لیکوپن میوه و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به b، کلروفیل کل، کارتنوئید و نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر و شاخص سبزینگی برگ به صورت غیر تخریبی و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر) اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری لیکوپن

یک گرم از نمونه همگن شده به دقت توزین و به لوله فالکون ۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. به نمونه درون فالکون، ۵ میلی‌لیتر استون حاوی ۰/۰۵درصد بوتیلیتد هیدروکسی تولوئن (محلول ۰/۰۵ درصد (وزنی/حجمی) BHT در استون: ۰/۱۲۵ گرم BHT در ۵۰۰ میلی‌لیتر استون حل گردید.)، ۵ میلی‌لیتر اتانول و ۱۰ میلی‌لیتر هگزان اضافه شد. رک حاوی نمونه‌ها را به ظرف یخ منتقل، و به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ملایم شیک شدند. سپس به هر لوله فالکون، ۳ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و مجدداً چند دقیقه شیک شدند. نمونه‌ها به مدت ۱۰-۵ دقیقه در جایی ثابت قرار گرفتند تا فازهای حلال‌ها از هم جدا شدند. دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100) با حلال هگزان کالیبره شد، سپس با استفاده از پیپت یا سمپلر، چند میلی‌لیتر از فاز بالایی (فاز هگزان) برداشته شد و پس از قرار دادن در کوت، مقدار جذب نمونه در طول موج ۵۰۳ نانومتر قرائت گردید. بر اساس مقدار جذب بدست آمده و رابطه زیر، مقدار لیکوپن محاسبه شد (۶).

اندازه‌گیری میزان نیترات

میزان تجمع نیترات در میوه به روش پیشنهادی کاتالدو و همکاران (۱۹۷۵) اندازه‌گیری گردید. بدین منظور ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه خشک توزین گردید و به لوله فالکون انتقال داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شدند. ۲۰۰ میکرولیتر عصاره با ۸۰۰ میکرولیتر سالیسیلیک اسید ۵ درصد (مقدار ۵ گرم سالیسیلیک اسید را در اسید سولفوریک غلیظ حل کرده و با اسیدسولفوریک غلیظ به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.) مخلوط گردید. سپس محلول فوق به مدت ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه نگهداری گردید. پس از آن ۱۹ میلی‌لیتر سود ۲ نرمال به محلول حاوی عصاره و سالیسیلیک اسید ۵ درصد اضافه شد و پس از رسیدن دمای محلول به دمای آزمایشگاه، میزان جذب در طول موج ۴۱۰ نانومتر قرائت گردید. برای تهیه منحنی استاندارد از نیترات پتاسیم استفاده گردید.

اندازه‌گیری میزان نیتریت

برای اندازه‌گیری تجمع نیتریت در میوه از روش پیشنهادی ابودایه (۲۰۰۶)، استفاده شد. بدین منظور ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه خشک توزین گردید و به لوله فالکون انتقال داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شدند. به یک میلی‌لیتر از محلول عصاره، یک میلی‌لیتر محلول سولفانید آمید و یک میلی‌لیتر محلول نید اضافه گردید (سولفانید آمید: ۴ گرم سولفانید آمید را در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد حل کرده و با آب مقطر به حجم ۴۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد، محلول نید: ۰/۰۸ گرم از پودر نید را در مقداری آب مقطر حل کرده و به حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.). مخلوط فوق به مدت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در تاریکی

نگهداری شد و سپس میزان جذب در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت شد. برای کالیبره کردن دستگاه از آب مقطر به جای عصاره استفاده گردید.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی

از روش آرنون (۱۹۶۷) برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی استفاده گردید. برای این منظور مقدار ۰/۱ گرم از بافت‌تر برگ با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی به صورت تدریجی ساییده شد. مخلوط به‌دست آمده به مدت ۲۰ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و در نهایت، قسمت روشناور عصاره جدا شد. پس از صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Shimadzu-1201) با استون ۸۰ درصد، میزان جذب روشناور در سه طول موج ۶۴۵ ، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت مقدار کلروفیل و کارتنوئید برگ برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر محاسبه شد.

برای تجزیه آماری از نرم‌افزار SAS استفاده گردید و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتیجه و بحث

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، بین ارقام در صفات تعداد خوشه در بوته، تعداد میوه در خوشه، تعداد میوه در بوته، عملکرد کل در بوته، عملکرد بازارپسند در بوته، عملکرد بازارپسند در متر مربع، شاخص برداشت و مواد جامد محلول تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد و در صفات درصد میوه‌های بدشکل، متوسط وزن تک میوه و ویتامین ث تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود داشت. باتوجه به مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۲) بیش‌ترین تعداد خوشه در رقم Baby Tom (۱۶/۴۴) و کم‌ترین تعداد خوشه در رقم Sogno (۱۲/۷۷) مشاهده شد. در بررسی ۱۱ لاین خالص گوجه‌فرنگی گیلاسی تعداد خوشه در بوته بین ۱۲/۳ تا ۴۲/۴ گزارش شده است (۹). بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد میوه در خوشه به‌ترتیب در ارقام Sogno و Belize (۲۹/۸۲ و ۱۷/۷۳) مشاهده شد (جدول ۲). در پژوهشی روی ۳۰ رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی، تعداد میوه در خوشه (۳۴–۳/۶۰ میوه) و عملکرد اختلاف معنی‌داری را بین ارقام نشان دادند (۵). رقم Sogno بیش‌ترین تعداد میوه در بوته (۲۹۵ عدد) و رقم Belize کم‌ترین تعداد میوه در بوته (۱۹۳/۵۶ عدد) را دارا بودند. بیش‌ترین متوسط وزن تک میوه مربوط به رقم Cherry Belle (۱۱/۱۳ گرم) بود و کم‌ترین در رقم Sogno (۸/۴۱ گرم) مشاهده شد و از نظر آماری بین رقم‌های Belize و Sogno تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. کم‌ترین و بیش‌ترین درصد بدشکلی میوه به ترتیب متعلق به رقم‌های Baby Tom (۰/۰۹ درصد) و Sogno (۱/۳۲ درصد) بود. بیش‌ترین عملکرد در بوته در رقم Cherry Belle (۲۹۲۹ گرم) و پس از آن در رقم‌های Sogno (۲۴۸۲/۴ گرم) و Baby Tom (۲۰۷۷/۶ گرم) و کم‌ترین عملکرد در بوته در رقم Belize (۱۶۳۷/۷ گرم) مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد بازارپسند در رقم Cherry Belle (۲۹۲۸/۶ گرم در بوته، ۸/۷۸ کیلوگرم در متر مربع) و کم‌ترین در رقم Belize (۱۶۳۶/۶ گرم در بوته، ۴/۹ کیلوگرم در متر مربع) وجود داشت (جدول ۲). در ارزیابی ۱۲ رقم گوجه‌فرنگی خوشه‌ای در گلخانه ،عملکرد بازارپسند بین ۳/۳ تا ۶ کیلوگرم در بوته (۱۰/۹ تا ۱۹/۸کیلوگرم در متر مربع)، متوسط وزن میوه بین ۰/۰۹ تا ۰/۱۹ کیلوگرم و تعداد میوه بازار پسند بین ۲۲/۶ تا ۳۷/۸ متغییر بوده است (۲۱). در ۶ لاین از گوجه فرنگی گیلاسی ،طیف وسیعی از عملکرد در بوته و عملکرد در هکتار به‌ترتیب بین ۱/۵۷ تا ۴/۲۵ کیلوگرم در بوته و ۲۷/۹۱ تا ۷۵/۵۵ تن در هکتار در مزرعه گزارش شد (۱۶). در بررسی ارقام گوجه‌فرنگی گیلاسی، بیش‌ترین عملکرد میوه در بوته ۱/۸۹ کیلوگرم در رقم CH154 و کم‌ترین عملکرد میوه در بوته ۱/۲۴ کیلوگرم در رقم CH151 ثبت شد، متوسط وزن میوه از ۵/۶ تا ۳۶/۵ گرم و تعداد میوه در بوته بین ۴۴ تا ۲۹۱ متفاوت بود (۹). بیش‌ترین شاخص برداشت در رقم Cherry Belle (۲/۱۷) و کم‌ترین شاخص برداشت در رقم Belize (۰/۸۲) مشاهده شد (جدول ۲).

بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول در رقم Baby Tom (۴/۸۶ درجه بریکس) مشاهده شد، که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با رقم‌های Cherry Belle و Sogno نداشت و کم‌ترین میزان مواد جامد محلول در رقم Belize (۳/۱۵ درجه بریکس) مشاهده شد (جدول ۲). در مطالعات مختلف بر روی ارقام گوجه‌فرنگی گیلاسی میزان مواد جامد محلول میوه بین ۳/۶ تا ۸/۱۰ درجه بریکس متغییر بود (۱۳، ۱۸ و ۱۹). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان ویتامین ث به‌ترتیب در رقم‌های Cherry Belle (۲۸/۲۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و Belize (۲۳/۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) وجود داشت و همچنین بین ارقام Belize، Baby Tom و Sogno از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). گوجه‌فرنگی یک منبع غذایی خوب از اسید آسکوربیک است، با این حال مقدار اسید آسکوربیک تا حد زیادی متفاوت است و عوامل بسیاری بر این تنوع اثر می‌گذارند، گزارش شده که شرایط محیطی رشد و رقم اثرات عمده بر ترکیب اسید آسکوربیک دارند (۱۷). در بررسی ۷ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی گیلاسی رشد یافته در گلخانه تحت شرایط هیدروپونیک، تفاوت معنی‌دار در میزان ویتامین ث بین ۶۵/۶–۳۷ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) گزارش شد (۱۱). در یافته‌های ما میزان ویتامین ث در محدوده ای بین ۲۳/۱ لغایت ۲۸/۲۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر ثبت گردید. در بررسی ۱۷ رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی در گلخانه، ویتامین ث بین ۱۶/۱ – ۶/۱ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد (۶).

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد و اجزاء عملکرد، چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی

Tabel 1- Analysis of yield variance and yield components, four cherry tomato cultivars

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی D. F.	میانگین مربعات Average of squares										
		تعداد خوشه در بوته Number of spikes per plant	تعداد میوه در خوشه Number of fruits per spike	تعداد میوه در بوته Number of fruits per plant	متوسط وزن تک میوه Average weight of a single fruit	درصد بد شکلی میوه Percentage of fruit deformity	عملکرد کل در بوته Total yield per plant	عملکرد بازارپسند در بوته Market-friendly performance per plant	عملکرد بازارپسند در مترمربع Market-friendly performance per square meter	شاخص برداشت Harvest index	مواد جامد محلول Soluble solids	ویتامین ث Vitamin C
بلوک Block	2	0.7^{ns}	22.26^{ns}	275.79^{ns}	0.52^{ns}	0.0004^{ns}	8197.5^{ns}	8167.42^{ns}	0.05^{ns}	0.01^{ns}	0.33^{ns}	8.82^{ns}
رقم Figure	3	8.18**	108.29**	5977.17**	4.81*	0.95*	915723.31**	915117.17**	6.67**	0.95**	1.74**	15.13*
خطای آزمایش Test error	6	0.43	6.82	456.17	0.77	0.17	72708.68	72359.1	0.52	0.05	0.09	2.41
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	4.42	11.4	8.77	9.4	7.99	11.81	11.79	11.79	16.33	7.2	6.2

*: معنی‌دار در سطح یک درصد و **: معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

*: Significant at 1% level and ** significant at 5% level, ns: meaningless.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد، چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی

Table 2- Comparison of average yield and yield components of four cherry tomato cultivars

رقم Figure	صفات Characteristics										
	تعداد خوشه در بوته Number of spikes per plant	تعداد میوه در خوشه Number of fruits per spike	تعداد میوه در بوته Number of fruits per plant	متوسط وزن تک میوه Average weight of a single fruit (g)	بدشکلی میوه Fruit deformity (%)	عملکرد کل در بوته Total yield per plant (g)	عملکرد بازارپسند در بوته Market-friendly performance per plant (g)	عملکرد بازارپسند در متر مربع Marketable performance per square meter (kg)	شاخص برداشت Harvest index	مواد جامد محلول Soluble solids (brix grade)	ویتامین ث Vitamin C (mg per 100 g)
Cherry Belle	14.33^{b}	26.04^{a}	263.06^{ab}	11.13^{a}	0.16^{b}	2929^{a}	2928.6^{a}	7.9^{a}	2.17^{a}	4.64^{a}	28.24^{a}
Belize	15.88^{a}	17.73^{b}	193.56^{c}	8.48^{b}	0.52^{ab}	1637.7^{c}	1636.6^{c}	4.41^{c}	0.82^{c}	3.15^{b}	23.1^{b}
Baby Tom	16.44^{a}	18.02^{b}	222.33^{bc}	9.39^{ab}	0.09^{b}	2077.6^{bc}	2077.3b^{c}	5.6^{bc}	1.21^{bc}	4.86^{a}	24.84^{b}
Sogno	12.77^{c}	29.82^{a}	295^{a}	8.41^{a}	1.32^{a}	2482.4^{ab}	2478.5^{ab}	6.69^{ab}	1.37^{b}	4.24^{a}	23.99^{b}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح ۰۵.۰ تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the means with common letters are not statistically significant at the level of 0.05.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد بین ارقام گوجه‌فرنگی گیلاسی از نظر میزان لیکوپن میوه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. باتوجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) بیش‌ترین و کم‌ترین میزان لیکوپن به ترتیب در رقم‌های Cherry Belle و Baby Tom با متوسط ۳۲/۴۱۱ و ۱۹/۴۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. مقدار لیکوپن با توجه به مراحل رشد، شرایط محیطی (به طور عمده دما و نور) و پتانسیل ژنتیکی رقم متفاوت است (۲۶). محققین گزارش نمودند که غلظت لیکوپن و ترکیبات فنلی مختلف همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به طور قابل توجهی تحت تأثیر رقم قرار می‌گیرد (۲۱). بررسی ۷ رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی گلخانه‌ای در شرایط هیدروپونیک، محتوای لیکوپن بین ۳۳/۴ تا ۵۱/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک را نشان داد (۱۱). در بررسی ۱۷ رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی در گلخانه بیش‌ترین مقدار لیکوپن با ۲۸/۲ و کم‌ترین مقدار آن با ۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر گزارش شد (۶)، همچنین در بررسی ۳۱ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی گیلاسی مقدار لیکوپن بین ۰/۳۲ تا ۰/۰۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر گزارش گردید (۵).

باتوجه به مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) بیش‌ترین میزان نیترات میوه با ۰/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در خوشه چهارم و کم‌ترین میزان نیترات با ۰/۱۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در خوشه دهم مشاهده شد. قابل ذکر است که در موقعیت خوشه اول، دوم و سوم تفاوت معنی‌داری در میزان نیترات مشاهده نشد. بیش‌ترین مقدار نیتریت میوه در خوشه اول با ۰/۵۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین مقدار آن در خوشه دهم با ۰/۱۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک مشاهده شد و از نظر آماری بین خوشه‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. خوشه‌های اول تا پنجم نسبت به خوشه دهم سطح نیترات و نیتریت بالاتری داشتند به دلیل اینکه نیترات اغلب در قسمت‌های مسن گیاه تجمع می‌یابد که در آن‌ها فعالیت نیترات ردوکتاز پایین است (۲۳). جذب خالص نیترات در گیاه تحت تأثیر شدت نور است. کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و میزان فتوسنتز در نور پایین و عدم تبدیل نیترات به مواد آلی سبب ذخیره بیش‌تر نیترات در طی فصل زمستان می‌شود (۸). زمانی که گیاه در معرض شدت نور کم یا روز کوتاه قرار می‌گیرد، غلظت نیترات افزایش می‌یابد (۲۵). با افزایش درجه حرارت محیط، نسبت احیا نیترات در ریشه افزایش می‌یابد (۲۳). مقدار نیتریت در محصولات گیاهی به طور کلی پایین‌تر از مقدار نیترات است. فرآیندهای تبدیل نیترات در گیاهان منجر به تولید نیتریت می‌شود و این یک مرحله ناپایدار است به دلیل اینکه نیتریت خیلی سریع از طریق نیتریت ردوکتاز به اکسیدهای نیتروژن احیا می‌شود (۲۴).

با وجود عدم معنی‌داری رنگیزه‌های فتوسنتزی، بیش‌ترین شاخص سبزینگی برگ در رقم Belize (۲۸/۹) و کم‌ترین آن در رقم Cherry Belle (۱۶/۳۲۲) مشاهده شد (جدول ۳). بیش‌ترین و کم‌ترین کلروفیل a به‌ترتیب در رقم‌های Sogno (۱/۱۹۹ میلی‌گرم در گرم بافت تر) و Baby Tom (۰/۸۸۴ میلی‌گرم در گرم بافت تر) وجود داشت. بیش‌ترین کلروفیل b در رقم Belize و کم‌ترین آن در رقم Baby Tom (۰/۷۴۳ و ۰/۵۷۲ میلی‌گرم در گرم بافت تر) مشاهده شد. بیش‌ترین کلروفیل کل و کارتنوئید در رقم Cherry Belle (۱/۸۷۶ و ۵/۴۸۸ میلی‌گرم در گرم بافت تر) و کم‌ترین آن‌ها در رقم Baby Tom (۱/۴۵۷ و ۴/۱۲۳ میلی‌گرم در گرم بافت تر) مشاهده گردید. بیش‌ترین نسبت کلروفیل a به b و کم‌ترین کلروفیل کل به کارتنوئید (۲/۱۸۸ و ۰/۳۲۹ میلی‌گرم در گرم بافت تر) در رقم Sogno بود. کم‌ترین نسبت کلروفیل a به b در رقم Belize (۱/۵۰۲ میلی‌گرم در گرم بافت تر) و بیش‌ترین کلروفیل کل به کارتنوئید (۰/۳۹ میلی‌گرم در گرم بافت تر) در رقم Baby Tom وجود داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین رنگیزه‌های فتوسنتزی و لیکوپن میوه، چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی

Table 3- Comparison of average photosynthetic pigments and fruit lycopene, four cherry tomato cultivars

رقم Figure	صفات Characteristics							
	Spad	کلروفیل a Chlorophyll a (mg per g of wet tissue)	کلروفیل b chlorophyll b (mg per g of wet tissue)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg per g of wet tissue)	کارتنوئید Cartonoid (mg per g of wet tissue)	کلروفیل a/b a / b chlorophyll	کلروفیل کل/ کارتنوئید Total chlorophyll /carotenoids	لیکوپن Lycopene (mg/kg)
Cherry Belle	16.322[a]	1.153[a]	0.724[a]	1.876[a]	5.488[a]	1.629[a]	0.341[a]	32.411[a]
Belize	28.9[a]	1.044[a]	0.743[a]	1.787[a]	5.127[a]	1.502[a]	0.353[a]	20.176[bc]
Baby Tom	16.467[a]	0.884[a]	0.572[a]	1.457[a]	4.123[a]	1.699[a]	0.39[a]	19.402[c]
Sogno	26.122[a]	1.199[a]	0.627[a]	1.826[a]	5.483[a]	2.188[a]	0.329[a]	22.272[b]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the means with common letters are not statistically significant at the level of 5%.

شکل ۱- اثر موقعیت خوشه بر میزان نیترات و نیتریت میوه، چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی

Figure 1- Effect of cluster position on nitrate and nitrite of fruit, four cherry tomato cultivars

نتیجه‌گیری

انتخاب ارقام یا هیبریدهایی با عملکرد و کیفیت بالا در کشت گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی به منظور بهره‌وری اقتصادی این محصول اهمیت بسیار دارد. اختلاف در عملکرد عمدتاً به تفاوت ژنتیکی در میان واریته‌ها مربوط است. بررسی ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گوجه‌فرنگی گیلاسی در شرایط یکسان محیطی و کشت نشان داد که رقم Cherry Belle بهترین نتیجه را برای عملکرد، شاخص برداشت و ویتامین ث و بیش‌ترین میزان لیکوپن و کم‌ترین میزان تجمع نیترات و نیتریت میوه را دارا بود، لذا این رقم جهت کشت در گلخانه‌های اهواز توصیه می‌شود. البته نیازمند تکرار این آزمایش در سطح وسیع تر جهت تایید دقیق نتیجه آزمایش مذکور می‌باشد.

منابع

1. Alamian M., Eftekhari S.A., Heidari M., and Alamzadeh Ansari N. 2014. Evaluation of nitrate accumulation and nitrate reductase activity in different vegetative growth of selected Iranian land races of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Crop Production and Processing 3(10): 25-36
2. Amr A., and Hadidi N. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO_3^-) and nitrite (NO_2^-) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. Journal Food Composition and Analysis 14(1): 59-67.
3. Anderson B. 2011. Greenhouse Tomatoes. College of Agriculture, Food and Environment University of Kentucky.
4. Bonik A., and Spijers G. 2001. Health effects of nitrates and nitrites. Acta Horticulturae 563: 29-36.
5. Ceballos Aguirre N., and Vallejo Cabrera F.A. 2012. Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme). Revista Facultad Nacional de Agronomia, Medellin 65(2): 6593-6604.
6. Crisanto-Juarez A.U., Vera-Guzman A.M., Chavez-Servia J.L., and Carrillo-Rodriguez J.C. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme Dunal) de Oaxaca, Mexico. Revista

fitotecnia Mexicana 33(4): 7-13.
7. Food and Agriculture Organization. 2013. http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E.
8. Huarte-mendicoa J.C., Astiasaran I., and Bello J. 1997. Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen Broccoli. Effect of freezing and cooking. Food Chemistry 58(1-2): 39-42.
9. Islam M.S., Mohanta H.C., Ismail M.R., Rafii M.Y., and Malek M.A. 2013. Genetic variability and trait relationship in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme (Dunnal) A. Gray). Bangladesh Journal of Botany 41(2): 163-167.
10. Ivors K. 2010. Commercial production of staked tomatoes in the southeast. North Carolina State University. Cooperative Extension, Raleigh, NC.
11. Juarez-Lopez P., Castro-Brindis R., Colinas-Leon T., Ramirez-Vallejo P., Sandoval-Villa M., Reed D.W., and King S. 2009. Evaluation of quality in fruits of seven native tomato (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) genotypes. Revista Chapingo. Serie Horticultura 15(2): 5-9.
12. Kafi M., Zand E., Kamkar B., Abasi B., Mahdavi Damghani M., and Sharifi H.R. 2009. Plant Physiology, Vol. 1, Jihade Daneshgahi Pub.
13. Koleva Gudeva L., and Dedejski G. 2012. In vivo and in vitro production of some genotypes of cherry tomato *Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme (DUNAL). International Journal of Farming and Allied Science 1(4): 91-96.
14. Lo C., Manurung R., and Esyanti R.R. 2014. Enhancement of lycopene and b-carotene production in cherry tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) by using red and blue light treatment. International Journal of Technical Research and Applications 2(5): 7-10.
15. Pourmoghim M., Khoshtinat K., Sadeghi Makkei A., Komeili fonod R., Golestan B. and Pirali M. 2010. Determination of nitrate contents of lettuce, tomatoes and potatoes on sale in Tehran central fruit and vegetable market by HPLC. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology 5(1): 63-70.
16. Prema G., Indiresh K.M., and Santhosha H.M. 2011. Evaluation of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) genotypes for growth, yield and quality traits. Asian Journal of Horticulture 6(1): 181-184.
17. Radzevicius A., Viskelis P., Viskelis J., Bobinaite R., Karkleliene R., and Juskeviciene D. 2013. Tomato fruit quality of different cultivars growth in Lithuania. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering 7(7): 381-384.
18. Rahmatian A., Delshad M., Salehi R., and Mousavi Rahimi M. 2012. Evaluation of growth and yield greenhouse tomato influenced by grafting, training and fruit thinning under hydroponic culture. Iranian Journal of Horticultural Science 43(4): 423-435 (In Persian with English abstract)
19. Renuka D.M., Sadashiva A.T., Kavita B.T., Vijendrakumar R.C., and Hanumanthiah M.R. 2014. Evaluation of cherry tomato lines (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) for growth, yield and quality traits. Plant Archives 14(1): 151-154.
20. Rocha M.D.C., Deliza R., Correa F.M., do Carmo M.G., and Abboud A.C. 2013. A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. Food Research International 51(1): 265-273.
21. Rodriguez J.C., Cantliffe D.J., and Shaw N. 2001. Performance of greenhouse tomato cultivars grown in soilless culture in north central Florida. In Proc. Fla. State Hort. Soc, 114: 303-306.
22. Saberi Z., Khoshgoftarmanesh A., Kalbasi M., Mobli M., and Haghighi M. 2013. The effect different substrates on the absorption of macronutrients and micronutrients by cherry tomatoes. Journal of Science and Technology of Greenhouse Cultures 4(15): 77-87. (In Persian with English abstract)
23. Shahbazzadegan S., Hashemimajd K., and Shahbazi B. 2010. Determination of nitrate concentration of consumed vegetables and fruits in Ardabil. Journal of Ardabil University of Medical Sciences 10(1): 38-47.
24. Simion V., Campeanu G.H., Vasile G., Artimon M., Catana L., and Negoita M. 2008. Nitrate and nitrite accumulation in tomatoes and derived products. Romanian Biotechnological Letters 13: 3785-3790.
25. Stepowska A.J., and Kowalczyk W. 2001. The effect of growing media on yield and nitrate concentration in lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata). Acta Horticulturae 548: 503-510.
26. Zoran L.S., Nikolaos K., and Ljubomir S. 2014. Tomato fruit quality from organic and conventional production. Organic agriculture towards sustainability. Rijeka, Croatia: In Tech Europe, 147-169.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 459-468
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۶۸-۴۵۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Comparison of Yield, Fruit Quality and Some Biochemical Traits of Four Cherry Tomato Varieties in Soilless Culture

A. Rezvan[1]- S.A. Eftekhari[2*]- R. Salehi Mohammadi[3]- F. Sedighi Dehkordi[4]

Received: 06-08-2019
Accepted: 01-09-2021

Introduction: Cherry tomatoes, all over the world, have become a popular product because of the favorable characteristics (a good source of vitamins A and C, soluble solids, flavor, low calorie and fruit formation at high temperature). Cultivar selection is one of the most important managerial decisions and, despite thousands of available varieties, it can be daunting task. Cultivars are different in attributes such as color, shape, size, taste, taste, growth, consumption, planting time, and resistance to pests and disease.

Material and Methods: This study was carried out from the autumn of 2014 to spring of 2015, at the research greenhouses of the University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran. The study was performed in randomized complete block design with three replications. During the cultivation period and at the end of the experiment, the number of clusters in the plant, the number of fruits in the cluster, the number of fruits in the plant, the total function in the bush , the number of marketable and unmarketable fruits in plant, the harvest index, vitamin C and soluble solids were evaluated. In addition, nitrate content, nitrite, fruit lycopene and photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a to b ratio, total chlorophyll, carotenoid and chlorophyll to carotenoid ratio) and the SPAD index were measured.

Results and Discussion: According to the comparison of the means, there were the highest number of clusters in Baby Tom (16/44) and then in Belize (15/88), which were not statistically significant and the lowest number of clusters were observed in cultivar Sogno (12.77). The highest and lowest number of fruits in the cluster were found in the cultivars of Sogno and Belize (29.82 and 17.73), respectively. The highest number of fruits in the plant (295) were observed in Sogno and the Belize cultivar had the lowest number of fruits (193.56). The highest average of single fruit weight related to the Cherry Belle (11.13 g) and the lowest in Sogno (8 g) were observed. The lowest and the maximum percentage of the unmarketable fruits were obtained in Baby Tom (09/09 %) and Sogno (32 %), respectively. The maximum yield was observed in the Cherry Belle (2929 g) and then in Sogno (2482.4 g) and Baby Tom (2077.6 g) and the minimum yield (1637.7 g) in the Belize cultivar. The highest and lowest marketable yield were obtained in Belle (2928.6 g per plant) and Belize (1636.6 g per plant) cultivars, respectively. The maximum amount of soluble solids was observed in Baby Tom (4.86 °Brix), which had no statistically significant differences with the Belle and Sogno and the lowest soluble solids was found in Belize (3.15 °Brix). There were the highest and lowest vitamin C content in Cherry Belle (28.24 mg per 100 g FW) and Belize, respectively (23.1 mg in 100 g FW). According to the results, the maximum and lowest content of lycopene were observed in the Cherry Belle and Baby Tom, with an average of 32.411 and 19.402 mg/kg, respectively. The maximum content of nitrate in fruits was observed with 0.67 mg/gr DW in the fourth cluster and the lowest content of nitrate with 0.198 mg/gr DW in the tenth cluster. The highest indices of leaf SPAD were found in Belize (28.9) and lowest in Cherry Belle (16.32).

Conclusion: The selection of high - yield or high - quality cultivars in a greenhouse culture is critical to the economic efficiency of this product. The difference in yield is mainly related to the genetic variation among varieties. Study of yield and yield components of four samples of tomato in the environment and similar culture showed that the Belle Cherry was the best result for yield, harvest index, and vitamin C, so this cultivar is recommended to grow in Ahvaz greenhouses.

Keywords: Lycopene, Nitrate, Tomato, Total soluble solids, Yield

1, 2 and 4- Graduated of Horticulture, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticulture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: eftekhari _ 9t@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj, University of Tehran
DOI: 10.22067/JHS.2021.60924.0

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 469-477
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۷۷-۴۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تعیین آللوتیپ ژن *S-RNase* و ناحیه پیشبر ژن *MdMYB10* در چند ژنوتیپ سیب (*Malus* spp.)

معصومه وکیلی قرطاول[۱]- ناصر مهنا[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۱

چکیده

سیب (*Malus* spp.) یکی از مهم‌ترین درختان میوه مناطق معتدله است. رنگ گوشت میوه سیب، از سفید تا قرمز متغیر است و تجمع مقدار بالایی از آنتوسیانین باعث قرمز بودن گوشت میوه آن می‌باشد، چنین افزایشی در مقدار آنتوسیانین در بسیاری از موارد به دلیل بیان بالای ژن *MdMYB10* در بسیاری از بافت‌ها از جمله گوشت میوه است، با این وجود، در مواردی، یک مکان ژنی پیوسته با آلل S_3 مکان ژنی *S-RNase*، به عنوان مسئول قرمزی گوشت میوه در بعضی از ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است. برای بررسی سازوکار قرمز بودن رنگ گوشت میوه در برخی ژنوتیپ‌های محلی، استخراج DNA ژنومی از نمونه‌های برگی بدست آمده از ۹ ژنوتیپ سیب با گوشت قرمز و گوشت سفید انجام شد و آللوتیپ آنها از نظر ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10* و نیز وجود آلل S_3 در مکان ژنی *S-RNase* با استفاده از تکنیک واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز برای تکثیر با آغازگرهای اختصاصی هر ژن و الکتروفورز ژل آگارز قطعات تکثیر شده، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های گوشت سفید در ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10* فاقد آلل R_6 بوده و همگی هموزیگوت R_1R_1 تشخیص داده شدند. در حالی‌که، ارقام سیب گوشت قرمز دارای حداقل یک آلل R_6 در ناحیه پیشبری بوده و از نظر ژنوتیپ مکان ژنی خودناسازگاری *S-RNase*، آلل S_3 را دارا بودند. بنابراین، می‌توان نمونه‌های مذکور را هیبریدی از واریته 'Niedzwetzkyana' دانست. ممکن است گوشت قرمزی در یکی از ژنوتیپ‌های مورد بررسی که برای ناحیه پیشبری R_1R_1 بود، مربوط به مکان ژنی پیوسته با آلل S_3 مکان ژنی *S-RNase* باشد. استفاده از این ژنوتیپ‌های گوشت قرمز برای اصلاح میوه‌هایی با آنتوسیانین بالا توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، سیب گوشت قرمز، ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10*، *S-RNase*

مقدمه

سیب گوشت قرمز (*Malus* spp.) یکی از ژنوتیپ‌های کمیاب سیب است که رنگ قرمز گوشت آن، بدلیل مقدار بالای آنتوسیانین در کورتکس می‌باشد و همین امر سبب تمایز آن از سیب‌های معمولی و ایجاد ظاهر جذاب آن شده است (۳۴). آنتوسیانین‌ها به عنوان گروه بسیار مهمی از فلاونوئیدها عامل ایجاد فنوتیپ رنگ قرمز در میوه سیب هستند. تجمع آنتوسیانین در گوشت میوه سیب، ویژگی جدیدی برای سیب در برنامه‌های اصلاح نژادی و قابلیت بازاریابی ایجاد می‌کند (۲۰). مطالعات اخیر نشان داده است که سیب‌های با رنگ قرمزتر دارای غلظت بیشتر آنتوسیانین هستند (۱۲). هم چنین، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و اهمیت آنتوسیانین‌های موجود در میوه‌های مختلف و سبزیجات برای سلامتی باعث شده که آنتوسیانین‌ها به عنوان دارو در بسیاری از کشورها پذیرفته شوند (۱۳ و ۱۴).

نوع، میزان و محتوای آنتوسیانین‌ها بسته به نوع آنزیم‌ها، ژن‌ها (ژن‌های بیوسنتزی و ژن‌های ساختاری)، عوامل رونویسی موثر بر مسیر بیوسنتز و شرایط محیطی متغیر می‌باشد (۵، ۸، ۹، ۱۱، ۲۲ و ۳۰). بیان هماهنگ این آنزیم‌ها بوسیله عامل رونویسی *MYB* کنترل می‌شود (۱ و ۲۱). عوامل رونویسی *MYB* حاوی یک تا سه واحد تکرار (*R1 –R2 –R3*) در دامنه‌ی متصل شونده به DNA (*R3MYB* با یک تکرار، *R2R3MYB* با دو تکرار و *R1R2R3MYB* با سه تکرار) می‌باشند (۱۶). عامل رونویسی R2R3MYB در بیوسنتز آنتوسیانین میوه سیب نقش دارد. مکان ژنی این عامل رونویسی، با

۱ و ۲- به‌ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mahna@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.60821.0

نام‌های مختلف *MYB1*، *MYBA* و *MYB10* نامگذاری شده است که به ترتیب مسئول رنگ قرمز پوست و گوشت میوه سیب هستند (۲، ۷ و ۳۱). بنابراین تغییرات اندک در بیان پروتئین های MYB روی فنوتیپ گیاه موثر است (۲۷).

بررسی آللوتیپ (تیپ یا نوع آل‌های موجود در یک مکان ژنی در ژنوتیپ‌های یک جمعیت یا گروهی از ژنوتیپ‌ها) مکان‌های ژنی *S-RNase* و ناحیه پیشبر ژن *MdMYB10* در مطالعات متعددی بر روی سیب‌های با آنتوسیانین بالا بررسی شده است (۳، ۵، ۷ و ۳۳). ولی تا به حال در مورد ژنوتیپ‌های بومی موجود در ایران گزارشی در دست نیست. ناحیه پیشبر (راه‌انداز) ژن *MdMYB10* از نظر توالی نوکلئوتیدی دو نوع می‌باشد: در برخی از ژنوتیپ‌ها، یک ناحیه ریزماهواره‌ای ۲۳ جفت بازی، ۵ بار تکرار شده است (آلل R_6)؛ در حالی‌که در دیگر ژنوتیپ‌ها این توالی نوکلئوتیدی ریزماهواره‌ای وجود ندارد (آلل R_1). در اغلب موارد، آلل R_6 در سیب‌های گوشت قرمز مشتق از واریته 'Niedzwetzkyana' و خود این واریته وجود دارد که یک فرم طبیعی *Malus sieversii* بوده و بومی آسیای مرکزی است (۶). بر اساس نتایج بدست آمده از گزارش‌های قبلی، طول ناحیه پیشبری R_6 در ژن *MYB10* حدود ۴۹۶ جفت باز، طول ناحیه پیشبری R_1 در همان ژن حدود ۳۹۲ جفت باز (۶) و طول قطعه ژن S_3-*RNase* حدود ۵۰۰ جفت باز (۳) است.

در بررسی‌های اخیر بین بیوسنتز آنتوسیانین و سیستم خودناسازگاری در سیب پیوستگی دیده شده است. سیب دارای سیستم خودناسازگاری گامتوفیتی است که بوسیله یک مکان ژنی *S* چند آللی کنترل می‌شود (۱۰ و ۱۷). گلیکوپروتئین مادگی با فعالیت ریبونوکلئازی (*S-RNase*) که بوسیله مکان ژنی *S* رمزگذاری می‌شود با استفاده از روش مولکولی شناسایی شده است (۴) که باعث خودناسازگاری می‌شود (۲۴ و ۲۶). در سیستم خودناسازگاری گامتوفیتی رشد لوله گرده بوسیله یکسری آلل $S_1, S_2, S_3, \ldots, S_n$ کنترل می‌شود. بررسی‌ها نشان داده‌اند که حضور آلل S_3 در برخی واریته‌های سیب مثل Pink Pearl و JPP35 موجب بروز فنوتیپ گوشت قرمزی در میوه سیب شده است حتی تلاقی این گیاهان با سایر گیاهان باعث فنوتیپ رنگ قرمز گوشت میوه می‌باشد. با توجه به اینکه این آلل در بسیاری از ژنوتیپ‌ها باعث بیوسنتز آنتوسیانین نمی‌شود. بنابراین براساس گزارش‌های قبلی، یک مکان ژنی پیوسته با آلل S_3 موجب بیوسنتز آنتوسیانین در برخی سیب ها می‌شود (۲۸) که سازوکار مولکولی آن تا حد زیادی ناشناخته است.

سیب یک میوه تجاری با عمر پس از برداشت طولانی مدت می‌باشد و یکی از اهداف برنامه اصلاحی، معرفی سیب‌های گوشت قرمز در ارقام تجاری با کیفیت بالا است. توسعه ارقام با پتانسیل تجاری می‌تواند با استفاده از نشانگرها تسریع یابد. با توجه به اهمیت آلل S_3 مکان ژنی *S-RNase* و ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10* در تنظیم مسیر بیوسنتز آنتوسیانین، این مطالعه به منظور شناسایی و تعیین آللوتیپ ژن *S-RNase* و ناحیه پیشبر ژن *MdMYB10* در ۹ ژنوتیپ سیب و برای اولین بار برای ژنوتیپ‌های بومی ورزقان، میاندوآب، خلعت پوشان، ایوند و یک نمونه کشت بافتی از ژنوتیپ دیگری از میاندوآب انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: نمونه‌های برگی جوان کاملا توسعه یافته از ژنوتیپ‌های گوشت سفید، مانند Granny Smith، Red Delicious، Golden Delicious (نهالستان آقای حسین تقی‌زاده واقع در شهر آذرشهر) و سیب‌های محلی گوشت قرمز مناطق میاندوآب (سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی شهید باکری میاندوآب)، ورزقان، گوشت قرمز Bud9 و ماکامیک (ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشگاه تبریز) و یک نمونه کشت بافتی (موجود در آزمایشگاه بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه تبریز) از درخت دیگری از سیب محلی میاندوآب و یک سیب محلی با شاخه و برگ قرمز از باغات ایوند (نزدیک تبریز) تهیه و در نیتروژن مایع منجمد و تا زمان استفاده در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

جدول ۱- صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ های سیب مورد استفاده در این تحقیق

Table 1- Morphological traits (color) of *Malus* genotypes used in this study

Genotype ژنوتیپ / Color رنگ	*In vitro* sample نمونه درون شیشه‌ای	Granny Smith گرانی اسمیت	Red Delicious رد دلیشز	Golden Delicious گلدن دلیشز	Bud9 باد۹	Miandoab میاندوآب	Varzighan ورزقان	Khalat-poushan خلعت پوشان	Ivand ایوند
Fruit flesh گوشت میوه	Unknown نامعلوم	White سفید	White سفید	White سفید	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز
Fruit skin پوست میوه	Unknown نامعلوم	Green سبز	Red قرمز	Yellow زرد	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز
Shoot شاخساره	Red قرمز	Green سبز	Green سبز	Green سبز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز	Red قرمز

شکل ۱- نمونه‌های برگ و میوه ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این تحقیق. ۱) رد دلیشز، ۲) گلدن دلیشز، ۳) میاندوآب، ۴) ماکامیک، ۵) Bud9، ۶) ورزقان و ۷) ایوند

Figure 1- Leaf and fruit samples of the genotypes used in this research. 1) Red Delicious, 2) Golden Delicious, 3) Miandoab, 4) Makamik (Khalatpoushan), 5) Bud9, 6) Varzighan, and 7) Ivand

شکل ۲- تصویری از درختان بعضی از ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این تحقیق. ۱) میاندوآب، ۲) ماکامیک، ۳) ورزقان، ۴) Bud9

Figure 2- The pictures of the genotype trees used in this research. 1) Miandoab, 2) Makamik (Khalatpoushan), 3) Varzighan and 4) Bud9

تکثیر ناحیه پیشبر ژن *MdMYB10* بوسیله واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (PCR)

برای استفاده از توالی تکراری ریزماهواره که چند شکلی بالایی دارند بطور معمول از روش واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (PCR) استفاده می‌شود. برای استخراج DNA ژنومی از بافر CTAB دو درصد و از نمونه‌های برگی جوان کاملا توسعه یافته و براساس روش لودهی و همکاران (۱۹) استفاده شد. برای تکثیر ناحیه پیشبر ژن *MdMYB10* از آغازگر مستقیم '5'-GGAGGGGAATGAAGAAGAGG-3 و آغازگر معکوس '5'-TCCACAGAAGCAAACACTGAC-3 و شرایط PCR ارائه شده توسط اسپلی و همکاران (۶) و فان ناکر و همکاران (۳۳) استفاده شد و با استفاده از ابزار BLAST در سایت NCBI و نرم‌افزار Oligo 7.0 صحت توالی آغازگرها تایید گردید.

تکثیر آلل S_3-RNase بوسیله واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز

DNA کل استخراج گردیده با استفاده از آغازگر مستقیم ´5-CAAACGATAACAAATCTTAC-3´ و آغازگر معکوس ´5-TATATGGAAATCACCATTCG-3´ و با شرایط PCR ی بروثرت (۳) و سکیده و همکاران (۲۸) برای تعیین آلل S_3-*RNase* تکثیر گردید. سپس قطعات تکثیر شده توسط الکتروفورز ژل آگارز یک درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

شناسایی آلل‌های ناحیه پیشبر فرادست ژن *MdMYB10* و آلل S_3-*RNase*

بر اساس نتایج بدست آمده از گزارش‌های قبلی، طول ناحیه پروموتری پیشبری R_6 در ژن *MYB10* حدود ۴۹۶ جفت باز، طول ناحیه پروموتری پیشبری R_1 در همان ژن حدود ۳۹۲ جفت باز (۶) و طول قطعه آلل S_3-*RNase* حدود ۵۰۰ جفت باز (۳) است که ملاک شناسایی آلل‌ها در این تحقیق قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تکثیر ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10*

الکتروفورز محصولات واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز حاصل از هفت بار تکرار برای ۹ ژنوتیپ از گیاهان بومی و تجاری با آغازگرهای اختصاصی ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10* (شکل ۳)، برای نمونه‌های Bud9، خلعت پوشان، ورزقان و میاندوآب دو باند که یکی در محدوده ۵۰۰ و دیگری در محدوده ۴۰۰ جفت بازی و برای نمونه‌های Golden Delicious، Granny Smith، Red Delicious و گیاهچه‌های کشت بافتی موجود در آزمایشگاه بیوتکنولوژی گیاهی فقط یک باند در محدوده ۴۰۰ جفت بازی را نشان داد. با این‌که نمونه ایوند هم دو باند نشان داد ولی این باندها، یکی در محدوده ۴۰۰ و دیگری با طولی بین باندهای ۴۰۰ و ۲۵۰ جفت باز مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به نتیجه بدست آمده، ژنوتیپ‌های Bud9، خلعت پوشان، ورزقان، میاندوآب هتروزیگوت و ژنوتیپ‌های Golden Delicious، Granny Smith، Red Delicious و گیاهچه‌های کشت بافتی هموزیگوت بودند (شکل ۳). بدین توضیح که سیب‌های با آنتوسیانین بالا در میوه دارای حداقل یک آلل R_6 در ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10* بودند. این نتیجه با مشاهدات فان ناکر و همکاران (۳۳) مطابقت داشت. ژنوتیپ نمونه کشت بافتی R_1R_1 بود. در حالی‌که انتظار می‌رفت این ژنوتیپ نیز دارای حداقل یک آلل R_6 باشد چون گیاه مادری این نمونه درون شیشه‌ای حاوی شاخ و برگ و میوه گوشت قرمز بود، به‌نظر می‌رسد گوشت قرمزی در این نمونه مربوط به مکان ژنی پیوسته با آلل S_3-*RNase* باشد.

شکل ۳- الکتروفورز محصول PCR تکثیر ناحیه پیشبری ژن MdMYB10 در ژنوتیپ‌های سیب بر روی ژل آگارز یک درصد؛ از چپ به راست: (Fermentas) (1 Kb DNA Ladder) .Ruler™ O'Gene Ladder ۱) Bud9 (کنترل مثبت برای R_6)؛ ۲) ورزقان؛ ۳) میاندوآب؛ ۴) ماکامیک (خلعت پوشان)؛ ۵) Golden Delicious؛ ۶) Granny Smith (کنترل برای R_1R_1)؛ ۷) نمونه کشت بافتی؛ ۸) Red Delicious؛ ۹) ایوند

Figure 3- Electrophoresis of PCR products of amplification of the *MdMYB10* Promoter Region from apple genotypes on 1 % agarose gel. From the left to the right: Ladder (O' Gene Ruler ™ 1 Kb DNA Ladder) (Fermentas). 1) Bud9 (positive control for R_6), 2) Varzighan, 3) Miandoab, 4) Makamik (Khalatpoushan), 5) Golden Delicious, 6) Granny Smith (control for R_1R_1), 7) sample of tissue culture, 8) Red Delicious, 9) Ivand.

الکتروفورز محصولات واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز ناحیه پروموتری ژن *MdMYB10* در مطالعه اسپلی (۶) و همکاران و لین وانگ و همکاران (۱۸) برای Granny Smith یک باند در محدوده ۴۰۰ جفت بازی نشان داد که با نتایج حاصل از این تحقیق تطبیق داشت و مطالعه‌ای که توسط محمودی و همکاران (۲۰) در این ناحیه صورت گرفت، برای ارقام Golden Delicious، Granny Smith و Red Delicious یک باند در محدوده ۳۱۲ جفت بازی و برای Bud9 سه باند نشان داد که این گروه تحقیقی، باندی که در محدوده ۳۱۲ جفت بازی تشکیل شده بود را علت اصلی قرمز بودن میوه معرفی کرده بودند که این نتایج، با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت نداشت. از آنجایی‌که کنترل مثبت این تحقیق (گیاهانی که قبلا از نظر داشتن نوع آلل ناحیه پروموتری ژن *MdMYB10* بررسی شده‌اند)، نتایج قبلی را همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود تایید کردند، ژنوتیپ ناحیه پروموتری ژن *MdMYB10* در نمونه‌های برگی درختان سیب محلی ورزقان، میاندوآب، ماکامیک (خلعت پوشان) حاوی آلل R_1R_6 و نمونه کشت بافتی موجود در آزمایشگاه بیوتکنولوژی حاوی آلل R_1R_1

می‌باشد. برای نمونه‌های برگی سیب محلی ایوند یکی از آلل‌ها R_1 بود ولی آلل دیگری نیز مشاهده شد که در هیچ یک از مطالعات قبلی گزارش نشده است. بنابراین، رنگ قرمز گوشت در میوه درختان سیب مناطق میاندوآب، ورزقان و خلعت پوشان به وجود آلل R_6 در ناحیه پروموتری ژن *MdMYB10* مرتبط است، همان‌طور که آلل R_6 *MdMYB10* علت رنگ قرمز گوشت در میوه 'Red Field' (۶) و 'Maypole' (۲۹) است.

آلل S_3 مکان ژنی *S-RNase*

الکتروفورز محصولات واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز با آغازگرهای اختصاصی آلل *S_3-RNase* (شکل ۴)، برای ژنوتیپ‌های ماکامیک (خلعت پوشان)، ورزقان، میاندوآب، Golden Delicious، Granny Smith، Bud9 و نمونه کشت بافتی یک باند در محدوده ۵۰۰ جفت بازی نشان داد و در نمونه‌های برگی درختان سیب محلی ایوند و رقم Red Delicious هیچ باندی در محصولات واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز مشاهده نشد.

شکل ۴- الکتروفورز محصول PCR آلل S_3 مکان ژنی S-RNase بر روی ژل آگارز ۱٪. Ladder (O'GeneRuler™ 100 plus) (Fermentas)؛ ۱) Granny Smith(Fermentas) (کنترل مثبت)؛ ۲) Golden Delicious (کنترل مثبت)؛ ۳) ماکامیک (خلعت پوشان)؛ ۴) میاندوآب؛ ۵) ورزقان؛ ۶) Bud9؛ ۷) نمونه کشت بافتی؛ ۸) ایوند؛ ۹) Red Delicious (کنترل منفی)

Figure 4- Electrophoresis of polymerase chain reaction products on 1% agarose gel for *S_3-RNase* allele Ladder (O' Gene Ruler ™ 100 plus) (Fermentas). 1) Granny Smith (positive control), 2) Golden Delicious (positive control), 3) Makamik (Khalatpoushan), 4) Miandoab, 5) Varzeghan, 6) Bud9, 7) Tissue culture sample, 8) Ivand, 9) Red Delicious (negative control)

قبلا گزارش شده است که ژنوتیپ مکان ژنی *S-RNase* در ارقام Golden Delicious، Granny Smith و Red Delicious به ترتیب، S_2S_3، S_3S_{23} و S_9S_{19} می‌باشد (۱۵). به همین علت، دو رقم اول به عنوان کنترل مثبت و سومی به عنوان کنترل منفی برای حضور آلل S_3 در این آزمایش وارد شدند. همچنین پس از آنها، سکورای و همکاران (۲۳) ژنوتیپ مکان ژنی *S* را در رقم Golden Delicious با استفاده از تکنیک واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز، بررسی کردند که همین نتیجه تایید شد. پژوهش حاضر نیز نشان داد که یکی از آلل‌های خودناسازگاری در ارقام Golden Delicious، Granny Smith، Bud9، سیب‌های محلی ورزقان، ماکامیک (خلعت پوشان)، میاندوآب و نمونه کشت بافتی از نوع *S_3-RNase* می‌باشد. بنابراین، نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج قبلی مطابق بود. با توجه به پیوستگی که بین صفت رنگ قرمز گوشت در میوه 'Pink Pearl' (که حاوی آلل *MdMYB10* R_1) با آلل *S_3-RNase* وجود دارد (۲۸)، رنگ قرمز گوشت در نمونه کشت بافتی از یک ژنوتیپ سیب بومی میاندوآب حاوی سیب گوشت قرمز، به وجود همین آلل نسبت داده می‌شود. همین‌طور رنگ قرمز گوشت در میوه نتاج حاصل از 'Shinano Sweet' × 'JPP35' و 'Orin' × 'JPP35' به وجود آلل *S_3-RNase* نسبت داده شد (۳۲).

جدول ۲- نوع آلل‌های ناحیه پیشبری ژن MdMYB10 و S-RNase در نمونه‌های مورد استفاده در تحقیق

Table 2- Allelo-types of promoter region of *MdMYB10* gene and *S-RNase* locus of the samples used in this study.

Genotype ژنوتیپ / Locus مکان ژن	*In vitro* sample نمونه درون شیشه ای	Granny Smith گرانی اسمیت	Red Delicious رد دلیشز	Golden Delicious گلدن دلیشز	Bud9 باد۹	Miandoab میاندوآب	Varzighan ورزقان	Makamik (Khalatpoushan) خلعت پوشان	Ivand ایوند
MdMYB10 Promoter پیشبر ژن *MdMYB10*	R_1	R_1	R_1	R_1	R_1R_6	R_1R_6	R_1R_6	R_1R_6	R_1 $R_?$
S-RNase مکان ژنی *S-RNase*	S_3-*RNase*	S_3-*RNase*	S_9S_{19} (not seen)	S_3-*RNase*	S_3-*RNase*	S_3-*RNase*	S_3-*RNase*	S_3-*RNase*	not seen مشاهده نشد

احتمالا همه واریته‌های گوشت قرمز مورد آزمایش که دارای آلل R_6 در ناحیه پیشبری ژن *MdMYB10* خود بودند، از یک جد مشترک این آلل را به ارث برده اند که به احتمال زیاد *Malus pumila* var. Niedzwetzkyana بوده است. این در حالی است که در برخی از واریته‌ها یک مکان ژنی پیوسته با آلل S_3-*RNase* می‌تواند مسئول فنوتیپ قرمز گوشت میوه سیب باشد.

در تحقیق سکیدو و همکاران (۲۸) میوه های گوشت قرمز و سفید تواما مورد بررسی قرار گرفتند و پیوستگی بین آلل S_3 و قرمز بودن گوشت در 'Pink Pearl' تایید شد. در تحقیق حاضر نیز نمونه کشت بافتی که از یک درخت سیب با شاخ و برگ و میوه قرمز بدست آمده است، در ناحیه پیشبری R_1R_1 ولی در مکان ژنی *S-RNase* دارای آلل S_3 بود و احتمال داده می‌شود قرمز بودن آن در ارتباط با مکان ژنی پیوسته با S_3 باشد. تایید این امر نیازمند مطالعات ژنتیکی بیشتری است. همچنین، با توجه به نبود آلل R_6 در سیب محلی ایوند و قرمز بودن شاخ و برگ آن، پیشنهاد می‌شود نوع آلل R و سایر ژن‌های درگیر در بیوسنتز آنتوسیانین در آن شناسایی و توالی‌یابی شود، هر چند که در این تحقیق، باند بسیار ضعیفی در محل باند S_3 مشاهده گردید و احتمال ارتباط رنگ آن با مکان ژنی پیوسته با S_3 نیز وجود دارد.

منابع

1. Allan A.C., Hellens R.P., and Laing W.A. 2008. MYB transcription factors that colour our fruit. Trends in Plant Science 13(3): 99-102.
2. Ban Y., Honda C., Hatsuyama Y., Igarashi M., Bessho H., and Moriguchi T. 2007. Isolation and functional analysis of a MYB transcription factor gene that is a key regulator for the development of red coloration in apple skin. Plant and Cell Physiology 48(7): 958-970.
3. Broothaerts W. 2003. New findings in apple S-genotype analysis resolve previous confusion and request the re-numbering of some S-alleles. Theoretical and Applied Genetics 106(4): 703-714.
4. Broothaerts W., Janssens G.A., Proost P., and Broekaert W.F. 1995. cDNA cloning and molecular analysis of two self-incompatibility alleles from apple. Plant Molecular Biology 27(3): 499-511.
5. Chagné D., Carlisle C.M., Blond C., Volz R.K., Whitworth C.J., Oraguzie N.C., Crowhurst R.N., Allan A.C., Espley R.V., and Hellens R.P. 2007. Mapping a candidate gene (MdMYB10) for red flesh and foliage colour in apple. BMC Genomics 8(1): 212.
6. Espley R.V., Brendolise C., Chagné D., Kutty-Amma S., Green S., Volz R., Putterill J., Schouten H.J., Gardiner S.E., and Hellens R.P. 2009. Multiple repeats of a promoter segment causes transcription factor autoregulation in red apples. The Plant Cell 21(1): 168-183.
7. Espley R.V., Hellens R.P., Putterill J., Stevenson D.E., Kutty- Amma S., and Allan A.C. 2007. Red colouration in apple fruit is due to the activity of the MYB transcription factor, MdMYB10. The Plant Journal 49(3): 414-427.
8. FARAGHER J.D. 1983. Temperature regulation of anthocyanin accumulation in apple skin. Journal of Experimental Botany 34(10): 1291-1298.
9. Forkmann G. 1991. Flavonoids as flower pigments: the formation of the natural spectrum and its extension by genetic engineering. Plant Breeding 106(1): 1-26.
10. Frankel R., and Galun E. 2012. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. Vol. 2. Springer Science & Business Media.
11. Holton T.A., and Cornish E.C. 1995. Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis. The Plant Cell 7(7):

1071.
12. Honda C., Kotoda N., Wada M., Kondo S., Kobayashi S., Soejima J., Zhang Z., Tsuda T., and Moriguchi T. 2002. Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. Plant Physiology and Biochemistry 40(11): 955-962.
13. Huang D.-J., Lin C.-D., Chen H.-J., and Lin Y.-H. 2004. Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (Ipomoea batatas [L.] Lam 'Tainong 57') constituents. Bot. Bull. Acad. Sin. 45: 179-186.
14. Iversen C.K. 1999. Black currant nectar: effect of processing and storage on anthocyanin and ascorbic acid content. Journal of Food Science 64(1): 37-41.
15. Janssens G., Goderis I., Broekaert W., and Broothaerts W. 1995. A molecular method for S-allele identification in apple based on allele-specific PCR. Theoretical and Applied Genetics 91(4): 691-698.
16. Jin H., and Martin C. 1999. Multifunctionality and diversity within the plant MYB-gene family. Plant Molecular Biology 41(5): 577-585.
17. Kobel F. 1939. Weitere Untersuchungen uber die Befruchtungsverhaltnisse der Apfelund Birnsorten. Landw. Jahrb. Schweiz 53: 160-191.
18. Lin-Wang K., Bolitho K., Grafton K., Kortstee A., Karunairetnam S., McGhie T.K., Espley R.V., Hellens R.P., and Allan A.C. 2010. An R2R3 MYB transcription factor associated with regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway in Rosaceae. BMC Plant Biology 10(1): 50.
19. Lodhi M.A., Ye G.-N., Weeden N.F., and Reisch B.I. 1994. A simple and efficient method for DNA extraction from grapevine cultivars andVitis species. Plant Molecular Biology Reporter 12(1): 6-13.
20. Mahmoudi E., MOHAMMAD S.B., Yadollahi A., and Hosseini E. 2012. Independence of color intensity variation in red flesh apples from the number of repeat units in promoter region of the MdMYB10 gene as an allele to MdMYB1 and MdMYBA.
21. Martin C., and Paz-Ares J. 1997. MYB transcription factors in plants. Trends in Genetics 13(2): 67-73.
22. Mol J., Stuitje A., Gerats A., van der Krol A., and Jorgensen R. 1989. Saying it with genes: molecular flower breeding. Trends in Biotechnology 7(6): 148-153.
23. Sakurai K., Brown S.K., and Weeden N.F. 1997. Determining the self-incompatibility alleles of Japanese apple cultivars. HortScience 32(7): 1258-1259.
24. Sassa H., Hirano H., and Ikehashi H. 1992. Self-incompatibility-related RNases in styles of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.). Plant and Cell Physiology 33(6): 811-814.
25. Sassa H., Hirano H., and Ikehashi H. 1993. Identification and characterization of stylar glycoproteins associated with self-incompatibility genes of Japanese pear, Pyrus serotina Rehd. Molecular and General Genetics MGG 241(1-2): 17-25.
26. Sassa H., Hirano H., Nishio T., and Koba T. 1997. Style- specific self- compatible mutation caused by deletion of the S- RNase gene in Japanese pear (*Pyrus serotina*). The Plant Journal 12(1): 223-227.
27. Schwinn K., Venail J., Shang Y., Mackay S., Alm V., Butelli E., Oyama R., Bailey P., Davies K., and Martin C. 2006. A small family of MYB-regulatory genes controls floral pigmentation intensity and patterning in the genus Antirrhinum. The Plant Cell 18(4): 831-851.
28. Sekido K., Hayashi Y., Yamada K., Shiratake K., Matsumoto S., Maejima T., and Komatsu H. 2010a. Efficient breeding system for red-fleshed apple based on linkage with S3-RNase allele in 'Pink Pearl'. HortScience 45(4): 534-537.
29. Sekido K., Yamada K., Shiratake K., Fukui H., and Matsumoto S. 2010b. MdMYB alleles responsible for apple skin and flesh color. Current Topics in Plant Biology Volume 11. 17-21.
30. Siegelman H., and Hendricks S. 1958. Photocontrol of anthocyanin synthesis in apple skin. Plant Physiology 33(3): 185.
31. Takos A.M., Jaffé F.W., Jacob S.R., Bogs J., Robinson S.P., and Walker A.R. 2006. Light-induced expression of a MYB gene regulates anthocyanin biosynthesis in red apples. Plant Physiology 142(3): 1216-1232.
32. Umemura H., Shiratake K., Matsumoto S., Maejima T., and Komatsu H. 2011. Practical breeding of red-fleshed apple: cultivar combination for efficient red-fleshed progeny production. HortScience 46(8): 1098-1101.
33. van Nocker S., Berry G., Najdowski J., Michelutti R., Luffman M., Forsline P., Alsmairat N., Beaudry R., Nair M.G., and Ordidge M. 2012. Genetic diversity of red-fleshed apples (Malus). Euphytica 185(2): 281-293.
34. Walker A.R., Lee E., Bogs J., McDavid D.A., Thomas M.R., and Robinson S.P. 2007. White grapes arose through the mutation of two similar and adjacent regulatory genes. The Plant Journal 49(5): 772-785.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 469-477
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۷۷-۴۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Allelotyping of *S-RNase* Gene and Promoter Region of *MdMYB10* Gene in some Genotypes of Apple (*Malus* spp.)

M. Vakili-Gartavol[1]- N. Mahna[2*]

Received: 05-12-2019
Accepted: 01-05-2021

Introduction: Red-fleshed apples (*Malus* spp.) are one of the rarest apple genotypes in the world and the accumulation of a high amount of anthocyanin, is the main cause of the redness of their fruit flesh. Anthocyanins are among important flavonoids and due to antioxidative activity, scavenge reactive oxygen species, and hence, are considered as one of the health-promoting nutraceuticals in the human diet. The amount of anthocyanins depends upon the expression of the transcription factors that are regulating their metabolic pathway. Among these transcription factors are the members of the *MYB* gene family. *MdMYB10*, belonging to this gene family in apple, has been shown to have a significant role in controlling the amount of anthocyanin production and redness in fruit flesh. The expression of *MdMYB10* and consequently, the production of MdMYB10 proteins has positive feedback on its own expression. This happens due to a 23 bp microsatellite tandemly repeated 5 times in its promoter region (called allele R_6) which is a target sequence for MdMYB10 acting as a positive regulator. This structure invokes the overexpression of *MdMYB10* which in turn increases the expression of anthocyanin producing enzymes and finally the amount of anthocyanin in all organs of the apple plant including fruit flesh. The apple *Malus pumila* var. Niedzwetzkyana and its derivatives have been reported to have such a structure in the promoter region of the *MdMYB10* gene. The length of the R_6 allele is 496 bp, while the R_1 allele is only 392 bp long.

However, in some cases, a locus linked to the S_3 allele of the *S-RNase* gene has been proposed to be responsible for the redness of the fruit flesh in some genotypes. It has been reported that even the offspring of these plants have had red-fleshed fruits.

Materials and Methods: To study the mechanism of the redness of the fruit flesh in some local genotypes, genomic DNA was extracted using the CTAB method from the leaf samples obtained from 9 red- and white-fleshed apple genotypes including Red Delicious, Golden Delicious, Miandoab, Makamik (Khalatpoushan), Bud 9, Varzighan, and Ivand. Then the allelotype of the promoter region of the *MdMYB10* gene as well as the existence of S_3 allele at *S-RNase* locus was investigated using polymerase chain reaction. For amplification of the target sequences, *MdMYB10* and S_3 specific primers were exploited and 1% agarose gel electrophoresis of the amplified fragments was used for observing and scoring the bands. All steps were repeated seven times.

Results and Discussion: The results in this research showed that the white-fleshed genotypes (Red Delicious, Golden Delicious, and Granny Smith) were lacking any R_6 allele at the promoter region of the *MdMYB10* gene and were R_1R_1 homozygotes, while the red-fleshed genotypes (Miandoab, Makamik (Khalatpoushan), Bud 9, and Varzighan) had at least one R_6 allele at the mentioned promoter region as well as a S_3 allele in the self-incompatibility locus *S-RNase*. These results were in accordance with the previous reports. Therefore, these samples could be traced back to *Malus pumila* var. Niedzwetzkyana. Evaluating the *S-RNase* locus in these genotypes illustrated that Granny Smith (as positive control), Golden Delicious (as positive control), Makamik (Khalatpoushan), Miandoab, Varzeghan, Bud 9 and tissue culture sample, showing a band around 500 bp (smaller) had S_3 allele, while for Ivand and Red Delicious (as negative control) no S_3 band was obtained. For the tissue culture sample which was R_1R_1 at the promoter region and S_3 at *S-RNase* locus, it was postulated that flesh-redness may be due to the locus linked to the S_3 allele. We also got an unknown *R* band for the Ivand genotype when analyzing for the *MdMYB10* promoter region. The sequencing of in the future studies, may help to unravel the mechanism by which shoot-redness happens in this genotype.

Conclusion: The development of highly potent and novel cultivars for the fast-evolving market is indispensable in the plant breeding field. In this way, breeding apple plant, as an important temperate fruit with a long postharvest life, for redness of fruit flesh can be considered as a noticeable case. We could confirm in this research that in the endemic, red-fleshed apples, R_6 may be responsible for their high anthocyanin production. However, the S_3-*RNase*-linked locus should also be considered in marker-assisted breeding methods for this trait.

1 and 2- Master of Science and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mahna@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.60821.0

Therefore, these red-fleshed genotypes are highly recommended to be employed in the national breeding programs for increasing the anthocyanin content of apple fruits.

Keywords*:* Anthocyanin, *MdMYB10* gene promoter, Red-fleshed apples, *S-RNase*

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 479-492
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۹۲-۴۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی بر متغیرهای جوانه‌زنی بذر و صفات فیزیولوژیکی گیاه ختمی زینتی (*Alcea rosea* L.)

تکتم اورعی[۱]- محمود شور[۲*]- علی تهرانی فر[۳]- سیدحسین نعمتی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲

چکیده

گل ختمی (*Alcea rosea* L.) یکی از گیاهان با ارزش زینتی می‌باشد که ۳۶ گونه از آن در ایران کشت و کار می‌شود. با توجه به این مسئله که جوانه‌زنی بذور در طبیعت با تنش خشکی همراه است لذا میتوان با مطالعه‌ی تغییرات فیزولوژیکی و آنتی اکسیدانی گامی مهم در راستای احیای رویشگاه‌های آن برداشت. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فروسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو اکوتیپ مشهد و تهران با پنج سطح خشکی (صفر، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار) بود. نتایج نشان داد که اثر اکوتیپ و سطوح خشکی بر تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. اکوتیپ مشهد دارای برتری معنی‌داری نسبت به اکوتیپ تهران بود و بذر آنها توانست در تیمارهای ۶- و ۸- بار به ترتیب ۲۸ و ۲۴ درصد جوانه بزند. میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن اکوتیپ تهران با افزایش پتانسیل اسمزی نسبت به اکوتیپ مشهد بیشتر کاهش یافت. از طرفی فعالیت آنزیم‌های مورد بررسی نشان داد که در هر دو اکوتیپ فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز کاهش یافت اما فعالیت آنزیم کاتالاز با کاهش بیشتر پتانسیل اسمزی افزایش یافت. میزان پرولین و مالون‌دی‌آلدهید در اکوتیپ مشهد در تیمار ۸- بار نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۲ و ۱/۵ برابر شد. به نظر می‌رسد که اکوتیپ مشهد دارای بیشترین تحمل به خشکی را در مقایسه با اکوتیپ تهران در مرحله جوانه‌زنی دارد. از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز با درصد جوانه‌زنی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی، ختمی زینتی، درصد جوانه‌زنی، شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

مقدمه

با توجه با افزایش جمعیت روز افزون کره زمین، پایداری در فضای سبز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تشدید تنش‌های محیطی زمینه‌ساز از بین رفتن گیاهان زینتی است، لذا فراهم نمودن گیاهان با کیفیت و مقاوم در برابر تنش‌های زیستی، جهت استقرار مناسب در فضای سبز یکی از اهداف مهم تولیدکنندگان و اصلاح‌کنندگان گیاهی می‌باشد (۳۶). مسلماً برای تعیین گونه‌های گیاهی برای کشت در فضای سبز هر منطقه متناسب با تمام شرایط میکروکلیمائی و زراعی آن منطقه و با توجه به مقاومت گیاهان نسبت به عوامل نامساعد و با توجه به کمیت آب در مناطق مختلف تصمیم‌گیری می‌شود. گیاه ختمی به دلیل تولید شاخه‌های گل دهنده در تابستان به عنوان گیاهی در جهت طراحی فضای سبز کاربرد دارد. گل ختمی گیاهی چندساله می‌باشد. این گیاه بومی نواحی آسیای شرقی شامل ۷۰ گونه است که ۳۶ گونه از آن در ایران می‌روید (۳۷).

این گیاه علاوه بر جنبه زینتی و کاربرد در باغ‌ها، به دلیل به دلیل حضور رنگدانه‌ها و به منظور تولید مواد رنگی بسیار مورد توجه است. از گل‌های این گیاه به منظور تولید چای دارویی استفاده می‌شود (۳۱). از طرفی خاصیت‌های ضد باکتریایی (۵)، آنتی اکسیدانی (۲۴)، ضد افسردگی، توقف خستگی، بهبود جریان خون (۱۱) این گیاه به اثبات رسیده است. این گیاه دارویی برای درمان سرفه در سرماخوردگی، خلط‌آور و نرم‌کننده مجاری تنفس، برای سوختگی خفیف و التیام نیش حشرات نیز توصیه شده‌است (۴۰).

تنش خشکی یکی از مهمترین استرس‌هایی می‌باشد که عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۸). گیاهان با افزایش پاسخ‌های فیزیولوژیکی همانند استراژی‌های اکولوژیکی در برابر شرایط تنش‌زا

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب فارغ‌التحصیل دکتری، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: shoor@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.60838.0

مقابله می‌نمایند. با توجه به این مطلب که گیاهان در کدام مرحله رشدی تحت تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند پاسخ‌های متفاوتی بروز می‌دهند. گیاهان در هر مرحله رشدی ممکن است تحت تنش خشکی قرار گیرند اما مهمترین مرحله بحرانی، جوانه‌زنی می‌باشد که در این مرحله حضور تنش، به رقبای برتر اجازه رشد و نمو می‌دهد (۳۸). مرحله جوانه‌زنی شامل تمام تغییرات فیزیولوژیکی، سلولی و مولکولی می‌باشد که برای رشد جنین و استقرار بعدی گیاهچه، مرحله‌ای حیاتی به شمار می‌رود. بسیاری از محققین پاسخ‌های گیاهان مختلف را در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای گزارش نموده‌اند که شامل مطالعه بر محصولات زراعی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Avena sativa*)، گیاهان دارویی همانند: مریم گلی (*Salvia* spp.) و گیاهان زینتی چون تاج خروس (*Amaranthus mangostanus*) و آفتابگردان (*Helianthus annuus*) است اما گزارش‌های کمی در مورد گیاهانی که علاوه بر جنبه زینتی جنبه دارویی داشته باشند، وجود دارد (۲، ۳۳، ۱، ۴۳ و ۴۲).

کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد. علاوه بر این به دلیل افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن سبب شده دمای کره زمین حدود یک درجه سانتی‌گراد افزایش یابد و از سویی دیگر تحقیقات نشان داده‌است که شدت و تعداد خشکی‌ها در حال افزایش است (۲۶ و ۲۷).

در هنگام تنش خشکی فرآیند تغییرات متابولیکی که در میتوکندری و کلروپلاست منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردند که منجر به آسیب به ماکرو مولکول‌ها، اجزای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها می‌گردند. گونه‌های فعال اکسیژن از طریق سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانت آنزیمی یا غیر آنزیمی مهار می‌شود. از آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی می‌توان به سوپراکسید دیسموتاز (SOD)[1]، پراکسیداز (POD)[2] و کاتالاز (CAT) اشاره نمود (۸). از برجسته‌ترین مکانیزم‌های حفاظتی جهت حذف گونه‌های فعال اکسیژن هستند که رادیکال‌های آزاد سوپراکسید را به پراکسید و در نهایت پراکسید هیدروژن را به اکسیژن، هیدرژن و آب تبدیل می‌نمایند (۲۲). از آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی هم می‌توان به پرولین اشاره نمود (۱۲). پرولین به ملکول‌های آب در غشاء متصل می‌شود و از تخریب ساختارهای سلولی تحت شرایط تنش‌زا جلوگیری می‌کند همچنین سبب حذف رادیکال‌های اکسیژن و هیدروکسیل می‌شود، به عنوان کلاته کننده فلزات و تثبیت کننده پروتئین‌ها نیز مشهور است (۲۰).

فرآیند جوانه‌زنی اولین و حساس‌ترین مرحله رشد و نمو گیاه می‌باشد زیرا مراحل اولیه رویش گیاه، در تکامل گیاهان نقش مهمی را بر عهده دارند و همچنین پاسخی سیستمیک است که شامل تعاملات دوجانبه بین جنین و آندوسپرم می‌باشد (۴۷). تحت تنش خشکی فعالیت آنزیم‌ها تغییر می‌یابد و منجر به کاهش رشد جنین می‌شود. تاکنون مطالعه‌ای بر جنبه‌های فیزیولوژیکی این گیاه در طی جوانه‌زنی و همچنین پتانسیل تغیرات سطح آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات محافظت کننده (پرولین، کربوهیدرات و ...) به منظور جلوگیری از تغییرات فعالیت‌های فیزولوژیکی بذور در حین جوانه تحت تنش خشکی صورت نپذیرفته است. با توجه به رویشگاه‌های این گونه که تنها در بخش‌های خاصی از ایران گزارش شده‌است، می‌توان با مطالعه بر اثر تنش خشکی روی تکثیر این گیاه گامی مهم در جهت کشت و کار آن در فضای سبز برداشت. با توجه به این که تنش خشکی از مهمترین عوامل محدودکننده جوانه‌زنی بذر گیاهان زینتی می‌باشد، این تحقیق با هدف بررسی خشکی بر صفات رشدی و تغییرات آنزیمی در حین جوانه‌زنی گیاه ختمی زینتی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و تغییرات فیزیولوژی و فعالیت آنزیم‌ها بر دو اکوتیپ، مشهد (اکوتیپ ۱) و تهران (اکوتیپ ۲) گیاه ختمی، آزمایشی در دو بخش به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام پذیرفت. بذور از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه شد. تیمارهای خشکی شامل ۵ سطح (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- بار) با استفاده از پلی اتیلن گلایکل بر دو اکوتیپ مشهد و تهران گل ختمی اجرا شد. غلظت پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ از طریق معادله (۱) محاسبه شد (۳۵):

$$QS = (1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

که در این رابطه QS پتانسیل اسمزی بر اساس بار، C غلظت پلی اتیلن گلایکل بر اساس گرم در لیتر، T درجه حرارت بر اساس درجه سانتی‌گراد است.

ابتدا بذرهای دو اکوتیپ مشهد و تهران ختمی توسط هیپوکلرید سدیم ده درصد به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی شدند و سپس با آب مقطر سه مرتبه شستشو شدند. در داخل هر پتری‌دیش ۲۵ بذر قرار گرفت و داخل هر پتری‌دیش ۵ میلی‌لیتر محلول قرار گرفت. سپس بذرها به انکوباتور با دمای ۱± ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بذرها به طور روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه زده (دارای طول ریشه‌چه ۱-۲ میلی‌متر) ثبت شدند. بعد از پایان مرحله جوانه‌زنی سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه و ریشه‌چه و وزن تر گیاهچه‌ها محاسبه شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از معادله ۲ و برای سرعت جوانه‌زنی از معادله ۳ استفاده شد (۴):

$$GP = 100\frac{NG}{NT}$$ معادله (۲)

که در آن NG تعداد بذرهای جوانه‌زده و NT تعداد کل بذرها

1- Superoxide dismutase
2- Peroxidase

می‌باشد.

$$Rs = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

معادله (۳)

که در آن Rs سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، Si تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز و Di تعداد روز تا شمارش n ام می‌باشد.

همچنین در بخش دوم آزمایش پس از چهارده روز، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز و غلظت مالون‌دی آلدهید، پرولین نیز با استفاده از روش‌های زیر اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها ابتدا ۰/۲ گرم بافت برگ با کمک نیتروژن مایع آسیاب شد و به آن یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTA ۰/۵ مولار و پلی‌وینیل پلی پیرولیدون دو درصد اضافه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس از محلول رویی برای اندازه‌گیری، SOD، POD و CAT با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت سوپر اکسیددیسموتاز (SOD) بر اساس روش گیانوپالیتس و رایس (۱۹) با اندکی تغییرات سنجیده شد. مخلوط واکنش آنزیمی شامل ۹۳۵ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTA ۰/۱ میلی مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولار و نیتروبلوتترازولیوم ۷۵ میلی‌مولار، ۱۵ میکرولیتر ریبوفلاوین ۰/۱۲ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی استخراج شده‌بود. پس از آماده سازی نمونه‌های کنترل (شاهد) و بلانک (مخلوط فاقد آنزیم که توسط فویل پوشانده شده)، به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی، نمونه بلانک به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و نمونه‌های شاهد و عصاره آنزیمی، به مدت ۱۵ دقیقه در شیکر با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دارای دو عدد لامپ فلورسنت ۲۰ وات با ۱۰۰ دور در دقیقه شیک شدند. سپس مقدار جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و فعالیت آنزیمی بر مبنای واحد آنزیمی بر میلی‌گرم وزن تر گزارش شد. مقداری از عصاره که بتواند احیاء نیتروبلوتترازولیوم را ۵۰ درصد بازداری کند معادل یک واحد آنزیمی در نظر گرفته می‌شود.

از برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD) از روش این و همکاران (۲۵) استفاده شد. ۱۹ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد، ۲۸ میکرولیتر محلول گایاکول ۴۵ میلی‌مولار، ۵۰ میلی‌لیتر سدیم بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار با هم مخلوط و به آن ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه شد .تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Bio Quest, CE 2502, UK) خوانده شد و فعالیت آنزیم پراکسیداز مساوی با جذب خوانده شده تقسیم بر ۲۶/۶ می‌باشد که بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر بر دقیقه گزارش شد.

برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) از روش لاک (۳۳) اندکی تغییرات استفاده شد. ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با ۵۰ میلی‌مولار از بافر فسفات حاوی پراکسید هیدروژن ۱۰ میلی‌مولار مخلوط و تغییرات جذب آنها در طول موج ۲۴۰ نانومتر از راه اندازه‌گیری تجزیه پراکسید هیدروژن توسط اسپکتروفتومتر به صورت تغییرات ثبت شد. فعالیت آنزیمی با استفاده (OD/min) جذب بر زمان از قانون بیر لامبرت و با ضریب خاموشی کاتالاز $۳۹/۴\ mM^{-1}cm^{-1}$ محاسبه و در نهایت بر حسب میکرومول بر گرم بافت تازه در دقیقه بیان شد.

برای سنجش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، غلظت مالون‌دی آلدهید (MDA) به عنوان محصول پراکسیده شدن اسیدهای چرب غشاها به روش هلس و پارکر (۲۳) اندازه‌گیری شد. در ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ با نیتروژن مایع آسیاب و به آن پنج میلی‌لیتر تری‌کلرو استیک اسید (TCA) یک درصد اضافه شد. عصاره به مدت ۲۰ دقیقه با دستگاه سانتریفیوژدور ۱۴۰۰ در دمای چهار درجه سلیسیوس سانتریفیوژ شد سپس، به یک میلی‌لیتر از محلول رویی، پنج میلی‌لیتر محلول ۲۰ درصد TCA حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس نمونه‌ها مجدداً سانتریفیوژ شدند. ماده قرمز رنگ مالون‌دی آلدهید تیوباربیوتریک اسید (MDA-TBA) تولید شده، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی نیز، در طول موج ۶۰۰ نانومتر خوانده شد. تعیین غلظت مالون‌دی آلدهید از ضریب خاموشی معادل $۱۵۵\ mM^{-1}cm^{-1}$، بر حسب میکرومول بر گرم بافت تازه محاسبه شد.

میزان پرولین به روش پیشنهاد یبیتس و همکاران (۱۰) اندازه‌گیری شد، نیم گرم از بافت برگ با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد مخلوط و به شدت تکان داده شد. در نهایت ۱۵ میلی‌لیتر از عصاره بدست آمده را با سانتریفیوژ ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر با پنج میلی‌لیتر نین‌هیدرین به مخلوط اضافه گردید. در مرحله بعد پنج میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به هر نمونه اضافه شد و نمونه داخل حمام آب جوش یا بن‌ماری به مدت ۴۵ دقیقه قرار داده شد. به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز تولوئن گردید. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون قرار داده شدند و میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت گردید. منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد ال پرولین رسم و میزان پرولین آزاد نمونه‌ها بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS JMP 13.2 و Excel انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تیمارها بر پارامترهای رشدی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات تیمارهای اکوتیپ، تنش خشکی و اثرات متقابل اکوتیپ و تنش خشکی بر صفات رشدی گیاهان ختمی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ تهران ۵۸ درصد افزایش نشان داد و افزایش غلظت PEG[1] سبب کاهش درصد جوانه‌زنی گردید به طوری‌که در تیمار ۸- بار نسبت به شاهد ۳۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین جوانه‌زنی مربوط به اکوتیپ مشهد در تیمار شاهد (۳۶ درصد) و سپس در تیمارهای ۲- و ۴- بار (۳۲ درصد) مشاهده شد (شکل ۱-a). در هر دو اکوتیپ این شاخص ۳۳ درصد در تیمار ۸- بار نسبت به شاهد کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در اکوتیپ مشهد مشاهده شد و با افزایش غلظت PEG این شاخص کاهش یافت. دو اکوتیپ بیشترین سرعت جوانه‌زنی را در تیمار شاهد داشتند اما در هر دو به طور معنی‌داری با افزایش پتانسیل اسمزی این شاخص کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد در اکوتیپ مشهد ۱۱/۸ (تعداد بذر در روز) و در اکوتیپ تهران ۸/۳ (تعداد بذر در روز) بود. این شاخص در هر دو اکوتیپ در تیمار ۸- بار به ترتیب ۵۶ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۱-b). بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی گیاهان ختمی همبستگی مثبت و معنی‌داری (r = ۰/۸۳**) مشاهده شد (جدول ۵). اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ تهران درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشت، همچنین در این آزمایش تنش خشکی سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش داد و بیشترین میزان این دو شاخص در تیمار شاهد به ثبت رسید، چنین نتایجی در گیاهان بابونه (*Matricaria recutita* L.)، مرزه (*Satureja hortensis* L.) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) نیز گزارش شده است، که با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی میزان جوانه‌زنی نیز کاهش یافت و ارقام مقاومتر درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به ارقام حساس‌تر داشته اند (۱۴، ۴۴ و ۸).

جذب آب اولین مرحله جوانه‌زنی به شمار می‌آید (۱۶). به نظر می‌رسد، به واسطه مقاومت احتمالی اکوتیپ مشهد نسبت به تهران، میزان جذب آب در آن بالاتر بوده و در نتیجه درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافته است. اگر جذب آب توسط بذر به دلیل افزایش غلظت پلی اتیلن گلایکول مختل گردد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی به آرامی صورت می‌گیرد و با خروج دیرتر ریشه‌چه سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (۳، ۳۲ و ۳۴).

اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌های مورد نظر از لحاظ طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در پاسخ به تیمارهای خشکی مشاهده شد بنحوی‌که که این دو شاخص در اکوتیپ تهران نسبت به دیگر اکوتیپ بیشتر کاهش یافت. در تیمارهای خشکی نیز طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش پتاسیل اسمزی کاهش یافت بنحوی‌که در تیمارهای ۸- به ترتیب نسبت به شاهد ۲۸ و ۴۷ درصد کاهش یافت (جدول ۲). اثرات متقابل اکوتیپ و تنش خشکی نشان داد که در اکوتیپ تهران در ۸- بار بیشترین کاهش طول ساقه‌چه (۵۲ درصد) نسبت به تیمار صفر مشاهده شد همچنین بیشترین کاهش طول ریشه‌چه در اکوتیپ های یک و دو به‌ترتیب (۲۵ و ۳۲ درصد) در تیمار ۸- بار در مقایسه با شاهد در همین اکوتیپ‌ها به ثبت رسید (شکل ۱- c، d). جدول (۵) نشان داد که بین سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در آزمایش حاضر، هر چند که رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی در هر دو اکوتیپ کاهش یافت اما، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در اکوتیپ مشهد نسبت به تهران بیشتر بود. نتایج آزمایش حاضر با نتایج سویک و ارتورک (۳۹) و نتایج زمانی و همکاران (۴۸) همسو بود. یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین می‌باشد (۲۹). طی تحقیقاتی که زمینه مقاومت گیاهان به تنش خشکی صورت پذیرفته نتایج مختلفی بدست آمده، بطوری‌که برخی گیاهان در مرحله جوانه‌زنی نسبت به تنش خشکی حساس اما در مراحل دیگر مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند همچنین برخی گیاهان نسبت به نتیجه ذکر شده در بالا واکنش معکوسی نشان می‌دهند، بنابراین در مرحله جوانه‌زنی صرف مقاومت به خشکی نمی‌تواند بیانگر مقاومت در مراحل دیگر باشد. ولی به طور کلی ثابت شده‌است که گیاهانی که دارای رشد ساقه و ریشه بیشتری باشند نسبت به مراحل بعدی مقاوم‌تر هستند (۶).

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر اکوتیپ و خشکی و اثرات متقابل این دو شاخص بر وزن تر نیز معنی‌دار گردید. بدون در نظر گرفتن سطوح خشکی بیشترین وزن تر گیاهان مربوط به اکوتیپ مشهد بود و همچنین این شاخص با افزایش سطح خشکی کاهش یافت (جدول ۲). نتایج مربوط به اثرات متقابل اکوتیپ و خشکی بر وزن گیاه ختمی در شکل دو مشاهده می‌شود. بیشترین وزن تر در اکوتیپ مشهد در تیمار شاهد (۶/۱۳ گرم) و کمترین وزن تر در اکوتیپ تهران در تیمار ۸- بار (۲/۴۵ گرم) مشاهده شد (شکل ۱- e). کاهش رشد در بسیاری از گیاهان از جمله گلرنگ، یونجه و اسفناج گزارش شده است (۴۱، ۴۵ و ۱۳). همبستگی مثبت بین درصد جوانه‌زنی بذر و وزن تر گیاهچه به ثبت رسید (جدول ۵). با منفی‌تر شدن پتانسیل آب، فشار تورژسانس درون سلول کاهش یافته و مانع افزایش حجم سلول می‌شود. بنابراین، از رشد سلول‌ها و اندام‌های هوایی جلوگیری می‌شود (۷) و همانند نتایج این تحقیق کاهش وزن

1- Poly Ethylene Glycol

تر و کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه را در پی خواهد داشت. کاهش وزن تر گیاهچه از رخدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد. یکی از دلایل کاهش وزن در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه به محور جنینی است (۲۸).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر صفات جوانه‌زنی بذر در اکوتیپ‌های گیاه ختمی

Table 1- ANOVA for the effect of drought stress on seed germination traits of Hollyhock ecotypes

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن ترگیاهچه Seedling fresh weight
اکوتیپ Ecotype	1	940**	39.8**	1435**	37.4**	51.1**
خشکی Drought	4	92.5**	29.3**	50.1**	108**	1.19**
اکوتیپ×خشکی Ecotype×Drought	4	6.13**	5.39**	1.38*	0.537*	0.03**
خطا Error	20	1.067	0.037	0.36	0.135	0.01

**، * به ترتیب معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد.

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

جدول ۲- اثر نوع اکوتیپ و تنش خشکی بر صفات جوانه‌زنی بذر گیاه ختمی

Table 2- The effect of ecotype and drought stress on germination traits of Hollyhock plant

تیمارها Treatments		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (The number of seed in day)	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	وزن ترگیاهچه Seedling fresh weight (g)
اکوتیپ Ecotype	اکوتیپ ۱ Ecotype 1	30.4 a	8.74 a	30.8 a	18.5 a	5.72 a
	اکوتیپ ۲ Ecotype 2	19.2 b	6.44 b	17 b	16.2 b	3.12 b
تنش خشکی Drought stress (bar)	0	30 a	10.1 a	27.9 a	22.9 a	4.93 a
	-2	26.7 b	9.43 b	25.4 b	19.3 b	4.72 b
	-4	25.3 c	7.70 c	23.5 c	18.2 c	4.47 c
	-6	22 d	5.63 d	22.7 d	14.4 d	4.18 d
	-8	20 e	5.12 e	20.1 e	12.1 e	3.80 e

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

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

شکل ۱- اثرات متقابل اکوتیپ × تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی (a)، سرعت جوانه‌زنی (b)، طول ریشه‌چه (c)، طول ساقه‌چه (d) و وزن تر (e) گیاه ختمی

Figure 1- The interaction effects of ecotype ×drought stress on germination percentage (a), germination rate (b), radicle length (c), plumule length (d) and fresh weight of Hollyhock plant (LSD, *p≤0.05*)

اثر تیمارها بر پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

جدول ۳ نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم‌ها (SOD، POD و CAT) و میزان مالون‌دی آلدهید و پرولین به طور معنی‌داری تحت

اثرات اکوتیپ، خشکی و اثرات متقابل اکوتیپ و خشکی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت SOD و POD در اکوتیپ مشهد (به‌ترتیب، ۲۰۷ و ۱۷/۷ واحد بر گرم بافت تر) مشاهده شد و همچنین با افزایش پتانسیل اسمزی از فعالیت آنزیم‌های SOD و POD به‌ترتیب، ۲۳ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد کاسته شد اما فعالیت آنزیم CAT در تیمار ۸- بار نسبت به شاهد ۳/۸ برابر شد (جدول ۴).

اثرات متقابل اکوتیپ و خشکی نشان داد که فعالیت آنزیم SOD در اکوتیپ مشهد تا تیمار ۲- بار روندی افزایشی داشت و سپس با افزایش غلظت PEG کاهش یافت اما در اکوتیپ تهران با افزایش میزان تنش خشکی از فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد کاسته شد به طوری‌که در تیمار ۸- بار نسبت به تیمار بدون تنش ۱۴ درصد کاهش یافت (شکل ۲، a).

فعالیت آنزیم POD در دو اکوتیپ مشهد و تهران با افزایش پتانسیل اسمزی روندی نزولی داشت، بطوری‌که در اکوتیپ تهران این شیب نزولی بیشتر بود و اکوتیپ مشهد در تیمار ۸- بار نسبت به شاهد ۵۳ درصد فعالیت این آنزیم کاهش یافت (شکل ۲، b). فعالیت آنزیم CAT در هر دو اکوتیپ با افزایش غلظت PEG روندی صعودی داشت اما در تیمار ۸- بار تفاوت معنی‌داری بین دو اکوتیپ مشاهده نشد و نسبت به تیمارهای بدون تنش به‌ترتیب، ۷ و ۳ برابر شدند (شکل ۲، c). در تنش خشکی با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، گیاهان با فعال نمودن سیستم‌های دفاعی نظیر افزایش فعالیت آنزیم‌ها در مقابله با این اثرات تخریب کننده مقاومت می‌نمایند. آزمایش اخیر نشان داد که در گیاه ختمی فعالیت دو آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز بعد از چهارده روز با افزایش میزان تنش خشکی کاهش و فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های گیاه ختمی

Table 3- ANOVA for the effect of drought stress on physiological traits in Hollyhock ecotypes

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز SOD activity	فعالیت پراکسیداز POD activity	فعالیت کاتالاز CAT activity	مالون دی آلدهید MDA	محتوی پرولین Proline content
اکوتیپ Ecotype	1	4317**	293**	3.85**	76.8**	0.01**
خشکی Drought	4	2432**	34.7**	15.01**	11**	0.38**
اکوتیپ×خشکی Ecotype×Drought	4	2233**	6.78**	0.420**	0.663**	0.001*
خطای آزمایش Experimental Error	20	5	0.06	0.001	0.02	0.001

**، * به ترتیب معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد.

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

جدول ۴- اثر نوع اکوتیپ و تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه ختمی

Table 4- The effect of ecotype and drought stress on on physiological traits in Hollyhock plant

تیمارها Treatments		فعالیت سوپراکسید دیسموتاز SOD activity (U g^{-1}FW)	فعالیت پراکسیداز POD activity (U g^{-1}FW)	فعالیت کاتالاز CAT activity (µmol.$min^{-1}$$FW^{-1}$)	مالون دی آلدهید MDA (µmol g^{-1}FW)	محتوی پرولین Proline content (µg g^{-1}FW)
اکوتیپ Ecotype	اکوتیپ ۱ Ecotype 1	207 a	17.7 a	2.85 a	7.99 a	0.440 a
	اکوتیپ ۲ Ecotype 2	132 b	11.4 b	2.13 b	4.79 b	0.402 b
تنش خشکی Drought stress (bar)	0	193 a	17.6 a	1.38 e	4.51 e	0.05 e
	-2	189 b	16.3 b	1.63d	5.75 d	0.280 d
	-4	163 c	14 c	1.75 c	6.48 c	0.553 c
	-6	154 d	13.3 d	2.43 b	7.13 b	0.595 b
	-8	149 e	11.5 e	5.24 a	8.09 a	0.630 a

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

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

شکل ۲- اثرات متقابل اکوتیپ × تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (a)، پراکسیداز (b)، وکاتالاز (c)، مالون‌دی آلدهید (d) و محتوی پرولین (e) در گیاه ختمی

Figure 2- The interaction effects of ecotype ×drought stress on enzyme activity of superoxide dismutase (a), peroxidase (b), and catalase (c), malondialdehyde (d) and proline content (e) of Hollyhock plant. (LSD, *p≤0.05*)

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف گیاه ختمی تحت تاثیر تنش خشکی

Table 5- Correlation coefficients between different traits in Hollyhock plant affected by drought stress

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
۱.درصد جوانه‌زنی 1.Germination percentage	1									
۲. سرعت جوانه‌زنی 2.Germination rate	0.83**	1								
۳.طول ریشه‌چه 3.Radicle length	0.96**	0.72**	1							
۴. طول ساقه‌چه 4. Plumule length	0.72**	0.86**	0.58**	1						
۵.وزن تر 5. Fresh weight	0.94**	0.67**	0.99**	0.54**	1					
۶. فعالیت سوپراکسیددیسموتاز 6.SOD	0.82**	0.67**	0.84**	0.43*	0.87**	1				
۷. فعالیت پراکسیداز 7.POD	0.93**	0.76**	0.92**	0.74**	0.93**	0.76**	1			
۸. فعالیت کاتالاز 8.CAT	-0.20ns	-0.44*	-0.06ns	-0.71**	-0.02ns	-0.01ns	-0.26ns	1		
۹.مالون دی آلدهید 9.MDA	0.34ns	-0.11ns	0.58**	-0.34ns	0.58**	0.51**	0.31ns	0.66**	1	
۱۰. پرولین 10. Proline	-0.41*	-0.72**	-0.25ns	-0.83**	-0.18ns	-0.05ns	-0.44*	0.61**	0.63**	1

**، * و ns:به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

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

این نتایج با نتایج تحقیقات لی و همکاران (۳۰) که نشان دادند میزان فعالیت آنزیم‌های SOD و POD تحت تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی گیاه *Eremosparton songoricum* کاهش یافت، همسو می‌باشد. از طرفی افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز نشان می‌دهد که شاید مهمترین آنزیم دخیل در مقاومت به تنش خشکی در گیاه ختمی می‌باشد که در طی چهارده روز افزایش یافته است. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد و سرعت جوانه‌زنی با فعالیت آنزیم‌های SOD و POD مشاهده شد (جدول ۵)، بطوری‌که که با کاهش فعالیت این دو آنزیم درصد جوانه‌زنی کاهش یافته است. در حقیقت در شرایط تنش خشکی، کاهش جذب آب با کاهش فعالیت‌های آنزیمی همراه می‌باشد که علت اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است. در سطوح بالای تنش خشکی واسرشت شدن ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی باشد (۱۵).

نتایج نشان داد که میزان مالون‌دی آلدهید و پرولین در اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ تهران به‌ترتیب ۸۳ و ۳۵ درصد افزایش یافت. همچنین در هر دو اکوتیپ با افزایش پتاسیل اسمزی میزان این دو شاخص افزایش یافت بنحوی‌که بیشترین میزان مالون‌دی آلدهید (۸/۰۹ میکرومول بر گرم وزن تر) و پرولین (۰/۶۳۰ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار ۸- بار به ثبت رسید (جدول ۴). نتایج اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان مالون‌دی آلدهید در اکوتیپ مشهد در تیمار ۸- بار (۱۰/۱ میکرومول بر گرم وزن تر) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد اکوتیپ تهران (۲/۶ میکرومول بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۲، d). ازطرفی بیشترین میزان پرولین در هر دو اکوتیپ در ۸- بار و کمترین میزان آن در شاهد به ثبت رسید (شکل ۲، e). این نتایج نشان داد که پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب غشاء در پتانسیل اسمزی بالاتری رخ می‌دهد و گیاه ختمی در برابر تنش‌های متوسط مقاوم می‌باشد اما شدت خشکی بالاتر را در مرحله جوانه‌زنی تحمل نمی‌نماید. از طرفی محدود شدن فعالیت آنزیم‌ها و افزایش میزان پرولین در ختمی نشان داد که افزایش مقاومت به تنش خشکی در گیاه ختمی بیشتر بستگی به تجمع مواد محافظت‌کننده نظیر پرولین دارد. همچنین تغییرات مالون‌دی آلدهید بستگی به گیاه، نوع و رقم دارد بنحوی‌که در گل مرواریدی (*Alternanthera philoxeroides*) تحت تنش خشکی این فاکتور در ریشه و برگ‌ها هیچ تغییر معنی‌داری را به ثبت نرساند اما در گیاه برنج (*Oryza sativa*) تحت تنش ۶۰ روز، در ریشه ۳۰ ٪ و در برگ‌ها به میزان ۶۰ ٪ افزایش یافت (۱۷). گوا و همکاران (۲۱) در آزمایشی نشان دادند که میزان پرولین در گیاهان تحت تنش خشکی نسبت به شاهد ۲/۵ برابر شد.

همچنین افزایش میزان پرولین در اطلسی (*Petunia* spp.) در شرایط تنش خشکی نیز گزارش شده است (۴۶). به واسطه مقاومت بیشتر اکوتیپ مشهد میزان جذب آب در آن بالاتر بوده و در نتیجه درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافته است. اگر جذب آب توسط بذر مختل گردد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی به آرامی صورت می‌گیرد و با خروج دیرتر ریشه‌چه سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد. هر دو اکوتیپ با افزایش میزان فعالیت آنزیمی نظیر کاتالاز و تجمع اسیدهای آمینه نظیر پرولین نسبت به تنش خشکی واکنش نشان دادند. همانگونه که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد اکوتیپ مشهد در مرحله جوانه‌زنی تحت شرایط تنش خشکی نسبت به اکوتیپ تهران عملکرد قوی‌تری داشت، در حقیقت تفاوت در شرایط اکولوژیکی که دو جمعیت در آن رشد یافته‌اند باعث اعطای ویژگی‌های فیزیولوژیکی متفاوت در آنها شده است.

منابع

1. Abdollahi J., Tafaroji S.H., Ebrahimi M., Ramshini H.A., Dehghani Tafti A.R., Mortazavian M., Eftekhari M., Dezfoulian A.H., and Bagheri A. 2012. Effect of drought stress on germination and seedling growth of *Salvia* species. African Journal of Agricultural Research 7: 5719-5725.
2. Abido W.A.E., and Zsombik L. 2018. Effect of water stress on germination of some Hungarian wheat landraces varieties. Acta Ecologica Sinica 38: 422-428.
3. Achakzai A.K.K. 2014. Imbibition, germination and lipid mobilization response by sunflower subjected to salt stress. Pakistan Journal of Botany 46: 1995-2002.
4. Agrawal R.L. 1991. Seed Technology. Oxford & IBH Publishing, 658p.
5. Ahmed B., Roy C.D., Subramaniam S.A., Ganie D., Kwatra D., Dixon D., Anant A., Zarqar M.A., and Umar S. 2016. An ornamental plant targets epigenetic signaling to block cancer stem cell driven colon carcinogenesis. Carcinogenesis 37: 385-396.
6. Akhavan Barmaki M., Azanivand H., Osare M.H., Jafari Y.A., and Tavili A. 2013. Evaluation of drought stress effects on germination indices of four genotypes grassland of *Bromus tomentellus*. Agricultural Water Management Journal 66: 167-177. (In Persian with English abstract)
7. Akhavan Barmaki M., Hashemi M., Azarnivand H., Osare M.H., Jafari A.A., and Tavili A. 2013. Effect of drought stress on growth and germination characteristics of three genotype of *Agropyron trichophorum*. Desert Ecosystem Engineering Journal 2: 9-14. (In Persian with English abstract)
8. Alscher R., Heath A., Erturk N., and Heath L.S. 2002 Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. Journal of Experimental Botany 53: 1331-1341.
9. Bagheri H., Ghazi Khanloosani Y., Zangani E., Andelibi B., Azimi Moghadam M.R., and Jamshidi S. 2012. Seed germination indices and initial growth of safflower seedlings with different thousand kernel weights under drought stress. Agroecology Journal 8: 1-12. (In Persian with English abstract)
10. Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
11. Burt S.A., and Reinders R.D. 2003. Antibacterial activity of selected plant essential oils against Escherichia coli O157: H7. Letters in Applied Microbiology 36: 162-167.
12. Chen K., and Arora R. 2011. Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*). Plant Science 180: 212-20.
13. Chen Z., Wang Z., Yang Y., Li M., and Xu B. 2018. Abscisic acid and brassinolide combined application synergistically enhances drought tolerance and photosynthesis of tall fescue under water stress. Scientica Horticulturae 228: 1-9.
14. Ebadi M.T., Azizi M., and Farzane A. 2011. Effect of drought stress on germination factors of four improved cultivars of german chamomile (*Matricaria recutita* L.). Journal of Plant Product 18: 119-132. (In Persian with English abstract)
15. Fabian A., Jager K., and Barnabas B. 2008. Effects of drought and combined drought and heat stress on germination ability and seminal root growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. Journal of Acta Biologica 52: 157-159.
16. Fathi A., and Barari Tari D. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10: 1-6.
17. Gao J.M., Xiao Q., Ding L.P., Chen M.J., Yin L., Li J.Z., Zhou S., and He G. 2008. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in *Alternanthera philoxeroides* and *Oryza sativa* subjected to drought stress. Plant Growth Regulation 56: 89-95.
18. Ghodke P.H., Andhale P.S., Gijare U.M., Thangasamy A., Khade Y.P., Mahajan V., and Singh M. 2018. Physiological and biochemical responses in onion crop to drought stress. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7: 2054-2062.
19. Giannopolitis C.N., and Ries S.K. 1977. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. Plant. Physiology

59: 309-314.
20. Gill S.S., and Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48:909-930.
21. Guo Q., Wang Y., Zhang H., Qu G., Wang T., Sun Q. and Liang D. 2017. Alleviation of adverse effects of drought stress on wheat seed germination using atmospheric dielectric barrier discharge plasma treatment. Scientific Reports 7: 1666-1680.
22. Hasanuzzaman M., Anwar Hossain M., Teixeira daSilva J.A., and Fujita M. 2011. Plant Response and Tolerance to Abiotic Oxidative Stress: Antioxidant Defense Is a Key Factor. Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies, pp 261-315.
23. Heath R.L., and Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.
24. Hussain L., Akash M.S.H., Tahir M., Rehman K., and Ahmed K.Z. 2014 Hepatoprotective effects of methanolic extract of *Alcea rosea* against acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice**.** Bangladesh Journal of Pharmacology 9: 322-327.
25. In, B.C., Motomura S., Inamoto K., Doi M., and Mori G. 2007. Multivariente analysis of relation between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut *Asomi Red Roses*. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 76: 66-72.
26. IPCC. 2014. In: R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.), Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
27. Jajarmi V. 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. World Academy of Science Engineering and Technology 49: 105-106.
28. Khalid M.N., Iqbal H.F., Tahir A., and Ahmad A.N. 2001. Germination potential of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under saline condition. Journal of Biological Science 4: 395-396.
29. Kusvuran S., and Dasgan H.Y. 2017. Drought induced physiological and biochemical responses in *Solanum lycopersicum* genotypes differing to tolerance. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus Horticulture 16: 19-27.
30. Li H., Li X., Zhang D., Liu H. and Guan K. 2013. Effects of drought stress on the seed germination and early seedling growth of the endemic desert plant *Eremosparton songoricum* (Fabaceae). Excil Journal 12: 89-101.
31. Lim T.K. 2014. Edible medicinal and nonmedicinal plants. Flowers 8: 292-299.
32. Liu M., Li M., Liu K., and Sui N. 2015. Effects of drought stress on seed germination and seedling growth of different maize varieties. Journal of Agricultural of Science 7: 231-240.
33. Luck H. 1974. Catalase. In Methods of Enzymatic Analysis, Vol. II, edited by J Bergmeyer and M Grabi, Academic Press, New York. Pp 885-890.
34. Mantovani A., and Iglesias R.R. 2010. The effect of water stress on seed germination of three terrestrial bromeliads from restinga. Brazilian Journal of Botany 33: 201-205.
35. Michel B.E., and Kaufman M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Physiology 51: 914-916.
36. Noman A., Aqeel M., Deng J., Khalid N., Sanaullah T., and Shuilin H. 2017. Biotechnological advancements for improving floral attributes in ornamental plants. Frontiers in Plant Science 8: 1-15.
37. Pakravan M., and Ghahreman A. 2003: Some new combinations and synonyms in *Alcea* (Malvaceae) from Iran. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 104: 713-716.
38. Penfield S. 2017. Seed dormancy and germination. Current Biology 27: 874-878.
39. Şevik H., and Ertürk N. 2015. Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus Brutia* Ten. seeds in Turkey. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology 3: 294-299.
40. Seyyednejad S.M., Koochak H., Darabpour E., and Motamedi H. 2010. A survey on *Hibiscus rosa sinensis*, *Alcea rosea* L. and *Malva neglecta* Wallr as antibacterial agents. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 3: 351-355.
41. Seyyed-Sharifi R., and Seyyed-Sharifi R. 2009. The effects of polyethyleneglycol on germination and seedling growth of carthamus cultivars. Iranian Journal of Biology 21: 400-410. (In Persian with English abstract)
42. Stefania Toscano S., Romana D., Tribulata A., and Patane C. 2017. Effect of drought stress on seed germination of ornamental sunflowers. Acta Physiologiae Plantarum 39:1-12.
43. Sun Y.D., Du X.H., Zhang W.J., Sun L., and Li R. 2011. Seed germination and physiological characteristics of *Amaranthus mangostanus* L. under drought stress. Advanced Mater Research Switzerland 183: 1071–1074.
44. Tajamolian M., Sodaei zadeh H., and Shamsaie M. 2017. Evaluation of the effects of drought stress of mother plants on some seed germination indices of *Satureja hortensis.* Desert Management 8: 27-35. (In Persian with English abstract)
45. Wang W.B., Kim Y.H., Lee H.S., Kim K.Y., Deng X.P., and Kwak S.S. 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. Plant Physiology and Biochemistry 47: 570-577.

46. Yamada M., Morishita H., Urano K., Shiozaki N., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K., and Yoshiba Y. 2005. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. Journal of Experimental Botany 56: 1975-1981.
47. Yan D., Duermeyer L., Leoveanu C., and Nambara E. 2014. The functions of the endosperm during seed germination. Plant Cell Physiology 55: 1521-1533.
48. Zamani Z., Amiri H., and Ismaili A. 20018. Effect of drought stress on germination characteristics of two populations of Fenugreek (*Trigonella foenumsubsp*.graceum L.). Nova Biologica Reperta 5: 183-191. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 479-492
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۹۲-۴۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Drought Stress on Seed Germination Variables and Physiological Traits of Ornamental Hollyhock (*Alcea rosea* L.)

T. Oraee[1]- M. Shoor[2*]- A. Tehranifar[3]- S.H. Nemati[4]

Received: 27-06-2018
Accepted: 24-07-2019

Introduction: The Hollyhock (*Alcea rosea*) is a summer flowering biennial plant that is native to China and belongs to the Malvaceae family. It is one of the most valuable ornamental plants, whose 36 species are cultivated in Iran. It is an increasing garden escape, especially in urban areas, and is usually found at foot of walls, in ruderal areas, and in cracks of pavements and old walls. Also, it is sometimes seen on riverbanks (for instance on dikes of the river Maas), dumps or road- and railway banks. *Alcea rosea* has been used as an herbal plant in folk medicine for treatment of different diseases such as common cold and cough. This plant is antiphlogistic, astringent, demulcent, diuretic and expectorant. Drought is the most significant environmental stress in agriculture worldwide, and improving yield under drought is a major goal of plant breeding. Seed germination and early seedling growth are potentially the most critical stages for water stress. When subjected to drought stress, plant metabolism is interrupted or inhibited by increasing reactive oxygen species (ROS) and lipid peroxidation, resulting in reduced germination, weaker root and shoot growth and even mortality. Plants have evolved oxygen-scavenging systems consisting of non-enzyme antioxidant metabolites, such as proline and various antioxidant enzymes including superoxide dismutase, peroxidase and catalase.

Materials and Methods: In order to examine the effect of drought stress on germination indexes, various antioxidant enzyme changes and non-enzyme antioxidant metabolites in *Alcea rosea*, an experiment was conducted in complete randomized design with three replications. The drought stress treatment was conducted in five levels with osmotic pressures 0, -2, -4, -6, and -8 bar and with using PEG (Poly Ethylene Glycol 6000) on two ecotypes of *Alcea rosea* (ecotype 1= Mashhad and ecotype 2= Tehran). The seeds are at first sterilized with hypo chloride sodium for two minutes and then washed superficially three times with distilled water. 25 seeds were transferred to a glass petri dish with 10 cm diameter, and for the duration of the experiment, 5 ml solution with different levels was added to each petri dish. After 14 days at 25±1 ºC temperature, the number of geminated seeds in each day was counted and recorded. In the first part of the experiment, after the end of the germination period, the following growth parameters were measured: germination percentage, germination rate, root and shoot length, and the fresh weight of seedling. In the second part, the activity of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT), malondialdehyde content, lipid peroxidation in terms of malondialdehyde (MDA) content, and proline index were measured.

Results and Discussion: The ecotype, drought treatments and their interaction had significant effects on growth parameters (germination percentage, germination rate, radicle and plumule length, and seedling fresh weight), as well as physiological and biochemical parameters (SOD, POD, CAT, MDA and proline). The highest germination parameters were recorded at Mashhad ecotype. Germination percentage and germination rate were severely affected by drought. Maximum percentage of germination (36) was recorded at control group followed by 32.1 at -2 bar and -4 bar PEG treatments in ecotype 1. Germination percentage in two ecotypes further declined to 33% at -8 bar compared to the control treatment. In both ecotypes, plants had the highest germination rate in control media (zero osmotic potential) but germination rate decreased significantly by decreasing water potential. Germination rate of control seeds of ecotype 1 was 11.7, while that of ecotype 2 was 8. 3. Germination rate in two ecotypes further declined to 56% and 38 %, at -8 bar compared to the control treatment, respectively. Ecotype 2 displayed a significant reduction in radicle and plumule length compared to the ecotype 1. Generally, the radicle and plumule length decreased significantly in relation to the drought stress caused by PEG. Ecotype 2 in -8 bar PEG treatment had the highest (41 and 32%) decrease in radicle and plumule length compared to the control temperature. In two ecotypes (Mashhad and Tehran) of *Alcea rosea*, increasing PEG concentrations resulted in a decrease in fresh and dry weights. Water absorption is the first germination stage. Due to the probable resistance of the ecotype one, water absorption rate is higher, and as a result, the percentage and rate of germination have increased. Ecotype 1 exhibited higher leaf SOD activities in response to -2 bar compared to -8

1, 2, 3 and 4- Ph.D., Associate Professor, Professor and Assistant Professor of Department of Horticultural Science and Landscape, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: shoor@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.60838.0

bar, but the SOD activities in ecotype 2 showed a general increase trend with increases in the PEG concentration. Drought stress resulted in lower antioxidant enzyme activities (POD) in leaves of both ecotypes compared to that observed at the control treatment, but the activity of CAT increased with the increase of drought stress. In both ecotypes, exposure to -8 bar resulted in significantly higher leaf MDA activities. Plants exhibited higher proline in response to -8 bar treatment compared to the control. By increasing the PEG concentration from control to -8 bar, proline content increased about 90 percent. In this experiment, drought stress reduced the rate and germination percentage and delayed subsequent plant deployment. When plants are subjected to drought stress, their metabolism is interrupted or inhibited by increasing reactive oxygen species (ROS) and lipid peroxidation, resulting in reduced germination, weaker root and shoot growth and even mortality. The recent experiment showed that the activity of two superoxide dismutase and peroxidase enzymes decreased with increasing drought stress, and the activity of the catalase enzyme increased; this is in agreement with the results reported by other studies. On one hand, the increase in the activity of the catalase enzyme indicates that it is perhaps the most important enzyme involved under drought condition, which increased over the course of 14 days. On the other hand, limiting the activity of enzymes and increasing the amount of proline showed that increasing the resistance to drought stress in the plant depends on the accumulation of contaminating substances such as proline.

Conclusion: Due to the higher resistance of the ecotype 1 and increase in water absorption, the percentage and rate of germination were increased. If water absorption is disturbed by the seed, the germination activity is slowly applied and the later growth of the roots will decrease the germination rate. Therefore, it seems that Mashhad ecotype with increase of catalase and proline has the highest drought tolerance compared to the other ecotype at germination stage. There was a significant correlation between germination percentage with SOD and POD.

Keywords: Osmotic potential, Ornamental hollyhock, Germination percentage, Physiological and biochemical indexes

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 493-505
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۰۵-۴۹۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

غربالگری برخی ارقام تجاری زردآلوی ایران با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره با هدف شناسایی هم‌نامی‌ها

مهدی رضائی[1*]- میترا رحمتی[2]- عبدالرضا کاوند[3]- مرتضی همتی[4]- سیدرضا کاظمی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱

چکیده

در ایران، بسیاری از ارقام محلی زردآلو توسط باغداران و نهال‌کاران با هدف بهره‌برداری از ارقام جدید در میان استان‌ها جابجا شده و متعاقباً در برخی موارد نام آن‌ها در مقصد تغییر یافته است. بنابراین برای مدیریت بهینه ژرم‌پلاسم زردآلوی کشور و شناسایی ارقامی که از نظر ژنتیکی از یکدیگر متفاوت هستند، غربالگری ژرم‌پلاسم زردآلو در ایران ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه، غربالگری تعدادی از ارقام تجاری زردآلوی ایران با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره، جهت بررسی وضعیت نام‌های اطلاق شده به ارقام، شناسایی هم‌نامی‌ها و درک بهتر از تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام بود. در این مطالعه ۲۹ رقم مختلف زردآلو با پنج تکرار از ۱۴ نهالستان از شش استان کشور جمع‌آوری شدند. برای ارزیابی وضعیت حفظ اصالت ژنتیکی در نهالستان‌های کشور، برخی از ارقام، دو بار از نهالستان‌های مختلف جمع‌آوری شدند. همچنین DNA ۱۰ رقم بومی زردآلو که قبلا ثبت و در فهرست ملی ارقام وارد شده بودند نیز به عنوان شاهد در مطالعه گنجانده شدند. علاوه بر آن زردآلوی رقم Orange Red (با نام محلی پرتقالی) به عنوان نمونه Outgroup در این بررسی‌ها گنجانده شد. برای انجام آزمایشات، استخراج DNA به روش CTAB انجام و از ۱۳ جفت آغازگر ریزماهواره که در مطالعات مختلف بیشترین میزان تنوع را آشکار کرده بودند، برای انجام واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز استفاده شد. سپس محصولات این واکنش‌ها بر روی ژل پلی‌اکریلامید ده درصد الکتروفورز شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های تنوع ژنی نی و شانون به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۴۸ بودند. بیشترین فاصله ژنتیکی (۰/۷۴) میان ارقام عسگرآبادی و زودرس و همچنین ارقام محلی گوشتی زودرس و نصیری مشاهده شد. در این مطالعه، برخی از ارقام علی‌رغم داشتن اسامی متفاوت، دارای زمینه ژنتیکی مشابهی بودند. همچنین نتایج نشان داد که ارقام نصیری، طبرزه و شاهرودی که هر کدام از دو نهالستان از استان‌های متفاوت جمع‌آوری شده بودند، علی‌رغم نام یکسان دارای زمینه ژنتیکی متفاوتی بودند. در نهایت می‌توان گفت که یکی از چالش‌های جدی در مدیریت ژرم‌پلاسم و نهالستان‌های کشور، عدم وجود باغات مادری استاندارد از ارقام اصیل بومی زردآلو جهت تامین پیوندک‌های سالم و اصیل برای نهالستان‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، مدیریت ژرم‌پلاسم، نشانگر مولکولی، هم‌نامی

مقدمه

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین درختان میوه متعلق به زیرخانواده آمیگدالوئیده از خانواده رزاسه می‌باشد که در مناطق دارای آب و هوای مدیترانه‌ای پرورش داده می‌شود (۵ و ۱۵). گونه‌های زردآلو به شش گروه اکو-جغرافیایی، شامل آسیای مرکزی، شرق چین، شمال چین، Dzhungar-Zailij، ایرانی-قفقازی و اروپایی تقسیم‌بندی شده‌اند (۹). ژنوتیپ‌های ایرانی زردآلو که متعلق به گروه ایرانی-قفقازی هستند، عمدتا خودناسازگار بوده و دارای نیاز سرمایی کمی می‌باشند (۵). احتمالا، سطح بالای تنوع ژنتیکی در زردآلوهای ایران به دلیل تکثیر جنسی آن‌ها طی سالیان متمادی از طریق بذر است.

بر اساس میانگین تولید از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸، ایران سومین تولید کننده زردآلو در جهان پس از ترکیه و ازبکستان می‌باشد. میزان

۱ و ۲- استادیاران، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: meh.rezaee@areeo.ac.ir)
۳، ۴ و ۵- محققین غیر هیأت علمی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران
DOI: 10.22067/JHS.2021.61722.0

تولید زردآلو در ایران در سال ۲۰۱۸، ۳۴۲۴۷۹ تن گزارش شده است (۲).

در ایران، با توجه به عدم وجود یک سیستم مشخص برای صیانت از هویت ارقام گیاهی، بسیاری از ارقام بومی بین استان‌ها جابجا شده و متعاقبا در برخی موارد، نام رقم در مقصد، طی سالیان دچار تغییر شده است. انتظار می‌رود که در ژرم‌پلاسم زردآلوی ایران، چهار گروه از مواد گیاهی وجود داشته باشد. ۱- ژنوتیپ‌هایی که دارای زمینه ژنتیکی متفاوت و نام‌های متفاوت هستند. ۲- ژنوتیپ‌هایی که دارای زمینه ژنتیکی متفاوت و نام‌های یکسان هستند. ۳- ژنوتیپ‌هایی که دارای زمینه ژنتیکی یکسان و نام‌های متفاوت هستند. ۴- ژنوتیپ‌هایی که دارای زمینه ژنتیکی یکسان و نام‌های یکسان هستند. بنابراین برای تعیین ارقامی که واقعا از نظر ژنتیکی با یکدیگر متفاوت هستند، تعیین هم‌نامی‌ها و در نهایت مدیریت بهینه ژرم‌پلاسم، غربالگری ژرم‌پلاسم زردآلو در ایران و جمع‌آوری اطلاعات ریخت شناختی آن‌ها ضروری است.

امروزه استفاده از نشانگرهای مولکولی برای ارزیابی تنوع و روابط ژنتیکی و همچنین مدیریت ژرم‌پلاسم و استفاده از آن در برنامه‌های به‌نژادی ضروری به‌نظر می‌رسد. علاوه بر این، انگشت‌نگاره‌های ایجاد شده با استفاده از نشانگرهای مولکولی می‌تواند در قالب برنامه‌های صدور گواهی برای حفاظت از حقوق به‌نژادگر و معرفی ارقام گیاهی جدید، مورد استفاده قرار گیرند (۱۶). چندشکلی و تکرارپذیری بالا، مستقل بودن از محیط و توزیع گسترده در ژنوم، نشانگرهای SSR را به یکی از نشانگرهای مطلوب در مطالعات ژنتیکی بدل نموده است (۱۳ و ۱۷). همبارز بودن و تنوع بسیار بالای نشانگرهای ریزماهواره در سطح گونه، از ویژگی‌هایی است که این نشانگر را برای مطالعاتی نظیر تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای، شناسایی ارقام و تعیین قرابت آن‌ها مناسب ساخته است (۱۲). از نشانگرهای ریزماهواره به طور گسترده‌ای برای تعیین ویژگی‌های مولکولی و شناسایی ارقام در گونه‌های مختلف جنس پرونوس از جمله *P. armeniaca* استفاده شده است (۴، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۶ و ۱۸).

در مطالعات زیادی از نشانگرهای مولکولی برای شناسایی هم‌نامی‌ها و مدیریت بهینه ژرم‌پلاسم استفاده شده است. گراس و همکاران (۳) با هدف مدیریت بهینه ژرم‌پلاسم سیب، ۱۱۳۱ ژنوتیپ دیپلوئید *Malus domestica* را با ۱۹۱۰ نمونه وحشی و اهلی با هدف شناسایی نمونه‌های دارای زمینه ژنتیکی یکسان با ۹ جفت آغازگر SSR مورد مقایسه قرار دادند. آلبوکورکو و همکاران (۱) از نشانگرهای SNP برای شناسایی هم‌نامی‌ها در ژرم‌پلاسم کاساوا استفاده کردند. در این مطالعه ۲۳۷۱ ژنوتیپ با استفاده از ۲۰۷۱۲ SNP مورد بررسی قرار گرفت. تروجیلو و همکاران (۱۹) از ۳۳ نشانگر SSR و ۱۱ ویژگی مورفولوژیکی اندوکارپ زیتون برای بررسی ۸۸۴ درخت از ۴۹۹ ژنوتیپ از ۲۱ کشور استفاده کردند. خدری و همکاران (۷) از نشانگرهای RAPD برای بررسی ۱۰۰ ژنوتیپ موجود در کلکسیون زیتون استفاده کردند. در این مطالعه ۴۹۷ درخت زیتون با استفاده از ۳۲ نشانگر RAPD مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به آنچه گفته شد، در این مطالعه برخی ارقام تجاری زردآلوهایی که در نهالستان‌ها تکثیر می‌شوند، از شش استان و ۱۴ نهالستان جمع‌آوری شد و با نشانگرهای ریزماهواره مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام این مطالعه، غربالگری تعدادی از ارقام تجاری زردآلوی ایران با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره، جهت بررسی وضعیت نام‌های اطلاق شده به ارقام، شناسایی هم‌نامی‌ها و درک بهتر از تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام بود.

مواد روش‌ها

مواد گیاهی

در این مطالعه ۲۹ رقم زردآلو با پنج تکرار از ۱۴ نهالستان از شش استان ایران جمع‌آوری و به گلخانه موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال منتقل شدند (جدول‌های ۱ و ۲). برای ارزیابی وضعیت رعایت اصالت ژنتیکی در نهالستان‌های کشور، برخی از ارقام شامل شاهرودی، عسگرآبادی، نصیری، جهانگیری، سلطنتی، رجبعلی، طبرزه، شاملو و شمس دو بار از نهالستان‌های مختلف جمع‌آوری شدند. بنابراین مجموعا ۳۸ نمونه با ۵ تکرار (۱۹۰ اصله نهال) جمع‌آوری شد. همچنین DNA ۱۰ رقم بومی که قبلاً ثبت و در فهرست ملی ارقام وارد شده بودند (شامل اردوباد، شکرپاره، درشت ملایر، قربان مراغه، نصیری، شاهرودی، شمس، لاسگردی، باقری و نادری) نیز به عنوان شاهد در مطالعه گنجانده شد. برای پی بردن به کارایی نشانگرهای استفاده شده در مطالعه رقم Orange Red (با نام محلی پرتقالی) به عنوان نمونه Outgroup در این بررسی‌ها گنجانده شد.

استخراج DNA و PCR

از برگ‌های سالم و جوان هر رقم نمونه برداری انجام و نمونه‌ها به فریز ۷۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. نمونه‌های برگی با استفاده از هاون و ازت مایع پودر شدند. از بافر استخراج CTAB (Tris 100 mM, NaCl 1.4 M, EDTA, 20mM, CTAB 2%, DTT 30mM) برای استخراج اسید نوکلئیک استفاده شد (۱۶). کمیت و کیفیت اسید نوکلئیک استخراج شده با استفاده از اسپکتروفتومتری (NanoDrop 1000) و الکتروفورز بر روی ژل آگارز ۰/۸ درصد ارزیابی شد. رقیق‌سازی نمونه‌ها با استفاده از آب دیونیزه عاری از DNase تا غلظت ۲۰ نانوگرم در میکرولیتر انجام شد.

جدول ۱- محل نمونه‌برداری، تعداد رقم جمع‌آوری شده در هر محل و تعداد نهالستان‌های هر استان که ارقام محلی زردآلو از آن‌ها جمع‌آوری شد

Table 1- Sampling location, number of cultivar per location and number of nurseries per location which apricot local cultivars were sampled

استان Province	تعداد رقم جمع‌آوری شده Number of cultivar	تعدا نهالستان مورد نمونه‌برداری Number of nurseries
West Azarbaijan	8	2
East Azarbaijan	8	5
Esfahan	8	2
Semnan	9	2
Alborz	4	2
Tehran	1	1
تعداد کل Total	38	14

جدول ۲- شماره لیبل، نام رقم و محل نمونه‌برداری هر رقم زردآلو

Table 2- Label number, cultivar names and sampling location of each apricot cultivar

شماره لیبل Label number	رقم Cultivar	محل نمونه‌برداری Sampling location	شماره لیبل Label number	رقم Cultivar	محل نمونه برداری Sampling location
1 to 5	Mahali Goshti zodras	East Azarbaijan	98-102	Pishrase bazri	Alborz
6 to 10	Asgar abadi	East Azarbaijan	103-106+108	Portaghali	West Azarbaijan
11 to 15	Mahali ghermez Ananasi	East Azarbaijan	107	Shahroudi	West Azarbaijan
16 to 20	Shahroudi	West Azarbaijan	109	Tokhm Gerdi	Esfahan
21 to 25	Nasiri	West Azarbaijan	110-114	Dir Ras	Alborz
26 to 30	Saltanati	Esfahan	115-119	Shahroudi	Tehran
31 to 35	Nasiri	East Azarbaijan	120 to 124	Asgar Abadi	West Azarbaijan
36 to 39	Shamlou	East Azarbaijan	125 to 129	Soltani	West Azarbaijan
40 to 44	Eivand	East Azarbaijan	130 to 134	Jahangiri	Semnan
45 to 49	Tabarze	East Azarbaijan	135 to 139	Ghavami	Semnan
50 to 54	Mahali Ghermez Anari	East Azarbaijan	142 to 144	Tabarze	West Azarbaijan
55 to 59	Nakhjavan	Alborz	145 to 149	Shamlou	West Azarbaijan
60 to 62	Saltanati	Esfahan	150 to 154	Manouchehri	Semnan
64,65,67	Asefi	Esfahan	155 to 159	Daneshkade	Semnan
68 to 72	Nouri	Esfahan	160 to 164	Rajab Ali	Semnan
73 to 77	Rajab Ali	Esfahan	165 to 169	Zoudras	West Azarbaijan
78+80 to 82	Shams	Esfahan	170 to 174	Zaferani	Semnan
83 to 87	Shams	Alborz	175 to 179	Jafari	Semnan
88 to 92	Jahangiri	Esfahan	180 to 184	Khibei	Semnan
93 to 97	Tokhm Gerdi	Esfahan	185 to 189	Ghiasi	Semnan

واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز در حجم ۱۵ میکرولیتر و با استفاده از مسترمیکس (1x)، آغازگرهای پیشرو و پسرو (0.2 pmol) آب عاری از DNase و ۵۰ نانوگرم اسید نوکلئیک انجام شد. با توجه به اینکه شناسایی دقیق نمونه‌هایی که دارای زمینه ژنتیکی یکسانی هستند، مستلزم استفاده از جایگاه‌های ژنومی دارای تنوع قابل توجه است (۳)، آغازگرهای مورد استفاده در این مطالعه بر اساس بیش‌ترین میزان چندشکلی و تعداد آلل‌های تکثیر شده در مطالعات قبلی (۵، ۸، ۱۴، ۱۶ و ۱۸) انتخاب شدند (جدول ۳). واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز در دستگاه ترموسایکلر (Mastercycler® pro 6325) و به صورت یک مرحله ۹۴ درجه سلسیوس ۴ دقیقه، ۳۰ چرخه: ۹۴ درجه سلسیوس ۳۰ ثانیه، دمای اتصال هر جفت آغازگر، ۳۰ ثانیه و ۷۲ درجه سلسیوس، ۳۰ ثانیه و یک مرحله ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه انجام شد.

الکتروفورز و آنالیز داده‌ها

محصولات PCR بر روی ژل عمودی پلی‌اکریلامید ۱۰ درصد و در بافر (1x) TBE الکتروفورز شدند. از رنگ ژل رد[1] (شرکت BIOTIUM) برای رنگ‌آمیزی ژل و از نور UV (طول موج ۳۰۰ نانومتر) برای آشکارسازی باندها استفاده شد. از نشانگر اندازه ۱۰۰ جفت باز شرکت سیناژن (PR911653) برای مشخص کردن اندازه باندها استفاده شد. هشت جفت نشانگر (UDP96-003, UDP98-021, UDP98-024, Ps12a2, UDP98-409, UDP98-411, UDP98-412, and UDP98-416) که بیشترین میزان چندشکلی را نشان می‌دادند انتخاب و نمره‌دهی شدند.

1- GelRed Nucleic Acid Stain

جدول ۳- نام و مشخصات آغازگرهای مورد استفاده برای تعیین ویژگی‌های مولکولی برخی ارقام تجاری زردآلوی ایران

Table 3- Characteristics of primer pairs used for evaluation of molecular characteristics in some Iranian commercial apricot cultivars

شماره Number	نام آغازگر Primer name	توالی آغازگر Primer sequence	دمای اتصال آغازگر Annealing Temperature (°C)
1	UDP98-024-F UDP98-024-R	CCTTGATGCATAATCAAACAGC GGACACACTGGCATGTGAAG	58
2	UDP98-416-F UDP98-416-R	TTTTCTCAGCAGCCAAACAA ATGTTTCGTGCTTCTGCTCC	58
3	UDP98-021-F UDP98-021-R	AAGCAGCAATTGGCAGAATC GAATATGAGACGGTCCAGAAGC	59
4	UDP98-412-F UDP98-412-R	AGGGAAAGTTTCTGCTGCAC GCTGAAGACGACGATGATGA	58
5	UDP96-003-F UDP96-003-R	TTGCTCAAAAGTGTCGTTGC ACACGTAGTGCAACACTGGC	58
6	UDP96-008-F UDP96-008-R	TTGTACACACCCTCAGCCTG TGCTGAGGTTCAGGTGAGTG	60
7	UDP98-405-F UDP98-405-R	ACGTGATGAACTGACACCCA GAGTCTTTGCTCTGCCATCC	59
8	ASSR72-F ASSR72-R	AAGTGGGATTGGTAGGGAGGAAG CTACGGAGCCAGTTGAGAAAAG	62
9	UDP98-409-F UDP98-409-R	GCTGATGGGTTTTATGGTTTTC CGGACTCTTATCCTCTATCAACA	59
10	UDP97-401-F UDP97-401-R	TAAGAGGATCATTTTTGCCTTG CCCTGGAGGACTGAGGGT	58
11	UDP96-019-F UDP96-019-R	TTGGTCATGAGCTAAGAAAACA TAGTGGCACAGAGCAACACC	58
12	UDP98-411-F UDP98-411-R	AAGCCATCCACTCAGCACTC CCAAAAACCAAAACCAAAGG	56
13	Ps12a2-F Ps12a2-R	GCCACCAATGGTTCTTCC AGCACCAGATGCACCTGA	56

آلل‌های چندشکل به صورت ۱ برای حضور باند و صفر برای عدم حضور باند نمره‌دهی شدند. برای شناسایی نمونه‌های خارج از تیپ، ۱۸۴ نمونه مورد بررسی با استفاده از روش Paired Group و الگوریتم اقلیدسی با استفاده از نرم‌افزار PAST گروه‌بندی شدند. سپس داده‌های مربوط به نمونه‌های خارج از تیپ از مجموعه داده‌ها حذف و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها مجددا به روش قبل انجام شد. آنالیز تجزیه به مختصات اصلی (PCoA) با استفاده از نرم‌افزار PAST انجام و شاخص‌های تنوع ژنتیکی با استفاده از نرم‌افزار Popgene 32 ارزیابی شد.

نتایج و بحث

هشت نشانگر در مجموع ۱۲۴ آلل تکثیر کردند و میانگین تعداد آلل به ازای هر جایگاه ۱۵/۵ بود. تصاویر مربوط به برخی از ژل‌های الکتروفورز در قسمت زیر نشان داده شده است (شکل‌های ۱ تا ۴). بر اساس شاخص‌های محاسبه شده، توانمندترین نشانگر در شناسایی تنوع میان ارقام، نشانگر UDP98-409 بود (شکل‌های ۱ و ۲) و کم‌ترین میزان تنوع توسط نشانگر UDP96-003 شناسایی شد (جدول ۴).

شکل ۱- تصویر ژل الکتروفورز محصولات PCR مربوط به آغازگر UDP98-409 بر روی نمونه‌های شماره ۱ تا ۹۷ ارقام تجاری زردآلوی جمع‌آوری شده از ۱۴ نهالستان در شش استان ایران

Figure 1- Electrophoresis gel of PCR products derived from UDP98-409 primer pairs on 1 to 97 DNA samples extracted from some commercial apricot cultivars. The nursery stocks were collected fron14 nurseries in six provinces

شکل ۲- تصویر ژل الکتروفورز محصولات PCR مربوط به آغازگر UDP98-409 بر روی نمونه‌های شماره ۹۸ تا ۱۸۴ ارقام تجاری زردآلوی جمع‌آوری شده از ۱۴ نهالستان در شش استان ایران

Figure 2- Electrophoresis gel of PCR products derived from UDP98-409 primer pairs on 98 to 184 DNA samples extracted from some commercial apricot cultivars. The nursery stocks were collected fron14 nurseries in six provinces

شکل ۳- تصویر ژل الکتروفورز محصولات PCR مربوط به آغازگر UDP96-003 بر روی نمونه‌های شماره ۹۸ تا ۱۸۴ ارقام تجاری زردآلوی جمع‌آوری شده از ۱۴ نهالستان در شش استان ایران

Figure 3- Electrophoresis gel of PCR products derived from UDP96-003 primer pairs on 98 to 184 DNA samples extracted from some commercial apricot cultivars. The nursery stocks were collected fron14 nurseries in six provinces

شکل ۴- تصویر ژل الکتروفورز محصولات PCR مربوط به آغازگر UDP98-416 بر روی نمونه‌های شماره ۹۸ تا ۱۸۴ ارقام تجاری زردآلوی جمع‌آوری شده از ۱۴ نهالستان در شش استان ایران

Figure 4- Electrophoresis gel of PCR products derived from UDP98-416 primer pairs on 98 to 184 DNA samples extracted from some commercial apricot cultivars. The nursery stocks were collected fron14 nurseries in six provinces

میانگین شاخص‌های تنوع ژنی نی و شانون به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۴۸ بود (جدول ۴) که مقایسه این شاخص‌ها با اعداد متناظر در مطالعه تیان مینگ و همکاران (۱۹) نشان می‌دهد که تنوع بالایی در مجموعه ارقام این مطالعه وجود داشت. مینگ و همکاران (۱۹) ساختار ژنتیکی زردآلوهای وحشی موجود در دره ایلی در غرب چین را با نشانگرهای SSR مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ۸ جفت نشانگر SSR، ۱۸۵ باند تکثیر کردند که از این تعداد ۱۵۳ باند چند شکلی داشتند. نتایج آن‌ها نشان داد که نشانگرهای SSR ابزاری کارا برای بررسی تنوع ژنتیکی در جمعیت زردآلوهای وحشی بود. در این مطالعه شاخص‌های تنوع ژنی نی و شانون به ترتیب ۰/۲۸۷ و ۰/۴۵۸ بود و این نشان داد که زردآلوی‌های وحشی موجود در این دره دارای تنوع ژنتیکی بالایی بودند.

مقولی و همکاران (۱۰) ۱۳۳ رقم زردآلو و سه گونه خویشاوند که خاستگاه‌های جغرافیایی متفاوتی را داشتند را با ۱۰ نشانگر که چند شکلی نشان دادند، مطالعه کردند. در مجموع ۱۳۳ آلل با میانگین ۱۳/۳ آلل به ازای هر جایگاه تکثیر شد. میزان هتروزیگوسیتی مشاهده شده برای هر جایگاه از ۰/۸۶۳ تا ۰/۳۱۸ متغیر بود. گروه‌بندی ارقام با روش Paired Group و با استفاده از ماتریس فاصله نی نشان داد که ارقام آسیای مرکزی در دندروگرام جایگاه مجزایی را به خود اختصاص دادند. بیشتر ارقام اروپای شرقی با یکدیگر در یک خوشه قرار گرفتند و تعداد اندکی هم‌نامی نیز در میان آن‌ها یافت شد.

جدول ۴- شاخص‌های تنوع ژنتیکی حاصله از آنالیز ۸ جایگاه ژنومی SSR در برخی ارقام تجاری زردآلوی ایران

Table 4- Genetic diversity indexes resulted from analysis of 8 SSR loci in some Iranian commercial apricot cultivars

نام جایگاه Locus name	تعداد آلل مشاهده شده Number of observed alleles	تعداد آلل موثر Number of effective alleles	شاخص تنوع ژنی نی Nei's gene diversity	شاخص اطلاعاتی شانون Shannon's information index
UDP96-003	1.92	1.36	0.22	0.36
UDP98-021	2	1.59	0.35	0.53
UDP98-024	2	1.44	0.26	0.41
Ps12a2	1.92	1.50	0.30	0.45
UDP98-409	2	1.69	0.39	0.57
UDP98-411	2	1.59	0.35	0.52
UDP98-412	2	1.60	0.36	0.54
UDP98-416	1.94	1.53	0.31	0.46

پدریک و همکاران (۱۳) از هشت نشانگر SSR برای بررسی ۷۷ رقم زردآلوی متعلق به پنج گروه جغرافیایی مختلف شامل چین، آسیا، آمریکای شمالی، مدیترانه و اروپای غربی و مرکزی استفاده کردند. شش جفت آغازگر از هشت جفت آغازگر مورد استفاده چندشکلی نشان دادند و ۷۱ آلل با میانگین ۱۱/۸۳ آلل در هر جایگاه تکثیر کردند. در این مطالعه زردآلوهای چینی بیش‌ترین آلل را به خود اختصاص دادند. ارقام آسیایی، آمریکای شمالی و اروپای غربی تعداد آلل کمتری نسبت به ارقام چینی داشتند و ارقام اروپای مرکزی دارای کم‌ترین میزان آلل بودند. میزان اندک آلل‌های تکثیر شده در ارقام اروپای مرکزی، حاکی از تنوع ژنتیکی بسیار محدود در این ارقام بود.

ماتریس فاصله ترسیم شده بر اساس تنوع ژنی نی نشان داد که بیشترین فاصله ژنتیکی (۰/۷۴) میان ارقام عسگرآبادی و زودرس و همچنین محلی گوشتی زودرس و نصیری وجود داشت. جنتی زاده و همکاران (۶) ۳۹ رقم و ژنوتیپ ایرانی زردآلو را با استفاده از صفات مورفولوژیک و نشانگرهای مولکولی RAPD مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از ۹۷ آغازگر مورد استفاده، ۱۷ آغازگر چندشکلی نشان دادند. این ۱۷ آغازگر در مجموع ۱۷۲ قطعه تکثیر کردند. نتایج حاصل از ترسیم ماتریس تشابه در این بررسی نشان داد که کم‌ترین شباهت (۰/۳۰) بین ژنوتیپ‌های تنسگل و شاهرود ۴۸ و بیشترین شباهت میان ارقام نوری پیش‌رس و نوری دیررس وجود داشت. همچنین ارقام قربان مراغه و استیوت مراغه به همراه رقم قاضی جهان تشابه بالایی را نشان دادند (۰/۸۹ تا ۰/۹۳). محمدزاده و همکاران (۱۱) تنوع ژنتیکی را در ۳۰ رقم و ژنوتیپ زردآلوی ایرانی و ۲ رقم خارجی به عنوان شاهد با استفاده از صفات مورفولوژیک و نشانگر RAPD مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه نشانگرهای مورفولوژیک قادر به جدا کردن ارقام خارجی بلغاری و کانی‌نو از ارقام و ژنوتیپ‌های ایرانی نبودند در حالی‌که نشانگرهای مولکولی رقم بلغاری را به وضوح از ارقام ایرانی تفکیک کرد. بر اساس دندروگرام ترسیم شده در این مطالعه، ژنوتیپ‌های شاهرود ۳۲ و ۳۳ دارای زمینه ژنتیکی یکسانی بر اساس آغازگرهای مورد استفاده بودند.

گروه‌بندی ۱۹۰ نمونه مورد بررسی در مطالعه حاضر نشان داد که برخی از نمونه‌ها شامل شماره‌های ۱۹ و ۱۰۷ (در رقم شاهرودی)، ۵۹ (در رقم نخجوان)، ۱۲۷ (در رقم سلطانی)، ۱۳۷ (در رقم قوامی)، ۱۴۴ (در رقم طبرزه) و ۱۵۶ (در رقم دانشکده) الگوی باندی متفاوتی (حداقل در یک جایگاه) با بقیه اعضای گروه خود داشتند و بنابراین به عنوان نمونه خارج از تیپ، شناخته شدند (نتایج نشان داده نشده است). برای شناسایی هم‌نامی‌ها ابتدا داده‌های مربوط به نمونه‌های خارج از تیپ از مجموع داده‌ها حذف شد. سپس گروه‌بندی نمونه‌ها مجددا انجام شد و نتایج نشان داد که برخی از ارقام، علی‌رغم نام متفاوت دارای زمینه ژنتیکی مشابهی بودند (شکل ۵). بنابراین نام آن‌ها پس از بررسی ویژگی‌های میوه و تایید نتایج مولکولی با استفاده از صفات مورفولوژیک بایستی در ژرم‌پلاسم زردآلو یکسان‌سازی شود. البته بدیهی است که برای تایید نتایج به دست آمده در این مطالعه، بررسی ویژگی‌های میوه و دیگر خصوصیات مورفولوژیکی که زیاد تحت تاثیر محیط نیستند در مطالعات بعدی ضروری است. ولی بر اساس نتایج فعلی، وجود ژنوتیپ‌های دارای زمینه ژنتیکی یکسان و نام‌های متفات، نشان می‌دهد که بر اثر جابجایی مواد گیاهی از استانی به استان دیگر و یا از فرهنگی به فرهنگ دیگر نام آن توسط باغداران و یا نهال‌کاران به مرور زمان دچار تغییر شده است. همچنین دندروگرام ترسیم شده نشان داده که نشانگرهای مورد استفاده به خوبی قادر به تفکیک رقم پرتقالی (Orang Red) که منشاء وارداتی دارد از ارقام ایرانی بودند (شکل ۵) و این نتیجه بیانگر انتخاب نشانگرهای مناسب و دارای چندشکلی بالا برای غربالگری ارقام زردآلوی ایرانی بود.

نمودار ترسیم شده بر اساس بردار اول و دوم در آنالیز تجزیه به مختصات اصلی (PCoA) نشان داد که ۳۸ نمونه جمع‌آوری شده مورد بررسی به احتمال زیاد ۲۶ رقم متفاوت بودند (شکل ۶).

شکل ۵- تجزیه خوشه‌ای ۲۹ رقم زردآلوی ایرانی بر اساس داده‌های حاصل از ۸ جایگاه SSR شامل (UDP96-003, UDP98-021, UDP98-024, Ps12a2, UDP98-409, UDP98-411, UDP98-412, and UDP98-416). نام ارقام و محل جمع‌آوری آنها (داخل پرانتز) در شکل ارائه شده است.

Figure 5- Cluster analysis of 29 Iranian apricot local cultivars based on the data obtained by application of 8 SSR loci including (UDP96-003, UDP98-021, UDP98-024, Ps12a2, UDP98-409, UDP98-411, UDP98-412, and UDP98-416). Local varieties names and sampling locations (in the parenthesis) are represented in the figure.

شکل ۶- نمودار ترسیم شده بر اساس دو مولفه اول در آنالیز PCoA با استفاده از داده‌های حاصل از هشت جایگاه SSR شامل (UDP96-003, UDP98-021, UDP98-024, Ps12a2, UDP98-409, UDP98-411, UDP98-412, and UDP98-416) در ارقام ایرانی زردآلو

Figure 6- Depicted graph based on coordinates 1 and 2 obtained by PCoA based on 8 SSR loci data (UDP96-003, UDP98-021, UDP98-024, Ps12a2, UDP98-409, UDP98-411, UDP98-412, and UDP98-416) in Iranian local cultivars

برای بررسی وضعیت حفاظت از هویت ژنتیکی ارقام طی مراحل تکثیر، برخی ارقام شامل جهانگیری، عسگرآبادی، شاملو، سلطنتی، شاهرودی، شمس، طبرزه و رجبعلی دوبار از نهالستان‌های متفاوت جمع‌آوری شدند. نتایج بررسی این ارقام نشان داد که در مورد ارقام نصیری، طبرزه و شاهرودی دو نمونه جمع‌آوری شده علی‌رغم داشتن نام‌های یکسان، دارای زمینه ژنتیکی متفاوتی بودند (شکل ۵). این مساله نشان می‌دهد که نداشتن باغات مادری استاندارد از درختان سالم و اصیل جهت تامین پیوندک در فرایند تولید نهال، باعث تعدد اسامی ارقام و عدم صیانت مناسب از هویت ژنتیکی و نام آن‌ها شده است. برای رفع این مشکل لازم است تا ارقام تجاری دارای مزیت باغبانی/اقتصادی شناسایی و با استفاده از روش‌های متداول سالم سازی، از بیماری‌های مندرج در استاندارد ملی سلامت هسته‌های اولیه، باغ‌های مادری و نهالستان زردآلو، عاری سازی شده و در شرایط مناسب (اسکرین هاوس/گلخانه) جهت جلوگیری از آلوده شدن توسط ناقلین و ابزار باغبانی آلوده نگهداری شوند. سپس با احداث باغ‌های مادری استاندارد، زمینه لازم جهت تامین پیوندک سالم و اصیل از ارقام بومی کشور فراهم شود. همچنین لازم است برای مدیریت بهینه ژرم‌پلاسم زردآلو تمامی ژنوتیپ‌ها و ارقام ایرانی زردآلو جمع‌آوری شده و ویژگی‌های مورفولوژیک و مولکولی آن‌ها مورد مطالعه قرار گیرد. به عنوان مثال گراس و همکاران (۳) برای شناسایی نمونه‌های دارای زمینه ژنتیکی یکسان در نمونه‌های دیپلوئید *Malus domestica*، احتمال یکسان بودن نمونه‌ها را بر اساس داده‌های تنوع آللی را محاسبه کردند و همچنین در موارد ممکن برای تایید کیفی مشابهت‌ها، از تصاویر میوه‌ها استفاده کردند. در این بررسی، ۹ جفت آغازگر مورد استفاده مجموعا ۲۳۷ آلل با میانگین ۲۶/۳ آلل در هر جایگاه تکثیر کردند. در این مطالعه مشخص شد که ۵۲ رقم مورد بررسی دارای ۲۴ ژنوتیپ بودند و یکسان بودن ارقام با استفاده از تصویر میوه تایید شد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که هفت جفت از ارقام دارای نام‌های مشابه، ژنوتیپ یکسانی داشتند. نتایج آلبورکوکو و همکاران (۱) در بررسی ۲۳۷۱ ژنوتیپ کاساوا با استفاده از نشانگرهای SNP نشان داد که ۱۷۵۷ ژنوتیپ منحصر بفرد و ۶۱۴ مورد هم‌نامی در ژرم‌پلاسم این گونه وجود داشت. در مطالعه تروجیلو و همکاران (۲۰)، از ۳۳۲ رقم شناسایی شده در این مطالعه، ۲۰۰ رقم بر اساس مقایسه انگشت نگاره مولکولی و صفات مورفولوژیک با نمونه‌های شاهد تایید شدند.

شکل ۷- دندروگرام ترسیم شده (در فاصله ژنتیکی صفر تا ۲۴) بر اساس داده‌های حاصل از نشانگرهای SSR در ارقام جمع‌آوری شده از نهالستان‌ها و ارقام ثبت شده در فهرست ملی ارقام (شامل اردوباد، شکرپاره، درشت ملایر، قربان مراغه، نصیری، شاهرودی، شمس، لاسگردی، باقری و نادری)

Figure 7- Depicted dendrogram (genetic distance from 0 up to 24) based on SSR data of apricot cultivars collected from nurseries and registered apricot cultivars in national list (including Urdobad, Shekarpareh, Dorosht Malayer, Ghorban Maragheh, Nasisri, Shahroudi, Shams, Lasgerdi, Bagheri and Naderi)

در این مطالعه علاوه بر تایید ۱۵ مورد هم‌نامی که در مطالعات قبلی مشخص شده بود، ۳۷ مورد هم‌نامی دیگر نیز شناسایی شد. در پژوهشی که توسط خدری و همکاران (۷) بر روی درخت زیتون با استفاده از نشانگر RAPD انجام شد، موارد زیادی از اشتباه در لیبل-گذاری، هم‌نامی و نام‌های مشابه یافت شد.

مقایسه الگوی باندی ارقام مورد بررسی با الگوی باندی حاصل از ارقامی که قبلا ثبت شده و در فهرست ملی ارقام گیاهی درج شده‌اند (شکل ۷) نشان داد که این ارقام از ارقام جمع‌آوری شده در این مطالعه از لحاظ ژنتیکی مجزا بودند. مقایسه الگوی باندی ارقام شمس، نصیری و شاهرودی که از نهالستان‌ها جمع‌آوری شده بودند با ارقام ثبت شده (به عنوان شاهد) نشان داد که در مورد ارقام نصیری و شاهرودی که هر کدام دوبار از نهالستان‌های مختلف جمع‌آوری شده بودند، فقط یکی از آن‌ها با شاهد مطابقت داشت (شکل ۷) در حالی که در مورد رقم شمس هر دو نمونه جمع‌آوری شده با شاهد مطابقت داشت (شکل ۷).

در نهایت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ترکیب‌های مختلف از نشانگرهای SSR مورد استفاده در این مطالعه نشان داد که سه جایگاه UDP98-021، UDP98-409 و UDP98-411 با توجه به تنوع بالای آلل‌های تکثیر شده قادر به تفکیک ۲۶ رقم زردآلو بودند.

نتیجه‌گیری

شناسایی نمونه‌های خارج از تیپ در میان پنج تکرار متعلق به برخی از ارقام علی‌رغم تکثیر غیر جنسی آن‌ها می‌تواند ناشی از اشتباه در مرحله جابجایی، الصاق لیبل و یا انتخاب اشتباه پیوندک در نهالستان‌ها باشد. همچنین وجود هم‌نامی‌ها در ژرم‌پلاسم و متفاوت بودن زمینه ژنتیکی ارقام دارای نام مشابه، نشان می‌دهد که جهت حفظ اصالت ژنتیکی و جلوگیری از تعدد نام‌ها در ارقام (و همچنین بالا بردن کیفیت و کمیت تولید زردآلو) ایجاد زنجیره تولید نهال گواهی شده شامل هسته‌های اولیه و باغات مادری جهت تامین پیوندک‌های دارای اصالت و سلامت، ضروری می‌باشد.

منابع

1. Albuquerque H.Y.G., Oliveira E.J. Brito A.C., Andrade L.R.B., Carmo C.D., Morgante C.V., Vieira E.A., Moura E.F., and Faleiro F.G. 2019. Identification of duplicates in cassava germplasm banks based on single-nucleotide polymorphisms (SNPs). Scientia Agrocola 76(4): 328-336.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. FAOSTAT statistical database. Rome, FAO.
3. Gross B.L., Volk G.M., Richards M.Ch. Forsline P.L., Fazi, G., and Chao T. 2012. Identification of ‘‘Duplicate’’ Accessions within the USDA-ARS National Plant Germplasm System Malus Collection. Journal of American Society for Horticultural Science 137(5): 333-342.
4. Gürcan K., Öcal N., Yılmaz K.U., Ullah S., Erdoğan A., and Zengin Y. 2015. Evaluation of Turkish apricot germplasm using SSR markers: Genetic diversity assessment and search for Plum pox virus resistance alleles. Scientia Horticultura 193: 155–164.
5. Hormaza J.I. 2002. Molecular characterization and similarity relationships among apricot (*Prunus armeniaca* L.) genotypes using simple sequence repeats. Theoretical and Applied Genetics 104(3): 321–328.
6. Janatizadeh A., Fatahimoghadam M.R., Zamani Z., and Zeraatgar H. 2011. Study of genetic diversity in some apricot cultivars and genotypes using morphological and RAPD Markers. Journal of Iranian Horticultural Science 42(3): 255-265.
7. Khadari B., Breton C., Moutier N., Roger J.P., Besnard G., Berville A., and Dosba F. 2003. The use of molecular markers for germplasm management in a French olive collection. Theoretical and Applied Genetics 106: 521-529.
8. Khadivi-Khub A., Yarahmadi M., Jannatizadeh A., and Ebrahimi A. 2015. Genetic relationships and diversity of common apricot (*Prunus armeniaca* L.) based on simple sequence repeat (SSR) markers. Biochemical and Systematic Ecology 61: 366–371.
9. Layne R.E.C., Bailey C.H., and Hough L.F. 1996. Apricots. P. 79-111 In: Janick, J., Moore, J.N. (Eds.), Fruit Breeding: Tree and Tropical Fruits, vol. II. John Wiley and Sons, New York.
10. Maghuly F., Fernandez E.B., Ruthner S., Pedryc A., and Laimer M. 2005. Microsatellite variability in apricots (*Prunus armeniaca* L.) reflects their geographic origin and breeding history. Tree Genetics and Genomes 1(4): 151–165.
11. Mohamadzadeh S., Bouzari N., and Abdosi V. 2013. Evaluation of pomological, morphological and genetic characteristics in some Iranian apricot cultivars and genotypes. Journal of Iranian Horticultural Science 44(2): 179-191.
12. Naghavi M.R., Ghareyazi B., Hosseini Salekdeh Gh. 2013. Molecular Markers. University of Tehran Press. Tehran. (In Persian)
13. Pedryc A., Ruthner S., Hermán R., Krska B., Hegedűs A., and Halász J. 2009. Genetic diversity of apricot revealed

by a set of SSR markers from linkage group G1. Scientia Horticultura 121(1): 19–26.
14. Raji R., Jannatizadeh A., Fattahi R., and Esfahlani M.A. 2014. Investigation of variability of apricot (*Prunus armeniaca* L.) using morphological traits and microsatellite markers. Scientia Horticultura 176: 225–231.
15. Rehder A. 1967. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America**:** Exclusive of the Subtropical and Warmer Temperate Regions, 2nd Eds Macmillan, NewYork**.**
16. Saghai-Maroof M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A., and Allard R.W. 1984. Ribosomal DNA spacer-length polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 81: 8014–8019.
17. Sánchez-Pérez R., Ruiz D., Dicenta F., Egea J., and Martínez-Gómez P. 2005. Application of simple sequence repeat (SSR) markers in apricot breeding: molecular characterization, protection, and genetic relationships. Scientia Horticultura 103(3): 305–315.
18. Tautz D. 1989. Hyper-variability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. Nucleic Acids Research 17(16): 6463–6471.
19. Tian-Ming H., Xue-Sen C., Zheng X., Jiang-Sheng G., Pei-Jun L., Wen L., Qing L., and Yan W. 2006. Using SSR markers to determine the population genetic structure of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.) in the Ily Valley of West China. Genetic Resources and Crop Evolution 543: 563–572.
20. Trujillo I., Ojeda M.A. Urdiroz N.M., Potter D., Barranco D., Rallo L., and Diez C.M. 2013. Identification of the worldwide olive germplasm bank of Córdoba (Spain) using SSR and morphological markers. Tree Genetics and Genomes 10: 141-155.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 493-505
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۰۵-۴۹۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Screening of some Iranian Commercial Apricot Cultivars by SSR Markers for Identification of Synonyms

M. Rezaei[1]*- M. Rahmati[2]- A.R. Kavand[3]- M. Hemati[4]- S.R. Kazemi[5]

Received: 01-12-2019
Accepted: 21-04-2021

Introduction: Apricot (*Prunus armeniaca* L.) as an important fruit crop belongs to the Amygdaloideae in the Rosacea family and is grown in regions with Mediterranean climates in the world. Apricot species were classified into six eco-geographical groups including: Central Asian, East Chinese, North Chinese, Dzhungar-Zailij, Irano-Caucasian and European. Iranian genotypes which belong to the Irano-Caucasian group are mostly self-incompatible with low chill requirement. The high level of genetic diversity in Iranian apricots is due to sexual reproduction by seeds during the years. In Iran, many of apricot local varieties have been relocated between provinces and subsequently, in some cases their names, have been changed over the years. Hence, to determine the genetically different cultivars and detection of synonyms, screening of apricot germplasm seems necessary in Iran.

Materials and Methods: Thirty eight commercial genotypes of apricot with five biological replications were collected from 14 nurseries in West Azarbaijan, East Azarbaijan, Esfahan, Semnan, Alborz, and Tehran Provinces in Iran. Additionally Orang Red apricot (Porteghali) included in the study as an outgroup sample. Also DNA sample of previously registered apricots in national list were used in this study. Young and healthy leaves of each cultivar were sampled and stored at -70 °C. Samples were powdered using mortar and pestle in presence of liquid nitrogen. CTAB extraction buffer was used for nucleic acid extraction. Quantity and quality of extracted DNA were measured by spectrophotometry and agarose gel electrophoresis.

Thermal cycles were done in Eppendorf thermocycler and the cycling program were set on one cycle of 94°C for 4 minute, 30 cycles of 94°C for 30 seconds, annealing temperature of each primer for 30 seconds and 72°C for 30 seconds followed by one cycle of 72°C for 5 minutes. PCR products were resolved on 10% polyacrylamide gels in 1x TBE buffer. GelRed (Biotium) was applied for gel staining and amplified bands were revealed by UV (300 nm). Eight SSR markers which showed more diversity were selected and scored. Polymorphic alleles were scored as one for presence and zero for absence. For detection of off types, samples were classified by Paired Group method and Euclidean algorithm in PAST software. Then the data of off-types were removed from the dataset and samples were reclassified by the method. Principal Coordinate Analysis (PCoA) was carried out using PAST software. Genetic diversity indices were evaluated in Popgene 32 software.

Results and Discussion: Eight SSR loci produced 124 alleles with the average 15.5 allele per locus. Nei's gene diversity and Shannon's information index were 0.32 and 0.48, respectively which showed high level of diversity in this collection. Distance matrix based on Nei's gene diversity showed that the most genetic distance (0.74) was between Askar Abadi and Zodras, Mahali Goushti Zodras and Nasiri cultivars. Clustering of samples indicated that some samples including 19 (Shahroudi), 59 (Nakhjavan), 107 (Shahroudi), 127 (Soltani), 137 (Ghavami), 144 (Tabraze) and 156 (Daneshkade) were off-types.

For identification of synonyms the off-type samples were disregarded. Cluster analysis illustrated that some local cultivars with different names had same genetic backgrounds. Thus, the names of these samples should be unified in the germplasm. Depicted graph based on first and second coordinates in PCoA demonstrated that the 38 collected groups of apricots are genetically 26 distinct cultivars and there are some duplicates in the germplasm. Results showed that three loci including UDP98-021, UDP98-409 and UDP98-411 were able to distinguish all 26 genotypes. To check the genetic identity of saplings with the same name, some cultivars including Jahangiri, Askar Abadi, Shamlou, Saltanati, Shahroudi, Shams, Tabarze and Rajab Ali were collected from two different nurseries. Surprisingly, the results showed that Nasiri, Tabraze and Shahroudi which were sampled twice from distinct nurseries and provinces, despite of identical names, had different genetic

1 and 2- Assistant Professors, Seed and Plant Certification and Registration Institite, Agricultural Research Education and Extention Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: meh.rezaee@areeo.ac.ir)
3, 4 and 5- Researchers, Seed and Plant Certification and Registration Institite, Agricultural Research Education and Extention Organization (AREEO), Karaj, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.61722.0

backgrounds.

Conclusion: Detected off-types among five biological replications of local varieties propagated asexually by nurseries showed that there was not sufficient attention in the selection of propagating material in the nurseries. In this context, establishment of foundation blocks by public sector and mother orchards by private sector of economy from Iranian apricot local varieties can be an effective solution so that nursery operators can provide certified propagating material for production of certified nursery stocks. Moreover, seed and plant certification and registration institute should made inspection and testing procedures in mother orchards and nurseries to ensure that propagated trees are healthy, genetically uniform and original.

Keywords: Cluster analysis, Germplasm management, Molecular marker, Synonym

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 507-520
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۲۰-۵۰۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی ارزش غذایی و کیفیت ظاهری میوه ده رقم پرتقال (*Citrus sinensis*) روی پایه نارنج (*Citrus aurantium*)

اعظم سیدی[1*]- زینب فیروزبخت[2]- مریم احمدزاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

چکیده

میوه پرتقال به دلیل ارزش غذایی بالا به حفظ سلامت انسان و تامین امنیت غذایی آن کمک می‌کند و همچنین به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی فیتوشیمیایی و آنتی‌باکتریال، کاربرد فراوانی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی و بهداشتی دارد. این تحقیق به منظور تعیین کیفیت ظاهری و ارزش غذایی میوه ده رقم پرتقال (تامسون ناول، تاراکو، مارس ارلی، فراست ناول، محلی، ایتالیایی، خرم آبادی، هاملین، موربلد و والنسیا مراکشی) پیوند شده روی پایه نارنج در شرایط آب و هوایی جیرفت و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد. ارقام تامسون ناول، فراست ناول و ایتالیایی دارای بالاترین کیفیت تازه‌خوری از نظر ویژگی‌های ظاهری (وزن، حجم، طول، تعداد بذر و شاخص شکل میوه) در بین ده رقم مورد ارزیابی داشتند. همه ارقام مورد بررسی در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی قرار داشتند و به دلیل شاخص تکنولوژی بالا جهت آبگیری مناسب بودند. مقدار ویتامین ث بین ۵۷ تا ۱۰۹ میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر آبمیوه و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بین ۶۵ تا ۹۴ درصد متغیر بود. ارقام موربلد، والنسیا مراکشی، فراست ناول و مارس ارلی به دلیل ویتامین ث بیشتر و ارقام هاملین، محلی، تاراکو و فراست ناول به دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر از ارزش غذایی بیشتری برخوردار بودند. رقم خرم‌آبادی رنگیزه‌های کاروتنوئیدی بالاتری در آبمیوه و پوست داشت. بنابراین بیشتر ارقام مورد بررسی از ارزش تازه خوری و ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار بودند اما در بین آنها رقم فراست ناول با توجه به اینکه از نظر مقدار ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص تکنولوژی و ویژگی‌های ظاهری در گروه‌های آماری بالاتر و از نظر تعداد بذر در گروه آماری پایین‌تر قرار داشت به عنوان بهترین رقم انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص فیزیولوژیکی، کاروتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث

مقدمه

مرکبات دومین صنعت بزرگ میوه در تجارت جهانی محسوب می‌شوند و تولید آنها در دنیا از جنبه‌های اقتصادی، اشتغال‌زایی و دارویی اهمیت بسزایی دارد (۳ و ۹) و به دلیل ارزش آنتی‌اکسیدانی (اسید اسکوربیک یا ویتامین ث) بالای میوه، تولید و پرورش آنها گسترش روزافزونی دارد (۳۹) بر طبق آمار وزارت کشاورزی ایالات متحده پیش‌بینی می‌شود تولید جهانی پرتقال طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۹ به دلیل شرایط نامساعد جوی ۵/۸ میلیون تن نسبت به سال قبل کاهش یافته و به ۴۷/۵ میلیون تن برسد (۴۴). همچنین بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۶ پرتقال ۱۳/۷ درصد از میوه‌های نیمه‌گرمسیری کشور و بیش از ۵۰ درصد تولید مرکبات را تشکیل می‌دهد و با تولید سالانه ۲/۹ میلیون تن، بیشترین میزان تولید را در بین مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری به خود اختصاص داده است. کیفیت میوه مرکبات نه تنها به ظاهر میوه از نظر اندازه، شکل، رنگ و عاری بودن از بیماری و هر گونه آسیب سطحی دارد بلکه به مزه، غنی بودن از مواد غذایی، ویتامین‌ها، بدون بذر بودن و عطر میوه نیز بستگی دارد (۲۴). خواص فیزیکی محصولات کشاورزی پارامترهای مهمی در طراحی سیستم‌های درجه‌بندی و فراوری می‌باشند. از میان خواص فیزیکی محصولات کشاورزی وزن، حجم از اهمیت بالایی در سیستم‌های درجه‌بندی برخوردار هستند (۹). یکی دیگر از ویژگی‌های کیفی میوه مرکبات جهت تازه‌خوری بی‌بذر بودن میوه می‌باشد. مرکبات براساس تعداد بذر به ارقام بی‌بذر که دارای

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته مهندسی باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: A.seiedi@ujiroft.ac.ir)
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

DOI: 10.22067/JHS.2021.61874.0

(صفر–۹)، متوسط بذر (۱۵–۹) و پر بذر (۱۵ <) تقسیم‌بندی می‌شوند (۱۹). در کشورهایی مانند برزیل و آمریکا که ۲۳ درصد میوه پرتقال تولیدی را در صنایع آبگیری استفاده می‌نمایند و ارقام والنسیا و هاملین را بهترین ارقام در صنایع تبدیلی معرفی کرده‌اند (۲۷). ویژگی چنین میوه‌هایی عبارت است از: پر آبی، مواد جامد محلول کافی، نداشتن طعم تلخ پس از فرآیند، شرایط فیزیکی مناسب نظیر گرد بودن، ضخامت کم پوست میوه و بعلاوه پر باری و بارآوری هر ساله درخت می‌باشد (۲۰ و ۲۷). رسیدن میوه مرکبات با افزایش تدریجی کل مواد جامد محلول و کاهش اسید کل همراه است (۲۸). میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در مرکبات شاخص درجه دو برای تعیین رسیدگی به شمار می‌آید (۳۰). شاخص طعم یا شاخص بلوغ فیزیولوژیکی پارامتر مهمی است که برای تعیین مزه و زمان بلوغ فیزیولوژیکی میوه استفاده می‌شود. براساس آزمون‌های حسی، این شاخص از نسبت کل مواد جامد محلول (TSS[1]) یا درصد بریکس به درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA[2]) به دست می‌آید (۴۵). حداقل این نسبت در پرتقال‌های ناول ۸:۱ و در پرتقال‌های غیرناول ۷:۱ گزارش شده است (۱۴ و ۳۲). مقدار شاخص طعم با توجه به شرایط آب و هوایی، در هنگام رسیدن میوه تعیین خواهد شد (۱۳) که افزایش مقدار TSS باعث طعم بهتر میوه در زمان مصرف می‌شود. شاخص تکنولوژی (TI[3]) نیز شاخص مهمی در صنعت مرکبات محسوب می‌شود که مقادیر بالاتر آن به معنی بهتر بودن کیفیت آب‌میوه تولیدی و مناسب بودن آن رقم برای صنایع تبدیلی است. کیفیت میوه مرکبات به برخی از ویژگی‌های فیزیکی مانند اندازه، شکل، رنگ، بافت، تعداد بذر، پوست‌گیری آسان و ترکیبات شیمیایی با ارزش غذایی بالا وابسته است (۲۳). همچنین مرکبات منبع مهمی از ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی مثل ویتامین ث (آسکوربیک اسید)، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی هستند که برای تغذیه انسان اهمیت دارند (۱۱). در بین مرکبات پرتقال نسبت به گریپ فروت و لیمو دارای ویتامین ث بیشتری است (۱۲). میوه پرتقال غنی از مواد معدنی مانند پتاسیم، منگنز، فسفر، آهن و مس است، بنابراین برای رفع کمبود هموگلوبین و تولید هموگلوبین توصیه می‌شود (۸). همچنین آب‌میوه پرتقال به دلیل رنگ جذاب و عطر و طعم دلپذیرش پرطرفدار است (۴۳). میزان ویتامین ث میوه پرتقال به عوامل متعددی مانند رقم، املاح خاک مرحله رسیدگی و شرایط آب و هوایی وابسته است (۶). پایه نیز بر کیفیت و ترکیب شیمیایی میوه مرکبات تاثیر دارد (۳۵). پایه‌های مرکبات بسیاری از خصوصیات خارجی و داخلی میوه مانند اندازه، شکل، ضخامت پوست، محتوای آب، کل مواد جامد محلول و ترکیبات عناصر گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تلاش‌های زیادی برای ارزیابی پایه‌های مرکبات در مناطق مختلف و سازگاری با شرایط محیطی انجام شده است. پایه نارنج با برتری خود از نظر عملکرد آب میوه (۴) مقاومت بیشتر در برابر نماتد (۵)، ویژگی‌های مورفولوژی و بیوشیمیایی میوه (۲) نسبت به پایه‌های دیگر به عنوان یکی از پایه‌های برتر مرکبات شناخته می‌شود و در منطقه جنوب کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسیدآسکوربیک (ویتامین ث) یک شاخص اصلی برای تعریف تجاری میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد (۴۰). کاروتنوئیدها تعیین کننده رنگ پوست و بافت گوشت میوه در مرکبات بوده که میزان تجمع این رنگیزه‌ها وابسته به ژنتیک و عوامل محیطی در زمان رسیدن میوه است (۱۳). پوست میوه پرتقال دارای خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی (۴۶) بوده و همچنین به دلیل خواص با ارزش فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی در صنایع غذایی مصارف زیادی از آن می‌شود (۳۱). هدف از این تحقیق تعیین ویژگی‌های کیفی و ارزش غذایی میوه ده رقم پرتقال پیوند شده روی پایه نارنج در شرایط آب و هوایی منطقه جیرفت، جهت تازه‌خوری و فرآوری و همچنین تعیین توانمندی‌های آبمیوه و پوست میوه هر رقم از نظر مقدار مواد آنتی‌اکسیدان و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی جهت معرفی ویژگی‌های این ارقام به پژوهشگران صنایع غذایی و دارویی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در اواسط آذر ماه سال ۱۳۹۷ در منطقه جیرفت با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۶۲۵/۶ متر از سطح دریا انجام شد. به این منظور میوه‌های ده رقم پرتقال پیوندی (تامسون ناول، تاراکو، مارس ارلی، فراست ناول، محلی، ایتالیایی، خرم آبادی، هاملین، موربلد و والنسیا مراکشی) ۱۲ ساله روی پایه نارنج که به فاصله ۶ × ۶ کشت شده بودند از کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی شهید مقبلی جیرفت و کهنوج برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه جیرفت منتقل و از نظر برخی از ویژگی‌های کیفی ظاهری و بیوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ارزیابی ویژگی‌های ظاهری میوه: وزن میوه به‌وسیله ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱) تعیین شد. حجم میوه به طریق جابجایی آب به دست آمد. از دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر برای اندازه‌گیری ضخامت پوست، طول و قطر میوه استفاده گردید. فاصله گلگاه تا دم میوه به عنوان طول (L) میوه و بزرگترین قسمت در بخش استوای میوه به عنوان قطر (D) و برحسب میلی‌متر ثبت گردید. از آنجایی که میوه‌های کشیده پرتقال بازارپسندی بیشتری نسبت به انواع پخ دارند بنابراین نسبت طول به قطر (L/D) برای ارزیابی شاخص شکل میوه در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری ضخامت

1- Total soluble solids
2- Titratable acidity
3- Technology index

پوست میوه، ابتدا یک برش از قسمت میانی میوه جدا شد و ضخامت آن با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتال بر حسب میلی‌متر، ثبت شد. جهت ارزیابی درصد آبمیوه، با استفاده از دستگاه آبمیوه‌گیری مرکبات آب میوه استخراج و وزن آن ثبت گردید سپس درصد آبمیوه با محاسبه نسبت وزن آبمیوه به وزن میوه به صورت درصد بیان گردید. برای شمارش بذرها، میوه‌ها توسط چاقو با یک برش عرضی در قطر به دو نیم تقسیم و پس از آبگیری مجموع تعداد بذرهای پوک و سالم شمارش شدند.

ارزیابی ویژگی‌های کیفی آبمیوه: برای اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول از دستگاه انکسار سنج[1] دستی و برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون با هیدورکسید سدیم استفاده شد (۱۶). شاخص طعم یا شاخص بلوغ فیزیولوژیکی میوه از نسبت TSS/TA به دست آمد (۴۵). شاخص تکنولوژی از حاصل‌ضرب درصد مواد جامد محلول در درصد آب‌میوه محاسبه شد (۱۷). برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش یدومتری استفاده شد (۳۸). در این روش آب‌میوه با نسبت ۱:۲ با آب مقطر رقیق گردید (۱۰ میلی‌لیتر آب‌میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و سپس ۲/۵ میلی‌لیتر نشاسته به عنوان معرف به آب میوه رقیق شده اضافه گردید و محلول حاصل با محلول ید در یدور پتاسیم (۰/۰۱ نرمال) تا ظهور رنگ خاکستری تیتر گردید. حجم ید در یدور پتاسیم مصرفی را در فرمول زیر قرار داده و مقدار ویتامین ث (Vit C) به‌صورت میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه محاسبه گردید.

$$\text{Vit C} = (0.88\times \text{V titr} / \text{V jiuce}) \times 100$$

که در این فرمول عدد ثابت ۰/۸۸ به این معنی است که هر میلی‌لیتر ید (۰/۰۱ نرمال)، ۰/۸۸ میلی‌گرم ویتامین ث را خنثی می‌کند. V titr : حجم ید در یدور پتاسیم مصرفی و V jiuce: حجم آب میوه مصرف شده می‌باشد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبمیوه بر اساس روش DPPH تعیین شد (۳۸). برای انجام این آزمون به ۰/۱ گرم از نمونه‌ی هموژن شده‌ی آب‌میوه، دو میلی‌لیتر محلول آب و متانول (۱:۱) افزوده شد. مخلوط حاصل به مدت۲۰ دقیقه، در ۴۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفوژ و فاز فوقانی جدا شد. سپس به۵۰ میکرولیتر از فاز فوقانی، ۱۹۵۰ میکرولیتر DPPH متانولی (۰/۰۳ گرم در لیتر) اضافه شد. طیف جذبی محلول با اسپکتروفتومتر (UV/VIS, T80+) در طول موج ۵۱۵ اندازه‌گیری شد. درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد[2] (IC)، با قرار دادن عدد جذب در فرمول مقابل به دست آمد.

$$IC\% = (Ao - As) / Ao \times 100$$

که در این فرمول Ao عدد جذب DPPH• و As عدد جذب نمونه بود.

مقدار رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و کلروفیلی آبمیوه و پوست میوه با استفاده از روش رنگ سنجی لیچتنتلر محاسبه گردید (۳۳). به این ترتیب که به ۰/۵ گرم آب‌میوه هموژن شده، یک میلی‌لیتر استون۸۰ درصد افزوده شد. پس از ۱۵ دقیقه، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس محلول رویی را به آرامی جداکرده و این عمل ۳ بار تکرار شد. مجموع محلول‌های رویی جدا شده در هر مرحله را در ظرف مشترک ریخته و بلافاصله با دستگاه اسپکتروفتومتر (یو وی/ ویز، پرکین المر[3]) در طول موج‌های۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شدند. با قرار دادن اعداد قرائت شده در طول موج‌های فوق در فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a (Chla)، کلروفیل b (Chlb)، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل محاسبه شد.

$$\text{Chla (mg/g fw)} = 12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{645}$$

$$\text{Chlb (mg/g fw)} = 21.5\ A_{645} - 5.1\ A_{663}$$

$$\text{کلروفیل کل} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

$$\text{کاروتنوئید کل} = (1000\ A_{470} - 1.8\ \text{Chla} - 85.02\ \text{Chlb})/198$$

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تجزیه آماری داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل[4] انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جداول ۱، ۴ و ۶) نشان داد که اثر رقم بر تمامی ویژگی‌های ظاهری و بیوشیمیایی مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

بررسی کیفیت ظاهری میوه: در این آزمایش وزن میوه همبستگی مثبت (۰/۹۸۴) و معنی‌داری با حجم میوه در سطح احتمال یک درصد داشت. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۲، وزن میوه بین ۹۳/۶۲ تا ۲۲۵/۵۸ گرم متغیر بود. از نظر وزن، حجم و طول ارقام ایتالیایی، تامسون ناول، تاراکو، فراست ناول، خرم آبادی و موربلد در گروه آماری بالاتری نسبت به رقم‌های محلی، مارس ارلی، والنسیا و هاملین قرار گرفتند. رقم هاملین کوچکترین میوه را (از نظر وزن، حجم، طول و قطر) در بین ارقام مورد بررسی داشت. بیشترین تفاوت وزن و حجم بین رقم‌های ایتالیایی و هاملین مشاهده که رقم ایتالیایی

1- Refractometer
2- Inhibitory concentration
3- UV/VIS, Perkin Elmer
4- Excel

به ترتیب ۶۱، ۶۱ و ۳۵ درصد وزن، حجم و طول بیشتری نسبت به رقم هاملین داشت. همچنین طول میوه پرتقال همبستگی مثبت معنی‌داری با وزن میوه و حجم میوه به‌ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۹۵۵ و ۰/۹۲۸ داشت. قطر میوه بین ۵۵/۰۲ تا ۷۷/۰۲ میلی‌متر متغیر بود و پرتقال تاراکو و هاملین به ترتیب بیشترین و کمترین قطر را در ارقام مورد بررسی داشتند. بالاترین شاخص شکل میوه متعلق به رقم تامسون ناول بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام به جز ارقام مارس ارلی، محلی و خرم‌آبادی و هاملین نداشت (جدول ۲). میانگین ضخامت پوست ده رقم مورد مطالعه از ۵ تا ۷/۸۴ میلی‌متر متغیر بود. رقم تاراکو ضخیم‌ترین پوست را در بین ارقام مورد بررسی داشت که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با ضخامت پوست ارقام تامسون ناول، مارس ارلی، خرم‌آبادی و موربلد نداشت. بنابراین ارقام ذکر شده در برابر حمل و نقل از خاصیت ضربه‌پذیری بالاتری برخوردار خواهند بود. نازک‌ترین ضخامت پوست میوه در رقم والنسیا مراکشی مشاهده شد که تنها با ارقام تاراکو و موربلد تفاوت آماری معنی‌داری داشت. همچنین نتایج نشان داد، درصد آبمیوه بین ۱۶ تا ۲۹ درصد متغیر بود به جز رقم تاراکو که ۱۶ درصد آبمیوه داشت سایر ارقام تفاوت معنی‌داری از نظر درصد آبمیوه نداشتند. پورمیر و همکاران گزارش کردند بین ضخامت پوست و میزان آبدهی میوه مرکبات ارتباط معکوسی وجود دارد (پورمیر) همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود ارقامی که از لحاظ ضخامت پوست در گروه آماری پایین‌تر قرار گرفته‌اند از نظر درصد آبمیوه در گروه آماری بالاتر قرار گرفته‌اند بنابراین به نظر می‌رسد که با کاهش ضخامت پوست درصد آب‌میوه افزایش یافته است هر چند که ضخامت پوست و درصد آبمیوه در این آزمایش ارتباط معکوسی (۰/۲۶۱-) داشتند اما همبستگی آنها معنی‌دار نبود. بیشترین تعداد بذر متعلق به رقم محلی (۲۲ عدد) و بعد از آن رقم مارس ارلی (۱۷ عدد) بود که آنها را در گروه ارقام پربذر قرار خواهد داد و کمترین تعداد بذر در رقم تامسون ناول (یک عدد) وجود داشت که آن را گروه مرکبات بدون بذر قرار خواهد داد. یکی از مشکلاتی که کیفیت تازه‌خوری میوه پرتقال محلی را کاهش می‌دهد وجود بذر زیاد می‌باشد (۱۹). درمجموع هرچند که رقم تامسون ناول از نظر بسیاری از ویژگی‌های ظاهری مورد ارزیابی (وزن، حجم، طول، قطر) نسبت به ارقام تاراکو، فراست ناول، ایتالیایی، خرم آبادی و موربلد تفاوت آماری معنی‌داری نداشت اما از نظر درصد آبمیوه بر رقم تاراکو، از نظر شاخص شکل بر رقم خرم‌آبادی و از نظر تعداد بذر نیز بر رقم خرم آبادی و موربلد برتری معنی‌داری نشان داد. بنابراین ارقام تامسون ناول، فراست ناول و ایتالیایی دارای بالاترین کیفیت تازه‌خوری از نظر ویژگی‌های ظاهری در بین ده رقم مورد ارزیابی بودند.

بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی آبمیوه

نتایج آماری نشان داد (جدول ۴) که میزان TSS در ارقام مختلف بین ۱۰/۰۶ تا ۱۴/۱۶ درجه بریکس متغیر بود و ارقام ایتالیایی و والنسیا مراکشی در گروه آماری پائین‌تری نسبت به سایر ارقام از نظر مقدار TSS قرار داشتند. بیشترین مقدار TSS متعلق به پرتقال فراست ناول بود که ۲۹ درصد TSS بیشتری نسبت به رقم ایتالیایی داشت. میزان TA از ۰/۳۹ درصد در رقم هاملین تا ۱/۰۴ درصد در رقم والنسیا مراکشی متغییر بود. نسبت TSS/TA که بیان کننده شاخص بلوغ فیزیولوژیکی یا شاخص طعم میوه می‌باشد همواره مورد توجه پژوهشگران در ارزیابی کیفی قرار می‌گیرد. هر چه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون کمتر و مواد جامد محلول کل بیشتر باشد این شاخص بالاتر خواهد بود و میوه کیفیت بهتری از نظر طعم خواهد داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر رقم و بلوک بر برخی از ویژگی‌های ظاهری میوه پرتقال پیوند شده روی پایه نارنج

Table 1- ANOVA for the effect of cultivars and block on some morphological properties of orange fruit grafted on Sour orange rootstock

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	وزن Weight	حجم Volume	طول Length	قطر Diameter	شاخص شکل Shape Index	ضخامت پوست Peel thickness	درصد آبمیوه Fruit juice	تعداد بذر Seed number
رقم Cultivar	9	7803.81**	9739.06**	329.49**	164.25**	0.01**	2.38**	55.025**	152.01**
بلوک Block	2	411.64^{ns}	605.68^{ns}	29.85^{ns}	14.66^{ns}	0.003^{ns}	0.62^{ns}	8.77^{ns}	1.60^{ns}
خطای آزمایشی Error	18	607.07	535.19	22.71	16.39	0.002	0.56	4.31	1.765
ضریب تغییرات C.V (%)	–	14.29	13.34	6.54	5.84	4.53	11.88	17.54	18.326

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns: عدم معنی‌داری

** and ^{ns} : significant at 1% of probability level and non-significant,respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی از ویژگی‌های ظاهری میوه ارقام مختلف پرتقال پیوند شده روی پایه نارنج

Table 2- Average comparison of some pomological properties of different 10 orange cultivars grafted on Sour orange rootstock

ارقام Cultivars	وزن Weight (g)	حجم Volume (cm^3)	طول Length (mm)	قطر Diameter (mm)	شاخص شکل Shape Index (L/D)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	درصد آبمیوه Fruit juice (%)	تعداد بذر seed number
تامسون ناول Thomson Navel	223.43a	230.00a	86.10a	74.38a	1.15a	6.86abc	28.01a	1.00f
تاراکو Tarocco	213.76a	222.67a	80.35ab	77.02a	1.04abc	7.84a	16.18b	3.00def
مارس ارلی Mars Early	124.24b	115.00b	63.93cde	63.42cd	1.00bc	6.21abc	21.70ab	17.33ab
فراست ناول Frost Novel	188.85a	198.33a	75.83abc	71.52abc	1.06abc	5.82bcd	29.08a	2.33ef
محلی Local	108.43b	106.67b	59.05de	60.40d	0.97c	5.87bcd	28.82a	22.33a
ایتالیایی Italian	225.58a	223.33a	83.06a	76.44a	1.08abc	5.84bcd	22.91ab	3.00bc
خرم‌آبادی Khoram Abadian	203.72a	216.00a	73.98abc	75.88a	0.97c	6.38abc	22.99ab	3.67def
هاملین Hamlin	93.62b	90.00b	56.36e	56.96d	0.99bc	5.59cd	21.79ab	4.67de
موربلد Morbeld	207.83a	210.00a	81.51a	73.04ab	1.11ab	7.62ab	25.53ab	9.33c
والنسیا مراکشی Moro Valencia	134.73b	121.67b	68.69bcd	63.84bcd	1.07abc	5.00cd	28.98a	5.33d

میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with same letters show non-significant difference at $p<0.05$ based on Duncan's multiple range test.

در این آزمایش TA همبستگی منفی معنی‌داری (p <۰/۰۱، r=-۰/۸۱۹) با شاخص بلوغ فیزیولوژیکی میوه داشت. کمترین مقدار شاخص بلوغ فیزیولوژیکی یا شاخص طعم (۱۰/۰۵) در رقم والنسیا مراکشی مشاهده شد که تفاوت آماری معنی‌داری با رقم محلی نداشت (جدول ۴) و از لحاظ ظاهری نیز شکست رنگ در پوست آن صورت نگرفته بود (شکل ۳). درحالیکه بیشترین مقدار شاخص بلوغ فیزیولوژیکی (۳۴/۱۰) در رقم هاملین مشاهده گردید که تفاوت آماری معنی‌داری با سایر ارقام داشت (جدول ۴). از آنجایی که حداقل شاخص بلوغ فیزیولوژیکی در پرتقال‌های ناول ۸ و در پرتقال‌های غیرناول ۷ گزارش شده است (۱۴ و ۳۲) بنابراین ارقام مورد بررسی در این آزمایش همگی در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی قرار داشتند. شاخص تکنولوژی که از حاصلضرب TSS در درصد آب‌میوه حاصل می‌شود در ارقام مورد بررسی در دامنه ۲/۰۲-۴/۰۹ درصد وجود داشت، که نسبت به گزارش کاوالکانت و همکاران (۷) که مقدار شاخص تکنولوژی را در ارقام پرتقال ۱/۷۲-۱/۳۹ گزارش کرده بودند، ارقام مورد آزمایش ما از شاخص تکنولوژی خوبی که نشان دهنده میزان کیفیت بالای آبمیوه است برخوردار بودند. رقم فراست ناول بیشترین شاخص تکنولوژی را در بین ارقام مورد بررسی داشت هر چند که تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام به جز تاراکو و ایتالیایی نداشت. مقدار pH آبمیوه در ارقام بررسی شده بین ۳/۴۶ تا ۴/۳۲ متغیر بود. به جز رقم‌های والنسیا مراکشی و محلی که دارای کمترین اسیدیته کل (pH) بودند، تفاوت آماری معنی‌داری از نظر مقدار pH بین سایر ارقام پرتقال وجود نداشت (جدول ۴). قاسمی و همکاران نیز مقدار pH در ارقام مختلف پرتقال را بین ۳/۰۱ تا ۴/۱۷ گزارش نمودند (۲۲). بنابراین در مجموع همه ارقام مورد بررسی در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی قرار داشته و از شاخص طعم قابل قبولی برخوردار هستند و به دلیل شاخص تکنولوژی بالا جهت آبگیری مناسب می‌باشند.

مقدار ویتامین ث: بر اساس نتایج شکل ۱ در بین ارقام پرتقال مورد بررسی، میانگین مقدار ویتامین ث از ۵۶/۹۱ تا ۱۰۹/۱۲ میلی-گرم در صد میلی‌لیتر آبمیوه متغییر بود. بیشترین مقدار ویتامین ث متعلق به رقم موربلد و والنسیا مراکشی بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با ارقام مارس ارلی و فراست ناول نداشت و حدود ۴۸ درصد ویتامین ث بیشتری نسبت به رقم تامسون ناول (که از کمترین مقدار ویتامین در بین ارقام مورد بررسی برخوردار بود) داشتند.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر رقم و بلوک بر برخی از ویژگی‌های بیوشیمیایی آبمیوه پرتقال

Table 3- ANOVA for the effect of cultivars and block on some biochemical properties of orange juice.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	کل مواد جامدمحلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	شاخص طعم TSS/TA	شاخص تکنولوژی Technology index	pH	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity	ویتامین ث Vitamin C
رقم Cultivar	9	5.21**	0.107**	121.02**	1.19**	0.22**	419.14*	949.25**
بلوک Block	2	0.04^{ns}	0.00^{4ns}	2.75^{ns}	0.176^{ns}	0.06^{ns}	25.19^{ns}	129.16^{ns}
خطای آزمایشی Error	18	1.08	0.09	10.00	0.57	0.05	128.58	64.37
ضریب تغییرات C.V (%)	–	8.77	14.94	14.68	19.063	6.03	14	9.22

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns: عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

** and ^{ns} show significant and nonsignificant in P≤ 0.01% respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی از ویژگی‌های بیوشیمیایی آبمیوه ده رقم پرتقال روی پایه نارنج

Table 4- Mean comparison of some biochemical properties in 10 orange cultivars on Sour orange rootstock

ارقام Cultivars	کل مواد جامد محلول TSS (Brix)	اسیدیته قابل تیتراسیون TA (%)	شاخص طعم TSS/TA	شاخص تکنولوژی Technology index	pH
تامسون ناول Thomson Navel	13.26a	0.69bc	19.04bcd	3.72ab	4.32a
تاراکو Tarocco	12.39ab	0.48cd	25.67b	2.02c	4.29a
مارس ارلی Mars Early	13.16a	0.59bcd	21.99bcd	2.84abc	4.03abc
فراست ناول Frost Novel	14.16a	0.59cbd	23.89bc	4.09a	4.17ab
محلی Local	11.56ab	0.80b	15.28de	3.36abc	3.66bc
ایتالیایی Italian	10.06b	0.43d	23.03bcd	2.30bc	4.02abc
خرم‌آبادی Khoram Abadian	11.93ab	0.62bcd	19.20bcd	2.67abc	4.26a
هاملین Hamlin	13.3a	0.39d	34.10a	2.87abc	4.03abc
موربلد Morbeld	13.23a	0.58bcd	23.08bcd	3.38abc	4.15ab
والنسیا مراکشی Moro Valencia	10.5b	1.04a	10.05e	3.05abc	3.46c

میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with same letters show nonsignificant difference at p<0.05.

نتایج تحقیقاتی که در شمال کشور روی ارقام مختلف پرتقال انجام شده نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار ویتامین ث ارقام مختلف وجود داشت و بیشترین مقدار ویتامین ث را تا حدود ۶۶ میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر گزارش کرده‌اند (۱۳ و ۲۴). قاسمی و همکاران نیز مقدار ویتامین ث ده رقم پرتقال در منطقه جنوب (هرمزگان) که در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی برداشت شده بودند را بین ۵۶/۳ تا ۱۰۷/۳ میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر گزارش نمودند (۲۲). از آنجایی که نیاز روزانه یک فرد بالغ به ویتامین ث ۴۵ تا ۸۰ میلی‌گرم در روز می‌باشد. بنابراین همه ارقام مورد ارزیابی از مقدار ویتامین ث قابل قبولی برخوردار بودند به طوری که مصرف ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه از هر یک از ارقام می‌تواند نیاز روزانه به ویتامین ث را برطرف سازد و در این بین ارقام موربلد، والنسیا مراکشی، فراست ناول و مارس ارلی از نظر مقدار ویتامین ث مناسب‌تر می‌باشند.

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی: همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبمیوه ارقام مورد بررسی، از ۶۴/۷۹ تا ۹۳/۹۰ درصد متغییر بود. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی متعلق به رقم هاملین بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام به جز محلی، تاراکو و فراست ناول نداشت. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت معنی‌داری (r=۰/۶۳۰، p <۰/۰۱) با ویتامین ث داشت. پروتگنت نیز ارتباط معنی‌دار بین خاصیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار ویتامین ث را در پرتقال گزارش نموده است (۳۳) و طبق مطالعه اینگا و مالکا با وجود مقدار زیاد ترکیبات زیست فعال فنلی، ۸۷ درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی پرتقال به دلیل وجود ویتامین ث در این میوه می‌باشد (۷). بنابراین همه ارقام مورد بررسی از کیفیت بالای آبمیوه از لحاظ ارزش غذایی به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی بالا (>۶۴ درصد) برخوردار بودند و در بین آنها ارقام هاملین، محلی، تاراکو و فراست ناول از ارزش غذایی بالاتری برخوردار بودند.

شکل ۱- مقدار ویتامین ث آبمیوه در ارقام مختلف پرتقال پیوند شده روی پایه نارنج

Figure 1- The content of vitamin C in different orange cultivar juice grafted on Sour orange rootstock (DMRT, *p≤0.05*).

شکل ۲- فعالیت آنتی‌اکسیدانی آبمیوه در ارقام مختلف پرتقال پیوند دشه روی پایه نارنج

Figure 2- The juice antioxidant activity in different orange cultivars grafted on Sour orange rootstock (DMRT, *p≤0.05*)

بررسی رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی در آبمیوه

بین مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید موجود در آبمیوه رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با ضریب ۰/۹۱۹ وجود داشت. کمترین مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در رقم والنسیا مراکشی مشاهده گردید (جدول ۵) که از نظر مقدار کاروتنوئید نیز در پائین‌ترین گروه آماری قرار داشت به علاوه پوست میوه در این رقم سبزتر از سایر ارقام بود (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد

که بین مقدار کلروفیل a و b آبمیوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب ۰/۹۸۸ وجود داشته و مقدار کلروفیل b آبمیوه در ارقام مورد بررسی بیشتر از کلروفیل a و حدودا ۰/۶ برابر آن بود (جدول ۶). در بین ارقام مورد بررسی مقدار کاروتنوئید آبمیوه از ۰/۰۴۶ تا ۰/۳۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر متغییر بود و بیشترین مقدار آن متعلق به رقم خرم‌آبادی بود که به ترتیب ۷۹ و ۸۶ درصد کاروتنوئید آبمیوه بیشتری نسبت به ارقام والنسیا مراکشی و موربلد داشت. رقم خرم‌آبادی از نظر مقدارکاروتنوئید پوست نیز در بالاترین گروه آماری قرار داشت. سیدی و افشاری‌پور (۱۳۹۹) نشان دادند کاروتنوئید آبمیوه نارنگی همبستگی مثبت معنی‌داری با کلروفیل a، b و کل داشت. همچنین این محققان بیان کردند که ارقام مختلف نارنگی اختلاف معنی‌داری از نظر رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی آبمیوه با یکدیگر داشتند و این اختلاف بین دو رقم وکیوا و هانی تا ۶۳ درصد گزارش شد (۳۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس تاثیر رقم و بلوک بر رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی آبمیوه پرتقال

Table 5- Variance analysis, the effect of cultivars and block on chlorophyll and carotenoid pigments in orange juice

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل a/b Chl a/b	کلروفیل کل Chl t	کاروتنوئید Caro	کلروفیل/ کاروتنوئید Chl/Caro	کاروتنوئید پوست/ آبمیوه Caro Peel /juice	کلروفیل پوست/آبمیوه Chl Peel / Juice
رقم Cultivar	2	0.44**	1.06**	0.001**	2.88**	0.024**	17.89**	3.95**	885.99**
بلوک Block	9	0.047^{ns}	0.060^{ns}	0.019^{ns}	0.207^{ns}	0.006^{ns}	1.705^{ns}	0.007^{ns}	4.86^{ns}
خطای آزمایشی Error	18	0.01	0.182	0.008	0.036	0.182	0.722	0.038	3.93
ضریب تغییرات C.V	-	18.85	11.97	14.61	13.80	11.97	12.24	11.42	24.98

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns: عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

** and ^{ns} show significant and nonsignificant in P≤ 0.01% respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی آبمیوه ده رقم پرتقال

Table 6- Mean comparison of chlorophyll and carotenoid pigments in 10 orange juice cultivars

ارقام Cultivars	کلروفیل a Chl a ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل b Chl b ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل کل Chl t ($mg.g^{-1}$ FW)	کاروتنوئید Caro ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل/ کاروتنوئید Chl/Caro	کاروتنوئید پوست/ آبمیوه Caro Peel /juice
تامسون ناول Thomson Navel	0.660c	1.053c	1.713c	0.180bcd	9.516a	5.263c
تاراکو Tarocco	0.393de	0.573e	0.966de	0.150de	6.430b	9.140bc
مارس ارلی Mars Early	0.526cde	0.826cd	1.356cd	0.230bcd	5.943b	5.970c
فراست ناول Frost Novel	0.646cd	0.990c	1.636c	0.260b	6.270b	5.850c
محلی Local	0.453cde	0.963de	1.146de	0.163cd	7.086b	8.943bc
ایتالیایی Italian	0.313ef	0.473e	0.783e	0.146de	5.250b	15.360b
خرم‌آبادی Khoram Abadian	1.223a	2.036a	3.360a	0.346a	9.803a	6.807c
هاملین Hamlin	0.976b	1.513b	2.490b	0.246bc	10.286a	5.743c
موربلد Morbeld	0.110fg	0.163f	0.273f	0.046f	6.673b	32.987a
والنسیا مراکشی Moro Valencia	0.056g	0.096f	0.153f	0.073ef	2.143c	27.810a

میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with same letters show no significant difference at p<0.05.

Chl: Chlorophyll, Caro: Carotenoid

بررسی رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی در پوست میوه

بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کل، نسبت کلروفیل/کاروتنوئید و کلروفیل پوست/کلروفیل آبمیوه مربوط به رقم والنسیا مراکشی بود (جدول ۸). همانطور که در شکل ۳ نیز مشاهده می‌گردد رقم والنسیا مراکشی رنگ پوست میوه سبزتری نسبت به سایر ارقام دارد که با بلوغ خارجی میوه و همچنین بلوغ فیزیولوژیکی میوه (TSS/TA) همخوانی دارد که کمترین مقدار را در بین ارقام مورد بررسی داشتند (جدول ۴). بنابراین این رقم نسبت به سایر ارقام دیررس‌تر می‌باشد. بر طبق نتایج ایگلسیس و همکاران (۲۸) بلوغ خارجی میوه مرکبات به تبدیل کلروپلاست به کروموپلاست و تخریب تصاعدی کاروتنوئیدها بستگی دارد و در نهایت سبب تغییر رنگ پوست از سبز به نارنجی می‌شود. تغییر رنگ پوست میوه مرکبات در زمان بلوغ فیزیولوژیکی به دلیل کاهش میزان کلروفیل و افزایش غلظت کاروتنوئید اتفاق می‌افتد (۱۷). به طور کلی نتایج این داده‌ها نشان داد که در منطقه جیرفت اواسط آذرماه زمان خوبی برای برداشت پرتقال والنسیای مراکشی نمی‌باشد و این رقم بایستی مدت زمان بیشتری را نسبت به سایر ارقام مورد بررسی جهت شکست رنگیزه‌های کلروفیل و افزایش بلوغ خارجی بر روی درخت سپری کند. طبق نتایج (جدول ۹) بیشترین مقدار کاروتنوئید پوست در رقم‌های ایتالیایی و خرم‌آبادی مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام داشتند. شکست رنگ در میوه مرکبات و ظهور رنگیزه‌های کاروتنوئیدی از نشانه‌های بلوغ خارجی در مرکبات است بنابراین این دو رقم از نظر بلوغ خارجی زودرس‌تر از سایر ارقام می‌باشند. بین مقدار کلروفیل a و b موجود در پوست میوه همبستگی مثبت معنی‌داری با ضریب ۰/۸۶۶ مشاهده شد (جدول ۹). بین مقدار کاروتنوئید موجود در پوست میوه با کلروفیل a، b و کل نیز همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد و ضریب همبستگی بین کاروتنوئید و کلروفیل کل در پوست میوه ۰/۹۶۵ بود. مقدار کاروتنوئید پوست از ۵/۲۶ تا ۳۲/۹۹ برابر کاروتنوئید آبمیوه متغیر بود و بیشترین مقدار آن در رقم موربلد مشاهده گردید که دلیل آن پایین بودن مقدار کاروتنوئید آبمیوه در این رقم می‌باشد. هاروویتز و جنتیلی نیز گزارش کردند که مقدار رنگیزه‌های کاروتنوئیدی در بخش آلبدو و فلاودو پوست میوه بیشتر از آب میوه است (۲۶). با اینکه رقم والنسیای مراکشی از کمترین مقدار کاروتنوئید آبمیوه برخوردار بود و بلوغ خارجی کمتری به دلیل مقدار کلروفیل بیشتر و رنگ پوست سبزتری نسبت به سایر ارقام داشت از نظر مقدار کاروتنوئید پوست اختلاف معنی‌دار آماری با سایر ارقام به جز رقم تامسون ناول نداشت که نشان دهنده وجود رنگیزه‌های کاروتنوئیدی بالا در این رقم است که به صورت مغلوب نسبت به رنگیزه‌های کلروفیلی قرار دارند و در صورت زوال کلروفیل ظاهر خواهند شد. نتایج این آزمایش با نتایج فتاحی مقدم و همکاران همخوانی دارد که در ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست برخی ارقام تجاری مرکبات بیان کردند غلظت کاروتنوئید در دامنه‌ی ۰/۸۴-۰/۱۲ و کلروفیل در دامنه ۳/۵-۰/۸۷ میلی‌گرم در گرم متغییر بود (۱۵). کاروتنوئید و کلروفیل و اغلب ترکیبات رنگدانه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار هستند و عامل افزایش مقاومت سلول‌ها در برابر پیری از طریق خنثی سازی رادیکال‌های اکسیژن می‌باشند (۲۲).

جدول ۷- تجزیه واریانس تاثیر رقم و بلوک بر رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی پوست میوه پرتقال

Table 7- Variance analysis of the effect of cultivars and block on chlorophyll and carotenoid pigments in orange fruit peel

منابع تغییرات Source	درجه آزادی DF	کلروفیلa Chl a	کلروفیلb Chl b	کلروفیل a/b Chl a/b	کلروفیل کل Chl t	کاروتنوئید Caro	کلروفیل/ کاروتنوئید Chl/Caro
رقم Cultivar	2	12.74**	1.32**	2.09**	21.33**	0.47**	3.95**
بلوک Block	9	0.207ns	0.002ns	0.044ns	0.172ns	0.014ns	0.007ns
خطای آزمایشیError	18	0.11	0.017	0.063	0.149	0.020	0.038
ضریب تغییرات C.V (%)	-	18.63	11.51	18.39	12.925	9.11	11.42

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns: عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

** and ns show significant and nonsignificant in P≤ 0.01% respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی پوست میوه ده رقم پرتقال روی پایه نارنج

Table 8- Mean comparison of chlorophyll and carotenoid pigments of fruit peel in 10 orange cultivars on Sour orange rootstock

ارقام Cultivars	کلروفیلa Chl a (mg.g^{-1} FW)	کلروفیلb Chl b (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل کل Chl t (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل a/b Chl	کاروتنوئید Caro (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل/ کاروتنوئید Chl/Caro	کلروفیل پوست/کلروفیل آبمیوه Chl peel/ juice
تامسون ناولThomson Navel	0.350c	0.450f	0.800e	0.770c	0.936d	0.850e	0.477c
تاراکوTarocco	0.990c	0.470f	1.460de	2.160b	1.313c	1.113de	1.550c
مارس ارلیMars Early	0.596c	0.913cd	1.510de	0.633c	1.336c	1.120de	1.113c
فراست ناولFrost Novel	0.720c	0.616ef	1.336de	1.210c	1.516c	0.880e	0.827c
محلیLocal	0.570c	0.766def	1.336de	0.750c	1.413c	0.956de	1.196c
ایتالیاییItalian	5.356a	1.810b	7.166b	2.966a	2.286a	3.143d	9.220b
خرم‌آبادیKhoram Abadian	2.213b	1.756b	3.970c	1.260c	1.963a	2.026c	1.190c
هاملینHamlin	0.950c	1.206c	2.156d	0.803c	1.546c	1.416d	0.890c
موربلدMorbeld	0.773c	1.066cd	1.840d	0.733c	1.290c	1.423d	6.837b
والنسیا مراکشیMoro Valencia	5.893a	2.463a	8.356a	2.403ab	1.930b	4.326a	56.113a

میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with same letters show nonsignificant difference at $p<0.05$.

Chl: Chlorophyll, Chl T: Chlorophyll total and Caro: Carotenoid

جدول ۹- ضریب همبستگی بین شاخص طعم و کلروفیل و کاروتنوئید پوست میوه ارقام مختلف پرتقال

Table 9- Correlation coefficient of chlorophyll and carotenoid pigments of peel in different orange cultivars

رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی Chlorophyll and carotenoid pigments	کلروفیلa Chl a	کلروفیلb Chl b	کلروفیل a/b Chl a/b	کلروفیل کل Chl t	کاروتنوئید Caro	کلروفیل/ کاروتنوئید Chl/Caro
کلروفیلA Chl a	1					
کلروفیل b Chl b	0.866**	1				
کلروفیل a/b Chl a/b	0.829**	0.506**	1			
کلروفیل کل Chl t	0.992**	0.922**	0.769**	1		
کاروتنوئید Caro	0.807**	0.789**	0.678**	0.823**	1	
کلروفیل/ کاروتنوئید Chl/Caro	0.965**	0.931**	0.712**	0.982**	0.723**	1

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns: عدم معنی‌داری

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

Chl: Chlorophyll, Chl t: Chlorophyll total, and Caro: Carotenoid

شکل ۳- در ردیف بالا از راست به چپ به ترتیب تصاویر متعلق به ارقام تامسون ناول، تاراکو، مارس ارلی، فراست ناول و محلی و در ردیف پائین از راست به چپ به ترتیب تصاویر متعلق به ارقام ایتالیایی، خرم آبادی، هاملین، موربلد و والنسیا مراکشی می‌باشند.

Figure 3- In the top row the image from left to right, belong to Local, Frost Novel, Mars Early, Tarocco and Thomson Navel cultivars and in the bottom row the image from left to right belong to Moro Valencia, Morbeld, Hamlin, Khorramabadi and Italian cultivars.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ده رقم پرتقال مورد مطالعه از نظر ترکیبات بیوشیمیایی و ویژگی‌های ظاهری میوه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. ارقام تامسون ناول، فراست ناول و ایتالیایی به دلیل داشتن میوه‌های درشت‌تر، با ظاهر جذاب‌تر و تعداد بذر کمتر جهت مصارف تازه‌خوری و رومیزی مناسب‌تر بودند. همه ارقام مورد بررسی در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی قرار داشتند و به دلیل شاخص تکنولوژی بالا جهت آبگیری مناسب بودند و به دلیل ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا نیز از ارزش غذایی بالایی برخوردار بودند. در بین آنها ارقام موربلد، والنسیا مراکشی، فراست ناول و مارس ارلی به دلیل ویتامین ث بیشتر و ارقام هاملین، محلی، تاراکو و فراست ناول به دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر از ارزش غذایی بیشتری داشتند. رقم خرم‌آبادی به دلیل داشتن رنگیزه‌های کاروتنوئیدی بالاتر در آبمیوه و پوست علاوه بر ارزش غذایی بیشتر از نظر رنگ نیز برای مصرف کننده جذاب خواهد بود. در مجموع هر چند بیشتر ارقام مورد بررسی از ارزش تازه خوری و ارزش تغذیه‌آی بالایی برخوردار بودند اما در بین آنها رقم فراست ناول با توجه به اینکه از نظر مقدار ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص تکنولوژی و ویژگی‌های ظاهری در گروه‌های آماری بالاتر و از نظر تعداد بذر در گروه آماری پایین‌تر قرار داشت به عنوان بهترین رقم انتخاب شد.

سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری مدیریت مرکز تحقیقات شهید مقبلی جیرفت و کهنوج جهت در اختیار قرار دادن میوه ارقام مورد آزمایش کمال قدردانی را دارند.

منابع

1. Abouzari A., and Mahdi Nezhad N. 2016. The investigation of citrus fruit quality. Popular charachteristic and breeding. Acta Universitatis Agriculture et Silviculture Medeliane Brunensis 64(3): 725-740.
2. Aguilar-Hernández M.G., Núñez-Gómez D., Forner-Giner M.Á., Hernández F., Pastor-Pérez J.J., and Legua P. 2020. Quality Parameters of Spanish Lemons with Commercial Interest. Foods 2021 10(1): 62.
3. Agusti M., Almeda V., Juan M., Mesejo C., and Martinez-Fuentes A. 2003. Rootstock influence on the incidence of rind breakdown in Navelate sweet orange. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 78(4): 554-558.
4. Al Hosni A., Mostafa S., Al-Busaidi K., and Al-Jabri M. 2011. Effects of different citrus rootstocks on growth, yield, quality and granulation of 'Hamlin' orange in Oman. Acta Horticulture 903: 563-568.

5. Ayazpour K., Aboutalebi A., and Pakniyyat M. 2009. Evaluation of the resistance of some citrus rootstocks to the citrus nematode, Tylenchulus semipenetrans, in Fars province. Plant Protection Journal 1(3): 289-297.
6. Cano A., Medina A., and Bermejo A. 2008. Bioactive compounds in different citrus varieties. Discrimination among cultivars. Journal of Food Composition and Analysis 21: 377-381.
7. Cavalcante H.L., Martins A.B.G., Stuchi E.S., and Campos M.C.C. 2009. Fruit maturation as a parameter for selection of sweet orange cultivars in Brazil. Journal of Food Agriculture & Environment 7(3&4): 316-319.
8. Czech A., Zarycka E., Yanovych D., Zasadna Z., Grzegorczyk I., and Kłys S. 2020. Mineral content of the pulp and peel of various citrus fruit cultivars. Biological Trace Element Research 193(2): 555-563.
9. Dadvar A., Khodastehpour A.M., and Sadrnia H. 2010. Determination and Comparison of Physical Properties of Two Orange Cultivars in the North of Iran, 6th Congress of Agricultural Machinery and Mechanization 1-5. (In Persian)
10. Dhuique-Mayer C., Caris-Veyrat C., Ollitrault P., Curk F., and Amiot M.J. 2005. Varietal and interspecific influence on micronutrient contents in citrus from the Mediterranean area. Journal of Agriculture Food and Chemistry 53: 2140-2145.
11. Ebrahimzadeh M.A., Hosseinimehr S.J., and Gayekhloo M.R. 2004. Measuring and comparison of vitamin C content in citrus fruits: introduction of native variety. Indian Journal of chemistry 9(1): 650-652.
12. Fatin Najwa R., and Azrina A. 2017. Comparison of vitamin C content in citrus fruits by titration and high-performance liquid chromatography (HPLC) methods. International Food Research Journal 24(2): 726-733.
13. Fattahi Moghadam J. 2011. Optimizing the antioxidant capacity and the fruit quality of different citrus cultivars. Doctoral dissertate (Ph.D) Thesis In the field of horticultural-fruit science (Physiology and Correction) University of Guilan. (In Persian)
14. Fattahi Moghadam J., and Faghih Nasiri M. 2005. Guidelines for harvesting, storage, grading and packing of citrus. Agricultural Extension Services of Jihad- Agricultural Organization of Mazandaran Press, Sari, Mazandaran. (In Persian)
15. Fattahi Moghadam J., Hamidoghli Y., Fotouhi R., Ghasemnejad M., and Bakhshi D. 2011. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activity of the peel of different commercial citrus species. Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology) 25(2): 211-217. (In Persian)
16. Fatahi Moghadam J., Seyedghasemi S.E., and Madani S. 2017. The effect of five rootstocks on physical, mechanical and chemical characteristic of Yashar fruits- a new Mandrin- during ripening stages. Journal of Plant Production 24(2): 109-123. (In Persian)
17. Fatahi Moghadam J., Seyed Ghasemi S.E., and Najafi K. 2018. Evaluation of Fruit Physico-Chemical Characteristics of New Mandarins Noushin (*Citrus reticulata* cv. Noushin) and Shahin (*Citrus reticulata* cv. Shahin) During Different Harvesting Times. The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture) 40(4): 76-90. (In Persian)
18. Fenoll J., and Martinez A. 2010. Simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in vegetables and fruits by liquid chromatography with Tandem-Mass Spectrophotometry. Food Chemistry 127(1): 340-344.
19. Fotouhi Ghazvini R., and Fattahi Moghadam J. 2010. Citrus cultivation in Iran. Guilan: Guilan University Press Third edition P305.
20. Fotouhi GhazviniR., and Fattahi Moghadam J. 2016. Book citrus cultivation in Iran (Citrus- Iran- Citrus). Rasht University of Guilan Fourth edition.
21. Gama J.J.T., and Sylos C.M. 2005. Major carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice: Identification and quantification by HPLC. Food Research International 38: 899–903.
22. Ghasemi Sh., Ghasemi M., and Moradi N. 2017. Comparison of some biochemical traits of ten sweet orange (*Citrus sinensis*) cultivars grown in Hormozgan province. Journal of Medical and Biological Science Research 1(1): 1-3.
23. Giovannoni J.J. 2007. Fruit ripening mutants yield insights into ripening control Current. Opinion in Plant Biology 10(3): 283-289.
24. Jenks M.A., and Bebeli P.J. 2011. Breeding for Fruit Quality. Transgenic Research 24: 979–989.
25. Hamedani M., Moradi H., and Ghanbari A. 2014. Effect of temperature and storage period on biochemical changes and postharvest quality of Moro blood orange fruit (*Citrus sinensis* cv. Moro). Journal of Horticultural Science 28(2): 252-259. (In Persian)
26. Horowitz R.M., and Gentili B. 1977. Flavonoids constituent of citrus. In: Nagy, S. Shaw, P. E. and Velduis, M. K. (eds.). Citrus Science and Technology Westport, CO, USA: AV1 Publ Comp Inc I: 397–426.
27. Iglesias D.J., Cercós M., Colmenero-Flores J.M., Naranjo M.A., Ríos G., Carrera E., Ruiz-Rivero O., Lliso I., Morillon R., Tadeo F.R., and Talon M. 2007. Physiology of citrus fruiting. Brazilian Journal of Plant Physiology 19(4): 333-362.
28. Inga K., and Malecka M. 2006. Effect of storage on the content of polyphenol, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. Journal of Food Composition and Analysis 20: 313-322.
29. Kefford J.F., Chandler B.V. 1970. The Chemical Constituents of Citrus Fruits 246pp. refbibl 43.

30. Kolo S.I., Balogu D.O., Ikegwu T.M., Balogu V.T., and Babatunde J. 2016. Development and production of nutritious snacks (cookies) with potato and orange peels. Journal of Foods Natural and Life Sciences.
31. Ladaniya M.S. 2008. Citrus fruit (Biology, Technology and Evaluation). Academic Press an imprint of Elsevier, New York Pp 126-176.
32. Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.
33. Mahdavi Reykandeh J., Akhlaghi Amiri N., and Asadi Kangarshahi A. 2016. Investigation of start of Fruit color breaking, physiological and commercial maturity of Thomson navel orange and Miyagawa and Sugiyama Satsuma mandarins in foothills, plain and shoreline of Sari city9th Iranian Congress of Horticultural Sciences.
34. Parameshwar P., Joshi P.S., and Nagre P.K. 2018. Effect of Rootstock on Plant Growth and Fruit Quality of Sweet Orange (*Citrus sinensis* var. Valencia late). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(4): 1685-1689.
35. Proteggente AR. 2003. The compositional characterization and antioxidant activity of fresh juices from sicilian sweet orange varieties. Free Radical Research 37(6): 681-687.
36. Purmir S.Y., Sadeghi Mahonk A.R., Fatahi Moghadam J., and Alami M. 2015. Comparison of physicochemical characteristics and bioactive components of four citrus fruit varieties - their evaluation for juice and concentrate production. Food Technology and Nutrition 12(1): 21-32. (In Persian)
37. Seyedi A., and Afsharipour S. 2019. Evaluation of some morphological, biochemical and antioxidant properties of some mandarin cultivars. Fruit Research 4(2): 1-16.
38. Sikarwar P.S., and Tomar K.S. 2018. Nutrient management study in sweet orange (*Citrus sinensis* L.) cv. mosambi. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(2): 2217-2219.
39. Siriporn O., Chadarat D., Songoyot A., Suganya T., and Sombat C. 2007. Comparison of antioxidant capacity and cytotoxicity of cartain fruit peels. Food Chemistery 103(3): 839-884. Whitney E., and Rolfes S. R. 2008. Understanding Nutrition. 11thedn. USA: Thomas Wadsworth.
40. Teucher B., Manuel O., and Hector C. 2004. Enhancers of iron absorprtion: ascorbic acid and other organic acids. International Journal for vitamin and Nutrition Research 74(6): 403-419.
41. Teixeira F., Aparecida B., Nunes G., Machado Soares J., Aparecida do Amaral L., Henrique Oliveira de Souza G., Tadeu Vilela de Resende J., Menegassi B., Murino Rafacho B.P., Schwarz K., Freitas dos Santos E., and Novello D. 2020. Addition of orange peel in orange jam: Evaluation of sensory, physicochemical, and nutritional characteristics. Molecules 25: 1670-1684.
42. Toplu C., Kaplankiran M., Demirkeser T.H., and Yildiz E. 2008. The effects of citrus rootstocks on Valencia Late and Rhode Red Valencia oranges for some plant nutrient elements. African Journal of Biotechnology 7(24), 4441-4445.
43. United States Department of Agriculture [USDA]. (2020, January). Unfavorable weather leads to smaller citrus crops in Brazil, Egypt, the EU and Morocco. Retrieved from https://www.freshplaza.com/article/9183460/unfavourable-weather-leads-to-smaller-citrus-crops-in-brazilegypt-the-eu-and-morocco/
44. Xu G., Liu D., Chen J., Yea X., Ma Y., and Shi J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry* 106: 545–551.
45. Yerou K.O., Ibri K., Djilali B., and Ahmed H. 2017. The use of orange (*Citrus sinensis*) peel as antimicrobial and anti-oxidant agents. Journal of Fundamental and Applied Sciences 9(3): 1351.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 507-520
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۲۰-۵۰۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Pomological Characteristics and Fruit Quality of Ten Orange (*Citrus sinensis)* Cultivars on Sour Orange (*Citrus aurantium*) Rootstock

A. Seyedi[1*]- Z. Firoozbakht [2]- M. Ahmadzadeh[3]

Received: 24-06-2020
Accepted: 15-05-2021

Introduction: Oranges are the second most widely consumed fruit in the world after apples. The quality of citrus fruits depends not only on the appearance of the fruit size, shape, color and absence of disease and any surface damage, but also on the flavor, richness of food, vitamins, seedlessness and fruit aroma. The present study investigated the fruit qualitative differences between the ten orange varieties (Thomson Navel, Tarocco, Mars Early, Frost Novel, Local, Italian, Khorram Abadian, Hamlin, Morbeld and Moro Valencia) that grafted on sour orange rootstock, in the Jiroft region. The aim of this study was introducing the fruit qualitative characteristics and nutritional value of ten orange cultivars on the sour orange rootstock in climate conditions of Jiroft region, for fresh uses and processing. Also, determine the capabilities of each cultivar in antioxidant content and antioxidant capacity to introduce the properties of these cultivars to researchers in the food and pharmaceutical industries.

Materials and Methods: Fruit weight was determined by digital scales. The volume of the fruit was obtained by moving the water. The 0.1 mm caliber device was used to measure skin thickness, length and fruit diameter. To measure the thickness of the fruit skin, a cut was first separated from the middle part of the fruit and its thickness was recorded in mm. The total number of hollow and healthy seeds was counted and was recorded as seed number. The juice percentage was calculated by calculating the percentage of juice mass to fruit mass. A manual refractometer was used to measure the total soluble solids, and thesodium hydroxide titration method was used to measure the titration acidity. The flavor index or maturity index was obtained from the TSS/TA ratio and technology index was calculated by multiplying the percentage of TSS in the percentage of juice. Vitamin C measured by the iodometric method. The antioxidant activity of juice was determined based on the DPPH method. Carotenoid and chlorophyll pigments in juices and skins, were calculated using the Liechtensteiner pigmentation method. The experiment was done as a randomized complete block design in three replications. Statistical analysis of the data was performed using SAS software and means were compared using Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

Result and Discussion: The results showed that Thomson Novell, Frost Novell and Italian cultivars had the highest freshness quality in terms of appearance characteristics (fruit weight, volume, and length, number of seeds, and fruit shape index) among the ten cultivars evaluated. All cultivars were in the physiological maturity stage and were suitable for the juice industry due to their high technology index. The range of vitamin C varied 57 - 109 mg per 100 ml juice and the range of antioxidant capacity varied 65 - 94%. Morbeld, Valencia Morocco, Frost Novell and Mars Early cultivars had higher nutritional value due to higher vitamin C, and Hamlin, local, Tarocco and Frost Navel had higher antioxidant capacity. Khorramabadian cultivar had higher carotenoid pigments in juice and skin.

Conclusion: Therefore, most of the studied cultivars had high freshness and nutritional value, but among them, Frost Novell cultivar, considering the amount of vitamin C, antioxidant capacity, technology index and appearance characteristics in the higher statistically groups and was in the lower statistical group in terms of number of seeds, therefore was selected as the best cultivar.

Keywords: Antioxidant activity, Carotenoid, Physiological index, Titrable acidity, Vitamin C

1 and 2- Assistant Professor and Graduated B.Sc Horticultural Engineering, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: A.seiedi@ujiroft.ac.ir)
3- Graduated M.Sc Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.61874.0

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 521-533
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۳۳-۵۲۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی اثر اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار 'سوپر دامینوس' (*Cucumis sativus* L.) تحت تنش خشکی

میثم نجفی[۱]- حسن آرویی[۲]*- محمدحسین امینی فرد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲

چکیده

مواد هیومیکی از طریق تولید هورمون‌های مختلف و نگهداری رطوبت در خاک کارایی مصرف آب در گیاه را افزایش می‌دهند. در شرایط نامساعد محیطی عمل ساخت اسیدهای آمینه متوقف می‌شود که مصرف اسیدهای آمینه به صورت کود، نیاز ساخت آن را توسط گیاه برطرف می‌کند و این امکان را به گیاه می‌دهد که انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالا بردن عملکرد و کیفیت محصول نماید. به منظور بررسی تاثیر موادهیومیکی و اسید آمینه بر خصوصیات کمی و کیفی خیار مزرعه‌ای رقم 'سوپر دامینوس' در شرایط خشکی آزمایشی در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طراحی و اجرا گردید. این مطالعه به صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تکرار انجام شد. عامل اول کوددهی در چهار سطح (شاهد، کاربرد اسید هیومیک در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام، کاربرد اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید به میزان ۶ لیتر در هکتار و کاربرد توام اسید هیومیک در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام و اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید به میزان ۶ لیتر در هکتار) و عامل دوم دور آبیاری در سه سطح ۳، ۵ و ۷ روز بود. با توجه به نتایج مشخص گردید که اعمال تنش خشکی در خیار صفات رشدی مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار داد. بدین صورت که با افزایش دور آبیاری از ۳ به ۷ روز، طول ریشه، قطر ساقه، وزن خشک بوته، طول میانگره و سطح برگ به شدت کاهش یافت. کاربرد اسید هیومیک به تنهایی در سطح تنش متوسط، طول ریشه (۲۳/۹۹ سانتی‌متر) را بهبود بخشید. کاربرد توام اسید هیومیک و اسید آمینه منجر به بهبود قطر ساقه (۱۲/۴۴ میلی‌متر)، طول میانگره (۳۰/۳۸ میلی متر) و وزن خشک بوته (۴۶/۴۳ گرم) در سطح تنش متوسط شد. در هنگام کاربرد اسید هیومیک به تنهایی و یا در ترکیب با اسید آمینه در سطح تنش متوسط، سطح برگ در گیاه حدود دو برابر افزایش یافت. وزن تر بوته، تعداد ساقه فرعی و طول بوته با افزایش سطح تنش نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. کاربرد توام اسید هیومیک و اسید آمینه نسبت به سایر تیمارهای آزمایش منجر به افزایش وزن تر بوته (۱۷۴/۴۴ گرم)، تعداد ساقه فرعی (۶/۷۲ گرم) و طول بوته (۹۶/۴۵ سانتی‌متر) نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) شد. صفات مرتبط با عملکرد مورد مطالعه در آزمایش به شدت تحت تاثیر اعمال تنش قرار گرفت. کاربرد اسید هیومیک وزن خشک میوه و قطر میوه را در سطح متوسط تنش بهبود بخشید. به طور کلی مشخص گردید که اعمال دور آبیاری هفت روز، رشد گیاه و تولید میوه را به شدت تحت تاثیر قرار داده و کاربرد انواع مختلف کود نتوانست در این سطح موثر واقع شود. اما در سطح تنش متوسط خشکی کاربرد اسید هیومیک توانست تا حدودی از اثرات منفی تنش بکاهد. به طور کلی، اسیدهیومیک و اسیدآمینه در شرایط تنش متوسط به منظور متعادل کردن اثرات نامطلوب تنش، قابل استفاده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: دور آبیاری، عملکرد، صفات مورفولوژیک

مقدمه

بیش از ۴۰ درصد از اراضی جهان در شرایط خشک یا نیمه خشک قرار دارد (۱۲). در ایران ۵۱ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی وجود دارد که متأسفانه به دلیل اینکه بخش زیادی از آنها در ناحیه‌ی کم باران و خشک قرار گرفته‌اند فقط ۵/۱۸ میلیون هکتار در تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود (۵۸). خشکی نوعی تنش آبی است که در ارتباط با دیگر تنش‌ها از جمله تنش درجه حرارت بالا، تنش شوری و تنش سرما می‌باشد و عموماً همراه با آن‌ها نمایان می‌گردد (۱۲). برخی مطالعات نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب، سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: aroiee@um.ac.ir)
۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
DOI: 10.22067/JHS.2021.61892.0

ریشه‌ها و اندام هوایی، کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و تعرق، تخریب آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و تغییر در سنتز پروتئین‌ها، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل می‌شود (۶۱). تحقیقاتی مبنی بر بهبود رشد گیاه در شرایط تنش توسط مواد هیومیکی گزارش شده است. طاهری و رستمی (۶۵) بیان کرده‌اند که در شرایط تنش شوری مواد هیومیکی سبب بهبود وزن تر برگ، اندام هوایی و افزایش سطح برگ و طول ریشه در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شده است. احتمال بر این است که مواد هیومیکی از طریق تولید هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین سبب کاهش اثرات تنش شوری و افزایش کارایی مصرف آب توسط گیاه می‌شوند (۴). اسید هیومیک با نگهداری رطوبت در خاک باعث کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود (۵۷). در شرایط نامساعد محیطی بیوسنتز اسیدهای به سختی انجام می‌شود که مصرف اسیدهای آمینه به صورت کود، نیاز ساخت آن را توسط گیاه برطرف می‌کند و این امکان را به گیاه می‌دهد که انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالا بردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (۴۸). در تحقیقی که توسط کرمی و همکاران (۳۸) انجام شد مشخص گردید که کاربرد کودهای زیستی در گیاه دارویی گاوزبان سبب بهبود صفات کمی و کیفی تحت تنش کم آبی شده است (۳۴). کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک در گیاه شعمدانی توانست صفات رشدی در گیاه را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش دهد (۱). بر اساس آزمایشات صورت گرفته، میزان ایده‌آل ماده آلی خاک‌های کشاورزی حدود ۴ تا ۶ درصد است که در سرزمین‌های خشک و کویری همچون ایران، این میزان بسیار کم بوده در حالی که مواد آلی عامل اصلی بارورسازی خاک می‌باشند (۳۱). بر همین اساس در ایران بجز نواحی ساحلی خزر میزان ماده آلی خاک زیر ۱ درصد و در بسیاری از نقاط حتی زیر ۰/۱ درصد است (۳۱). نکته حائز اهمیت اینجاست که مواد هوموسی ۸۰ درصد ماده آلی خاک را تشکیل می دهند، در نتیجه توانایی قابل توجه کودهای هیومیکی در ارتقاء سریع سطح بارورسازی خاک کاملاً قابل تشخیص است (۳۱). اسید هیومیک به عنوان اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی، سبب افزایش بیومس ریشه و اندام هوایی می‌شود. مواد آلی نقش اساسی در کیفیت خاک دارند؛ مواد هوموسی به‌عنوان مهمترین بخش مواد آلی به طور مستقیم روی رهاسازی عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت بافری فسفر و ابقاء مولکول‌های آلی فلزی و سمی نقش اساسی دارند (۱۹). کاربرد اسید هیومیک در گیاه خیار به صورت اسپری و مصرف خاکی صفات رشدی، کیفیت و عملکرد میوه را بهبود بخشید (۶۰). در پژوهشی دیگر کاربرد اسید هیومیک در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر عملکرد خیار را ۱۴/۸۸ درصد افزایش داد (۲۷). اسید هیومیک نقش مستقیمی در تعیین پتانسیل تولیدی خاک دارد. مواد هیومیکی به روش‌های مختلفی می‌تواند تاثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته باشد. اسیدهیومیک باعث افزایش جذب نیتروژن بوسیله گیاهان می‌شود و جذب Ca، Mg، P و K را تحریک کرده و افزایش می‌دهد (۲۶). اسید هیومیک با افزایش سطح ریشه می‌تواند سبب افزایش جذب و دسترسی به نیتروژن، توسط گیاه شود (۵۵ و ۵۶). فاطمی و همکاران (۱۸) بیان کرده‌اند که استفاده از اسید هیومیک سبب افزایش وزن‌تر و خشک برگ و همچنین تعداد شاخه جانبی در گیاه ریحان شده است. کاربرد مواد هیومیک در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) افزایش وزن خشک برگ، ساقه، گل و نیز وزن‌تر گیاه را سبب شد چرا که شرایط فتوسنتزی گیاه را بهبود بخشید (۷). مصطفی و همکاران (۴۷) گزارش کرده‌اند که کاربرد غلظت‌های مختلف مواد هیومیکی در بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) افزایش تعداد برگ در بوته را در پی داشته است. در تحقیق کارکورت و همکاران (۳۳) مشخص گردید که کاربرد مواد هیومیکی در فلفل (*Capsicum annum* L.) تاثیر مثبتی بر رشد و خواص کمی و کیفی داشته است. در پژوهشی دیگر کاربرد مواد هیومیکی سبب افزایش طول ریشه در هویج (*Daucus carota*) نسبت به شاهد شده است (۶۷). تاثیر اسیدهای آمینه به عنوان تنظیم کننده‌های رشد در گیاهان توسط پژوهشگران مختلفی مورد بررسی قرارگرفته است. اسپری گلوتامین در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تعداد برگ، تعداد ساقه جانبی و همچنین وزن تر و خشک بوته را نیز بهبود بخشید و منجر به افزایش اسیدهای آمینه آزاد در برگ‌ها گردید (۶۸). در جو (*Hordeum vulgare*) محلول‌پاشی اسیدآمینه عملکرد دانه گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد بهبود بخشید (۲۹). همچنین، در شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*) استفاده از اسیدآمینه گلایسین بتائین در شرایط تنش، شرایط نامطلوب رشد در گیاه را کاهش داد (۴۹). اکنون مشخص شده است که گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند. در مناطق سرد، اسیدهای آمینه به عنوان منبع مهمی از نیتروژن مطرح هستند. این ترکیبات در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل می‌کنند و وقتی در شرایط مناسب وارد گیاه شوند وارد سلول شده و به دلیل خلوص بالا، در فرآیندهای متابولیکی گیاه استفاده می‌شوند. نقش اسیدهای آمینه در تامین نیتروژن گیاه در مزارعی که فعالیت‌های میکروبی آن کم است، قابل توجه می‌باشد. همچنین این ترکیبات می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌های رشد، فعالیت‌های متابولیکی گیاه را تحت تاثیر قرار دهند. اسیدهای آمینه روی جذب نیتروژن از خاک تاثیر گذاشته و باعث کاهش و یا افزایش آن می‌شوند. این ترکیبات همچنین روی فعالیت آنزیم‌های موثر در آسیمیلاسیون نیتروژن در گیاه تاثیر گذاشته و منجر به کاهش تجمع نیترات در گیاه می‌شوند. اسیدهای آمینه با تاثیر بر افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه تاثیر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد گیاهان موثر واقع می‌شوند. با توجه به

شرایط پیش رو در کشاورزی، خشکی اصلی‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در حال و آینده می‌باشد (۱۳). با توجه به مطالب ذکرشده بحث خشکسالی به مسأله‌ای جدی برای تولیدکنندگان بخش کشاورزی در سال‌های اخیر تبدیل شده است، به نحوی‌که در بسیاری از مناطق، منابع آب به حداقل مقدار خود رسیده است، سطح آب در سفره‌های زیرزمینی نیز کاهش یافته است و همچنین کیفیت آب نامطلوب شده است. برای مقابله با بحران کم‌آبی راهکارهای گوناگونی ارائه شده است. استفاده از عواملی که قدرت رشد گیاه را در شرایط تنش‌زا افزایش داده و عملکرد را بهبود بخشد، روشی مفید و موثر خواهد بود. کاربرد انواع مختلف کودهای شیمیایی اثرات مخرب و زیان‌آوری برای محیط زیست داشته و امروزه با توجه به مبحث کشاورزی پایدار و به حداقل رساندن اثرات مخرب زیست محیطی کاربرد انواع مختلف مواد آلی از جمله ترکیبات هیومیکی و اسیدهای آمینه به صورت کود در گیاهان به منظور بهبود رشد و عملکرد گیاه توصیه می‌گردد. این ترکیبات علاوه بر بهبود رشد گیاه تاثیرات فراوانی بر ساختار خاک و جذب عناصر غذایی از خاک دارند. با توجه به مزایای بیشمار این ترکیبات، هدف از این پژوهش بررسی اثر اسید هیومیک و اسیدآمینه به صورت کود آبیاری بر صفات رشدی خیار تحت تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی گیاه خیار رقم 'سوپر دامینوس'، آزمایشی در محل مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۴-۹۵ انجام شد. این مطالعه به صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تکرار انجام شد. عامل اول کوددهی در چهار سطح (شاهد، کاربرد اسید هیومیک با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام، کاربرد اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید به میزان ۶ لیتر در هکتار (۱:۱) و کاربرد توام اسید هیومیک با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام و اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید به میزان ۶ لیتر در هکتار و عامل دوم دور آبیاری در سه سطح ۳، ۵ و ۷ روز بود. میزان آب مورد استفاده در هر تیمار بر اساس نیاز آبی گیاه ۶۰ لیتر بر هکتار بود. کشت در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شمالی در ارتفاع ۹۸۹ متری از سطح دریا انجام شد. مشهد از نظر شرایط آب و هوایی جزء مناطق خشک و نیمه خشک است. متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۵۵/۲ میلی‌متر بوده و میانگین حداقل و حداکثر متوسط دما به‌ترتیب ۸/۹ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. قبل از شروع آزمایش و پس از انتخاب زمین نمونه خاک تهیه و تجزیه های فیزیکی و شیمیایی بر روی آن انجام گرفت. جوی‌هایی به فاصله ۲ متر از هم، عمق ۴۰ سانتی‌متر، عرض ۵۰ سانتی‌متر و طول ۲۰ متر ایجاد شد. آبیاری زمین انجام شد و به دنبال گاورو شدن زمین در امتداد داغ آب روی یک طرف پشته ها به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم، بذور خیار روی لبه پشته‌های قطعه آزمایشی، به صورت کپه‌ای (۵-۴ بذر در هر کپه) در اردیبهشت ماه کشت شد. پس از مرحله ۴ برگی اعمال تیمارها (کوددهی) شروع شد. اعمال تیمارها همزمان با آبیاری گیاهان صورت گرفت. آبیاری با استفاده از مخازن تعبیه شده در هر ردیف رشد گیاه انجام شد. در انتهای آزمایش صفات مورفوفیزیولوژیکی اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه و طول بوته، طول میانگیره و قطر ساقه از کولیس استفاده گردید. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (USA، Model Li-COR_1300) اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک (قرارگیری در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد) بوته و میوه در انتهای آزمایش با استفاده از ترازو دیجیتال (دقت ۰/۰۰۱) اندازه‌گیری و ثبت شد. سفتی بافت میوه نیز در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شد (FACCHINI-48011 ALFONSINE, ITALY). متوسط قطر میوه و متوسط طول میوه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری گردید. عملکرد گیاه با برداشت میوه به صورت روز در میان و توزین خیارهای برداشت شده در طول دوره از هر تیمار و در پایان دوره با تقسیم کردن میانگین وزن خیار بر تعداد بوته محاسبه و ثبت شد. به منظور اندازه‌گیری متوسط وزن تر میوه به طور تصادفی چند عدد خیار از هر تکرار جدا گردیده و در آزمایشگاه با استفاده از ترازو مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ توزین و ثبت گردید. وزن خشک میوه نیز پس از قرار گیری در آون با دمای ۷۰ درجه‌سانتی‌گراد با استفاده از ترازو اندازه‌گیری و ثبت گردید. تجزیه‌ی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP-8 انجام شد و مقایسه‌ی بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و ترسیم نمودارها و جدول‌ها و نمایش اطلاعات نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

جدول ۱- تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Analysis of the soil used in the experiment

بافت خاک Soil texture	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل ($mg.kg^{-1}$)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH
لومی Loam	409	56.6	1498	3.98	7.56

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که طول ریشه تحت تاثیر اثر ساده و متقابل تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به نتایج مشخص گردید که افزایش فواصل بین هر آبیاری، کاهش طول ریشه را در پی داشت؛ به طوری‌که افزایش دور آبیاری از ۳ روز به ۷ روز یکبار، طول ریشه را حدود ۳۰ درصد کاهش داد. کاربرد اسید هیومیک به تنهایی در سطح متوسط تنش توانست طول ریشه را بهبود بخشد. در بالاترین سطح تنش (دور آبیاری ۷ روز) کاربرد انواع مختلف کودها نتوانست رشد گیاه را بهبود بخشد (جدول ۳). قطر ساقه نیز تحت تاثیر اثر متقابل کاربرد کود در شرایط تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۲). اعمال تنش خشکی به گیاه از طریق افزایش فواصل آبیاری، قطر ساقه در گیاه را نسبت به تیمار شاهد در حدود ۵۰ درصد کاهش داد. در مقابل کاربرد توام اسید هیومیک و اسید آمینه در دور آبیاری ۵ روز قطر ساقه را افزایش داد (جدول ۳). طول میانگره در گیاه تحت تاثیر اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد تیمارهای کودی مختلف قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین طول میانگره در شرایط کاربرد اسید هیومیک به تنهایی در دور آبیاری سه روز یکبار مشاهده و ثبت گردید. با اعمال تنش خشکی طول میانگره در گیاه کاهش یافت و کمترین مقدار آن در تیمار دور آبیاری هفت روز و عدم کاربرد کودهای آلی حاصل شد. کاربرد تیمارهای کودی مختلف توانست در شرایط تنش (افزایش دور آبیاری) طول میانگره را بهبود بخشد. در هر دو سطح تنش کاربرد توام اسید هیومیک و اسید آمینه طول میانگره را افزایش داد (جدول ۳). همچنین وزن خشک بوته در شرایط تنش تحت تاثیر تیمارهای کودی مختلف قرار گرفت (جدول ۲)؛ بدین ترتیب که بیشترین وزن خشک بوته در تیمار کودی ترکیب اسید هیومیک و اسید آمینه در شرایط عدم تنش و کمترین مقدار آن در شرایط دور آبیاری هفت روز و عدم کاربرد تیمار کودی ثبت شد. کاربرد ترکیب اسید اهیومیک و اسید آمینه با یکدیگر توانست در هر دو سطح اعمال تنش، وزن خشک بوته را نسبت به تیمار عدم کاربرد کود افزایش دهد (جدول ۳).

قرارگیری گیاه در شرایط تنش خشکی، سطح برگ گیاه را به شدت کاهش داد. کاربرد ترکیب اسید هیومیک و اسید آمینه در سطوح مختلف تنش (متوسط و شدید) سطح برگ در گیاه را افزایش داد و از کاهش سطح برگ ممانعت به عمل آورد. این نکته قابل ذکر است که سطح برگ تحت تنش به شدت کاهش یافت اما کاربرد ترکیبی این دو کود توانست از کاهش شدید سطح برگ در شریط تنش نسبت به تیمار عدم کاربرد کود در شرایط تنش جلوگیری کند و سطح برگ در گیاه را بهبود بخشد (جدول ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با طول بوته، تعداد ساقه فرعی و وزن تر بوته نشان داد که افزایش فواصل بین هر آبیاری منجر به کاهش ۵۰ درصدی این صفات نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری هفت روز یکبار) گردید (جدول ۴). در مقابل اثر ساده کاربرد کودهای اسید هیومیک و اسید آمینه بر این صفات تاثیر گذار بود. کاربرد انواع مختلف کود به تنهایی و یا به صورت ترکیبی افزایش طول بوته و تعداد شاخه فرعی در گیاه را نسبت به تیمار شاهد در پی داشت (جدول ۵). تنها تیمار ترکیبی اسید هیومیک و اسید آمینه توانست وزن تر بوته را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد و بیشترین وزن تر بوته در گیاه را به خود اختصاص داد. کاربرد این کودها به تنهایی تاثیر معنی‌داری در وزن تر بوته نداشت (جدول ۵).

مقدار آب در دسترس گیاهان بر صفات رشدی آن تاثیر می‌گذارد. با افزایش دور آبیاری در این گیاه پارامترهای رشد رویشی کاهش یافتند. بدون شک این امر به دلیل کمبود آب در دسترس گیاه حاصل شده است. تنش خشکی منجر به بسته شدن روزنه‌ها، پژمردگی گیاه، کاهش آماس، کاهش مقدار آب و پتانسیل کل برگ گردیده که نتیجه آن کاهش تقسیم سلولی به خصوص در ساقه و برگ می‌باشد. در نتیجه اولین اثرات کم‌آبی در گیاهان را می‌توان در اندازه کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر آن‌ها نسبت به شرایط عادی مشاهده نمود (۲۸، ۵۳ و ۵۶). ارتفاع بوته نشانه‌ای از میزان رشد رویشی است که می‌تواند به طور قابل توجهی تحت تنش کم آبی قرار گرفته و کاهش یابد (۲۱). کوتاه شدن فواصل میانگره‌های ساقه و کاهش جذب کافی آب و عناصر غذایی در طی تنش خشکی از دلایل کاهش ارتفاع در گیاه می‌باشد (۳۶). تنش خشکی در گیاهان مختلفی از جمله گلرنگ (*Carthamus tinctorium*) (۵۴)، گندم (*Hordeum vulgare*) (۳) موجب کاهش ارتفاع گیاه گردیده است. گلایسین بتائین به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش فتوسنتز، افزایش تورژسانس سلولی بعد از تماس آن با پروتئینی که دارای یک لایه جذب آب می‌باشد و به دنبال آن افزایش طویل شدن سلول، افزایش ارتفاع در گیاه را سبب می‌گردد (۵، ۳۷ و ۳۹). اسیدهیومیک با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی، افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش محتوی نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (۸، ۴۲ و ۵۰). افزایش ارتفاع در گیاه در اثر کاربرد اسید هیومیک در گیاه نعناع‌فلفلی (*Mentha piperita* L.)، فلفل (*Capsicum annuum*) و بادمجان (*Solanum melongena*) تایید شده است (۶). با تشدید تنش خشکی در گیاهان و به دنبال آن کاهش فتوسنتز در برگ‌ها، نیاز قندی به منظور تنظیم اسمزی در گیاه افزایش یافته و در پی آن رشد ریشه متوقف می‌گردد (۴۵). با افزایش فواصل آبیاری در گیاه، سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش یافته که در نتیجه آن تعداد ساقه فرعی در گیاه نیز کاهش می‌یابد (۱۱). کاربرد اسید هیومیک بر رشد ریشه در

گیاه نعناع فلفلی (۶) و بنت گراس (*Agrostis stolonifera*) (۳۸) موثر بود. قطر ساقه در گیاه تعیین کننده مقاومت گیاه در برابر انواع آسیب‌های محیطی است (۳۵). یکی از دلایل کاهش قطر ساقه کمبود آب قابل دسترس به دلیل کم آبی یا تنش خشکی است (۴۶). کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها در پس اعمال تنش خشکی، کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه را سبب می‌شود (۲۲). در پژوهشی کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول‌پاشی افزایش سطح برگ را سبب گردید. این افزایش احتمالا به دلیل افزایش دوام سطح برگ گیاه و طولانی‌تر شدن تجمع ماده خشک در برگ صورت گرفت (۲۰). در شرایط نرمال (عدم وجود تنش خشکی) پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن موجود می‌باشد. در نتیجه رشد و توسعه سلول و همچنین فعالیت متابولیسمی در سلول‌های ریشه افزایش می‌یابد و به دنبال آن جذب عناصر غذایی لازم برای رشد گیاه افزایش می‌یابد. اما در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی مهم از جمله فسفر، پتاسیم، نیتروژن و کلسیم سرعت رشد ریشه کاهش یافته و به دنبال توسعه اندام هوایی نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه از مقدار فتوسنتز و تولید در گیاه نیز کاسته می‌شود (۲۴). در این پژوهش نیز با اعمال تنش خشکی در گیاه وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاه نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با کاربرد اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری اثرات تنش خشکی در گیاه مورد مطالعه کاهش یافت. مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که گلایسین بتائین باعث پایداری و استحکام ساختارها و فعالیت‌های آنزیمی و ترکیبات پروتئینی می‌شود و پایداری دیوارهٔ سلولی در مقابل اثرات آسیب رسانی ناشی از تنش‌های محیطی از جمله فعالیت‌های آن به شمار می‌رود (۲۳). چنین به نظر می‌رسد که مواد آلی و ترکیباتی هیومیکی از جمله اسید هیومیک از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و افزایش دوام بافت‌های فتوسنتز کننده (افزایش دوام برگ‌ها) منجر به افزایش عملکرد تولیدی و بیوماس تولید در گیاهان می‌گردد (۴۴). علاوه بر این، کودهای آلی جذب عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه از جمله: فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیوم را افزایش می‌دهند (۶۴) که این امر بهبود رشد اندام هوایی در گیاه را سبب می‌شود (۱۷). این ترکیبات به دلیل جذب بهتر آب و انتقال مواد غذایی قادر هستند در شرایط تنش، از کاهش رشد ریشه و ساقه ممانعت کنند (۴۳). همچنین خاصیت شبه هورمونی ترکیبات هیومیکی یکی دیگر از دلایل افزایش رشد ساقه در گیاه می‌باشد (۶۳). این ترکیبات با تغییر در ساختار خاک، افزایش تکثیر سلولی در گیاه، بهبود ساختمان خاک، فراهم‌آوری عناصر غذایی، افزایش نفوذپذیری خاک به آب و هوا، افزایش جمعیت میکروبی خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی شرایط رشد ریشه را بهبود بخشیده که این امر منجر به بهبود رشد اندام هوایی گیاه در شرایط تنش می‌گردد (۱۴ و ۶۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار کودی بر صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده خیار رقم 'سوپر دامینوس' تحت تاثیر تنش خشکی

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effect of fertilizer on morphological traits of cucumber cv. Super Dominus under drought stresss

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول ریشه Root lenght	طول بوته Plant height	طول میانگره Internode lenght	قطر ساقه Stem diameter	سطح برگ Leaf area
بلوک Block	5	3.101^{ns}	982.42^{**}	44.51^{**}	1.05^{ns}	64.4^{ns}
تنش Stress	2	1127.77^{**}	13009.3^{**}	1896.62^{**}	273.04^{**}	103369.9^{**}
تیمار کودی Treatment	3	77.99^{**}	2577.13^{**}	100.03^{**}	1.07^{ns}	7580.1^{**}
تنش × تیمار S×T	6	44.43^{**}	71.41^{ns}	10.23^{**}	1.36^{*}	1026.0^{**}
خطا Error	55	4.08	76.70	3.55	0.53	148.9

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بوته Shoot fresh weight	وزن خشک بوته Shoot dry weight	تعداد ساقه فرعی Branch number	تعداد میانگره Internode number
بلوک Block	5	6971.19^{**}	548.74^{**}	6.15^{**}	0.35^{ns}
تنش Stress	2	40114.7^{**}	1125.61^{**}	64.66^{**}	0.26^{ns}
تیمار کودی Treatment	3	9016.06^{**}	974.12^{**}	12.05^{**}	0.48^{ns}
تنش × تیمار S×T	6	983.52^{ns}	30.94^{*}	1.53^{ns}	0.18^{ns}
خطا Error	55	471.71	9.91	0.73	0.28

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns عدم معنی‌دار شدن

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

جدول ۳- اثر مقابل کاربرد تیمارهای کودی مختلف × تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک خیار رقم 'سوپر دامینوس'

Table 3- The interaction effect of different fertilizer treatments × drought stress on morphological traits of cucumber cv. Super Dominus

دورآبیاری Irrigation (Day)	تیمار کودی Treatment	طول ریشه Root length (cm)	قطرساقه Stem diameter (mm)	وزن خشک بوته Shoot dry weight (g)	طول میانگره Internode length (mm)	سطح برگ Leaf area (cm^3)
3	Control شاهد (عدم استفاده)	22.62de	13.93a	34.47ef	31.99c	127.50c
	Humic acide اسید هیومیک ($200\ mg.l^{-1}$)	33.52a	13.09abc	50.07b	37.55a	165.86b
	Amino acid اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$)	25.66c	13.38ab	45.40cd	35.06b	161.42b
	هیومیک اسید($200\ mg.l^{-1}$) + اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$) HA×AA	28.82b	13.05bc	54.92a	36.43ab	188.68a
5	Control شاهد (عدم استفاده)	20.91ef	11.13e	28.07g	24.50e	59.52d
	Humic acide اسید هیومیک ($200\ mg.l^{-1}$)	23.99cd	11.51e	41.78d	26.17de	115.27c
	Amino acid اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$)	21.11ef	11.82de	42.32d	26.92d	68.51d
	هیومیک اسید($200\ mg.l^{-1}$) + اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$) HA×AA	20.06f	12.44cd	46.43bc	30.38c	114.20c
7	Control شاهد (عدم استفاده)	14.91g	6.50f	24.47g	14.50h	19.84f
	Humic acide اسید هیومیک ($200\ mg.l^{-1}$)	13.96g	6.57f	32.78f	17.17g	38.42e
	Amino acid اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$)	11.48h	7.15f	35.40ef	16.92g	22.84f
	هیومیک اسید($200\ mg.l^{-1}$) + اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$) HA×AA	15.53g	7.29f	37.43e	21.38f	38.06e

اعدادی که حروف یکسانی دارند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD هستند.

The same letters indicate the no significant difference at 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۴- اثر تنش خشکی بر وزن تر بوته، تعداد ساقه فرعی و طول بوته خیار رقم 'سوپر دامینوس'

Table 4- The effect of drought stress on height, branch number and shoot fresh weight of cucumber cv. Super

دورآبیاری Irrigation (day)	طول بوته Height (cm)	تعداد ساقه فرعی Branch number	وزن تر بوته Shoot fresh weight (g)
3	104.35 a	7.29 a	184.37 a
5	89.32 b	4.95 b	148.83 b
7	58.67 c	4.12 c	102.83 c

اعدادی که حروف یکسانی دارند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD هستند.

The same letters indicate the no significant difference at 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۵- اثر تیمار کودی مختلف بر طول بوته، تعداد ساقه فرعی، وزن تر بوته و عملکرد خیار رقم 'سوپر دامینوس'

Table 5- The effect of different fertilizers application on height, branch number, shoot fresh weight and yield of cucumber cv. Super Dominus

تیمار کودی Treatment	طول بوته Height (cm)	تعداد ساقه فرعی Branch number	وزن تر بوته Shoot fresh weight (g)	عملکرد Fruit yield (kg/plant)
Control شاهد (عدم استفاده)	68.14 c	4.33 c	128.05 b	5.04 b
Humic acide اسید هیومیک ($200\ mg.l^{-1}$)	83.12 b	5.50 b	128.55 b	5.68 a
Amino acid اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$)	88.74 ab	5.72 ab	149.33 b	5.90 a
هیومیک اسید($200\ mg.l^{-1}$) + اسید آمینه ($6\ l.ha^{-1}$) HA×AA	96.45 a	6.72 a	175.44 a	5.65 a

اعدادی که حروف یکسانی دارند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD هستند.

The same letters indicate the no significant difference at 5% of probability level based on LSD test.

به نظر می‌رسد کاربرد اسید هیومیک و اسید آمینه به صورت کود آبیاری در آزمایش توانست به دلیل عوامل ذکر شده، اثرات حاصل از تنش را کاهش داده و رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشد. نتایج بررسی اثر اسید هیومیک بر روی فلفل نشان داد که وزن تر و خشک بوته با کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت (۲۵).

با بررسی صفات مرتبط با عملکرد گیاه مشخص گردید که اعمال دور آبیاری هر هفت روز یکبار از تولید میوه در گیاه به طور کلی ممانعت کرد و در نتیجه صفات مرتبط با عملکرد گیاه تنها در دو

سطح از دور آبیاری اندازه‌گیری، ثبت و مقایسه شد. با توجه به تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با وزن تر و خشک میوه مشخص گردید که کاربرد تیمارهای کودی مختلف در شرایط تنش خشکی بر این صفات تاثیرگذار بود (جدول ۶). اعمال تنش خشکی و افزایش دور آبیاری از ۳ با ۵ روز وزن تر و خشک میوه را به شدت کاهش داد. به طوریکه در دور آبیاری هر هفت روز یکبار تشکیل میوه در گیاه صورت نگرفت. کاربرد ترکیبات آلی از جمله اسید هیومیک در دور آبیاری ۵ روز یکبار توانست از کاهش وزن تر و خشک میوه نسبت به تیمار شاهد جلوگیری کند (جدول ۷). اثر متقابل تیمارهای آزمایش در صفات سفتی بافت میوه، قطر میوه و طول میوه نیز معنی‌دار گردید (جدول ۶). کاربرد اسید هیومیک به تنهایی و یا در ترکیب با اسید هیومیک در شرایط اعمال تنش خشکی توانست اثرات ناشی از تنش را تعدیل کرده و سفتی بافت میوه را بهبود بخشید (جدول ۷). قطر و طول میوه نیز تحت تاثیر تنش خشکی به شدت کاهش یافت. کاربرد اسید هیومیک به همراه اسید آمینه طول میوه در شرایط تنش را بهبود بخشید (جدول ۷). عملکرد میوه در گیاه خیار نیز تحت تاثیر اثرات ساده تنش خشکی و کاربرد تیمارهای کودی مختلف قرار گرفت و معنی‌دار شد (جدول ۷). اعمال تنش خشکی و افزایش دور آبیاری کاهش عملکرد میوه را سبب شد (جدول ۸). همچنین کاربرد تیمارهای کودی مختلف به تنهایی یا کاربرد توام با یکدیگر توانست عملکرد میوه را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد؛ اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش مشاهده نگردید (جدول ۵).

تنش خشکی اثرات مشهودتری بر صفات زایشی گیاه نسبت به دیگر صفات رشدی گیاه دارد (۵۲). همراه با افزایش دور آبیاری در گیاه، کمبود آب بر عملکرد مراحل مختلف رشدی از جمله فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه تاثیر گذاشته و از سرعت آن‌ها می‌کاهد (۳۰). کاهش میزان فتوسنتز در برگ به دلیل کاهش نسبی آماس سلول‌های محافظ روزنه و به دنبال آن کاهش جذب دی‌اکسید کربن از دیگر اثرات کاهش آب در دسترس گیاه و تنش خشکی است (۹). تمامی این عوامل از رشد مطلوب در گیاه جلوگیری کرده و عملکرد و تولید میوه و همچنین کیفیت تولید میوه در گیاه را کاهش می‌دهند. کاربرد ترکیبات آلی از جمله اسید هیومیک در این شرایط به تنهایی و یا در ترکیب با اسید آمینه توانست صفات مرتبط با عملکرد مورد مطالعه در گیاه در را در شرایط تنش (افزایش دور آبیاری) بهبود بخشد. کاربرد این ترکیبات در گیاه به دلیل فراهم‌آوری مواد غذایی مورد نیاز رشد گیاه، سطح برگ در گیاه و دوام آن را افزایش داده که در نتیجه آن سطح فتوسنتز در گیاه و تولید مواد غذایی مورد نیاز رشد میوه را افزایش می‌دهد (۲۰). با تولید بیشتر اسیدنوکلوئیک و در دسترس بودن اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی در کل گیاه و از جمله ریشه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر کاربرد این ترکیبات در خاک، با ایجاد فضای بیشتر و مطلوب‌تر در جهت نفوذ آب و همچنین پیوند این ترکیبات با مولکول‌های آب، از تبخیر آب کاسته و مدت زمان مصرف آن توسط گیاه افزایش می‌یابد (۱۷، ۳۲ و ۵۹). با کاهش تبخیر از سطح خاک، فرصت جذب آب و موادغذایی توسط گیاه بیشتر بوده و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه راحت‌تر صورت می‌گیرد. اسیدهای آمینه باعث افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی می‌شود (۵۱). افزایش ترکیبات آلی نیتروژن‌دار همچون اسیدهای آمینه سرعت رشد و تولید بیومس گیاه را به دلیل افزایش غلظت کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز بهبود می‌بخشد. که در نتیجه آن عملکرد گیاه نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. گلوتامیک اسید به عنوان عامل اسموتیک سیتوپلاسم در سلول‌های محافظ روزنه، بر باز و بسته شدن آن‌ها موثر است (۶۶).

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد کود بر صفات مرتبط با عملکرد در خیار رقم 'سوپر دامینوس' تحت تاثیر تنش خشکی

Table 6- ANOVA (mean squares) for the effect of fertilizer application on yield-related traits in cucumber cv. Super Dominus under drought stresss

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک میوه Fruit dry weight	وزن تر میوه Fruit fresh weight	سفتی بافت میوه Fruit tissue firmness	عملکرد میوه Fruit yield	قطر میوه Fruit diameter	طول میوه Fruit length
بلوک Block	5	1.11ns	335.46^{ns}	0.34^{ns}	1.87**	0.10^{ns}	0.10^{ns}
تیمار Treatment	3	3.81*	740.59^{ns}	1.27*	1.63**	2.02**	20.01**
تنش Stress	1	0.63^{ns}	1330.88*	0.67^{ns}	7.20**	0.90**	21.36**
تنش × تیمار S×T	3	3.80*	7.12**	1.35*	0.02^{ns}	0.86**	5.09**
خطا Error	35	1.21	278.146	0.39	0.18	0.10	0.40

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns عدم معنی‌دار شدن

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

جدول ۷- اثر متقابل کاربرد تیمارهای مختلف کودی × تنش خشکی بر برخی صفات مرتبط با عملکرد در خیار رقم 'سوپر دامینوس'

Table 7- The interaction effect of different fertilizerapplication × drought stress on some yield-related traits in cucumber cv. Super Dominus

دور آبیاری Irrigation (Day)	تیمار کودی Treatment	وزن خشک میوه Fruit dry weight (g)	وزن تر میوه Fruit fresh weight (g)	سفتی بافت میوه Fruit tissue firmness	قطر میوه Fruit diameter (cm)	طول میوه Fruit length (cm)
3	شاهد (عدم استفاده) Control	2.74c	39.51d	5.25a	2.91cd	10.70ef
	اسید هیومیک Humic acide (200 mg.l^{-1})	4.89a	84.40a	4.63ab	3.21bc	11.05de
	اسید آمینه Amino acid (6 l.ha^{-1})	3.70abc	61.80bc	4.45b	4.28a	14.75a
	هیومیک اسید+ اسید آمینه HA (200 mg.l^{-1})×AA (6 l.ha^{-1})	3.81abc	79.97ab	4.25bc	3.31b	12.84b
5	شاهد (عدم استفاده) Control	4.17ab	64.13bc	4.45b	3.06bcd	10.06f
	اسید هیومیک Humic acide (200 mg.l^{-1})	4.13ab	55.24cd	4.61ab	3.43b	10.55ef
	اسید آمینه Amino acid (6 l.ha^{-1})	3.13bc	54.38cd	3.70c	3.45b	11.48cd
	هیومیک اسید+ اسید آمینه HA (200 mg.l^{-1})×AA (6 l.ha^{-1})	2.78c	49.78cd	4.86ab	2.68d	11.91c

اعدادی که حروف یکسانی دارند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD هستند.

The same letters indicate the no significant difference at 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۸- اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه خیار رقم 'سوپر دامینوس'

Table 8- The effect of drought stress on plant yield of cucumber cv. Super Dominus

دور آبیاری (Day) Irrigation	عملکرد Fruit yield (kg.plant^{-1})
3	5.95 a
5	5.16 b

اعدادی که حروف یکسانی دارند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD هستند.

The same letters indicate the no significant difference at 5% of probability level based on LSD test.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که اعمال تنش خشکی بر خیار، منجر به کاهش صفات رشدی و عملکرد شد. به طور کلی افزایش دور آبیاری از سه به هفت روز از رشد گیاه و تولید میوه در آن به طور کامل ممانعت کرد و کاربرد انواع مختلف کودهای آلی از جمله اسید هیومیک و اسید آمینه نتوانست اثرات منفی ناشی از اعمال تنش را کاهش داده و رشد گیاه را بهبود بخشد. در سطح تنش متوسط (دور آبیاری هر پنج روز) کاربرد اسید هیومیک به تنهایی توانست تعدادی از صفات رشدی مورد مطالعه را در شرایط اعمال تنش و کمبود آب بهبود بخشد. در برخی صفات از جمله طول بوته، تعداد ساقه فرعی، وزن تر بوته و عملکرد گیاه کاربرد توام اسید هیومیک و اسید آمینه توانست نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) موثر واقع گردد. صفات مرتبط با عملکرد در آزمایش نیز تحت تاثیر کاربرد اسید هیومیک به تنهایی و کاربرد ترکیب با اسید آمینه در شرایط اعمال تنش قرار گرفتند و وزن خشک میوه، طول میوه و سفتی بافت میوه در این شرایط بهبود یافت. به طور کلی، استفاده از مواد هیومیکی و اسید آمینه در گیاه خیار در شرایط تنش متوسط (دور آبیاری ۵ روز) با هدف کاهش اثرات ناشی از اعمال تنش خشکی و بهبود صفات رشدی توصیه می‌گردد.

منابع

1. Abaszadeh Faruji R., Shoor M., TehraniFar A., Abedi B., and Safari N. 2018. Effects of Humic Acid and Fulvic Acid on some Morphological Characteristics of Geranium. Journal of Horticultural Science 32(1): 35-50.
2. Abe N., Murata T., and Hirota A. 1998. Novel 1,1-diphenyl-2-picryhy- drazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 62: 661-662.
3. Agboma M., Jones M. G. K., Peltonen-Sainio P., Rita H. and Pehu E. 1997. Exogenous glycinebetaine enhances grain yield of maize, sorghum and wheat grown under two supplementary watering regimes. Journal of Agronomy

and Crop Science 178: 29-37.
4. Amiri M.B., Rezvani moghadam P., Ehyayi H.R., and Norozian A. 2010. Effect of humic acid and different salinity levels on germination and seedling growth indices of two wheat cultivars (Chamran, Azar). The first national conference of environmental stresses in agricultural science. February. Birjand. University of Birjand.
5. Arakawa T., and Timasheff S.N. 1983. Preferential interactions of proteins with solvent components in aqueous amino acid solutions. Archives of Biochemistry and Biophysics 224: 169 177.
6. Asgari M., Habibi D., and Naderi Boroujerdi Gh. 2011. Study of application of vermicompost, growth stimulating bacteria and humic acid on growth parameters of peppermint (*Mentha piperita* L.) in Markazi province. Journal of Agronomy and Plant Breeding 7(4): 41-54. (In Persian)
7. Astaraei A.R., and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition if cowpea plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 3(3): 352-356.
8. Ayas H. and Gulser F. 2005. The Effect of sulfur and humic on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.
9. Baghkhani, F. and Farahbakhsh, H. 2008. Effects of drought stress on yield and some physiological traits of three spring safflower cultivars. Agriculture Journal: Water, Soil and Plant in Agriculture 8(2):45-57. (In Persian).
10. Bates L., Waldren R., and Teare I. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.
11. Behdani M.A., and Jami al-Ahmadi M. 2009. Response of spring safflower cultivars to different irrigation intervals in Birjand. Iranian Journal of Agricultural Research 8(2): 315-323. (In Persian)
12. Boutraa, T., 2010. Improvement of water use efficiency in irrigated agriculture: A review. Journal of Agronomy 9: 1–8.
13. Boyer J .S., and Westgate, M. E. 2004. Grain yields with limited water. Journal of Experimental Botany 55: 2385 - 2394.
14. Bronick E.J. and Lai R. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma 124: 3-22.
15. Carrol H.V., Longley R.W., and Roe J.H. 1956. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. The Journal of Biological Chemistry 220: 583-93.
16. Dere S., Gines T., and Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoied content of some algae species using different solvent. Turkish Journal of Botany 22: 13-17.
17. Erkossa T., Stahr K., and Tabor G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural Research Organization, DebreZeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.
18. Fatemi H., Ameri Y., Aminifard M.H., Aroui H. 2011. Effect of humic acid on essential oil and vegetative properties of basil. 1st National Conference on New Concepts in Agriculture. Saveh. Islamic Azad University.
19. Ghamani A., Esmailpour B., Pour birmi hir Y., Maleki Ljayer H., and Saadati A. 2012. Investigation the effects of thidiazouron and humic acid on postharvest life of cut alstroemeria aurantifolia cv. "konyambe". Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology) 26(2): 147-152.
20. Ghorbani S., Khazaei H., Kafi M., Banayan aval M., and Sadeghi Shoghagh M. 2013. Effect of different levels of humic acid levels on yield, yield components and corn growth indices. Journal of Crop Research 5(4): 325-337. (In Persian)
21. Gomes Sanchez D.V., Annozzi G.P., Baldini M., Tahamasebi Enferadi S., and Dell Vedove G. 2000. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. Italian Journal of Agronomy 371-387.
22. Gorgini Shabankareh H., Sabouri F., Saedi F., and Fakheri B.A. 2017. Effects of Different Levels of Humic Acid on Growth Indices and Essential Oil of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) under Different Irrigation Regimes. Journal of Crop Science Research in Arid Regions 1(2): 166-176.
23. Gorham J. 1995. Betaines in higher plants biosynthesis and role in stress metabolism. In: Amino Acids and Their Derivatives in Higher Plants, (ed.) R. M. Wallsgrove., Cambridge University Press., Cambridge., PP. 171–203.
24. Gregory P.J. 2006. Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils), Black well Publishing 35: 150-173.
25. Gulser F., Sonmez F., and Boysan S. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seed ling growth under saline condition. Journal of Environmental Biology 31: 73-876.
26. Haghparast R., Zangane Sh., and Rajabi R. 2012. Effect of seed treatment with humic and fulvic acid on wheat germination under drought stress. 06th National Conference on New Ideas in Agriculture. Khurasegan. Islamic Azad University.
27. Haidar Al-madhagi I. 2019. Effect of humic acid and yeast on the yield of greenhouse cucumber. Journal of Horticulture and Postharvest Research 2(1): 67-82.
28. Harper S.M., Kerven G.L., Edwards D.G., and Ostatek-Boczynski Z. 2000. Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* and from decomposed hay. Soil Biology 32: 1331-1336.
29. Hassani, A., and Amiri M.R. 2017. Effect of foliar application of amino acids on nitrogen use efficiency, grain yield and quality of barley. Applied field Crops Reserch 29(3): 76-86.
30. Jabari M., and Ebadi Gh. 2011. Effect of supplemental irrigation on the absorption of elements, water relations and

assessment of marsh infestation in safflower under Ardebil conditions. Journal of Environmental Tensions in Crop Sciences 3(2): 115-127. (In Persian)
31. Jeyhooni M. 2010. Comprehensive study of humic substances and their application in agriculture. Technical Journal 3.
32. Jing-min Z., Shang-jun X., Mao-peng S., Bing-yao M., Xiu-mei C., and Chunsheng L. 2010. Effect of Humic Acid on Poplar Physiology and BiochemistryProperties and Growth underDifferent Water Level. Journal of Soil and Water Conservation.
33. Karakurt Y., Unlu H., and Padem H. 2009. The influence of foliar and soli fertiizationn of humic acid on yeild and quality of pepper. Plant Soli Science 59(3): 233-237.
34. Karami A., and Sepehri A. 2013. Effects of Application of Nitroxin and Biophosphate on the Nutrient Use Efficiency and Harvest Index of (*Borago officinalis* L.) UnderWater Deficit Stress. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production 23(3): 144-156.
35. Khaninejad S., Kafi, M., Khazaei H., Shabahang J., and Nabati J. 2013. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus on characteristics and forage yield of Kochia (*Kochia Scoparia*) in irrigation with two salinity levels. Iranian Journal of Agricultural Research 11(2): 275-282. (In Persian)
36. Kirnak C., Kaya I., and Higgs D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in egg plants. Plant Physiology 27: 34-46.
37. Kumar V., and Sharma D.R. 1989. Effect of exogenous proline on growth and ion content in NaCl stressed and nonstressed cells of mungbean, *Vigna radiata* var. radiate. Indian Journal of Experimental Biology 27: 813-815.
38. Liu C., Cooper R.J., and Bowman D.C. 1996. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Science 36: 471- 482.
39. Ma X.L., Wang Y.J., Xie S.L., Wang C., and Wang W. 2007. Glycinebetaine application ameliorates negative effects of drought stress in tobacco. Russian Journal of Plant Physiology 54: 472–479.
40. Marcum K.B. 1998. Cell memberance theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky. Crop Science 38: 1214-1218.
41. McDonald S., Prenzler P.D., Autolovich M., and Robards K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry 73: 73-84.
42. Mirhajian A. 2012. What is humic acid? News, Analysis, Training and Agricultural Engineering of Monthly 33: 7-16.
43. Moghbeli T., and Arvin M.J. 2014. Effect of seed preparation with growth regulators on germination, growth and yield of Melon fruit. Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products 4(14): 23-33. (In Persian)
44. Mojaddam M., Dashti M., and Derogar N. 2016. Effect of humic acid and nitrogen fertilizer application on quantitative and qualitative characteristics and nitrogen use efficiency of spring corn. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1).
45. Mokhtari A., and Baradaran R. 2011. Effect of drought stress on some growth indices of *Satureja hortensis*. The First Regional Conference on Ecophysiology of Crop Plants.Islamic Azad University of Shushtar. Shushtar, Iran. 317-319. (In Persian)
46. Mousavifar B., Behdani M., Jami al-ahmadi M., and Hoseini Bajd M.S. 2011. The effect of limited irrigation on some morphological traits and biological yield of spring safflower cultivars. Journal of Environmental Tensions in Crop Sciences 3(2): 105-114. (In Persian)
47. Mustafa P., Türkmen O., and Dursun A. 2010. Effects of potassium and humic acid on emergence, growth and nutrient contents of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedling under saline soil conditions. African Journal of Biotechnology 9(333) 5343-5346.
48. Naghdibadi H., Labafi M.R., Ghavami M., Ghaderi A., Abdoosi V., Agharabparast M.R., and Mehrafarin A. 2015. Responses of Quality and Quantity Yield of Garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) to Foliar Application of Bio-stimulator Based on Amino Acids and Methanol. Journal of Medicinal Plants 2(54): 146-158.
49. Naiebzadeh M., Haakimi L., and Khalighi A. 2019. Investigating the effect of glycine betaine and humi-forthi on morpho-physiological and biochemical properties *Pelargonium graveolens* under water stress. Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources) 26(3): 37-56.
50. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.
51. Nasooti Miandoab R., Samavat S., and Tehrani M.M. 2010. Humic acid fertilizer on plants and soil properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 101: 53-55. (In Persian)
52. Rafiei F., Kashani A., Mamghani R., and Golchin A. 2005. Effect of irrigation steps and nitrogen application on yield and some morphological characteristics of sunflower golshid hybrid. Journal of Agricultural Sciences of Iran 7(1): 44-54. (In Persian)
53. Rahimizadeh M., Kashani A., Zare Fizabady A., Madani H., and Soltani E. 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. Electronic Journal of Crop Production 3(1): 57-72.

54. Rasti A., Safari M., and Maghsoudimood Gh.A. 2014. Effect of organic and chemical fertilizers on performance indices and safflower performance components under drought stress. Scientific Journal of Irrigation and Water Engineering 5(18): 69-80. (In Persian)
55. Sabzevari S., Khazai H.R., and Kafi M. 2009. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 1(2): 52-63.
56. Salahvarzi Y., Tehranifar A., and Ghazanchian A. 2008. Investigation of physiomorphologic changes of native and foreign green foliage, in drought stress and irrigation again. Iranian Journal of Horticultural Engineering 9: 193-204. (In Persian)
57. Salehi B., Bagherzade A., and Ghasemi M. 2010. Effect of humic acid organic matter on growth characteristics, yield and yield components of three tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* L.). Journal of Agroecology 2(4): 640-647.
58. Samia E.S.S. 2008. Effect of salinity and osmatic stresses on some economic plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4(2): 159-166.
59. Sebastiano D., Roberto T., Ersilio D., and Arturo A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Journal of Agriculture Research 25(2): 183- 191.
60. Shafeek M.R., and Omar N. 2016. Effect of spraying or ground drench from humic acid on growth, total output and fruits nutritional values of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under plastic house conditions. International Journal of Pharmtech Research 9(12): 52-57.
61. Sharafzadeh S., and Zare M. 2011. Effect of Drought Stress on Qualitative and Quantitative Characteristics of Some Medicinal Plants from Lamiaceae Family; Advances in Environmental Biology 5(8): 2058-2062.
62. Sharif M., Khattak R.A., and Sarir M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal drived humic acid on growth of maize plants. Communication in Soil Science and Plant Analysis 33(19-20): 3567-3580. (In Persian)
63. Singer M.J., and Bissonnais L.Y. 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate. Geomorphology 24(1): 79-85.
64. Taghadosi M., Hasani N., and Sinky J. 2012. Disruption of irrigation and spraying stress with humic acid and algae extract on antioxidant enzymes and propylene in forage sorghum. Journal of Crop Production in Environmental Conditions 4(4): 1-12. (In Persian)
65. Taheri Gh., and Rostami M. 2013. Effect of humic acid on vegetative growth and proline content of basil (*Ocimum basilicum* L.) under different salinity conditions. The first national conference on salinity stress in palnts and developing strategies for saline agriculture. 12 and 13 September. Azarbaijan Shahid Madani University.
66. Tan K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York. 480p.
67. Taylor G., and Cooper L. 2004. Humic acid: The root to healthy plant growth. California State Science Fair, 1610.
68. Yunsheng L., El-Bassiony A.M., Fawzy Z.F., and El-Awadi M.E. 2015. Effect of Foliar Spray of Glutamine on Growth, Yield and Quality of Two Snap Bean Varieties. Journal of Agriculture Science and Engineering 1(2): 39-45.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 521-533
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۳۳-۵۲۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effects of Humic Acid and Amino Acid on some Growth Traits on Super Daminus Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Drought Stress

M. Najafi[1]- H. Arouiee[2]*- M.H. Aminifard[3]

Received: 24-06-2020
Accepted: 02-06-2021

Introduction: The deficiency of organic matter in the soil is one of the factors limiting cultivating and growing of plants. While the organic matter is the main factor of soil fertility and the ideal organic matter content of agricultural soils is about 4-6% according to the experiments performed, this amount is very low in arid and desert areas such as those in Iran. The significant capability of humic fertilizers in the rapid improvement of soil fertilization level is quite recognizable. Humic acid has a direct role in determining the producing potential of the soil. Humic substances can have a positive effect on plant growth in different ways. Humic acid results in an increasing nitrogen uptake by plants and stimulates and enhances the uptake of Ca, Mg, P, and K. By enhancing the resistance to environmental stresses, increasing chlorophyll concentration and thus affecting photosynthesis, amino acids are effective in plant growth and yield. Given the conditions that agriculture faces, drought is the main limiting factor of agricultural production in the present and future. Research has reported that the improvement of plant growth under stress conditions by application of humic substances and amino acid. The use of these factors that increase plant growth in stressful conditions and improve yield is a useful and effective method. The aim of this study was to investigate the effect of organic fertilizers on growth traits of cucumber plants under drought stress.

Materials and Methods: In order to explore the effect of drought stress on cucumber plant, an experiment was carried out in the research field of agriculture faculty of Ferdowsi University of Mashhad in 2015-2016. This study was performed as a factorial design in a completely randomized block design with three replications. The first factor was fertilization at four levels (control, humic acid application (200 ppm), glycine amino acid and glutamic acid application (6 liters per hectare), and combined application of humic acid (200 ppm), glycine amino acid and glutamic acid (6 liters per hectare), and the second factor was irrigation at three levels of 3, 5 and 7 days. Furrows with 2 m apart, 40 cm deep, 50 cm wide and 20 m long were created. Following the soil irrigation, the cucumber seeds were planted on the edge of the experimental hills (4-5 seeds per hill) that were spaced 50 cm apart. The treatments were applied via irrigation at specified concentration. At the end of the experiment Morphophysiological traits were measured.

Results and Discussion: The results showed that drought stress reduced fresh and dry weights of plant, a number of branches, root length, stem length, and internode length. The amount of available water to plants affects their growth traits. Increasing irrigation interval decreased vegetative growth parameters in this plant, which is undoubtedly due to the lack of water available to the plant. Drought stress leads to stomata closure, plant wilt, swelling reduction, and reduced water content and total potential of the leaf, resulting in decreased cell division, especially in shoots and leaves. As a result, the first effects of dehydration in plants can be seen in their smaller leaf size and lower height than normal conditions. The highest level of drought stress (7 days) decreases all the traits. Unfortunately, the use of humic acid and acid amine had no effect on the highest levels of stress (7 days). The application of humic acid alone could improve the effects of drought stress on the plant. Humic acid enhances plant growth by affecting plant cell metabolism as well as chelating power, increasing nutrient uptake, and increasing nitrogen content. Experimental studies have shown that glycine betaine strengthens enzymatic structures and activities and protein components, and cell wall stability against the damaging effects of environmental stresses is considered to be one of its activities. It seems that organic matter and humic compounds including humic acid through positive physiological effects including effects on plant cells metabolism, increased leaf chlorophyll concentration, increased metabolism within cells, and increased durability of photosynthetic tissues (Increasing leaf durability) leads to increase of production performance and biomass production in plants.

1 and 2- Graduated from Master of Horticultural Sciences and Associate Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: aroiee@um.ac.ir).
3- Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Birjand University
DOI: 10.22067/JHS.2021.61892.0

Conclusion: The use of humic acid alone led to improved leaf area, root length, and other traits. These factors caused an improvement in the photosynthetic rate in the plant, resulting in improved yield and growth under drought stress conditions (increased irrigation intervals). The protective and moderating role of the humic acid application under drought stress is one of the reasons for growth improvement by these compounds. In general, the combined application of humic acid and amino acid in the form of irrigation fertilizer in cucumber under drought stress improved growth traits and prevented yield reduction.

Keywords: Irrigation, Morphological traits, Yield

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 535-547
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۴۷-۵۳۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

واکنش ریحان (*Ocimum bacilicum* L.) به سیستم‌های مختلف تغذیه در کشاورزی اکولوژیک

سهیلا چهاربندی[۱]- فائزه زعفریان[۲]*- وحید اکبرپور[۳]- محمد کاوه[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۷

چکیده

تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی به‌خصوص در شرایط کشاورزی اکولوژیک در جهان رو به افزایش می‌باشد. کشاورزی اکولوژیک گیاهان دارویی، کیفیت آن‌ها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی روی کیفیت دارویی را کاهش می‌دهد. به منظور بررسی تاثیر کودهای آلی و زیستی بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی ریحان (*Ocimum bacilicum* L.)، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان آمل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: بایوچار در دو سطح (صفر و ۲۰ تن در هکتار) و کودهای آلی و زیستی در پنج سطح (ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، قارچ *میکوریزا*، باکتری *ازتوباکتر*، باکتری *سودوموناس* و عدم مصرف کود) بودند. مطابق نتایج بدست آمده بیشترین میزان ارتفاع بوته و تعداد شاخه اصلی متعلق به تیمار مصرف بایوچار به‌همراه ورمی‌کمپوست (به‌ترتیب ۴۹/۳۷ سانتی‌متر و ۷/۴۲) بود که به‌طور معنی‌داری از تمامی تیمارهای دیگر بالاتر بود. اثر متقابل بایوچار و کودهای آلی و زیستی بر وزن تر و خشک برگ و ساقه معنی‌دار بود، براساس نتایج مربوط به مقایسه میانگین دادها، بیشترین وزن تر برگ و ساقه، در تیمار کاربرد بایوچار و *سودوموناس* (به‌ترتیب ۷۹۲ و ۸۷۶ گرم در متر مربع) رویت شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد بایوچار به همراه ورمی‌کمپوست نداشت و بیشترین وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه، با استفاده از بایوچار به‌همراه *سودوموناس* (به‌ترتیب ۱۶۶ و ۱۷۵ گرم در متر مربع) مشاهده شد. برهمکنش بایوچار × کودهای آلی و زیستی بر میزان فنل کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان نیز اختلاف معنی‌داری نشان داد. بیشترین مقدار فنل کل (۱۷/۵۵ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) و فلاونوئید (۷۷/۴۷ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) مربوط به تیمار *ازتوباکتر* همراه با مصرف بایوچار بود، لذا، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد کودهای آلی و زیستی نظیر ورمی‌کمپوست و *سودوموناس* به همراه بایوچار باعث افزایش کمیت و کیفیت گیاه ریحان در کشاورزی اکولوژیک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، بایوچار، *سودوموناس*، کود آلی، کود زیستی، *میکوریزا*

مقدمه

یکی از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی دارویی ریحان می‌باشد که استفاده بسیاری در صنایع غذایی و دارویی دارد. گونه ریحان معمولی (*Ocimum bacilicum* L.) مهم‌ترین گونه اقتصادی *Ocimum* محسوب می‌شود و تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و مصرف می‌شود. ریحان دارای سابقه ۳۰۰۰ ساله بوده و از دیرباز توسط مردم آسیا و اروپا در مراسم سنتی و مذهبی به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و سبزی تازه استفاده شده است. مواد مؤثره پیکره رویشی این گیاه اشتهاآور است و برای درمان نفخ، تقویت دستگاه گوارش و تسکین حس خستگی استفاده می‌شود. از این گیاه می‌توان برای معالجه برخی ناراحتی‌های قلبی و همچنین برای مداوای بزرگی طحال استفاده کرد (۳۰).

یکی از اصول مهم در برنامه‌ریزی تولید گیاهان دارویی به‌منظور حصول عملکرد بالا و باکیفیت مواد موثره مطلوب، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. مدیریت صحیح مصرف کودها یکی از عوامل مهم در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد، که شناسایی کودهای سازگار با طبیعت و مناسب برای رشد گیاهان می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه داشته باشد. کودهای شیمیایی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد گیاهان دارویی مطرح می‌باشند، ولی استفاده زیاد از آن‌ها به‌ویژه هنگامی‌که با

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دانش آموخته دکتری گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: fa_zaefarian@yahoo.com)
۳- استادیار گروه باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

DOI: 10.22067/JHS.2021.61907.0

عملیات مدیریتی نامناسب مثل سوزاندن بقایای گیاهی همراه باشد، ماده آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهد (۳۱). بنابراین، نیاز فوری به تثبیت و افزایش بهره‌وری از طریق استفاده صحیح از کودهای آلی می‌تواند به غنی‌سازی خاک منطقه‌ی ریشه کمک کند. کودهای آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند؛ یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند.

در دهه اخیر استفاده از نوعی ماده‌ی آلی به نام بایوچار به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک مورد توجه پژوهشگران قرارگرفته است. بایوچارها شامل موادی با زنجیره کربنی به وجود آمده از تجزیه حرارتی بدون حضور اکسیژن از زیست توده یا ضایعات زیستی گیاهی هستند (۳۷)، سطح ویژه بالا، بار سطحی منفی، چگالی بالا و ساختار متخلخل از خصوصیات بایوچار می‌باشد که به دلیل داشتن چنین خصوصیاتی می‌تواند خواص شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و عناصر غذایی قابل دسترس را بهبود ببخشد (۴۰). در بررسی تأثیر بایوچار و *میکوریزا آربوسکولا ر* (دو گونه *Glomus mosseae* و *G. intraradices*) در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) نتایج نشان داد که کاربرد بایوچار به طور معنی‌دار سبب افزایش وزن خشک برگ و ریشه شد (۳۵).

نوع دیگری از کودهای آلی، ورمی‌کمپوست می‌باشد که طی فرآیند پیوسته‌ای توسط میکروارگانیسم‌ها در محیط گرم و مرطوب و هوادار ایجاد می‌شود. این کود دارای آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کیتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد غذایی مورد نیاز گیاهان نقش مؤثری دارد (۳۶). در پژوهشی نتایج نشان داد که کود آلی ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، قطر ساقه و ریشه، تعداد گره در ساقه اصلی گیاه، تعداد ساقه جانبی در بوته، سطح برگ، کلروفیل برگ و میزان اسانس نعناع فلفلی را تحت تأثیر قرار داد (۲۴). در مطالعه دیگری بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک سرشاخه گلدار، وزن خشک اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس در مرزه سهندی (*Satureja hortensis* L.) در اثر کاربرد کود زیستی و ۵۰ درصد کود شیمیایی به دست آمد، همچنین آنها گزارش کردند که بیشترین درصد اسانس در گیاه مرزه سهندی در تیمار دو تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (۱۸).

یکی از عملیاتی که امروزه مطابق با اصول کشاورزی پایدار در راستای حاصل‌خیزی خاک رایج شده است؛ استفاده از کودهای زیستی است. باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه‌بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۹). در ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی ترخون (*Artemisia dracunculus*) پژوهشگران گزارش کردند که تیمار ترکیبی *ازتوباکتر+آزوسپیریلوم* به‌صورت ریزوم‌مال باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک ریزوم شد (۱۳). باکتری‌های جنس *سودوموناس* به دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر در بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از مهم‌ترین صفات محرک رشد گیاه، توان حل‌کنندگی فسفات توسط آنها است که توسط محققین گزارش شده است (۳۲ و ۳۳).

قارچ‌های *میکوریزا* یکی از اجزای مهم جامعه‌ی زیستی خاک هستند، که به روش‌های مستقیم مانند بهبود تغذیه گیاه از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه و غیرمستقیم مانند کاهش تنش‌های زیستی (بیماری‌های گیاهی) و غیرزیستی (شوری، خشکی و عناصر سنگین) سبب افزایش رشد گیاه میزبان می‌گردند (۴۳). این قارچ‌ها با تشکیل شبکه‌هایی در اطراف ریشه‌های گیاهان، سطح تماس آن‌ها با خاک و رطوبت را بین ۱۰۰۰-۱۰ برابر افزایش می‌دهند و به این ترتیب گیاه توانایی بیش‌تری در استفاده از منابع موجود در محیط اطراف خود را پیدا می‌کند (۳۹). در بررسی تأثیر تلقیح پیاز (*Allium cepa*) با چهار گونه قارچ *میکوریزا* شامل *Glomus intraradices*، *G. etunicatum*، *G. mosseae* و *G. clorum* بر عملکرد کمی و کیفی دو گونه سوسن (*Oriental lilies* و *Lilium ledebourii*) نتایج نشان داد که بالاترین درصد کلونیزاسیون ریشه و ارتفاع بوته در سوسن شرقی (*Oriental lilies*) در تیمار تلقیح با قارچ *G. etunicatum* به‌دست آمد (۲).

با توجه به اهمیت گیاه دارویی ریحان در صنایع مختلف، تأثیرات مثبت برخی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، قارچ‌های *آربوسکولا ر میکوریزا*، ورمی‌کمپوست و بایوچار در تولیدات گیاهان دارویی این پژوهش با هدف ارزیابی میزان تاثیرگذاری سیستم‌های مختلف تغذیه روی کمیت و کیفیت گیاه دارویی ریحان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی و آلی همراه با کاربرد بایوچار بر تغییرات صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه)، وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و میزان مهار رادیکال آزاد DPPH برگ گیاه دارویی ریحان، پژوهشی در سال ۱۳۹۶ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان آمل اجرا شد؛ که قبل از اجرای این پژوهش وضعیت عناصر غذایی از خاک مزرعه نمونه‌گیری شد، و نتایج حاصل از تجزیه آن در جدول ۱ قابل مشاهده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای طرح شامل: بایوچار در دو سطح (صفر و ۲۰ تن در هکتار) و منابع کود زیستی در پنج سطح (عدم مصرف کود، *ازتوباکتر*، *سودوموناس*، *میکوریزا* و ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)) بود. قبل از کاشت بذر ریحان، کودهای بایوچار و ورمی‌کمپوست (مشخصات ورمی‌کمپوست در جدول ۲ درج شده است) تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. برای تولید بایوچار از مواد اولیه سلولزی شامل بقایای چوب و گیاهان زراعی استفاده شد که مشخصات آن در جدول ۳ آمده است. قارچ *میکوریزا* نیز به‌صورت مخلوط با بذر مصرف شد. همچنین، باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس به‌صورت بذرمال (تلقیح با بذر) اعمال گردید. شایان ذکر است که قارچ *میکوریزا* و باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* و *سودوموناس* (مایه تلقیحی میکروبی با غلظت نهایی 10^9 CFU.ml^{-1}) از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some of the soil physical and chemical properties

بافت خاک Soil texture	K (mg.kg^{-1})	P (mg.kg^{-1})	N (%)	OC (%)	pH	EC (dS.cm^{-1})
Silty-loam	160.7	38.42	0.15	1.5	7.67	0.75

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of vermicompost used in experiment

EC (dS.cm^{-1})	pH	OC (%)	N (%)	P (%)	K (%)
3.36	8.25	22.7	1.77	1.74	1.47

جدول ۳- ویژگی‌های بایوچار استفاده شده

Table 3- Biochar properties used

ویژگی‌های بایوچار Biochar properties	عدد ید Iodine number (mg.g^{-1})	مساحت سطح بر اساس استاندارد ASTM (Surface area according to standard ASTM) (m^2.g)	عدد متیلن بلو Methylene blue number (mg.g^{-1})	محتوای رطوبت Moisture content (%)	pH	درصد خاکستر Ash (%)	درصد کربن C (%)	نیتروژن N (g.kg^{-1})	دانه‌بندی Grading
مقدار Value	950-1100	950-1100	150-250	3-4	8.5	4-5	48-50	18-20	0.1≥

اندازه‌ی هر کرت پنج متر مربع و شامل پنج خط کاشت بود؛ به‌طوری‌که فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر ریحان به‌صورت دست‌پاش در خط مستقیم کشت شده و روی بذرها به‌وسیله ماسه بادی پوشانده شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. لازم به ذکر است که در این پژوهش از هیچ‌گونه مواد شیمیایی جهت کنترل علف‌های هرز و آفات استفاده نشد. جهت مطالعه صفات مورفولوژیک ریحان (ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه)، قبل از مرحله گلدهی، با حذف حاشیه‌های کرت؛ ۵ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و برای اندازه‌گیری ارتفاع در مزرعه از خط‌کش چوبی به‌طول یک متر و برای اندازه‌گیری قطر ساقه از کولیس استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی گیاه ریحان از یک متر مربع کف‌بر شده و توسط ترازوی دقیق دیجیتالی وزن شدند و مقدار وزن تر آن‌ها بدین‌ترتیب تعیین گردید. سپس برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به آون با دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند و در نهایت توسط ترازوی دیجیتالی توزین گردیدند.

مقدار فنل کل با استفاده از روش فولین-سیوکالتیو (۱) محاسبه و برای تعیین مقدار فلاونوئید از روش‌های رنگ‌سنجی استفاده گردید (۵). همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی ۲-۲ دی‌فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۲) که همگی این صفات در مرحله گلدهی نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شدند. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. همچنین، مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس حاکی از آن بود که ارتفاع بوته تحت تاثیر اثر ساده کود و همچنین برهمکنش دو عامل

بایوچار و کود قرار گرفت، در حالی‌که اثر ساده بایوچار اثـر معنـی‌داری بر این صفت نداشت (جـدول ۴). بیشـینه ارتفـاع ریحـان مربـوط بـه مصرف بایوچار و ورمی‌کمپوست (۴۹/۳۷ سانتی‌متر) بود. شـایان ذکـر است که مصرف بایوچار در تیمار ورمی‌کمپوست موجب افزایش ۷/۱۴ درصدی ارتفاع نسبت به شرایط عدم مصرف بایوچار در همـین تیمـار گردید (جدول ۴). تیمـار شـاهد بـدون مصـرف بایوچـار و کـود دارای کمترین ارتفاع (۴۲/۵۵ سانتی‌متر) بود که با تیمارهای بـدون مصـرف بایوچار و *سودوموناس* و مصرف بایوچار بدون کود در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). بر اساس نتایج بدست آمده عدم مصرف بایوچار و کود در تیمار شاهد، کـاهش ۱۳/۸۱ درصـدی ارتفـاع را نسـبت بـه مصرف بایوچار به‌همراه ورمی‌کمپوست داشت (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر بایوچار و کودهای زیستی و آلی بر صفات مورفولوژیک گیاه ریحان

Table 4- ANOVA for the effect of biochar and bio and organic fertilizers on morphological characteristics of sweet basil plant

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اصلی Number of main branches	قطر ساقه Stem diameter
بلوک Block	2	5.69	0.20	0.42
بایوچار Biochar	1	4.56^{ns}	0.00003^{ns}	0.20^{ns}
کود Fertilizer	4	16.73^{**}	7.91^{**}	0.23^{ns}
بایوچار× کود Biochar× Fertilizer	4	9.05^{**}	0.71^{*}	0.86^{ns}
خطا Error	18	1.13	0.20	0.67
ضریب تغییرات CV (%)	-	2.33	7.83	13.82

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

جدول ۵- اثر بایوچار و کودهای زیستی و آلی بر ارتفاع و تعداد شاخه اصلی گیاه ریحان

Table 5- The effect of biochar and bio and organic fertilizerson height and number of main branches of sweet basil

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه اصلی Number of main branches
بایوچار Biochar	کود Fertilizer		
0 ($t.ha^{-1}$)	Vermicompost ورمی‌کمپوست	46.08	6.00
	Mycorrhiza *میکوریزا*	45.4	4.53
	Azotobacter *ازتوباکتر*	45.25	5.35
	Pseudomonas *سودوموناس*	43.8	5.59
	Control شاهد	42.55	4.44
20 ($t.ha^{-1}$)	Vermicompost ورمی‌کمپوست	49.37	7.42
	Mycorrhiza *میکوریزا*	46.31	6.17
	Azotobacter *ازتوباکتر*	47.25	7.07
	Pseudomonas *سودوموناس*	46.56	7.08
	Control شاهد	43.45	4.48
LSD		1.822	0.766

تیمارهای کود آلی با تأمین تدریجی عناصر غذایی باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند. همچنین در شرایط یکسان محیطی، فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و در پی آن افزایش ارتفاع بوته شود (۳۴). کیانی و همکاران (۱۶) با بررسی تأثیر نسبت‌های حجمی مختلف از ورمی کمپوست، کمپوست شسته شده و شسته نشده بستر کاشت قارچ روی گیاه دارویی نعناع (*Mentha piperita* L.) دریافتند که جایگزین نمودن ورمی‌کمپوست و کمپوست شسته شده و شسته نشده بستر کاشت قارچ در بستر کاشت گیاه بر پارامترهای رشد رویشی از قبیل وزن تر و خشک بوته، ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل و سطح برگ و همچنین محتوای عناصر پرمصرف در بخش هوایی گیاه دارویی نعناع اثر معنی‌داری داشت. محققان در آزمایشی مشاهده کردند که استفاده از کودهای آلی و زیستی ارتفاع گیاه ریحان را افزایش داد و این افزایش ارتفاع از نظر آماری با عملکرد تر و خشک گیاه رابطه مثبت و معنی‌دار داشت (۳۵).

تعداد شاخه اصلی

تعداد شاخه اصلی تحت تاثیر اثر ساده کودها و برهمکنش کود و بایوچار قرار گرفت (جدول ۴). مصرف بایوچار و ورمی‌کمپوست رکورددار بالاترین تعداد شاخه اصلی (۷/۴۲) بود که با مصرف بایوچار به‌همراه *سودوموناس* و ازتوباکتر تفاوت چندانی از لحاظ آماری نداشت (جدول ۵). کمترین تعداد شاخه اصلی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای عدم مصرف کود با و بدون بایوچار و بدون مصرف بایوچار و *میکوریزا* بود (جدول ۵). مصرف بایوچار موجب افزایش تعداد شاخه اصلی در تمامی تیمارهای کودی گردید، به‌طوری‌که تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و بایوچار موجب افزایش ۲۳/۶۷ درصدی تعداد شاخه اصلی نسبت به شرایط عدم مصرف بایوچار در همین تیمار گردید (جدول ۵).

تعداد شاخه گیاه بیشتر تحت تاثیر شرایط محیطی و اقلیم قرار می‌گیرد. البته در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری از طریق بهبود صفات رویشی گیاه تا حدی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۶). طبق مطالعات انجام شده مقدار ترکیبات هوموسی در ورمی‌کمپوست بیشتر از کمپوست و کود دامی می‌باشد و همچنین عناصر غذایی قابل تبادل بیشتری نسبت به سایر کودهای آلی دارد که این موارد احتمالاً یکی از عوامل مؤثر در افزایش رشد رویشی و تعداد شاخه تحت تاثیر مصرف ورمی‌کمپوست در گیاه می‌باشد. در همین راستا یافته‌های شمس و باقرزاده (۳۸) روی گیاه ریحان نشان داد، افزایش مقدار تیمار ورمی‌کمپوست، به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه فرعی را در ریحان افزایش داد. همچنین پژوهشگران گزارش کردند افزودن بایوچار به خاک تحت کشت برنج موجب بهبود رشد گیاه برنج و همچنین افزایش ارتفاع، تعداد پنجه، تعداد ساقه بارور و زیست توده برنج شده است. (۳۲). کودهای آلی با فراهم آوردن عناصر غذایی و جذب بیشتر آب باعث افزایش شاخه‌های فرعی و متعاقب آن افزایش تعداد ساقه اصلی و تعداد گل در بوته می‌شود. تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد گیاه و در پی آن افزایش تعداد شاخه‌های گیاه است (۳۴).

قطر ساقه

با استناد به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد اثر ساده و برهم‌کنش بایوچار و کود تاثیر معنی‌داری بر قطر ساقه ریحان نداشت (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین در بین منابع کودی قطورترین ساقه به‌ترتیب با اندازه‌های ۶/۲۰، ۶/۰۱، ۵/۹۰، ۵/۷۵ و ۵/۷۲ میلی‌متر مربوط به ورمی‌کمپوست، *سودوموناس*، *ازتوباکتر*، *میکوریزا* و شاهد می‌باشد (جدول ۶). هرچند مصرف بایوچار موجب افزایش قطر ساقه ریحان نسبت به عدم مصرف آن شد؛ اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۶).

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان

وزن تر برگ و ساقه

نتایج تجزیه واریانس مبین این مطلب بود که وزن تر برگ و ساقه ریحان تحت تاثیر اثر ساده کود و برهمکنش بین کود و بایوچار قرار گرفته است (جدول ۷). به‌کارگیری بایوچار در کنار کود تاثیر به‌سزایی در افزایش وزن تر برگ و ساقه ریحان داشت؛ به‌گونه‌ای که اعمال بایوچار به‌همراه *سودوموناس* به‌ترتیب موجب افزایش ۲۴/۷۸ و ۳۸/۸۸ درصدی وزن تر برگ و ساقه نسبت به همین تیمار در شرایط عدم مصرف بایوچار گردید (جدول ۸). بر اساس نتایج دو تیمار بایوچار + *سودوموناس* و بایوچار + ورمی‌کمپوست دارای بیشترین وزن تر برگ (به‌ترتیب ۷۹۲/۳۳ و ۷۶۵/۸۴ گرم در متر مربع) و وزن تر ساقه (به‌ترتیب ۸۷۵/۶۴ و ۸۳۳/۱۷ گرم در متر مربع) بودند (جدول ۸). شایان ذکر است که تیمار شاهد بدون مصرف بایوچار و کود کمترین تاثیر را روی وزن تر برگ و ساقه ریحان نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ۸).

جدول ۶- اثر بایوچار و کودهای زیستی و آلی بر قطر ساقه گیاه ریحان

Table 6- The effect of biochar and bio and organic fertilizers on stem diameter of sweet basil plant

تیمار Treatment		قطر ساقه Stem diameter (mm)
کود Fertilizer	Vermicompost ورمی‌کمپوست	6.20
	Mycorrhiza *میکوریزا*	5.75
	Azotobacter *ازتوباکتر*	5.90
	Pseudomonas (*سودوموناس*)	6.01
	Control (شاهد)	5.72
LSD		0.991
بایوچار Biochar	0 (t. ha^{-1})	5.83
	20 (t. ha^{-1})	6.00
LSD		0.788

به نظر می‌رسد بایوچار به عنوان اصلاح‌کننده خاک با افزایش حاصل‌خیزی خاک شرایط مناسبی را برای رشد و عملکرد گیاه به وجود می‌آورد و همچنین سطح ویژه و چگالی بار زیاد (۴) باعث افزایش سطح ویژه‌ی کل خاک و موجب افزایش جمعیت میکروبی خاک شده که نهایتا موجب افزایش فعالیت باکتری *سودوموناس* و افزایش وزن تر و خشک برگ و وزن تر و خشک ساقه گیاه ریحان شده است. افزودن بایوچار به خاک، چه اسیدی و چه قلیایی، ممکن است باعث تغییر معنی‌دار نسبت باکتری به قارچ (۳) و جمعیت میکروبی غالب خاک شده و همچنین با اثر بر فعالیت آنزیمی و فعالیت میکروبی موجب تغییر عملکرد و نقش خاک گردد (۴۵). طی پژوهشی در بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد گیاه دارویی مرزه محققین به این نتیجه رسیدند که مصرف تلفیقی *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* عملکرد اندام‌های هوایی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۸). باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی شده که این مسئله سبب تولید آسیمیلات بیشتر و انتقال آنها به سایر اندام‌ها می‌شود (۱۲).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر بایوچار و کودهای زیستی و آلی بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان

Table 7- ANOVA for the effect of biochar and bio and organic fertilizers on shoots fresh and dry weight of sweet basil plant

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight
بلوک Block	2	49550.40	81928.63	603.21	2547.29
بایوچار Biochar	1	360218.70^{ns}	4895941.24**	139173.72**	34634.68**
کود Fertilizer	4	4500330.87**	3412603.30**	63049.47**	195597.95**
بایوچار× کود Biochar× Fertilizer	4	995074.34**	3082594.17**	139833.46**	89465.76**
خطا Error	18	142655.35	102202.36	4376.43	3742.18
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.88	4.80	4.97	4.30

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

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

جدول ۸- اثر بایوچار و کودهای زیستی و آلی بر وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه ریحان

Table 8- The effect of biochar and bio and organic fertilizers on shoots fresh and dry weight of sweet basil plant

تیمار Treatment		وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه
بایوچار Biochar	کود Fertilizer	Leaf fresh weight ($g.m^{-2}$)	Stem fresh weight ($g.m^{-2}$)	Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	Stem dry weight ($g.m^{-2}$)
0 ($t.ha^{-1}$)	Vermicompost ورمی‌کمپوست	626.24	646.22	126.84	146.58
	Mycorrhiza *میکوریزا*	594.56	605.13	126.27	128.76
	Azotobacter *ازتوباکتر*	543.82	627.93	118.6	140.73
	Pseudomonas *سودوموناس*	634.98	630.51	127.71	141.8
	Control شاهد	553.6	548.44	110.27	99.93
20 ($t.ha^{-1}$)	Vermicompost ورمی‌کمپوست	765.84	833.18	160.76	158.02
	Mycorrhiza *میکوریزا*	655.44	668.07	136.16	153.96
	Azotobacter *ازتوباکتر*	716.53	657.42	143.11	152.71
	Pseudomonas *سودوموناس*	792.33	875.64	165.53	175.07
	Control شاهد	538.09	564.4	113.18	123.53
LSD		64.761	54.815	11.343	10.489

وزن خشک برگ و ساقه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این مطلب بود که وزن خشک برگ و ساقه ریحان تحت تاثیر اثر ساده و برهمکنش بین تیمارها قرار گرفته و اعمال تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۷). نتایج نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک برگ (۱۶۵/۵۳ گرم در متر مربع) ریحان مربوط به مصرف بایوچار و باکتری *سودوموناس* بود که با تیمار مصرف کود بایوچار و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۸). حداکثر و حداقل میزان وزن خشک ساقه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف بایوچار به همراه باکتری *سودوموناس* (۱۷۵/۰۷ گرم در متر مربع) و شاهد بدون مصرف بایوچار و کود (۹۹/۹۳ گرم در متر مربع) بود (جدول ۸). با بررسی نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که به‌کارگیری بایوچار و کود زیستی *سودوموناس*، وزن خشک برگ و ساقه را به‌ترتیب ۵۰/۱۲ و ۷۵/۱۸ درصد نسبت به شرایط عدم مصرف بایوچار و کود زیستی افزایش داد (جدول ۸).

پژوهشگران نشان دادند که بایوچار بر چرخه عناصر غذایی تأثیر مثبت داشته و سبب جلوگیری از هدرروی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک می‌شود و همچنین بیان کردند که بایوچار یک منبع غنی از عناصر غذایی می‌باشد که با سرعت‌های متفاوت آزاد شده و سبب حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۵). در بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و سه گونه قارچ *میکوریزا* بر عملکرد نعناع فلفلی گزارش شد که کاربرد تیمارهای باکتریایی و قارچی منجر به افزایش در تمام صفات رویشی شد (۱۷).

در رابطه با اثر تحریکی باکتری‌های محرک رشد نیز می‌توان بیان داشت که باکتری‌های محرک رشد از طریق سازوکارهای مختلف، از جمله تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، تولید سیدروفور، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن را در گیاه تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (۴۱).

فنل و فلاونوئید کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده و متقابل تیمارهای مختلف بر میزان فنل و فلاونوئید کل اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد ($p<0.01$) داشت (جدول ۹). در بررسی اثر متقابل بایوچار و کود مطابق شکل ۱- A بیشترین مقدار فنل کل مربوط به دو تیمار ورمی‌کمپوست و *ازتوباکتر* در شرایط مصرف بایوچار (۱۷/۵۵ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) بود؛ همچنین کمترین مقدار فنل کل در تیمار شاهد بدون مصرف بایوچار و کود (۱۰/۱۴ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) مشاهده شد. لازم به ذکر است که عدم اعمال بایوچار میزان فنل کل ریحان را به‌طور چشمگیری کاهش داد، به گونه‌ای که در

تیمار ورمی‌کمپوست کاهش ۳۴/۶۴ درصدی فنل کل نسبت به همین تیمار در شرایط مصرف بایوچار ملاحظه گردید (شکل ۱- A). همچنین نتایج نشان داد که مصرف بایوچار و *ازتوباکتر* (۷۷/۴۷ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) بیشترین میزان فلاونوئید کل را دارا بود؛ درحالی‌که کمترین میزان فلاونوئید کل در تیمار شاهد بدون مصرف بایوچار (۴۴/۸۹ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) مشاهده شد (شکل ۱- B).

کاربرد کودهای آلی به دلیل افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی مخصوصا کربن و نیتروژن موجب افزایش تولید ترکیبات فنلی می‌گردد (۱۱). تهیه منابع مورد نیاز برای متابولیسم اولیه گیاهان ارتباط تنگاتنگی با بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در مسیرهای بیوشیمیایی داشته و افزایش رشد و نمو گیاهان همراه با بهبود کارآیی فتوسنتز، عرضه متابولیت‌ها و سوبستراهای لازم برای مسیرهای متابولیسمی ثانویه را افزایش داده و منجر به تولید بهینه ترکیبات مذکور می‌گردد (۴۴).

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر بایوچار و کودهای زیستی و آلی بر فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان

Table 9- ANOVA for the effect of biochar and bio and organic fertilizers on total phenol, total flavonoids and antioxidant activity of sweet basil plant

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoids	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity
بلوک Block	2	0.006	0.008	0.005
بایوچار Biochar	1	4.80**	327.52**	1734.41**
کود Fertilizer بایوچار× کود	4	17.14**	239.86**	1464.72**
Biochar× Fertilizer	4	22.73**	322.64**	751.26**
خطا آزمایش Error	18	0.002	0.01	0.01
ضریب تغییرات (C.V.)	-	0.35	0.21	0.23

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

**: significant at 1% of probability level.

شکل ۱- اثر متقابل بایوچار × کودهای زیستی و آلی بر میزان فنل (A) و فلاونوئید کل (B) برگ گیاه ریحان

Figure 1- The interaction effect of biochar ×bio and organic fertilizerson total phenol (A) and flavonoid (B) content in sweet basil leaf

مقدار LSD برای فنل کل و فلاونوئید کل به ترتیب ۰/۰۷۶ و ۰/۱۷۱ می باشد.

The LSD values for total phenol and flavonoids contents are 0.076 and 0.171, respectively.

بر اساس دو فرضیه تعادل کربن به مواد معدنی و فرضیه تمایز رشد، رابطه دوطرفه بین متابولیسم اولیه و ثانویه اثبات شده است

(۲۱)، لذا افزایش عناصر غذایی در خاک تیمار شده با کودهای آلی و زیستی منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد (۲۶). محققین اظهار نمودند که تحت شرایط بهبود خصوصیات خاک و در نتیجه افزایش فتوسنتز، محتوای فلاونوئید و فنل گیاه زنجبیل (*Zingiber officinale*) افزایش یافت (۹).

به نظر می‌رسد که کودهای زیستی ازجمله باکتری *ازتوباکتر* می‌توانند از طریق فعالیت‌های متابولیکی خود، قابلیت استفاده از مواد غذایی ضروری از قبیل نیتروژن را برای گیاهان و دیگر موجودات زنده خاک فراهم کند و گیاهان از طریق تارهای کشنده در ریشه خود مواد ضروری و قابل جذب خود را دریافت می‌کنند و باعث افزایش رشد و تشکیل فلاونوئید در اندام‌های گیاه می‌شود. در پژوهشی، نتایج نشان داد که کودهای آلی دارای اثر تحریکی بر تجمع فنولیک در گلچه کلم بروکلی (*Brassica olaracea*) هستند. محققان بیان کردند که غلظت‌های بالای فنل در گلچه، به نقش کودهای آلی در بیوسنتز موادی که القاءکننده مسیر شیکمیک استات و در نتیجه تولید بیشتر فلاونوئید و فنولیک است، مربوط می‌شود (۲۷).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۹)، اثر ساده و متقابل بایوچار و کود بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریحان معنی‌دار گردید. مصرف بایوچار به همراه باکتری *سودوموناس* (۸۱/۸۶ درصد) بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را دارا بود و کمترین درصد آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد بدون مصرف بایوچار (۱۲/۸۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۲). مطابق شکل ۲ در تمامی تیمارهای کود، عدم اعمال بایوچار موجب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان گردید؛ به‌طوری‌که در تیمار *سودوموناس*، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نسبت به شرایط مصرف بایوچار به میزان ۱۷/۴۸ درصد کاهش نشان داد.

با استفاده از مدیریت مواد غذایی در بستر کشت و تغییر شرایط محیطی می‌توان میزان سنتز متابولیت‌های ثانویه و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را بالا برد. در حقیقت با دست‌کاری سیستم رشدی می‌توان میزان متابولیت‌های ثانویه و عملکرد را افزایش داد (۲۳ و ۴۶).

به نظر می‌رسد که کودهای زیستی ازجمله باکتری سودوموناس می‌توانند از طریق فعالیت‌های متابولیکی خود، مواد معدنی و آلی خاک را از شکلی به شکل دیگر تغییر داده و قابلیت استفاده از مواد غذایی را برای گیاهان و دیگر موجودات زنده خاک تغییر می‌دهند و گیاهان از طریق تارهای کشنده در ریشه خود مواد ضروری و قابل جذب خود را دریافت می‌کنند و باعث افزایش رشد اندام‌های گیاه می‌شود. بنابراین این کودها، در تجزیه مواد آلی، چرخه مواد غذایی و تشکیل خاک نقش مهمی ایفا می‌کنند. همچنین اسیدهای آلی تولید شده توسط این باکتری‌ها می‌توانند از طریق تشکیل کمپلکس‌های محلول با یون‌های فلزی باعث افزایش جذب این عناصر غذایی گردند و این گروه از باکتری ها از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک در رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان می‌شود.

شکل ۲- اثر متقابل بایوچار × کودهای زیستی و آلی بر درصد فعالیت آنتی اکسیدانی برگ گیاه ریحان

Figure 2- The interaction effect of biochar ×bio and organic fertilizers on antioxidant activity of sweet basil leaf.

مقدار LSD برای فعالیت آنتی اکسیدانی ۰/۱۷۱ می‌باشد.

The LSD value for antioxidant activity is 0.171.

درواقع می توان گفت که کود های آلی احتمالاً با تاثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش ماده آلی خاک و همچنین قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی بیشتر (۲۹)، باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان در گیاه ریحان شده است. در تایید این نتایج محققان دیگری نیز نیز گزارش کردند بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان از تیمار کود دامی در گیاه دارویی آویشن دنایی (*Thymus deanensis* Celak) به‌دست آمد (۷).

برخی از سویه‌های *سودوموناس* می‌توانند از طریق تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و افزایش قابلیت جذب آب و عناصر غذایی به طور مستقیم در افزایش رشد گیاه موثر شوند (۳۹). در مطالعات ایسلام و همکاران (۱۵) نشان داده شد که باکتری *سودوموناس* موجب افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پرکسیداز و همچنین موجب کاهش پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید گردید.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مصرف بایوچار و کود زیستی موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی، درصد اسانس، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان گردید. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و نیز کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده و با توجه به اثرات مثبت کودهای زیستی در پایداری منابع خاک، حفظ تولید در درازمدت، جلوگیری از آلودگی محیط زیست و در نهایت عرضه محصول سالم، استفاده ازاین نوع کودها نظیر ورمی‌کمپوست و سودوموناس در تلفیق با بایوچار می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار مد نظر قرار گیرد.

منابع

1. Al-Farsi M., Alsalvar C., Morris A., Baron M., and Shadih F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 7592-7599.
2. Arjmand Alavi M., Hatamzadeh A., and Ehteshami S.M.R. 2014. Effect of bulb inoculation with four species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of two lily species. Seed Science and Research 1(2): 57-65. (In Persian)
3. Bamminger C., Marschner B., and Juschke E. 2014. An incubation study on the stability and biological effects of pyrogenic and hydrothermal biochar in two soils. European Journal of Soil Science 65(1): 72-82.
4. Behnam H., Farrokhian Firouzi A., and Moezzi A.A. 2016. Effect of biochar and compost sugarcane bagasse on some soil mechanical properties. Water and Soil Conservation 23(4): 235-250. (In Persian)
5. Chang C., Yang M., Wen H., and Chern J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10: 178-182.
6. Ebrahimzadeh Abdashti R. 2013. Effects of organic and chemical fertilizers on the quantitative and qualitative yield of sour tea (*Hibiscus sabdaiffa* L.). M.Sc Thesis, University of Zabol. 110 pages.
7. Emami Bistagani Z., Siadat AA, Bakhshandeh A.M. And Ghasemi Pirblouti A.A. 2016. The effect of chemical fertilizers, organic chitosan on physiological characteristics and phenolic compounds of thyme in the Shahrekord region. Agricultural Research, 7 (1): 26-11.
8. Faraji Mehmani A., Esmaielpour B., Sefidkon F., Abbaszadeh B., Khavazi K., and Ghanbari A.R. 2014. Effects of biofertilizers on growth criteria, quantitative and qualitative yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Agroecology 6(4): 870-879. (In Persian)
9. Ghasemzadeh A., and Jaafar H.Z.E. 2011. Effect of CO_2 enrichment on synthesis of some primary and secondary metabolites in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). International Journal of Molecular Sciences 12(2): 1101-1114.
10. Gholami Sharafkhane E., Jahan M., Banayan Avval M., Koocheki A., and Rezvani Moghaddam P. 2015. The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions. Journal of Agroecology 7: 179-189. (In Persian)
11. Ghorbanali M., Saadatmand L., and Nikan M. 2011. The effects of natural habitat on polyphenol flavonoids, anthocyanin and its related antioxidant activity in Silverberry. The First National Conference on Modern Topics in Agriculture, Saveh, Islamic Azad University, 8 November, (In Persian)
12. Han H.S., and Lee K.D. 2006. Effect of inoculate on with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52: 130-136.
13. Hatami S.F., Esmaielpour B., Hadian J., Khavazi K., Soltani Toolarood A.A., and Abbaszadeh Dahaji P. 2014. Effects of biofertilizers on morphological traits of tarragon. Soil Biology 2(1): 55-63. (In Persian)
14. Hejazizadeh A., Gholam Alizadeh Ahangar A., and Ghorbani M. 2016. Effect of biochar on lead and cadmium uptake from applied paper factory sewage sludge by sunflower (*Heliantus annus* L.). Water and Soil Science

26(2): 259-271. (In Persian)
15. Islam F., Yasmeen T., Ali Q., Ali S., Arif M.S., Hussain S., and Rizvi H. 2014. Influence of *Pseudomonas aeruginosa* as PGPR on oxidative stress tolerance in wheat under Zn stress. Ecotoxicology and Environmetal Safety 104: 285-293.
16. Kiani Z., Esmaeilpour B., Hadian J., Soltani Toolarood A.A., and Fatah Aloumi S. 2015. Effect of organic fertilizers on growth properties nutrient absorption and essential oil yield of medicinal plant of spearmint. Plant Production 21(4): 63-80.
17. Mahmoudzadeh M., Rasouli Sadaghiani M.H., and Asgari Lajayer H. 2016. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on growth characteristics and concentration of macronutrients in peppermint (*Mentha pipperita* L.) under greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center 6(4): 155-168. (In Persian)
18. Makkizadeh Tafti M., Chaichi M., Nasrollahzadeh S., and Khavazi K. 2012. Effect of different types of nitrogen fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Satureja hortensis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28: 330-341.
19. Maleki V., Salimi K.H., and Ardakani M.R. 2016. Effect of biofertilizers on vegetative growth and essential oil of sweet basil. Agroecology 11(4): 49-56. (In Persian)
20. Masulili A., and Utomo W.H. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in west Kalimantan, Indonesia. Journal of Agricultural Science pp: 39-47.
21. Mckey D. 1979. The Distribution of Secondary Compounds within Plants. In: Rosenthal G.A., Janzen D.H., editors, Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites. New York: Academic Press.
22. Miliauskas G.P., Venskutonis R., and Vanbeek T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry 85: 231-237.
23. Montanari M., Innocenti E.D., Maggini R., Pacifici S., Pardossi A. and Guidi L. 2008. Effect of nitrate fertilization and saline stress on the contents of active constituents of *Echinacea angustifolia* DC. Food Chemistry 107: 1461-1466.
24. Mousavi F., Solymani A., Rezaiinezhad A.H., and Kheyri A.A. 2014. The effect of vermicompost on some quantitative and qualitative properties of peppermint. The First National Conference on New Ideas in Sustainable Agriculture, March 5, Boroujerd, Islamic Azad University. (In Persian)
25. Mukherjee A., and Zimmerman A.R. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. Geoderma 193(1): 122-130.
26. Mullera V., Lankesa C., Zimmermannb B.F., Nogaa G., and Hunschea M. 2013. Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. Journal of Plant Physiology 170: 1165-1175.
27. Naguib A.M., El-Baz F.K., Salama Z.A., Hanaa A.B., Hanaa F.A., and Gaafar A.A. 2012. Enhancement of phenolics, flavonoids and glucosinolates of broccoli (*Brassica olaracea*var. Italica) as antioxidants in response to organic and bio-organic fertilizers. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 11(1): 135-142.
28. Nouri Hosseini M., Khorasani R., Astaraei AR., Rezvani Moghaddam P., and Zabihi H.R. 2016. The effect of different fertilizer sources and humic acid on morphological characteristics, yield and antioxidant content of black cumin. Applied Agricultural Research 29(4): 104-87.
29. Nur M.S.M., Islami T., Handayanto E., Nugroho W.H., and Utomo W.H. 2014. The use of biochar fortified compost on calcareous soil of east Nusa Tenggara, Indonesia: 2. Effect on the yield of maize (*Zea mays* L.) and phosphate absorption. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 8(5): 105-111.
30. Omidbaigi R. 1997. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Tarahane'e Nashr publication. Vol 2. Tehran-Iran. 424 pp. (In Persian)
31. Pirasteh Anosheh H., Emam Y., and Jamali Ramin F. 2010. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. Agroecology 2(3): 492-501. (In Persian)
32. Ramezanpour M., Popov Y., Khavazi K., and Asadi Rahmani H. 2010. Genetic diversity and efficiency of indole acetic acid production by the isolates of *fluorescent pseudomonads* from rhizosphere of rice (*Oryza sativa* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 7(1): 103-109.
33. Rashid M., Khalil S., Ayub N., Alam S., and Latif F. 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. Pakistan Journal of Biological Science 7: 187-196.
34. Rezaee Moadab., S.M., Nabavi Kalat R., and Sadrabadi Haghaghi. 2013. Effects of biological fertilizer and vermicompost on vegetative yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.) under Mashhad climatic conditions. Agroecology 5(4): 350-362.
35. Rezaeeyan A. 2014. Effect of biochar and arbuscular mycorrhiza on cadmium absorption, transfer and

accumulation in peppermint. M.Sc Thesis, Shahroud University, Iran. (In Persian)
36. Sajadinik R., and Yadavi A.R. 2013. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indices, phenological stages and grain yield of sesame. Crop Production 6(2): 73-100. (In Persian)
37. Schmidt M.W.I., and Noack A.G. 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications and current challenges. Global Biogeochemical Cycle 14: 777-793.
38. Shams S., and Bagherzadeh Chharjoei A. 2013. The effect of different amounts of two types of biological fertilizer, vermicompost and cattle manure on morphological characters and active ingredients content of basil. The Third National Conference on Agricultural Science and Food Industry. Fasa University 1-7. (In Persian)
39. Sharma A.K. 2002. Bio-fertilizers for Sustainable Agriculture. 1st edition. Jodhpur: agrobios, Indian, 456p.
40. Singh B.P., Hatton B.J., Singh B., Cowie A., and Kathuria A. 2010. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. Journal of Environmental Quality 39: 1224-1235.
41. Stajkovic O., Delic D., Josic D., Kuzmanovic D., Rasulic N., and Knezevic-Vukcevic J. 2011. Improvement of common bean growth-promoting bacteria. Romanian Biotechnological Letters 16(1): 5919-5926.
42. Tahami–Zarandi M.K. 2010. Assessment of organic, biologic and fertilizer on yield, yield components and essence of basil .MSc. dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian)
43. Tahat M.M., and Sijan K. 2012. Mycorrhizal fungi and abiotic environmental conditions relationship. Research Journal of Environmental Science 6: 125-133.
44. Vojodi Mehrabani L., Valizadeh Kamran R., and Hassanpour Aghdam M.B. 2017. The effects of relative substitution of organic fertilizers on elementes content, some physiological traits and yield of *Lepidium sativum* L. Agriculture Sciencs and Sustainable Production 27(3): 63-72. (In Persian)
45. Watzinger A., Feichtmair S., Kitzler B., Zehetner F., Kloss S., Wimmer B., Boltenstern S.Z., and Soja G. 2014. Soil microbial communities responded to biochar application in temperate soils and slowly metabolized ^{13}C-labelled biochar as revealed by ^{13}C PLFA analysis: results from a short term incubation and pot experiment. European Journal of Soil Science 65(1): 40-51.
46. Zheng Y., Dixon M., and Saxena P.K. 2006. Growing environment and nutrient availability affect the content of some phenolic compounds in *Echinacea purpurea* and *Echinacea angustifolia*. Planta Medica 72: 1407-1414.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 535-547
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۴۷-۵۳۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Reaction of Sweet Basil (*Ocimum bacilicum* L.) to Different Fertilizing System in an Agroecosystem

S. Charbandi[1]- F. Zaefarian[2*]- V. Akbarpour[3]- M. Kaveh[4]

Received: 25-08-2020
Accepted: 07-05-2021

Introduction: The tendency to produce aromatic and medicinal plants and the demand for natural products is increasing especially in the world. Ecological agriculture (Agroecology) of medicinal plants guarantees their quality and reduces the possibility of negative effects on their quality and yield. Evaluation of different plant nutrition systems is one of the most important principles in the production planning of medicinal plants in order to achieve high yield and quality of effective ingredients. Proper fertilizer management is one of the most important factors in agricultural production. Identification of fertilizers which are compatible with nature and are suitable for plant growth could have favorable effects on quantitative and qualitative indices of the plant. Organic fertilizers are genuine and risk-free products that could be suitable for agricultural sustainability. Soil organic matter improves fertility and water retention, provides proper ventilation, long-term storage of plant nutrients and microorganisms, so replacing chemical fertilizers with fertilizers such as vermicompost and biofertilizer can reduce the above-mentioned effects. Biofertilizers are one of the operations that is nowadays in accordance with the principles of sustainable agriculture for soil fertility. Biofertilizers include the compost of one or more types of useful soil organisms or as metabolic by-products of these organisms that are used to provide the plant with the nutrients it needs in an agroecosystem.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of biochar, organic and biological fertilizers on the quantity and quality of *Ocimum bacilicum* L., a factorial experiment was done in a randomized complete block design with three replications. Experimental treatments included two levels of biochar (0 and 20 ton ha^{-1}) and five levels of fertilizers (vermicompost (10 ton ha^{-1}), *Mycorrhiza*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* and no fertilizer application). Prior to planting sweet basil seed, biofertilizers and vermicompost were mixed with soil to the depth of 15 cm. *Mycorrhizal* fungi were mixed with seed. *Azotobacter* and *Pseudomonas* bacteria were also incubated with seeds (seed inoculated). It should be added that in this study no chemicals were used to control weeds and pests.

Results and Discussion: According to the results, the highest plant height and number of main branches were obtained in biochar application with vermicompost (49.37 cm and 7, respectively), which was significantly better than other treatments. The interaction effect of biochar and fertilizer had a significant effect on fresh and dry weight of leaf and stem. Mean comparison of treatments showed that the highest leaf and stem fresh weight were obtained in biochar + *Pseudomonas* application (792 and 876 g m^{-2}, respectively), which had no significant difference with biochar + vermicompost; and also, the maximum leaf dry weight and stem dry weight were obtained in biochar with *Pseudomonas* application (166 and 175 g m^{-2}, respectively). The interaction between biochar and fertilizer on phenol, flavonoids and antioxidant activity of basil showed a significant differences between treatments.

Conclusion: In general, the results showed that the use of biochar and biological and organic fertilizers could be effective in both the quality and quantity of sweet bail, where, the use of the bacterium *Azobacter* and *Pseudomonas* with biochar had the greatest effect on the quality and quantity of sweet bail. Finally, it could be concluded that the combined use of biochar with biological fertilizers had significant impacts on the quantitative and qualitative traits of sweet bail in ecological or low input agricultural.

Keywords: *Azotobacter*, Biochar, Biofertilizer, *Mycorrhiza*, Organic Fertilizer, *Pseudomonas*

1, 2 and 4- Graduated Student in Master of Science, Associate Professor and Graduated Student in Ph.D. of Agronomy, Faculty of Crop Sceiences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, respectively.
(*- Corresponding Author Email: fa_zaefarian@yahoo.com)
3- Assistant Professor of Horticulture, Faculty of Crop Sceiences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
DOI: 10.22067/JHS.2021.61907.0

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 549-560
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۶۰-۵۴۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط سطح کشت و عملکرد زعفران در بخش کدکن تربت حیدریه

محبوبه ناصری[1*]- عباس عباسیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۴

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی ارتباط سطح کشت و عملکرد و مقایسه عملکرد زعفران در روستاهای بخش کدکن تربت حیدریه در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ انجام شد. از داده‌های سطح کشت و عملکرد زعفران در ۹۵ مزرعه در سال ۱۳۹۶ و ۱۷۳ مزرعه در سال ۱۳۹۸ بخش کدکن تربت حیدریه جهت تجزیه و تحلیل سطح کشت و عملکرد زعفران استفاده شد. این داده‌ها از اطلاعات معرفی‌نامه‌های صادر شده برای تحویل زعفران به مراکز خرید حمایتی توافقی و مصاحبه چهره به چهره با تولید کنندگان زعفران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. بر اساس نتایج عملکرد زعفران در روستاهای بخش کدکن در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ به‌ترتیب ۵/۱۷ و ۸/۶۴ کیلوگرم کلاله خشک در هکتار بود. بر اساس نتایج عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶ به دلیل شرایط اقلیمی و مدیریتی، ۶۷ درصد افزایش داشته است. برازش داده‌های سطح کشت و عملکرد ۹۵ مزرعه زعفران در سال ۱۳۹۶ با استفاده از مدل خطی نشان داد که با افزایش سطح زیر کشت زعفران، عملکرد کاهش می‌یابد (R= ۰/۲۶**). همچنین در مدل چند جمله‌ای درجه دو با افزایش سطح زیر کشت تا سطح پنج هکتار عملکرد کاهش پیدا کرد و از آن به بعد کمی روند افزایشی نشان داد (R= ۰/۲۶**). برازش داده‌های سطح کشت و عملکرد ۱۷۳ مزرعه زعفران در سال ۱۳۹۸ بر اساس مدل چند جمله‌ای درجه دو (R= ۰/۲۴**) نشان داد با افزایش سطح زیر کشت تا سطح هفت هکتار عملکرد کاهش پیدا کرد و از آن به بعد روند افزایشی داشت. در مدل چند جمله‌ای درجه سه (R= ۰/۲۸**) نیز مانند درجه دو عملکرد تا سطح هفت هکتار کاهش و پس از آن افزایش را نشان داد و سپس ثابت شد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر و با توجه به اینکه زعفران جزو محصولاتی است که نیاز کارگری زیادی دارد و با نظام خانوادگی اداره شده، کشت این گیاه برای خرده مالکین نسبت به عمده مالکین بخش کشاورزی بیشتر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون، همبستگی، شرایط اقلیمی، تولید زعفران، بارندگی

مقدمه

زعفران از نظر گیاه‌شناسی گیاهی یکساله به شمار می‌رود که بر پایه رشد بنه‌ها به عنوان اندام‌های زیرزمینی گیاه رشد و نمو پیدا کرده و در شرایط زراعی می‌تواند چندین سال مورد بهره‌برداری قرار گیرد (۱۵). این گیاه منبع درآمد اصلی بسیاری از کشاورزان مناطق روستایی شرق کشور به شمار می‌آید. زعفران می‌تواند گیاه مناسبی برای قرار گرفتن در الگوی کاشت مناطق خشک باشد. چرا که از یک سو به علت خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهی با مصرف آب کم و از طرف دیگر دوره رشد آن با الگوی بارندگی در مناطق خشک مطابقت دارد (۵). دوره تولید زعفران در ایران تا ۱۰ سال برآورد شده است. به طور معمول عملکرد گیاه در سال اول پایین بوده، اما در سال‌های چهارم تا ششم این عملکرد به حداکثر مقدار خود می‌رسد و سپس به دلیل تشکیل افزایش تراکم بنه‌های دختری مجدداً رو به کاهش می‌گذارد (۸). مراحل رشد زعفران در شامل مرحله رکود (اواخر اردیبهشت تا اواخر مهر)، دوره گلدهی (اواخر مهر تا اواخر آبان)، تشکیل و آغاز رشد بنه‌های دختری (اواخر آبان تا اواخر فروردین) و تحلیل رشد ریشه و آغاز دوره رکود (اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت) است (۸).

زعفران بعد از پسته ارزآورترین محصول کشاورزی ایران است و در سال ۱۳۹۶ بیش از ۳۲۵ میلیون دلار درآمد ارزی نصیب کشور کرده است (۳). ارزش صادراتی زعفران طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربت حیدریه
(*- نویسنده مسئول: Email: M.naseri@torbath.ac.ir)
۲- دکتری زراعت، رئیس مرکز جهاد کشاورزی بخش کدکن تربت حیدریه
DOI: 10.22067/JHS.2021.61942.0

حدود ۵۰۰ درصد رشد داشته و ایران با تولید ۲۳۶ تن کلاله خشک در سال ۲۰۱۷ نزدیک به ۷۱ درصد از ارزش صادرات جهانی این محصول را در اختیار داشته است (۱۸). بر اساس اطلاعات آمارنامه محصولات باغبانی وزارت جهاد کشاورزی (۱۵) سطح کشت زعفران در کشور (سطح بارور و غیر بارور) ۱۱۳۹۵۸ هکتار، میزان تولید ۴۰۴ تن کلاله خشک و میانگین عملکرد ۳/۶۲ کیلوگرم کلاله خشک در هکتار بوده است. استان خراسان رضوی با ۷۶ درصد سطح کشت و ۷۴ درصد تولید، مقام اول تولید زعفران را به خود اختصاص داده است. در میان شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی، شهرستان تربت حیدریه با سطح کشت حدود ۸ هزار هکتار از ۸۷ هزار هکتار کل استان، سطحی معادل حدود ۱۰ درصد را به خود اختصاص داده است. بر خلاف سطح کشت، میانگین عملکرد در استان خراسان رضوی ۳/۴ کیلوگرم در هکتار است که ۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار از میانگین کشور پایین‌تر است. با وجود اهمیت زعفران، عملکرد زعفران طی سالیان اخیر کاهش قابل توجهی داشته است به طوری که ۶/۱ کیلوگرم در سال ۱۳۵۰ به ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۷ رسیده است که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به گرایش کشاورزان به سیستم‌های کشت پرنهاده مانند کشت متراکم و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و تخریب منابع کشاورزی اشاره کرد (۳، ۱۲ و ۱۵). کوچکی و همکاران (۷) گزارش کردند که عملکرد زعفران طی ۳۰ سال گذشته (از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۵) از ۵/۱ به ۳/۲ کیلوگرم در هکتار رسیده است. آن‌ها از جمله مهم‌ترین عوامل موثر بر این موضوع را افزایش سطح زیر کشت، خشکسالی و عدم تامین نیاز آبی و کاهش کیفیت منابع آب دانستند. زعفران نیز مانند سایر گیاهان زراعی برای استفاده حداکثر از پتانسیل محیط، علاوه بر شرایط آب و هوایی و خاک مناسب، نیاز به مدیریت مطلوب جهت دستیابی به حداکثر عملکرد را دارد (۱۴)

نگاهی به روند تغییرات سطح زیر کشت زعفران در سال‌های اخیر، نشان می‌دهد که کشت این محصول به شدت افزایش یافته است (۷). سطح کشت این محصول از ۲۵ هزار هکتار در سال ۱۳۶۰ به ۱۱۴ هزار هکتار در سال ۱۳۹۷ رسیده است که حاکی از افزایش ۴/۵ برابری آن دارد (۷ و ۱۵). مزیت‌های نسبی کاشت زعفران نسبت به دیگر محصولات (نیاز آبی کم، سازگاری با نظام‌های کم‌نهاده و امکان بهره‌برداری طولانی مدت با یک بار کاشت در بسیاری از مناطق، سبب توجه کشاورزان به این محصول شده است (۷). با توجه به اینکه سطح کاشت زعفران در بسیاری از نقاط کشور رو به افزایش و از سویی دیگر بر اساس آمار میانگین بلند مدت عملکرد آن کاهش چشم‌گیری داشته است، نیاز به رصد و پایش مداوم سطح کاشت و عملکرد از مسائل ضروری مدیران و برنامه‌ریزان کشت زعفران محسوب می‌شود. این تحقیق با استفاده از اطلاعات معرفی‌نامه‌های صادر شده برای خرید حمایتی توافقی زعفران در بخش کدکن تربت حیدریه برای تحلیل و بررسی عملکرد زعفران و ارتباط آن با سطح کشت در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی کشت زعفران و عملکرد آن در روستاهای بخش کدکن تربت‌حیدریه، داده‌های سطح کشت و عملکرد در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای جمع‌آوری داده‌ها از اطلاعات خرید حمایتی توافقی زعفران استفاده شد. در سال ۱۳۹۶ تعداد ۹۵ نفر (در سطح ۱۳۲ هکتار) و در سال ۱۳۹۸ تعداد ۱۷۳ نفر (در سطح ۲۵۷ هکتار) از زعفران‌کاران روستاهای بخش کدکن جهت تحویل زعفران به مراکز خرید حمایتی توافقی (اداره تعاون روستایی شهرستان تربت حیدریه) به مرکز جهاد کشاورزی بخش کدکن تربت حیدریه مراجعه و معرفی‌نامه دریافت کردند. از اطلاعات این معرفی‌نامه‌ها (سطح زیر کشت، عملکرد کلاله خشک، میزان تولید، نام روستا و میزان زعفران تحویلی) جهت تجزیه و تحلیل کشت زعفران بخش کدکن تربت حیدریه در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ استفاده شد. بخش کدکن از توابع شهرستان تربت‌حیدریه به مساحت ۸۷۶ کیلومتر مربع در شمال غربی تربت‌حیدریه است. ارتفاع این منطقه از سطح دریا حدود ۱۸۸۰ متر می‌باشد. بخش کدکن از لحاظ پهنه‌بندی اقلیمی بر اساس روش دومارتن گسترش یافته قسمت عمده آن جزو اقلیم خشک بیابانی معتدل و بخش کمی از آن جزو اقلیم نیمه خشک سرد است. سطح کشت زعفران بخش کدکن در سال ۱۳۹۶، ۵۵۶ هکتار بارور و ۱۳۱ هکتار غیر بارور (مجموع ۶۸۷ هکتار) و در سال ۱۳۹۸، ۷۳۷ هکتار بارور و ۴۹ هکتار غیر بارور (مجموع ۷۸۶ هکتار) بوده است (سامانه جامع پهنه‌بندی و مدیریت داده‌های کشاورزی سال ۱۳۹۸). از ۷۸۶ هکتار سطح زیر کشت زعفران در سال ۱۳۹۸، ۲۷۶ هکتار زیر یک هکتار و ۵۱۰ هکتار آن بالای یک هکتار بوده است. میانگین سن مزارع زعفران در سال ۱۳۹۸، چهار سال بود. تعداد بهره‌بردار نیز ۱۰۰۶ نفر بوده که ۷۵۳ نفر آن سطح زیر کشت زیر یک هکتار و ۲۵۳ نفر بالای یک هکتار بوده است (سامانه جامع پهنه‌بندی و مدیریت داده‌های کشاورزی). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SigmaPlot انجام شد. شکل‌ها نیز با نرم‌افزار Excel و SigmaPlot رسم شدند. برای آنالیز ارتباط بین سطح کشت و عملکرد از آنالیز رگرسیون با نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۱ استفاده شد. برای ارزیابی مدل‌های همبستگی سطح کشت و عملکرد زعفران نیز از مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تحقیق حاضر عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۸ (۸/۶۴ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سال ۱۳۹۶ (۵/۱۷ کیلوگرم در هکتار) در روستاهای بخش کدکن تربت‌حیدریه بطور میانگین ۶۷ درصد افزایش داشته است (شکل ۳). میزان تولید کلاله خشک برآورد شده بر اساس عملکرد و سطح زیر کشت روستاهای بخش کدکن در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶، ۱۲۱ درصد افزایش داشته است (شکل ۱). کمترین عملکرد در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸، ۲ و بیشترین آن به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۲۰ کیلوگرم کلاله خشک در هکتار بود. عملکرد زعفران در تربت‌حیدریه در سال ۱۳۶۳ حدود ۴ کیلوگرم بوده و در سال ۷۳-۷۲ به طور چشمگیری افزایش داشته و به حدود ۶ کیلوگرم در هکتار رسیده است. پس از این دوره با کاهش مجدد، عملکرد زعفران در این شهرستان به سطح اولیه مشابه سال ۱۳۶۳ نزول یافته است (۶). بر طبق اطلاعات آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (۱۵) عملکرد زعفران در خراسان رضوی ۳/۴ و میانگین کل کشور ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار است. میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با نزولات جوی و مساعد بودن شرایط آب و هوایی دارد (۱۱). یکی ازراه‌های اصلی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده بهینه از اراضی مساعد با شرایط اکولوژیک آن‌ها است (۱۱). بر اساس گزارش محققان (۶) عدم بارندگی در تربت‌حیدریه نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش عملکرد زعفران طی سال‌های ۶۳ تا ۸۳ داشته است. از عوامل موثر دیگر در کنار اقلیم می‌توان به رشد سایر متغیرها مانند عوامل زراعی، مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد.

میزان تولید زعفران در بخش کدکن تربت‌حیدریه به دلیل افزایش سطح زیر کشت و عملکرد افزایش یافته است (جدول ۱). بطوری‌که میزان تولید کلاله خشک برآورد شده بر اساس عملکرد و سطح زیر کشت روستاهای بخش کدکن در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶، ۱۲۱ درصد افزایش داشته است (شکل ۲). وقوع یخبندان‌های پاییزی در زمان گلدهی زعفران بر عملکرد آن تاثیر زیان‌باری دارد و باعث از بین رفتن آن می‌گردد. تولید موفق زعفران نیازمند شناخت نیازهای اکولوژیکی این گیاه به خصوص نیازهای اقلیمی است. دما و بارندگی دو عامل تاثیرگذار بر عملکرد زعفران می‌باشد.

شکل ۱- عملکرد کلاله خشک زعفران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸
Figure 1- Yield of dried saffron stigma in 2017 and 2019

شکل ۲- تولید کلاله خشک زعفران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸
Figure 2- Production of dried saffron stigmas in 2017 and 2019

جدول ۱- مشخصات داده‌های سطح کشت و عملکرد ۹۵ و ۱۷۳ مزرعه زعفران به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸

Table 1- Details of cultivation data and yield of 95 and 173 saffron farms respectively in 2017 and 2019

شاخص Index	سال Year	میانگین (حسابی) Arithmetic mean	بیشترین Maximum	کمترین Minimum	انحراف معیار Standard deviation
سطح کشت Cultivation area	۱۳۹۶ 2017	1.4	10	0.15	1.9
عملکرد Yield		6.1	12.5	2	2.6
سطح کشت Cultivation area	۱۳۹۸ 2019	1.5	17	0.1	2.16
عملکرد Yield		8.8	20	2	3.3

از جمله دلایل افزایش عملکرد سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶ به موارد ذیل می‌توان اشاره کرد:

۱- افزایش میزان بارندگی در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ (۲۷۷ میلی‌متر) نسبت به سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ (۱۸۳/۵ میلی‌متر) بود (شکل ۲ و ۳).

۲- پراکنش مناسب بارندگی‌ها در دوره رشد رویشی زعفران (آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸نسبت به سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ (شکل ۲ و ۳).

۳- زعفران گیاهی است نیمه گرمسیری و مناطقی که دارای زمستان‌های ملایم و گرم و خشک باشند برای کشت این گیاه مناسب هستند. نقش دما در نمو زعفران و به خصوص مکانیزم عمل گلدهی این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۹). نتایج مطالعه کوزه‌گران و همکاران (۹) نشان داد دمای حداقل در ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی تاثیرگذارتر بر عملکرد نسبت به سایر ماه‌ها است. از نظر دمای میانگین، ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی موثرتر می‌باشند. دمای حداکثر در ماه‌های آبان، آذر، دی و اسفند بیشترین تاثیر را بر عملکرد می‌گذارد (۹). در همین ارتباط در دوره رشد رویشی (آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) میانگین دماهای حداقل در سال ۱۳۹۵، ۰/۹- و در سال ۱۳۹۷، ۰/۱ بود (شکل ۲ و ۳). همچنین میانگین دما در دوره رشد رویشی در سال ۱۳۹۵، ۵/۵ و در سال ۱۳۹۷، ۶ درجه سانتی‌گراد بود. دماهای پایین و منفی‌تر در سال ۱۳۹۵ (ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) و همچنین دماهای بالاتر در سال ۱۳۹۷ باعث افزایش برداشت کلاله خشک در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶ شد.

شکل ۲- دمای حداقل و حداکثر و بارندگی روزانه طی دوره رشد زعفران در شرایط تربت حیدریه از مهر ۱۳۹۵ تا آبان ۱۳۹۶

(محور عمودی سمت چپ: دما، و محور عمودی سمت راست: میزان بارندگی)

Figure 2- Minimum and maximum temperature and daily rainfall during the growing season of saffron in Torbat-e-Heydariyeh city conditions from October 2016 to November 2017

(Vertical axis to the left: temperature, and vertical axis to the right: rainfall)

شکل ۳- دمای حداقل و حداکثر و بارندگی روزانه طی دوره رشد زعفران در شرایط تربت حیدریه از مهر ۱۳۹۷ تا آبان ۱۳۹۸

(محور عمودی سمت چپ دما و محور عمودی سمت راست بارندگی)

Figure 3- Minimum and maximum temperature and daily rainfall during the growing period of saffron in Torbat-e-Heydariyeh conditions from October 2016 to November 2017

(Vertical axis on the left side of temperature and vertical axis on the right side of rainfall)

۴- بر اساس گزارش محققان (۶) دمای حداقل و حداکثر ماهانه اصلی‌ترین متغیرهای موثر بر کاهش عملکرد زعفران محسوب می‌شود و در این میان دما در ماه‌های بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) و تا حدودی ماه‌های اول تابستان (تیرماه) بیشترین تاثیر منفی را بر عملکرد زعفران نشان می‌دهند. در همین ارتباط میانگین دمای حداقل و حداکثر در سال ۱۳۹۵ در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر ماه به‌ترتیب ۱۴/۷ و ۲۸/۷ و میانگین این دو دما ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد بود. دمای حداقل و حداکثر در سال ۱۳۹۷ در ماه‌های مذکور به‌ترتیب ۱۳/۶ و ۲۷/۵ و میانگین این دو دما ۲۰/۶ درجه سانتی‌گراد بود. به نظر می‌رسد دمای خنک‌تر در دوره رکود زعفران در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۹۶ باعث افزایش عملکرد شد.

میزان تحویل زعفران بخش کدکن به مراکز خرید در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ به‌ترتیب ۵۳۲ و ۱۲۷۰ کیلوگرم بود (شکل ۴). با توجه به افزایش عملکرد در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶ و کاهش قیمت زعفران در بازار تمایل کشاورزان برای خرید حمایتی توافقی افزایش یافته است.

داده‌های سطح کشت و عملکرد ۹۵ مزرعه زعفران بخش کدکن تربت حیدریه در سال ۱۳۹۶ به وسیله دو مدل چند جمله‌ای درجه یک و درجه دو برازش داده شد (شکل ۵). بر اساس نتایج بین سطح کشت و عملکرد زعفران رابطه معنی‌داری وجود داشت (شکل ۵). با توجه به اینکه مدل چند جمله‌ای درجه دو ضریب همبستگی بیشتر و مجذور میانگین مربعات خطای پایین‌تری داشت، از دقت بالاتری نسبت به مدل درجه یک برخوردار بود (جدول ۲). مدل درجه یک نشان داد، با افزایش سطح زیر کشت زعفران در بخش کدکن عملکرد آن کاهش یافته است. در مدل چند جمله‌ای درجه دو با افزایش سطح زیر کشت تا سطح ۷ هکتار عملکرد کاهش پیدا کرده و از آن به بعد کمی روند افزایشی نشان داده است (جدول ۳).

داده‌های سطح کشت و عملکرد ۱۷۳ مزرعه زعفران بخش کدکن تربت حیدریه در سال ۱۳۹۸ بوسیله دو مدل چند جمله‌ای درجه یک، دو و سه برازش داده شد. بر اساس نتایج همبستگی بین عملکرد و سطح کشت در مدل خطی (چند جمله‌ای درجه ۱) معنی‌دار نبود و از این مدل تبعیت نمی‌کرد، اما همبستگی بین این دو صفت در مدل‌های چند جمله‌ای درجه دو و سه نتایج معنی‌داری داشت. با توجه به اینکه مدل چند جمله‌ای درجه سه ضریب همبستگی بیشتری نسبت به درجه دو داشت، از دقت بالاتری نسبت به مدل درجه دو برخوردار بود (جدول ۵). مدل درجه یک نشان داد، با افزایش سطح زیر کشت زعفران در بخش کدکن عملکرد آن کاهش یافته است. بر اساس مدل چند جمله‌ای درجه دو با افزایش سطح زیر کشت تا سطح هفت هکتار عملکرد کاهش پیدا کرده و از آن به بعد روند افزایشی نشان داد (جدول ۴). در مدل چند جمله‌ای درجه سه مانند درجه دو عملکرد تا سطح هفت هکتار کاهش و پس از آن افزایش و سپس روند ثابت شد (شکل ۶).

شکل ۴- میزان تحویل کلاله خشک زعفران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ به مراکز خرید تضمینی
Figure 4- Delivery rate of dried saffron stigmas in 2017 and 2019 to guaranteed shopping centers

شکل ۵- همبستگی بین سطح کشت (هکتار) و عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۶
Figure 5- Correlation between cultivation area (hectare) and saffron yield in 2017

بطور کلی عمده زعفران‌کارهای بخش کدکن بین ۰/۱ هکتار تا ۲ هکتار سطح کشت داشتند که در این محدوده سطح زیر کشت و عملکرد در هکتار رابطه منفی با یکدیگر داشتند. بر اساس تعریف بانک جهانی (۱۸) مزارع دارای مساحت کمتر از دو هکتار، مزارع کوچک هستند. سطح کشت زعفران بخش کدکن در سال ۱۳۹۶، ۵۵۶ هکتار بارور و ۱۳۱ هکتار غیر بارور (مجموع ۶۸۷ هکتار) و در سال ۱۳۹۸، ۷۳۷ هکتار بارور و ۴۹ هکتار غیر بارور (مجموع ۷۸۶ هکتار) بوده است (سامانه جامع پهنه‌بندی و مدیریت داده‌های کشاورزی). از ۷۸۶ هکتار سطح زیر کشت زعفران در سال ۱۳۹۸، ۲۷۶ هکتار زیر یک هکتار (۳۵ درصد) و ۵۱۰ هکتار آن بالای یک هکتار (۶۵ درصد) است. میانگین سن مزارع زعفران در سال ۱۳۹۸، چهار سال بوده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مدل خطی درجه اول و سوم سطح کشت (هکتار) و عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۶

Table 2- ANOVA for the first degree linear model of cultivation area (hectares) and saffron yield in 2017 and 2019

مدل Model	منبع تغییرات Source of variations	سال Year	درجه آزادی D.F	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares	آزمون (F) Test (F)
مدل خطی درجه اول Linear model	رگرسیون Regression	۱۳۹۶ 2017	1	44.3	44.3	6.99***
	خطا Error		95	589	6.3	
	کل Total		94	633	6.7	
مدل خطی درجه سوم Third-linear model	رگرسیون Regression	۱۳۹۸ 2019	2	69	34.5	5.6 ***
	خطا Error		92	565	6.1	
	کل Total		94	633	6.7	

*** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

***Significant at 1% of probability level

جدول ۳- آمارهای بدست آمده از داده‌های سطح کشت و عملکرد ۹۵ مزرعه زعفران در سال ۱۳۹۶

Table 3- Statistics obtained from cultivation data and yield of 95 saffron farms in 2017

مدل برازش داده شده Fitted model	ضریب همبستگی R	ضریب تبیین R^2	مجذورمیانگین مربعات خطا RMSE
مدل خطی درجه اول Linear model	0.26**	0.07	2.52
مدل خطی درجه سوم Third-linear model	0.33 **	0.1	2.47

** معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

**Significant at 5% of probability level

جدول ۴- آنالیز واریانس مدل خطی درجه دوم و سوم سطح کشت (هکتار) و عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۸

Table 4- Analysis of variance of the quadratic linear model of cultivation area (hectares) and saffron yield in 2019

	منبع تغییرات Source of changes	سال Year	درجه آزادی D.f	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean Square	آزمون (F) Test (F)
مدل خطی درجه دوم Quadratic linear model	رگرسیون Regression	سال ۱۳۹۶ 2017	2	109	54.5	5.3***
	خطا Error		170	151	10.3	
	کل Total		172	1861	10.8	
مدل خطی درجه سوم Third-linear model	رگرسیون Regression	سال ۱۳۹۸ 2019	2	146	48.5	4.8***
	خطا Error		169	1715	10.1	
	کل Total		172	1861	10.8	

*** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

***Significant at 1% probability level

شکل۶- همبستگی بین سطح کشت (هکتار) و عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۸

Figure 6- Correlation between cultivation area (hectare) and saffron yield in 2019

جدول ۵- آمارهای بدست آمده از داده‌های سطح کشت و عملکرد ۱۷۳ مزرعه زعفران در سال ۱۳۹۸

Table 5- Statistics obtained from cultivation and yield data of 173 saffron farms in 2019

مدل برازش داده شده Fitted model	ضریب همبستگی (R)	ضریب تبیین (R^2)	مجذورمیانگین مربعات خطا (RMSE)
مدل خطی درجه دوم Quadratic linear model	0.24**	0.06	3.2
مدل خطی درجه سوم Third-linear model	0.28**	0.08	3.2

** معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

**Significant at 5% of probability level

تعداد بهره‌بردار نیز ۱۰۰۶ نفر بوده که ۷۵۳ نفر آن سطح زیر کشت زیر یک هکتار (۷۵ درصد) و ۲۵۳ نفر بالای یک هکتار (۲۵ درصد) بوده است (سامانه جامع پهنه‌بندی و مدیریت داده‌های کشاورزی). میانگین سطح زیر کشت در بخش کدکن در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۱/۴ و ۱/۵ هکتار بود. در مورد رابطه بین نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی و عمقی شدن کشت (فرایندی که به گذار از نظام‌های کشاورزی سطحی و پایدار به تحقق نظام‌های کشاورزی عمقی و پایدار می‌انجامد و در آن از مولفه‌های مانند شاخص‌های توزیع اراضی، اراضی آیش، اراضی آبی، کشت محصولات کاربر، سطح تولید محصولات کشاورزی عملکرد در هکتار استفاده می‌شود. دو دیدگاه وجود دارد (۴): در دیدگاه اول واحدهای بزرگ مقیاس نسبت به خردمقیاس و خانوادگی برتری دارند. از نظر این صاحب نظران، صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید، امکان استفاده از فناوری و نهاده‌های نوین، دسترسی به اطلاعات بازار، تخصصی شدن فعالیت‌ها و استفاده از نیروی کار متخصص، سهولت در استفاده از اعتبارات و خدمات (دولتی و بانکی)، تجاری شدن کشت، مدیریت متمرکز و هماهنگ اراضی وسیع، افزایش تولیدات کشاورزی و رشد بهره‌وری، بهبود شاخص های توسعه روستایی، عمده‌ترین مزیت‌های بهره‌برداری بزرگ مقیاس‌اند. در دیدگاه دوم واحدهای خردمقیاس و خانوادگی نسبت به بزرگ مقیاس برتری دارند. از ویژگی‌های این نوع بهره-برداری می توان به انگیزه بالا جهت عمقی کردن کشاورزی و سرمایه‌گذاری در واحد سطح، خانوادگی بودن و حمایت آن‌ها، تنوع فعالیت کشاورزی مکمل مانند زراعت دامپروری و پرورش طیور، گرایش به کشت محصولات کاربر، استفاده از دانش بومی و نیروی

کار خانوادگی، توانایی بالا برای سازگاری با تغییرات محیطی و مبتنی بر فناوری و افزایش سرمایه گذاری بر روی زمین اشاره کرد. ابراهیم-پور (۴) بر اساس مقایسه اطلاعات سرشماری کشاورزی سال‌های ۱۳۳۹ و ۱۳۷۲ نتیجه‌گیری کرد عملکرد در هکتار با اندازه واحدهای بهره‌برداری رابطه معکوس دارد. بر اساس گزارش وی این مساله در مورد محصولات کاربر (مانند برنج، صیفی‌جات، محصولات جالیزی و زعفران) نیز صادق است و با افزایش سطح زیر کشت عملکرد در هکتار کاهش می‌یابد. مدیریت خرده مالکی، اساساً وابسته به تخصص و نیروی کار خانوادگی بوده و در واقع بخشی از فرهنگ، سنت و فلفسه زندگی جامعه روستائیان را شامل می‌شود (۱ و ۱۳). این نحوه مدیریت زعفران که نظام‌های بهره‌برداری خانوادگی یا کشاورزی خانوادگی نام دارد، شامل تمامی مراحل تولید زعفران (از کاشت تا فراوری پس از تولید) به شکل خانواده محور می‌باشد (۸). با توجه به خرده مالک بودن عمده مزارع زعفران در روستاهای بخش کدکن تربت حیدریه، مدیریت این مزارع به صورت نظام بهره‌برداری خانوادگی می‌باشد. در این مزارع مدیریت مزارع کوچکتر با سهولت بیشتری قابل انجام بوده و افزایش عملکرد برای این مزارع قابل پیش‌بینی است که با نتایج ابراهیم‌پور مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، عملکرد زعفران در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۵/۱۶ و ۸/۶۴ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به اینکه میانگین عملکرد زعفران در کشور ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار است (۱۶) می‌توان عملکرد زعفران در بخش کدکن تربت حیدریه را جزو عملکرد بالا در کشور در نظر گرفت، که احتمالاً به دلیل شرایط اقلیمی و مدیریتی است. افزایش ۶۷ درصدی عملکرد در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۶ به دلایل اقلیمی (افزایش بارش‌ها) و مدیریتی (تغذیه، به زراعی، آموزش، آبیاری، تاریخ کشت مناسب، استفاده از بنه با وزن مناسب، ضد عفونی بنه در زمان کاشت، آبیاری تابستانه، مبارزه با علف‌های هرز بود. برازش داده‌های سطح کشت و عملکرد ۹۵ مزرعه زعفران در سال ۱۳۹۶ با استفاده از مدل خطی نشان داد، با افزایش سطح زیر کشت زعفران عملکرد کاهش می‌یابد (شکل ۵). همچنین در مدل چند جمله‌ای درجه دو با افزایش سطح زیر کشت تا سطح پنج هکتار، عملکرد کاهش پیدا کرده و از آن به بعد کمی روند افزایشی نشان داد (شکل ۶). برازش داده‌های سطح کشت و عملکرد ۱۷۳ مزرعه زعفران در سال ۱۳۹۸ بر اساس مدل چند جمله‌ای درجه دو (R= ۰/۲۴**) نشان داد با افزایش سطح زیر کشت تا سطح هفت هکتار، عملکرد کاهش پیدا کرده و از آن به بعد روند افزایشی دارد. در مدل چند جمله‌ای درجه سه (R= ۰/۲۸**) نیز مانند مدل چند جمله-ای درجه دو عملکرد تا سطح هفت هکتار کاهش و پس از آن افزایش و سپس ثابت شد. با توجه به اینکه سطح کشت اکثر مزارع بخش کدکن بین ۰/۱ تا ۲ هکتار بود و مزارع تا سطح دو هکتار در روستاهای بخش کدکن به صورت نظام خانوادگی می‌باشد، بر همین اساس در این مزارع مدیریت مزارع کوچکتر با سهولت بیشتری قابل انجام بوده و افزایش عملکرد برای این مزارع قابل پیش‌بینی بود. با توجه به اینکه زعفران جزو محصولاتی است که نیاز کارگری زیاد دارد و با نظام خانوادگی اداره شده، کشت این گیاه برای خرده مالکین نسبت به عمده مالکین بخش کشاورزی بیشتر توصیه می‌شود همچنین بررسی عوامل دیگری مانند سن مزرعه، اندازه بنه، شرایط اقلیمی منطقه، نوع خاک، مکانیزاسیون، نوع مدیریت، دانش فنی تولید کننده پیشنهاد می‌شود.

منابع

1-Badri A., Nadeau S., and Gbodossou A. 2012. A mining project is a field of risks: A systematic and preliminary portrait of mining risks. International Journal of Safety and Security Engineering 2(2): 145-166.

2- Bigelow J., and Mobarki Z. 2008. Assessment of land suitability for cultivation of saffron in Qazvin province on the basis of multiple criteria decision-making methods. Research in Geography 66: 101-119.

3- Dourandish A., RamezaniM.R., and Aminizadeh M. 2020. Study of Farmers' Attitude towards Sustainable Agriculture and Its Impact on the Total Factor Productivity (Case Study: Saffron Farms in Gonabad County). Saffron Agronomy & Technology 8(1): 99-177.

4- Ebrahimpour E. 2006. An Explanation of Relations between Size of Agricultural Operating Units and Agricultural Intensification Index in Iran with an Emphasis on Rural Community. Journal of Village and Development 9(1): 21-49.

5- Gholami M., Kafi M., Khazaie H., and Abarghouei H. 2019. 'Study the effects of some fertilizer and irrigation managements in adaptation and development of saffron cultivation in arid regions'. Saffron Agronomy and Technology 7(2): 207-225.

6- Hoseyni M., Molafilaby A., and Nassiri mahalati M. 2008. Spatial and temporal patterns in Saffron (*Crocus sativus* L.) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation. Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 79-88.

7-Koocheki A., Karbasi A., and Seyyedi M. 2017. 'Some reasons for saffron yield loss over the last 30 years period

(Review Article)'. Saffron Agronomy and Technology 5(2): 107-122.
8- Koocheki A., and Seyyedi S. 2015. Phonological stages and formation of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.) during growing period. Journal of Saffron Research 3(2): 134-154.
9- Kouzegaran S. 2018. Modeling of the Saffron Yield Based on Meteorological Extreme Events (Case study: Birjand). Journal of Saffron Research 5(2): 217-229.
10-Kumar R., Singh V., Devi K., Sharma M., Singh M.K., and Ahuja P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews International 25: 44–85.
11- Mohammadi H., Ranjbar F., and Soltani M. 2012. Climatic Potentials Assessment for Saffron Cultivation. Geography and Environmental Planning 22(3): 143-154.
12-Mohtashami T., and Zandi Daregharibi B. 2018. Factors Affecting Excessive Nitrogen Fertilizer Use in Saffron Cultivation: (Case Study: Torbat Heydarieh County). Journal of Saffron Research (semi-annual) 6(1): 127-140.
13-Motiai Langrodi H. 2011. Economic Geography of Iran. Mashhad University Jihad Publications, 220 p.
14- Naderi Darbaghshahi MR, Khajeh Bashi SM, Bani Taba SA, Dehdashti SM. 2008. Effects of Method, planting density and depth on the yield and operation duration of agronomic saffron field In Isfahan region. Seedling & Seed 24: 643-657.
15-Seyyedi S.M., and Rezvani Moghaddam P. 2020. Proposed Program for Standardization of Saffron Corms: Obstacles and Solutions. Saffron Agronomy & Technology 7(4): 457-479.
16-Statistics of the Ministry of Jihad Agriculture 2018.
17- Statistical Centre of Iran: https://www.razavimet.ir
18- The*World Bank*Annual Report for*2003.*

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 549-560
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۶۰-۵۴۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigating the Relationship between Cultivation Area and Saffron Yield in Torbat-e Heydariyeh Kadkan Town

M. Naseri[1]*- A. Abbasian[2]
Received: 05-09-2020
Accepted: 14-05-2021

Introduction: Saffron is an annual plant that grows based on underground organs of the plant as corms and can be used for several years under farming conditions. This plant is the main source of income for many farmers in rural areas of eastern Iran. Khorasan Razavi province with 76% of cultivation area and 74% of production has the first place in saffron production. Among the different cities of Khorasan Razavi province, Torbat Heydariyeh city with a cultivation area of about 8 thousand hectares out of 87 thousand hectares of the whole province has an area equivalent to about 10%. Contrary to the level of cultivation, the average yield in Khorasan Razavi province is 3.4 kg / ha, which is 0.22 kg / ha lower than the national average. Considering that the level of saffron that is increasing in many parts of the country and on the other hand, according to the long-term average statistics, its yield has decreased significantly. The need for continuous monitoring of planting level and yield is one of the most issues for managers and programs. This research was conducted using the information of referral letters issued for guaranteed purchase of saffron in the Torbat-e Heydariyeh Kadkan town to analyze and evaluate the performance of saffron in 2017 and 2019.

Materials and Methods: In order to study saffron cultivation and its yield in the Kadkan town, cultivation data and yield data in the years 2017 and 2019 were analyzed. Guaranteed purchase information of saffron was used to collect data. In 2017, 95 people (at the level of 132 hectares) and in 2019, 173 people (at the level of 257 hectares) of saffron farmers in the Kadkan town to deliver saffron to guaranteed shopping centers (Rural Cooperative Office of Torbat Heydariyeh) to Jihad Agricultural Center. They came to Torbat-e Heydarieh Kadkan and received a letter of introduction. The information of these referrals (area under cultivation, dry stigma yield, production rate, village name and amount of saffron delivered) was used to analyze saffron cultivation in Torbat-e Heydariyeh, Kadkan town in 2017 to 2019.

Results and Discussion: Based on the results of saffron yield in the Kadkan town in 2017 and 2019, 5.17 and 8.64 kg of dry stigma obtained, respectively. The amount of saffron delivered to shopping centers in 2017 and 2019 was 532 and 1270 kg, respectively. According to the results of saffron yield in 2017 compared to 2019 due to climatic and managerial conditions, has increased by 67%. Fitting of cultivation and yield data of 95 saffron farms in 2017 using a linear model showed that with increasing the area under saffron cultivation, yield decreases R = 0.26 **. Also in the polynomial model. Second degree, with increasing the area under cultivation to the level of five hectares, the yield decreased and since then showed a slight increasing trend (R = 0.26 **). Fitting of cultivation data and yield of 173 saffron farms in 2019 based on the second degree polynomial model R = 0.24 24 ** showed that with increasing the area under cultivation up to seven hectares, the yield has decreased and since then it has an increasing trend. In the third degree polynomial model R = 0.28**, like the second degree of yield, decreased to seven hectares and then increased and then was fixed. Considering that the cultivation area of the most farms in Kadkan town was between 0.1 and 2 hectares and farms up to two hectares in the villages of Kadkan townt, it is non-mechanized, therefore, in these farms, the management of smaller farms could be done more easily and the increase in yield for these farms was predictable.

Conclusion: According to the results of the present study, the yield of saffron in 2017 and 2016 was 5.16 and 8.64 kg / ha, respectively. Considering that the average yield of saffron in the country is 3.62 kg per hectare (Statistics of the Ministry of Jihad Agriculture, 2018), the yield of saffron in the Torbat-e-Heydariyeh Kadkan town can be considered as high yield in the country, which is probably due to climatic conditions and is managerial. 67% increase in yield in 2019 compared to 2017due to climatic reasons (increased rainfall) and

1- Assistant Professor, Department of Plant Production, University of Torbath Heydariyeh
(*- Corresponding Author Email: M.naseri@torbath.ac.ir)
2- Ph.D. of Agrotechnology, Head of Jahad Agricultural Kadkan of Torbat Heydariyeh
DOI: 10.22067/JHS.2021.61942.0

management (nutrition, agriculture, training, irrigation, proper planting date, use of corms with appropriate weight, disinfection of corms at planting, Summer irrigation, weed control).

Keywords: Climatic conditions, Correlation, Rainfall, Regression, Saffron production

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 561-577
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۷۷-۵۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر متقابل نیتروژن و زمان برداشت بر عملکرد رویشی، کمیت و کیفیت اسانس چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

فرج مویدی[1*]- سجاد کردی[2]- علی اشرف مهرابی[3]- سهیلا دست برهان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳

چکیده

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر پرمصرف برای رشد و تولید گیاهان محسوب می‌شود و در دسترس بودن آن بسیاری از پارامترهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی چهار رقم ریحان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپیلت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خرم‌آباد در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* var. Italian Large Leaf، *O. basilicum* var. Cinnamon، *O. basilicum* var. Sweet Thai و *O. basilicum* var. Mobarakeh)، سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) و سه نوبت برداشت گیاه ریحان بود. نتایج نشان داد که بیشترین نسبت برگ به ساقه (۱/۸) با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در رقم Italian Large Leaf در برداشت اول بدست آمد. از میان ارقام مورد بررسی، حداکثر وزن خشک برگ، وزن خشک کل، درصد و عملکرد اسانس مربوط به رقم Italian Large Leaf و حداکثر شاخص کلروفیل برگ مربوط به ارقام Sweet Thai و Cinnamon بود. بیشترین وزن خشک کل (۳۴۸۲ kg ha^{-1}) به رقم Italian Large Leaf با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم اختصاص یافت که اختلاف معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم در همین رقم نداشت. تیمار شاهد (عدم مصرف کود) نسبت به سایر تیمارهای کودی، از درصد اسانس بیشتری برخوردار بود (۱/۰۱ درصد)، اما حداکثر عملکرد اسانس (۲۶/۷۹ kg ha^{-1}) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره حاصل شد. بیشترین مقدار ترکیبات غالب اسانس (به استثنای سه ترکیب غالب متیل‌کاویکول، ۱و۸-سینئول و متیل‌سینامات) در تیمار شاهد (عدم مصرف کود اوره) مشاهده گردید. به‌طور کلی، می‌توان رقم Italian Large Leaf و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره را در شرایط محیطی مشابه خرم‌آباد توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: اوره، ترکیبات بیوشیمیایی، عملکرد اسانس، متیل‌کاویکول، وزن خشک برگ

مقدمه

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L.، گیاهی یک‌ساله و علفی و از قدیمی‌ترین گیاهان ادویه‌ای متعلق به خانواده نعناعیان[5] می‌باشد که بومی آسیا، آفریقا، آمریکا و مناطق نیمه‌گرمسیری است (۸ و ۲۷). این گیاه سرشار از متابولیت‌های ثانوی و اسانس با خواص درمانی است، از این‌رو در طب سنتی به عنوان مقوی معده، مدر، ضد درد، ضد التهاب، ضد سرطان و همچنین برای جلوگیری از عوارض بیماری‌های قلبی-عروقی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹ و ۲۹). این گیاه از نظر اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به‌طور گسترده در تهیه غذاها، فرآوری مواد غذایی و صنایع دارویی مصرف می‌شود (۲ و ۵). ارقام ریحان از نظر رنگ برگ (سبز یا بنفش)، رنگ گل

۱- مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد، خرم‌آباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: faraj.moayedi1362@gmail.com)
۲ و ۴- به‌ترتیب دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

DOI: 10.22067/JHS.2021.61976.0

5- Labiatae

(سفید، قرمز و بنفش) و عطر متفاوت هستند. مقدار اسانس ریحان با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش متفاوت و بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد می‌باشد (۲۳). ترکیب شیمیایی اسانس ریحان نیز به ژنتیک، فصل رشد، عوامل محیطی و مرحله رشد گیاه بستگی دارد (۷). در بررسی پادالیا و همکاران (۲۴)، لینالول[1]، متیل‌کاویکول[2]، متیل‌اوژنول[3]، اوژنول[4] و ژرانیول[5] به عنوان ترکیبات غالب اسانس ریحان شناسایی شده‌اند.

عوامل اقلیمی و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد گیاهان دارویی و خصوصیات کمی و کیفی اسانس می‌باشند (۳۰). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز در تولید گیاهان است که نقش مهمی در فعالیت‌های فتوسنتزی و ظرفیت تولید محصول داشته و در دسترس بودن آن بر رشد و عملکرد گیاهان و پارامترهای بیوشیمیایی اثرگذار است (۱۰ و ۳۳). اثر افزاینده نیتروژن بر پارامترهای رشد را می‌توان به نقش ساختاری یا تنظیمی نیتروژن نسبت داد که با افزایش تعداد و اندازه سلول‌های مریستمی، به تشکیل شاخه‌های جدید و گسترش برگ منجر می‌شود (۱۸). بین محتوای کلروفیل برگ و میزان کود نیتروژن مصرفی ارتباط مستقیمی وجود دارد. در تحقیقی با مصرف کودهای نیتروژنی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی)، شاخص سطح برگ و نسبت برگ به ساقه در گیاه ریحان بهبود یافت (۱۶). مصرف نیتروژن می‌تواند عملکرد گیاه ریحان را در شرایط مختلف آب و هوایی به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (۳۵). در تحقیقی گزارش گردید که بیشترین وزن تر ریحان با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل گردید (۲۸). در آزمایشی مزرعه‌ای، اثر سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) بر عملکرد اسانس گیاه نعناع (*Mentha arvensis* L.) مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت بیشترین مقدار اسانس با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (۲۶). نتایج تحقیقات نشان داده که نیتروژن به‌طور قابل توجهی مقدار لینالول، اوژنول، متیل‌کاویکول، Z-سیترال[6]، ژرانیال[7]، (E)-کاریوفیلن[8]، ترانس-آلفا-برگاموتن[9]، آلفا-هومولن[10] و اُکالیپتول[11] اسانس ریحان را تغییر می‌دهد (۱۶، ۲۲ و ۳۵).

علی‌رغم اثر مثبت نیتروژن بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان، مصرف بیش از حد کود نیتروژن می‌تواند اثر منفی بر جذب سایر عناصر داشته باشد. از طرفی مقادیر بالای نیتروژن محلول در آب به آلودگی آب‌های زیرزمینی منجر می‌شود. بنابراین، تعیین مقدار مناسب کود نیتروژن متناسب با نیاز غذایی محصولات زراعی، علاوه بر بهبود عملکرد از لحاظ کمی و کیفی، آسیب وارد شده بر سیستم‌های کشاورزی و محیط زیست را کاهش می‌دهد (۱۷). علاوه بر این، عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس ارقام ریحان مورد ارزیابی در این پژوهش که مربوط به نقاط مختلف جهان می‌باشند، تحت شرایط آب و هوایی یکسان مورد ارزیابی قرار نگرفته است. از این‌رو، هدف تحقیق حاضر، ارزیابی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد رویشی و خصوصیات کمی و کیفی اسانس چهار رقم ریحان و معرفی بهترین رقم در شرایط آب و هوایی خرم آباد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی سراب چنگایی خرم آباد انجام شد. خصوصیات جغرافیایی و آب و هوایی منطقه در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در جدول ۲ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم ریحان (ارقام خارجی *O. basilicum* var. Italian Large Leaf، *O. basilicum* var. Cinnamon، *O. basilicum* var. Sweet و رقم بومی *O. basilicum* var. Thai *O. basilicum* var. Mobarakeh)، سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره) و سه نوبت برداشت گیاه ریحان بود. رقم Mobarakeh از موسسه پاکان بذر اصفهان و ارقام خارجی ریحان از شرکت Eden Brothers کشور آمریکا تهیه شدند.

قبل از کشت، بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌طور یکنواخت به هر کرت اضافه شد. کود نیتروژن (اوره) در دو مرحله (نصف آن با آخرین شخم قبل از کاشت و مابقی به صورت سرک پس از برداشت اول) بر اساس تیمارها به‌صورت نواری در کرت‌های مورد نظر اضافه شد. کشت بذور ریحان به‌صورت مستقیم در تاریخ پنج خرداد ماه در کرت‌هایی با مساحت پنج مترمربع انجام شد. هر کرت شامل پنج ردیف ۲ متری بود که فاصله بین دو ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی ردیف ۲/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (تراکم ۸۰ بوته در متر مربع).

1- Linalool
2- Methyl chavicol
3- Methyl eugenol
4- Eugenol
5- Geraniol
6- Z-Citral
7- Geranial
8- (E)-Caryophyllene
9- Trans-α-Bergamotene
10- α-Humulene
11- Eucalyptol

جدول ۱- خصوصیات جغرافیایی و آب و هوایی منطقه

Table 1- Geographical and climatic characteristics of the region

طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	طبقه بندی اقلیمی منطقه (دومارتن) Climate classification (De Martonn)	متوسط بارندگی سالانه Precipitation (mm)	میانگین حداکثر دمای سالانه Maximum temperature (°C)	میانگین حداقل دمای سالانه Minimum temperature (°C)	میانگین دمای سالانه Average annual temperature (°C)
48°17'	33°27'	1162	نیمه خشک semi-arid	525	39.6	0	17.2

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 2- Physical and chemical analysis of soil before the experiment

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available K (ppm)
لومی-رسی Clay loam	32.52	40.50	26.98	7.56	0.546	0.289	7.00	350

برای جلوگیری از نشت نیتروژن، بین کرت‌های مجاور یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. بلافاصله پس از کاشت بذرها، به آبیاری همه کرت‌ها اقدام گردید. آبیاری‌های بعدی با در نظر گرفتن شرایط جوی و نیاز گیاه (تقریباً هر ۴ روز یکبار) صورت گرفت. وجین دستی علف‌های هرز مزرعه نیز در صورت لزوم انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق شامل شاخص کلروفیل برگ، نسبت برگ به ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک کل بوته، درصد و عملکرد اسانس و تعیین ترکیبات شیمیایی اسانس بود.

شاخص کلروفیل برگ در اوایل گلدهی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502) ثبت گردید. برای تعیین نسبت برگ به ساقه در هر برداشت، ده بوته به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و اندازه‌گیری شد. سپس میانگین مشاهده‌ها به عنوان نسبت برگ به ساقه برای تیمار مورد نظر در نظر گرفته شد. برداشت ریحان در سه نوبت (برداشت اول در اواسط تیر، برداشت دوم در اواسط مرداد و برداشت سوم در اواخر شهریور)، در اوایل گل‌دهی و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت. بوته‌های موجود در یک متر مربع از دو ردیف میانی هر کرت برداشت و برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ و وزن خشک کل بوته به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند.

برای استخراج اسانس، نمونه‌های گیاهی که شامل برگ و سرشاخه‌های جوان بودند، به‌طور طبیعی در سایه خشک گردید. برای استخراج اسانس از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. ۴۰ گرم از پودر گیاه خشک در یک بالن ریخته شد و پس از افزودن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن، بالن به دستگاه کلونجر متصل گردید تا عمل تقطیر به مدت ۴ ساعت انجام شود (۳). پس از استخراج، اسانس توسط سولفات سدیم بی‌آب آب‌گیری شد و در ظروف دربسته شیشه‌ای تیره رنگ، دور از نور و در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری گردید (۲۰). پس از توزین اسانس استخراج شده، درصد اسانس محاسبه گردید.

$$\text{درصد اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس}}{\text{وزن خشک}} \times ۱۰۰$$

اسانس‌گیری نمونه‌ها در سه تکرار و برای هر برداشت به‌صورت جداگانه انجام گردید. عملکرد اسانس نیز از حاصل‌ضرب درصد اسانس در وزن خشک زیست توده به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری ترکیبات اصلی اسانس، از تیمارهای مربوط به یک تکرار مشخص در برداشت دوم استفاده گردید (۱۷ و ۳۲).

برای شناسایی ترکیبات اسانس ریحان از دستگاه کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی استفاده شد. نمونه اسانس در دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7890 ساخت کمپانی Agilent آمریکا، مجهز به ستون HP-5MS (با طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرون) تزریق شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از دمای اولیه ۵۰ درجه سانتی‌گراد شروع و به مدت ۲ دقیقه در این دما نگه داشته شد و سپس با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. سپس با سرعت ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. از هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. ولتاژ یونیزاسیون دستگاه طیف‌سنج جرمی ۷۰ الکترون ولت و دما در محل تزریق ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد بود. شناسایی اجزای اسانس بر اساس

شاخص‌های بازداری (با استفاده از نرمال آلکان‌های ۸ تا ۲۰ کربنه) و با ارزیابی طیف‌های جرمی ترکیبات و مقایسه آن‌ها با بانک اطلاعات جرمی (Wiley 7 and Nist 62) و با مراجعه به داده‌های منتشر شده انجام شد (۱ و ۱۱).

پیش از تجزیه واریانس، نرمال بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab ver. 14 مورد آزمون قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9 و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و میله‌های خطای آزمایشی (Error Bars) بر اساس SD رسم گردید.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل برگ (SPAD)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، بین ارقام، تیمارهای کود نیتروژن و برداشت‌های مختلف از نظر شاخص کلروفیل برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت، با این حال اثر متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار نگردید. نتایج مقایسه میانگین ارقام مختلف ریحان نشان‌دهنده برتری رقم Sweet Thai از نظر شاخص کلروفیل برگ (۴۷/۷) بود که از این نظر تفاوت معنی‌داری با رقم Cinnamon نداشت. کمترین میزان شاخص کلروفیل برگ (۳۹) نیز به رقم Mobarakeh اختصاص یافت (شکل ۱). نتایج نشان داد که با کاربرد کود نیتروژن، شاخص کلروفیل برگ ریحان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با این حال بین سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نگردید (شکل ۲). با توجه به اینکه نیتروژن در ساختار کلروفیل نقش دارد، کاربرد کودهای نیتروژنی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش غلظت کلروفیل داشته باشد. در تحقیقات کردی (۱۶) نیز شاخص کلروفیل برگ تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن قرار گرفت و در تمامی تیمارهای کودی، شاخص کلروفیل برگ بیشتر از تیمار شاهد (عدم کوددهی) بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ارقام ریحان تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Table 3- ANOVA for the characteristics of basil cultivars affected by different levels of nitrogen in different harvest times

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem ratio	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک کل Total dry weight	درصد اسانس Percentage of essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	43.86	0.02	4372.81	61975.13	0.008	13.99
رقم Cultivar (A)	3	394.7**	1.6**	100263.97**	865900.19**	2.63**	2701.25 **
کود Fertilizer (B)	2	195.6**	0.3**	1993129.8**	5107691.31**	0.35**	246.26**
رقم × کود A × B	6	3.02 ns	0.006**	17972.91 ns	83695.26**	0.007 ns	7.36 ns
اشتباه آزمایش ۱ Error 1	22	8.8	0.0008	15800.19	20256.08	0.006	8.24
برداشت Harvest (C)	2	54.1**	0.26**	3728940.4**	15436181.5**	0.37**	3046.94**
رقم × برداشت A × C	6	0.9 ns	0.005 ns	8325.49 ns	58284.72**	0.05**	207.93**
کود × برداشت B × C	4	1.3 ns	0.02**	164325.9**	187653.87**	0.003 ns	8.72 ns
رقم × کود × برداشت A × B × C	12	1.04 ns	0.005*	2546.9 ns	35986.78**	0.004 ns	7.82 ns
اشتباه آزمایش ۲ Error 2	4	4.7	0.01	2722.3	17939.5	0.05	21.95
اشتباه آزمایش ۳ Error 3	48	3.6	0.003	5140. 8	5865.42	0.01	8.26
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	4.3	3.7	6.07	3.37	10.78	11.97

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

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

شکل ۱- شاخص کلروفیل برگ ارقام مختلف ریحان

Figure 1- Leaf chlorophyll index in different cultivars of basil

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

شکل ۲- شاخص کلروفیل برگ ریحان تحت سطوح مختلف کود نیتروژنی

Figure 2- Leaf chlorophyll index of basil under different levels of nitrogen fertilizer

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

شکل ۳- شاخص کلروفیل برگ ریحان در برداشت‌های مختلف

Figure 3- Leaf chlorophyll index of basil under different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

نتایج مقایسه میانگین مشخص نمود که شاخص کلروفیل برگ در هر برداشت کمتر از برداشت قبل از آن بود. به‌طوری‌که بیشترین شاخص کلروفیل برگ (۴۵/۶) در برداشت اول مشاهده شد و در برداشت سوم به کمترین مقدار (۴۳/۲) رسید (شکل ۳). یکی از دلایل اصلی کاهش شاخص کلروفیل برگ در برداشت دوم و سوم را می‌توان به دسترسی کمتر گیاهان به نیتروژن در این برداشت‌ها نسبت داد، چون آخرین کاربرد کود اوره تقسیط شده در تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن پس از برداشت اول بود. از دیگر دلایل کاهش کلروفیل برگ در برداشت‌های دوم و سوم را می‌توان به پر برگی گیاه نسبت داد که به دلیل افزایش شاخه فرعی و تولید برگ بیشتر، نیتروژن کمتری به برگ‌ها اختصاص می‌یابد (۲۱).

نسبت برگ به ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای رقم، کود و برداشت بر نسبت برگ به ساقه ریحان معنی‌دار بود، همچنین اثرات متقابل رقم × کود، کود × برداشت و رقم × کود × برداشت نیز بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رقم × کود × برداشت، نسبت برگ به ساقه در رقم Mobarakeh در تمامی سطوح کودی و برداشت‌ها، کمتر از سایر ارقام مورد ارزیابی بود. بیشترین نسبت برگ به ساقه (۱/۸) با کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در رقم Italian Large Leaf در برداشت اول به دست آمد (شکل ۴). جهان و همکاران (۱۳)، همبستگی منفی و معنی‌داری بین نسبت برگ به ساقه با صفات تعداد ساقه فرعی و ارتفاع بوته گزارش کردند. در تحقیق حاضر با وجود اینکه مصرف کود اوره موجب افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی ریحان می‌شود، اما از طرفی به دلیل اثر مثبت و معنی‌داری که مصرف کود نیتروژن بر درصد برگ دارد (۱۶)، کاربرد کود اوره موجب افزایش نسبت برگ به ساقه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کوددهی) گردید (شکل ۴). در تحقیقی گزارش گردید که فراهمی نیتروژن موجب افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ شده و پیری برگ‌ها و ریزش آن‌ها را به تعویق می‌اندازد و از این طریق موجب بهبود نسبت برگ به ساقه می‌گردد (۱۶).

در تحقیق حاضر با وجود اینکه هر سه برداشت، در مرحله رشدی یکسان صورت گرفته است، نسبت برگ به ساقه در همه سطوح کودی و در هر چهار رقم مورد ارزیابی در برداشت دوم و به ویژه سوم کمتر از برداشت اول بود که این امر می‌تواند ناشی از رشد و توسعه بیشتر گیاه و همچنین افزایش تعداد شاخه جانبی در بوته باشد. به دلیل بریدن ساقه اصلی در برداشت اول، جوانه‌های باقیمانده روی گیاه برانگیخته شده و به تولید ساقه‌های جانبی بیشتر در برداشت‌های دوم و سوم منجر می‌گردد.

شکل ۴- تغییرات نسبت برگ به ساقه ارقام ریحان در واکنش به سطوح کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Figure 4- Changes in leaf/stem ratio of basil cultivars in response to various levels of nitrogen fertilizer in different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD)

N1: (control), N2: 100 kg ha^{-1} urea, N3: 200 kg ha^{-1} urea; H1, H2 and H3: first harvest, second harvest and third harvest, respectively

N1، N2 و N3: به ترتیب عدم مصرف کود و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و H1، H2 و H3: برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم را نشان می‌دهند.

بنابراین پایین بودن درصد برگ و افزایش سهم شاخه و ساقه در برداشت‌های دوم و سوم قابل انتظار است (۱۶). جهان و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که نسبت برگ به ساقه ریحان در سه برداشت متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در چین اول و سوم مشاهده شد. با توجه به اینکه در ریحان برگ و گل دارای بیشترین میزان اسانس می‌باشند، افزایش نسبت برگ به ساقه می‌تواند در افزایش کیفیت و کمیت اسانس تولیدی نقش مؤثری ایفا کند.

وزن خشک برگ و کل بوته

بر اساس نتاج تجزیه واریانس داده‌ها، بین ارقام مورد ارزیابی، سطوح مختلف کودی و برداشت‌های مختلف از نظر وزن خشک برگ و وزن خشک کل اختلاف معنی‌داری وجود داشت. صفات مذکور همچنین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل کود × برداشت قرار گرفتند. اثرات متقابل رقم × کود، رقم × برداشت و اثر سه جانبه رقم × کود × برداشت فقط بر وزن خشک کل معنی‌دار گردید (جدول ۳).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، رقم Italian Large Leaf از بیشترین وزن خشک برگ (۱۲۷۱ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سایر ارقام ریحان برخوردار بود، اما بین سایر ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۵). نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل کود × برداشت نشان داد که در تمام برداشت‌ها، گیاهان تغذیه شده با کود نیتروژن نسبت به گیاهان شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) از وزن خشک برگ بیشتری برخوردار بودند. وزن خشک برگ گیاهان در برداشت دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از برداشت اول و سوم بود. حداکثر وزن خشک برگ (۱۷۶۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم اختصاص یافت (شکل ۶). بالا بودن وزن خشک برگ در برداشت دوم و سوم را می‌توان به دمای مناسب‌تر هوا و دوره رشد رویشی طولانی‌تر گیاه ریحان و تولید برگ بیشتر در این شرایط نسبت داد (۲۵). به گزارش کندیل و همکاران (۱۵)، مصرف کود نیتروژن باعث افزایش چشمگیر وزن برگ ریحان می‌شود که این امر می‌تواند علاوه بر افزایش اندازه برگ به دلیل افزایش ضخامت برگ نیز باشد. کردی (۱۶) نیز گزارش کرد که از میان منابع مختلف کودهای نیتروژنی، بیشترین وزن تر و خشک برگ ریحان از گیاهان تغذیه شده با کود اوره در برداشت دوم حاصل شد. استفاده از کود نیتروژن عملکرد رویشی تمامی ارقام مورد ارزیابی در این پژوهش را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. کودهای نیتروژنی از طریق فراهمی نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تولید زیست توده گیاه ریحان، شرایط مناسبی را برای تولید ریحان فراهم می‌کند که موجب دوام بیشتر برگ و جلوگیری از پیری زودرس برگ‌های پایین بوته می‌گردد، اما در تیمار شاهد، گیاه در مراحل مختلف رشد با کمبود نیتروژن روبرو می‌شود.

شکل ۵- وزن خشک برگ ارقام مختلف ریحان

Figure 5- Leaf dry weight in different cultivars of basil

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

شکل ۶- تغییرات وزن خشک برگ ریحان در واکنش به سطوح کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Figure 6- Changes in leaf dry weight of basil in response to various levels of nitrogen fertilizer in different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × کود × برداشت (شکل ۷) نشان داد که با کاربرد کود نیتروژن در کلیه برداشت‌ها، وزن خشک کل هر سه رقم مورد مطالعه افزایش یافت. مشابه وزن خشک برگ (شکل ۶)، گیاهان در برداشت دوم از وزن خشک کل بیشتری در مقایسه با برداشت اول و سوم برخوردار بودند. از آنجایی‌که همه برداشت‌ها در مرحله رشدی یکسان انجام گردید، پایین بودن وزن خشک کل بوته‌ها در برداشت اول (شکل ۷) را می‌توان به تولید بوته‌هایی با ارتفاع و تعداد شاخه جانبی کمتر و صرف مقدار انرژی بیشتر برای استقرار اولیه گیاه ریحان در برداشت اول نسبت داد که موجب گردید، ماده خشک تولید شده در برداشت اول کمتر از برداشت دوم و سوم باشد. در برداشت دوم و سوم به دلیل بریدن ساقه اصلی طی برداشت اول و برانگیخته شدن جوانه‌های جانبی، تعداد شاخه جانبی و متعاقب آن تعداد برگ بیشتری تولید شده و وزن خشک برگ و بوته افزایش یافته است. از طرفی در بازرویش پس از برداشت اول، ریحان بخشی از مسیر رشدی را پیموده و سریع‌تر استقرار یافته و ماده گیاهی بیشتری تولید می‌کند (۲۱).

بیشترین وزن خشک کل (۳۴۸۲ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم در رقم Italian Large Leaf مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در برداشت دوم در همین رقم نداشت (شکل ۷). افزایش وزن خشک کل ریحان با مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش تعداد شاخه جانبی و محتوای کلروفیل و رشد بهتر گیاهان و متعاقباً توسعه بهتر کانوپی نسبت داد (۲۱) که به استفاده بهتر از نور خورشید، فتوسنتز بیشتر و در نهایت وزن خشک بیشتر ریحان منجر می‌شود. نیتروژن نقش مهمی در بهبود رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد دارد. فراهمی نیتروژن با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی، فعالیت‌های فتوسنتزی را افزایش داده و باعث تولید بیشتر اسیمیلات و بهبود زیست توده و عملکرد گیاه می‌شود (۱۷ و ۲۵). در بررسی سیفولا و باربیری (۲۸)، مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن با افزایش وزن خشک بخش هوایی گیاه همراه بود. در تحقیقی دیگر، بیشترین عملکرد گیاه ریحان (۲۳/۲ تن در هکتار) با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (۳۴). نتایج تحقیقات بیسیادا و کاس (۶) نیز نشان داد که مقدار نیتروژن بر عملکرد گیاه ریحان اثر گذار بوده و بیشترین عملکرد با مصرف ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. کردی (۱۶) نیز گزارش کرد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، وزن خشک برگ و وزن خشک کل بوته ریحان افزایش می‌یابد.

درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که اثر تیمارهای رقم، کود و برداشت بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل رقم × برداشت برای هر دو صفت مذکور معنی‌دار گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رقم × برداشت، بیشترین درصد (۱/۵۵ درصد) و عملکرد اسانس (۵۵/۶۴ کیلوگرم در هکتار) ریحان به رقم Italian Large Leaf در برداشت دوم مربوط بود (شکل ۸ و ۹). در بررسی کالامارتزیس و همکاران (۱۴) نیز بین ارقام مختلف ریحان (Mrs Burns, Cinnamon, Sweet, Red Rubin, Thai)، اختلاف معنی‌داری از نظر درصد و عملکرد اسانس مشاهده شد و بیشترین عملکرد اسانس به ارقامی اختصاص یافت که بالاترین وزن خشک را داشتند.

شکل ۷- تغییرات وزن خشک کل ارقام ریحان در واکنش به سطوح کود نیتروژن در برداشت‌های مختلف

Figure 7- Changes in total dry weight of basil cultivars in response to various levels of nitrogen fertilizer in different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

N_1: (control), N_2: 100 kg ha^{-1} urea, N_3: 200 kg ha^{-1} urea; H_1, H_2 and H_3: first harvest, second harvest and third harvest, respectively

N1، N2 و N3: به ترتیب عدم مصرف کود و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و H1، H2 و H3: برداشت اول، برداشت دوم و برداشت سوم را نشان می‌دهند.

اگرچه تمام بوته‌های مورد استفاده در تعیین محتوای اسانس، در مرحله رشدی یکسانی برداشت شدند، اما گیاهان متعلق به چین دوم به دلیل قرار گرفتن در معرض تابش بیشتر نور خورشید و انجام فعالیت‌های فتوسنتزی بیشتر، از متابولیت‌های ثانوی و اسانس بیشتری برخوردار بودند (شکل ۸). با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد محصول بوده و این دو صفت در برداشت دوم بالاتر از دو برداشت دیگر بود (شکل ۷ و ۸)، بنابراین حصول بیشترین عملکرد اسانس در برداشت دوم دور از انتظار نبود (شکل ۹). در تحقیقات جهان و همکاران (۱۳) نیز از بین سه برداشت مختلف ریحان، بیشترین و کمترین درصد و عملکرد اسانس به ترتیب به برداشت دوم و اول تعلق داشت. کردی (۱۶) نیز اعلام کرد که از بین سه برداشت مختلف در گیاه ریحان، بیشترین درصد اسانس متعلق به برداشت دوم بود.

شکل ۸- تغییرات درصد اسانس ارقام ریحان در واکنش به برداشت‌های مختلف

Figure 8- Percentage of essential oil response of basil cultivars to different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

شکل ۹- تغییرات عملکرد اسانس ارقام ریحان در واکنش به برداشت‌های مختلف

Figure 9- Essential oil yield response of basil cultivars to different harvest times

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین (۱/۰۱ درصد) و کمترین (۰/۸۲ درصد) درصد اسانس ریحان به‌ترتیب به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره مربوط بود، اما بیشترین (۲۶/۷۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۱/۵۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اسانس به‌ترتیب به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) اختصاص یافت (شکل ۱۰ و ۱۱). بر اساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد بین درصد اسانس ریحان و مصرف کود شیمیایی نیتروژن رابطه‌ای معکوس وجود دارد (شکل ۱۰). برتری تیمار شاهد (عدم مصرف کود) نسبت به تیمارهای مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش سنتز متابولیت‌های ثانوی تحت شرایط نامساعد محیطی و کمبود عناصر غذایی نسبت داد (۱۷). یافته‌های کردی (۱۶) نیز نشان داد که میزان اسانس گیاه ریحان در شرایط عدم کوددهی بیشتر از سایر تیمارهای کودی بود و با مصرف کود نیتروژنی، درصد اسانس گیاه ریحان کاهش یافت، در حالی‌که عملکرد اسانس با مصرف کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش قابل توجهی نشان داد.

تهامی زرندی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که درصد اسانس ریحان در شرایط عدم مصرف کود، در مقایسه با تیمارهایی که کود شیمیایی دریافت کرده بودند، بیشتر بود. عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد کل بوته می‌باشد. با توجه به اینکه تیمار شاهد (عدم کوددهی) از درصد اسانس بیشتری نسبت به تیمارهای کود شیمیایی برخوردار بود (شکل ۱۰)، برتری تیمارهای کود شیمیایی از نظر عملکرد اسانس را می‌توان به تأثیر بیشتر عملکرد خشک محصول (وزن خشک کل) بر عملکرد اسانس و تأثیر کمتر درصد اسانس نسبت داد (شکل ۱۱). مصرف مقادیر مناسب کود نیتروژنی، زمینه را برای رشد مطلوب گیاهان از طریق تأمین منابع غذایی فراهم می‌کند. در واقع کود شیمیایی نیتروژن، بیشتر از طریق افزایش عملکرد محصول، عملکرد اسانس ریحان را تحت تأثیر قرار داده است (۱۷). در تحقیقی بیشترین عملکرد رویشی ریحان با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (۶). کود نیتروژن با افزایش سرعت و مقدار فتوسنتز، گیاه را قادر می‌سازد تا به سرعت رشد کرده و زیست توده و متابولیسم پایه قابل‌توجهی را تولید کند (۲۸).

ترکیبات غالب اسانس

در گیاهان دارویی علاوه بر کمیت محصول، کیفیت اسانس (از نظر نوع و مقدار ترکیبات تشکیل دهنده) نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. در تجزیه شیمیایی اسانس حاصل از شاخساره (برگ و سرشاخه‌های جوان) ارقام ریحان تحت تیمارهای مختلف، ۲۹ تا ۳۵ ترکیب شناسایی شد که در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که ترکیبات اسانس ریحان بسته به رقم و مقدار نیتروژن مصرف شده به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌یابد.

هشت ترکیب عمده اسانس رقم Mobarakeh شامل متیل‌کاویکول (۴۸/۹-۳۸/۲ درصد)، Z-سیترال (۱۷-۱۳/۱ درصد)، ژرانیال (۲۳-۱۷/۳ درصد)، (E)-کاریوفیلن (۴/۹-۴/۵ درصد)، ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۸-۱/۲۷ درصد)، آلفا-هومولن (۱/۹-۱/۶۷ درصد)، ژرماکرن-دی (۱/۵-۰/۸۲ درصد) و گاما-کادینن (۳/۲-۳ درصد) بود (جدول ۴). در صورتی‌که ۱و۸-سینئول (۵/۲-۴/۷ درصد)، لینالول (۳۶/۱-۳۴/۵ درصد)، متیل‌کاویکول (۷/۲-۵/۸ درصد)، اوژنول (۱/۸۱-۱/۵ درصد)، متیل‌سینامات (۴۱-۳۸/۸ درصد) و ژرماکرن-دی (۲/۳-۱/۸ درصد) ترکیبات غالب اسانس رقم Cinnamon بودند (جدول ۴).

شکل ۱۰- تغییرات درصد اسانس ریحان در واکنش به سطوح مختلف کود نیتروژنی

Figure 10- Percentage of essential oil response of basil to different levels of nitrogen fertilizer

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

شکل ۱۱- تغییرات عملکرد اسانس ریحان در واکنش به سطوح مختلف کود نیتروژنی

Figure 11– Essential oil yield response of basil to different levels of nitrogen fertilizer

Error bars is drawn based on standard deviation (SD).

در اسانس استخراج شده از رقم Italian Large Leaf، هفت ترکیب غالب شامل ۱ و ۸-سینئول (۸/۴-۸/۱۴ درصد)، لینالول (۴۴/۸-۴۱/۹ درصد) ، متیل‌کاویکول (۳۷-۳۰/۷ درصد)، اوژنول (۱/۲-۰/۹ درصد)، (E)-کاریوفیلن (۲/۸-۲/۲ درصد)، ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۰۲-۰/۷۵ درصد) و ژرماکرن-دی (۱/۷۱-۱/۳ درصد) شناسایی شد (جدول ۴). بخش عمده اسانس رقم Sweet Thai نیز به ترکیبات ۱و۸-سینئول (۱/۶-۱/۴۵ درصد)، (E)-بتا-اوسیمن (۱/۲-۱/۱۴ درصد)، لینالول (۱/۱-۴۰/۱ درصد)، آلفا-ترپینئول (۱/۱-۰/۸ درصد)، متیل‌کاویکول (۱۱/۳-۹/۳ درصد)، اوژنول (۳/۲۱-۲/۸ درصد)، بتا-اِلِمن (۱/۰۳-۰/۹ درصد)، متیل‌سینامات (۳۲-۳۰/۱ درصد)، متیل‌اوژنول (۱/۶-۱/۳ درصد) و ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۱۸-۰/۷۵ درصد) اختصاص داشت (جدول ۴).

در بررسی اثر تیمارهای کودی بر نوع و میزان مواد تشکیل دهنده اسانس، بیشترین مقدار ۱ و ۸-سینئول (۸/۴ درصد) و لینالول (۴۴/۸ درصد) به رقم Italian Large Leaf و کاربرد به ترتیب ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختصاص یافت (جدول ۴). در تحقیقی محتوای لینالول اسانس ریحان با مصرف کود نیتروژن بهبود یافت، ولی کاربرد بیشتر کود نیتروژن به کاهش مقدار این ترکیب منجر شد (۲۲). در تحقیق حاضر با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، بیشترین مقدار متیل‌کاویکول (۴۸/۹ درصد) در رقم Mobarakeh به‌دست آمد.

در حالی که کمترین مقدار این ترکیب (۵/۸ درصد) در رقم Cinnamon و در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد در شرایط مصرف کود نیتروژنی به دلیل دسترسی بهتر به نیتروژن، غلظت متیل‌کاویکول نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش یافته است. مسیرهای بیوسنتز ترکیبات اسانس بسیار گسترده و پیچیده است. با وجود تلاش زیاد برای کشف مسیرهای ذکر شده، هنوز رابطه بین مسیرهای بیوسنتز بسیاری از ترکیبات ناشناخته است. از آنجایی‌که عناصر نیتروژن و فسفر نقش مهمی در سنتز و فعال‌سازی آنزیم‌های فرآیندهای بیوشیمیایی دارند، به نظر می‌رسد کاربرد کودهای نیتروژنی می‌تواند مسیر بیوسنتز برخی از اجزای اسانس را تغییر دهد. تغییر در ترکیبات اسانس گیاهان تیمار شده با کود نیتروژن ممکن است نتیجه فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی مسیرهای بیوسنتز آنزیم‌های موالونات، متیل‌اریتریتول فسفات و بیوسنتز اسید شیکیمیک باشد (۹). کردی و همکاران (۱۷) در بررسی اثر منابع مختلف کود نیتروژن بر ترکیبات اسانس گیاه ریحان در الگوهای مختلف کشت اعلام کردند که بیشترین درصد متیل‌کاویکول در کشت خالص ریحان و در شرایط مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌دست آمد و اظهار کردند که کمبود نیتروژن می‌تواند به عنوان عامل محدودکننده تولید برخی از ترکیبات غالب اسانس ریحان از جمله متیل‌کاویکول عمل کند. زِلجازکو و همکاران (۳۵) اظهار داشتند که مصرف نیتروژن به‌طور قابل توجهی مقدار لینالول، اوژنول، بورنیل‌استات و اُکالیپتول اسانس ریحان را تغییر می‌دهد. در این بررسی مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن به افزایش مقدار متیل‌کاویکول و کاهش میزان لینالول اسانس منجر گردید.

برخی از ترکیبات شناسایی شده مانند Z-سیترال و ژرانیال در ارقام Cinnamon، Italian Large Leaf و Sweet Thai مشاهده نشد. از طرفی بیشترین میزان Z-سیترال (۱۷ درصد)، ژرانیال (۲۳ درصد)، (E)-کاریوفیلن (۴/۹ درصد)، ترانس-آلفا-برگاموتن (۱/۸ درصد)، آلفا-هومولن (۱/۹ درصد) و گاما-کادینن (۳/۲ درصد) به رقم Mobarakeh در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن تعلق داشت (جدول ۴). عوامل متنوعی چون کمبود آب، تنش شوری و کمبود مواد غذایی می‌توانند ترکیبات اصلی اسانس را تغییر دهند (۴ و ۱۲). در تحقیق حاضر نیز به نظر می‌رسد کمبود مواد مغذی (کمبود نیتروژن در تیمار شاهد) می‌تواند به عنوان فاکتور محرک تولید این ترکیبات در نظر گرفته شود. بر اساس یافته‌های نورزینسکا-وِرداک و همکاران (۲۲)، سطوح مختلف نیتروژن اثر معنی‌داری بر ترکیبات عمده اسانس ریحان دارد، به‌طوری که بیشترین مقدار ترانس-آلفا-برگاموتن اسانس ریحان با مصرف کمترین مقدار نیتروژن حاصل شد. در ارزیابی اثر منابع مختلف نیتروژن بر ترکیبات اسانس ریحان نیز بیشترین مقدار Z-سیترال، ژرانیال، (E)-کاریوفیلن، ترانس-آلفا-برگاموتن و آلفا-هومولن به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) اختصاص داشت (۱۶). کردی و همکاران (۱۷) اعلام کردند که در بین تیمارهای مختلف کودی، کمترین مقادیر ترکیبات اصلی تشکیل دهنده اسانس ریحان (به جز متیل‌کاویکول) متعلق به تیمار کود شیمیایی نیتروژن بود.

یکی از ترکیبات عمده اسانس ارقام Cinnamon و Sweet Thai، متیل‌سینامات بود که حداکثر مقدار آن با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در رقم Cinnamon مشاهده شد. بیشترین مقدار ژرماکرن-دی نیز به همین رقم و در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۴). در همین راستا، کردی (۱۶) اظهار داشت که با افزایش کاربرد نیتروژن، مقدار ژرماکرن-دی در اسانس ریحان کاهش می‌یابد. بیشترین میزان اوژنول (۳/۲۱ درصد) به رقم Sweet Thai و تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) اختصاص داشت. در هر چهار رقم مورد بررسی، روند تغییرات اوژنول تحت تیمارهای کودی مشابه ژرماکرن-دی بود و با افزایش مصرف نیتروژن، مقدار این ترکیب نیز کاهش یافت (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که از بین ارقام ریحان مورد ارزیابی، رقم Italian Large Leaf از بیشترین وزن خشک برگ، وزن خشک کل، درصد و عملکرد اسانس برخوردار بود. حداکثر شاخص کلروفیل برگ نیز به ارقام Sweet Thai و Cinnamon اختصاص یافت. کمترین شاخص کلروفیل، درصد و عملکرد اسانس به رقم محلی Mobarakeh تعلق داشت. مصرف کود اوره با بهبود معنی‌دار رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد ریحان همراه بود. اگرچه درصد اسانس ارقام ریحان در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن بیشتر از گیاهان تغذیه شده با کود نیتروژن بود، اما بیشترین عملکرد اسانس با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره حاصل شد که نشانگر تأثیرپذیری بیشتر عملکرد اسانس از عملکرد خشک محصول در مقایسه با درصد اسانس می‌باشد. به جز شاخص کلروفیل برگ، نسبت برگ به ساقه و درصد اسانس، سایر صفات مورد بررسی، در برداشت اول کمتر از برداشت‌های دوم و سوم بودند. بیشترین غلظت ترکیبات عمده اسانس (به جز متیل کاویکول، ۱و۸-سینئول و متیل‌سینامات) به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) مربوط بود. از آنجایی‌که بین سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک کل وجود نداشت و بیشترین عملکرد اسانس نیز به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره تعلق داشت، بنابراین رقم Italian Large Leaf ریحان و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در شرایط محیطی مشابه خرم‌آباد توصیه می‌شود.

جدول ۴- ترکیبات اسانس ارقام ریحان تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 4– Essential oil components (%) in sweet basil cultivars under different levels of nitrogen fertilizer

ترکیب Compound	Mobarakeh			Cinnamon			Italian Large Leaf			Sweet Thai		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
α-Pinene	0.20	0.21	0.21	0.28	0.25	0.32	0.26	0.30	0.31	0.16	0.20	0.22
Camphene	0.69	0.60	0.63	tr	tr	tr	0.11	tr	tr	tr	tr	tr
β -Pinene	0.36	0.37	0.30	0.45	0.50	0.40	0.67	0.60	0.61	0.29	0.33	0.30
Myrcene	0.15	0.15	0.10	0.29	0.26	0.30	0.49	0.53	0.50	0.40	0.45	0.32
Limonene	0.12	0.13	0.14	0.10	0.10	0.12	0.30	0.35	0.30	0.21	0.20	0.18
1,8-Cineole	0.31	0.40	0.35	**4.70**	**5.20**	**4.70**	**8.14**	**8.30**	**8.40**	**1.45**	**1.60**	**1.50**
(E)-β- Ocimene	0.13	0.20	0.26	0.60	0.65	0.60	0.32	0.30	0.35	**1.14**	**1.20**	**1.20**
Terpinolene	-	-	-	0.17	0.15	0.10	0.25	0.20	0.23	0.16	0.20	0.20
Fenchone	0.10	0.15	0.20	0.22	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0.24	0.20	0.30
Linalool	0.20	0.30	0.25	**34.5**	**36.1**	**34.6**	**42.4**	**44.8**	**41.9**	**40.0**	**40.1**	**39.0**
Camphor	tr	tr	tr	0.70	0.40	0.30	0.53	tr	0.30	0.75	0.50	0.50
Borneol	0.32	0.20	0.25	0.15	tr	tr	0.42	0.30	0.30	0.40	0.40	0.20
Terpinen-4-ol	-	-	-	0.73	0.80	0.95	-	-	-	0.21	0.40	0.40
α-Terpineol	0.26	0.30	0.20	0.33	0.35	0.30	0.71	0.60	0.55	**1.10**	**0.90**	**0.80**
Methyl chavicol	**38.2**	**45.2**	**48.9**	**5.80**	**6.00**	**7.20**	**30.7**	**33.2**	**37.0**	**9.30**	**10.1**	**11.3**
Z-Geraniol (Nerol)	0.21	0.40	0.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z-Citral (Neral)	**17.0**	**14.2**	**13.1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Chavicol	0.30	0.20	0.20	0.40	0.40	0.50	0.80	0.75	0.90	-	-	-
Geraniol	0.85	0.50	0.23	-	-	-	0.10	tr	tr	-	-	-
Geranial	**23.0**	**21.4**	**17.3**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Bornyl acetate	0.30	0.30	0.20	0.26	0.20	0.20	0.60	0.70	0.50	0.42	0.50	0.40
α-Cubebene	0.20	0.18	0.15	0.15	0.20	0.15	0.40	0.30	0.30	-	-	-
Eugenol	0.19	0.15	0.10	**1.81**	**1.60**	**1.50**	**1.20**	**1.10**	**0.90**	**3.21**	**3.00**	**2.80**
α-Copaene	0.16	0.21	0.17	0.14	0.10	0.10	tr	tr	tr	-	-	-
β- Cubebene	0.50	0.45	0.40	-	-	-	0.13	tr	tr	0.75	0.60	0.60
β- Elemene	0.14	tr	tr	0.68	0.50	0.60	0.15	tr	tr	**1.03**	**0.90**	**0.90**
Methyl cinnamate	tr	tr	0.10	**38.8**	**40.3**	**41.0**	**-**	**-**	**-**	**30.1**	**31.2**	**32.0**
Methyl eugenol	0.60	0.50	0.46	0.16	tr	tr	0.52	0.30	0.40	**1.60**	**1.30**	**1.30**
(E)-Caryophyllene	**4.90**	**4.50**	**4.78**	0.40	0.30	0.30	**2.80**	**2.50**	**2.20**	0.30	0.20	tr
Trans-α-Bergamotene	**1.80**	**1.60**	**1.27**	0.53	0.30	0.30	**1.02**	**0.90**	**0.75**	**1.18**	**0.90**	**0.75**
α-Guaiene	-	-	-	0.23	0.25	0.15	0.26	0.20	0.10	0.37	0.30	0.30
α-Humulene	**1.90**	**1.80**	**1.67**	0.53	0.30	0.10	0.42	0.30	0.25	0.23	0.10	tr
(E)-β-Farnesene	0.50	0.40	0.42	0.33	0.30	0.20	-	-	-	-	-	-
Germacrene-D	**1.50**	**1.10**	**0.82**	**2.30**	**2.00**	**1.80**	**1.71**	**1.60**	**1.30**	0.59	0.40	0.40
γ-Cadinene	**3.20**	**3.00**	**3.01**	0.53	0.50	0.45	0.66	0.60	0.50	0.40	0.40	0.30
β-Bisabolene	0.25	0.20	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nerolidol	0.37	0.30	0.30	0.15	0.15	0.10	-	-	-	0.13	0.10	0.15
Caryophyllene oxide	0.10	0.10	0.14	0.13	tr	tr	-	-	-	-	-	-
α-Cadinol	-	-	-	0.57	0.40	0.30	-	-	-	0.23	0.20	0.20

N1: (control), N2: 100 kg ha^{-1} urea , N3: 200 kg ha^{-1} urea and tr: trace amounts < 0.05 %.

منابع

1- Adams R.P. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publishing Corporation, Carol Stream.

2- Al-Maskri A.Y., Hanif M.A., Al-Maskari M.Y., Abraham A.S., Al-Sabahi J.N., and Al-Mantheri O. 2011. Essential oil from *Ocimum basilicum* (Omani Basil): a desert crop. Natural Product Communications 6(10): 1487-1490.

3- Anonymous. 1996. European Pharmacopoeia. Council of Europe press, Strasbourg.

4- Barbieri G., Vallone S., Orsini F., Paradiso R., De Pascale S., Negre-Zakharov F., and Maggio A. 2012. Stomatal density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Physiology 169: 1737-1746.

5- Beatović D., Krstić-Milošević D., Trifunović S., Šiljegović J., Glamočlija J., Ristić M., and Jelačić S. 2015. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of twelve *Ocimum basilicum* L. cultivars grown in Serbia. Records of Natural Products 9: 62-75.
6- Biesiada A., and Kuś A. 2010. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 9(2): 3-12.
7- Bilal A., Jahan N., Ahmed A., Bilal S.N., Habib S., and Hajra S. 2012. Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum* Linn–a review. International Journal of Current Research and Review 4(23): 73-83.
8- Borloveanu M. 2014. Leacuri mănăstiresti. Terapii pentru trup si suflet. Lumea Credintei, Bucuresti.
9- Boveiri Dehsheikh A., Mahmoodi Sourestani M., Zolfaghari M., and Enayatizamir N. 2020. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of Thai basil as response to biofertilizers and humic acid. Journal of Cleaner Production 256: 120439.
10- Caliskan S., Ozkaya I., Caliskan M.E., and Arslan M. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean-type soil. Field Crops Research 108(2): 126-132.
11- Carneiro N.S., Alves C.C.F., Alves J.M., Egea M.B., Martins C.H.G., Silva T.S., Bretanha L.C., Balleste M.P., Micke G.A., Silveira E.V., and Miranda M.L.D. 2017. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzchiana* Berg (Myrtaceae). Anais da Academia Brasileira de Ciências 89(3): 1907-1915.
12- Ekren S., Sönmez C., Özcakal E., Kurttas Y.S.K., Bayram E., and Gürgülü H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management 109: 155-161.
13- Jahan M., Amiri M.B., Dehghanipour F., and Tahami M.K. 2013. The effects of biofertilizers and winter cover crops on essential oil production and some agroecological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in an organic farming system. Iranian Journal of Field Crops Research 10(4): 751-763. (In Persian with English abstract)
14- Kalamartzis I., Dordas C., Georgiou P., and Menexes G. 2020. The use of appropriate cultivar of basil (*Ocimum basilicum*) can increase water use efficiency under water stress. Agronomy 10: 70.
15- Kandil M.A.M., Khatab M.E., Ahmed S.S., and Schnug E. 2009. Herbal and essential oil yield of Genovese basil (*Ocimum basilicum* L.) grown with mineral and organic fertilizer sources in Egypt. Journal für Kulturpflanzen 61(12): 443-449.
16- Kordi S. 2017. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of forage corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under nitrogen fertilizers (biological, chemical and integrated) in additive intercropping. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English abstract)
17- Kordi S., Zehtab-Salmasi S., Shafagh-Kolvanagh J., Weisany W., and Shannon D.A. 2020. Intercropping system and N_2 fixing bacteria can increase land use efficiency and improve the essential oil quantity and quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Frontiers in Plant Science 11: 610026.
18- Lawlor D.W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. Journal of experimental Botany 53: 773-787.
19- Li H., Ge Y., Luo Z., Zhou Y., Zhang X., Zhang J., and Fu Q. 2017. Evaluation of the chemical composition, antioxidant and antiinflammatory activities of distillate and residue fractions of sweet basil essential oil. Journal of Food Science and Technology 54(7): 1882-1890.
20- Milenkovića L., Stanojevićb J., Cvetkovićb D., Stanojevićb L., Lalevića D., Šunića L., Fallikc E., and Ilić Z.S. 2019. New technology in basil production with high essential oil yield and quality. Industrial Crops & Products 140: 111718.
21- Moayedi F., Kordi S. Mehrabi A.A., and Dastborhan S. 2020. Effect of different levels of nitrogen on yield, nitrate content, essential oil yield and some physiological traits in four cultivars of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Horticultural Science 34(2): 285-301. (In Persian with English abstract)
22- Nurzyńska-Wierdak R., Borowski B., Dzida K., Zawiślak G., and Kowalski R. 2013. Essential oil composition of sweet basil cultivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 37: 427-436.
23- Omidbaigi R. 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. Volume 3, 1st edition, Fekr-e-ruz Publications, 397 p. (In Persian)
24- Padalia R.C., Verma R.S., Chauhan A., Goswami P., Chanotiya C.S., Saroj A., Samad A., and Khaliq A. 2014. Compositional variability and antifungal potentials of *Ocimum basilicum*, *O. tenuiflorum*, *O. gratissimum* and *O. kilimandscharicum* essential oils against *Rhizoctonia solani* and *Choanephora cucurbitarum*. Natural Product Communications 9(10): 1507-1510.
25- Panahyan M., Kordi S., and Davarpanah J. 2019. Effect of nitrogen fertilizer source on yield and essential oil content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and forage maize (*Zea mays* L.) yield forage in intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 21(3): 287-301. (In Persian with English abstract)
26- Ram M., Ram D., Prasad A., Naqvi A., and Kumar S. 1998. Productivity of late transplanted mint (*Mentha*

arvensis) with summer legume intercrops in a sub-tropical environment. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 20: 1028-1031.

27- Roman G.V. 2012. Fitotehnie. Plante Tehnice, Medicinale si Aromatice. Editura Universitară, Bucuresti.

28- Sifola M.I., and Barbieri G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulturae 108(4): 408-413.

29- Srivastava S., Cahill D.M., Conlan X.A., and Adholeya A. 2014. A novel in vitro whole plant system for analysis of polyphenolics and their antioxidant potential in cultivars of *Ocimum basilicum*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62(41): 10064-10075.

30- Street R. 2012. Heavy metals in medicinal plant products-An African perspective. South African Journal of Botany 82: 67-74.

31- Tahami Zarandi M.K., Rezvani Moghaddam P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 70-82. (In Persian with English abstract)

32- Weisany W., Raei Y., and Pertot I. 2015. Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. Industrial Crops & Products 77: 295-306.

33- Werner D., and Newton W.E. 2005. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment. Springer, Netherlands.

34- Yassen M., Ram P., Anju Y., and Singh K. 2003. Response of Indian basil (*Ocimum basilicum*) to irrigation and nitrogen schedule in Central Uttar Pradesh. Annals of Plant Physiology 17(2): 177-181.

35- Zheljazkov V.I., Cantrell C.L., Ebelhar M.W., Rowe D.E., and Coker C. 2008. Productivity, oil content and oil composition of sweet basil as a function of nitrogen and sulphur fertilization. HortScience 43(5): 1415-1422.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 561-577
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۷۷-۵۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Nitrogen and Harvest Time Interaction on Yield, Quantity and Quality of Essential Oil of Four Cultivars of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.)

F. Moayedi[1*]- S. Kordi[2]- A.A. Mehrabi[3]- S. Dastborhan[4]
Received: 10-11-2020
Accepted: 03-03-2021

Introduction: Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) is an annual herbaceous plant from *labiatae* family. The amount and chemical composition of essential oil of sweet basil depends on genetics, growing season, environmental factors and plant growth stage. Nitrogen is one of the most important nutrients required by plants. This element plays an essential role in the synthesis of amino acids and proteins and is part of the structure of leaf chlorophyll and some plant hormones. Nitrogen application can significantly increase the growth and yield of medicinal plants in different climatic conditions and affect the quantitative and qualitative properties of essential oils. The results of various studies have shown that nitrogen significantly alters the amount of essential oils in basil. Despite the positive effect of nitrogen on improving plant growth and yield, excessive use of nitrogen fertilizer can have a negative effect on the absorption of other elements. On the other hand, high amounts of water-soluble nitrogen lead to groundwater pollution. Therefore, determining the appropriate amount of nitrogen fertilizer in proportion to the nutritional needs of crops, in addition to improving the quantity and quality of yield, reduces damage to agricultural systems and the environment. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the effect of different amounts of nitrogen fertilizer on vegetative yield and quantitative and qualitative characteristics of essential oil of four basil cultivars and to introduce the best cultivar in Khorramabad climate.

Materials and Methods: This experiment was performed as a factorial split plot in time in a randomized complete block design with three replications during 2016 growing season in the Agricultural Research Station of Khorramabad. Experimental treatments included four sweet basil cultivars (Italian Large Leaf, Cinnamon, Sweet Thai and Mobarakeh), three levels of nitrogen fertilizer (0, 100 and 200 kg ha^{-1} chemical nitrogen fertilizer) and three harvests. Nitrogen fertilizer (from urea source) was added to the plots in two stages (half of the fertilizer before seeds planting and the rest after the first harvest) based on the treatments. Basil plants were harvested three times at the beginning of flowering. Traits measured in this study included chlorophyll index, leaf/stem ratio, leaf dry weight, total plant dry weight, percentage and yield of essential oil and determination of chemical composition of essential oil. To extract the essential oil, water distillation method and Clevenger apparatus were used. To determine the main constituents of essential oil, all treatments related to a given repetition were chosen in second harvest were used. Gas chromatography with mass spectrometer was used to identify the compounds of basil essential oil. Analysis of variance of data was done using SAS ver. 9 and mean comparison was performed based on the Duncan's multiple range test at 5% probability level using MSTAT-C software. Figures were drawn by excel software.

Results and Discussion: The results of the present research showed that the highest leaf/stem ratio (1.8) was obtained from applying 100 and 200 kg ha^{-1} of urea fertilizer in Italian Large Leaf cultivar in the first harvest. Among the studied basil cultivars, Italian Large Leaf cultivar had the highest leaf dry weight, total dry weight, percentage of essential oil and essential oil yield. The maximum leaf chlorophyll index was related to Sweet Thai and Cinnamon cultivars and the minimum chlorophyll index, percentage of essential oil and essential oil yield was related to Mobarakeh cultivar. Consumption of urea fertilizer was associated with a significant improvement in vegetative growth and as a result, basil yield increased. Although the essential oil percentage of basil cultivars under control treatment was higher than plants that were fed with nitrogen fertilizer, but the highest essential oil yield was obtained from application of 100 kg ha^{-1} urea fertilizer, which shows the greater effect of dry yield on essential oil yield compared to the percentage of essential oil. In all studied traits, the maximum value was related to the second harvest and the minimum amount (except the essential oil percentage)

1- Instructor, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran
(* Corresponding Author Email: faraj.moayedi1362@gmail.com)
2 and 4- Ph.D. in Crop Ecology and Ph.D. in Crop Physiology, Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Ilam, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.61976.0

was allocated to the first harvest. In chemical analysis of essential oils obtained from young leaves and shoots of basil cultivars under different fertilization treatments, 29 to 35 compounds were identified. The maximum concentration of major constituents of essential oils (except 1-8-cineol, methyl cinnamate and methyl chavicol) was related to the control treatment (no fertilizer application).

Conclusion: Since there was no significant difference between the levels of 100 and 200 kg ha^{-1} of urea in terms of total dry weight and the highest essential oil yield was obtained from the treatment of 100 kg ha^{-1} of urea fertilizer, Italian Large Leaf cultivar and consumption of 100 kg ha^{-1} of urea fertilizer can be used in environmental conditions similar to Khorramabad.

Keywords: Chemical compounds, Essential oil yield, Leaf dry weight, Methyl chavicol, Urea

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 579-590
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۹۰-۵۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر اقلیم بر مواد مؤثره زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) در منطقه بناب شهرستان مرند

سعیده علیزاده سالطه[1*]- مینا امانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۲

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) محصولی ارزشمند و نیمه مقاوم به خشکی است که می‌تواند در شرایط بسیار متفاوت آب و هوایی مورد کشت و کار قرار گیرد. مهمترین ترکیب‌های شیمیایی زعفران را کروسین، پیکروکروسین و مشتق‌های کروسین تشکیل می‌دهند که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشند و در داروسازی کاربرد دارند. در این پژوهش اثر اقلیم شهرستان مرند، استان آذربایجان‌شرقی طی دو سال زراعی بر کمیت و کیفیت و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی قسمت‌های مختلف زعفران تولیدی در این منطقه بررسی شد. عوامل اقلیمی حاکم بر این منطقه طی دو سال متوالی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از نظر دما، بارندگی و رطوبت با استفاده از داده‌های هواشناسی بررسی شد و میزان عملکرد زعفران در منطقه با استفاده از پرسشنامه از زعفران-کاران منطقه به دست آمد. از سوی دیگر، میزان ترکیبات کروسین، پیکروکروسین و سافرانال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قسمت‌های مختلف زعفران شامل کلاله، خامه، پرچم و گلبرگ‌ها هر کدام به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد شهرستان مرند طبق روش طبقه‌بندی دومارتن، در طبقه اقلیم نیمه‌خشک قرار می‌گیرد و مقدار متابولیت‌های کروسین در سال اول کشت ۱۳۹۳ (بیشترین میزان ۳۰۶ میلی‌گرم بر گرم در اندام کلاله)، پیکروکروسین در سال دوم کشت ۱۳۹۴ (۱۰۲/۱۵ میلی‌گرم بر گرم در اندام کلاله) و سافرانال در سال دوم کشت ۱۳۹۴ (بیشترین میزان: ۴۹/۹۵ میلی‌گرم بر گرم در گلبرگ زعفران) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کلاله و گلبرگ زعفران در سال اول کشت ۱۳۹۳ (به‌ترتیب ۳۰/۴۳ و ۸۸/۳۲ درصد) بالاترین مقدار را داشت. منطقه بناب مرند آذربایجان شرقی در اثر تغییرات آب و هوایی منطقه مناسب برای کشت زعفران می‌باشد و کیفیت اندام‌های مختلف زعفران در سال‌های متوالی کشت چندساله زعفران متفاوت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت، کلاله، مواد مؤثره

مقدمه

امروزه با توجه به کاهش میزان بارندگی و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی کشت محصولات با نیاز آبی کم بایستی در اولویت قرار گیرد. در سال‌های اخیر، مناطق مختلف کشور به ویژه منطقه آذربایجان شرقی و غربی در مقایسه با سال‌های گذشته با کاهش بارندگی مواجه بوده است (۳). زعفران با توجه به نیاز آبی کم و بازدهی اقتصادی مناسب می‌تواند تولید نسبتاً پایداری در این مناطق داشته باشد (۳). ویژگی‌های خاص زعفران از جمله نیاز آبی کم، آبیاری در زمان‌های غیربحرانی، نیاز آبی سایر گیاهان، امکان بهره‌برداری از مزارع به مدت چندین سال پس از یک نوبت کشت، سهولت حمل و نقل و نگهداری محصول، امکان اشتغال‌زایی بالا، امکان کشت در مناطقی که فاقد استعدادهای صنعتی و دارای محدودیت آب کشاورزی می‌باشند، دارا بودن خواص دارویی و نیز بازار فروش داخلی و خارجی مناسب، این گیاه را از ارزش بالایی برای کشت و کار برخوردار نموده‌است (۳۳). از سوی دیگر کشت و کار زعفران در کشور می‌تواند موجب افزایش اشتغال و صادرات غیرنفتی شده و در صورت توجه به فرایندهای تولید و فرآوری آن می‌تواند ارز قابل توجهی را نصیب کشور نماید (۵). کمیت و کیفیت زعفران تحت تأثیر شرایط اقلیمی و عوامل زراعی می‌باشد. در بین عوامل محیطی

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغبانی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.61978.0

دمای محیط و میزان بارندگی در طی فصل رشد، دو عامل مهم بر رشد و عملکرد زعفران می‌باشند (۲۱).

کلاله زعفران، خاصیت آنتی‌اکسیدانی (۳۰)، ضد توموری (۲۲ و ۲۴) و ضد افسردگی (۲۳) دارد. اخیراً توجه به ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در اندام‌های دیگر زعفران صورت گرفته و به دلیل وجود ترکیباتی نظیر کربوهیدرات‌ها، پروتئین، لیپید، فیبر، مواد معدنی (P, Mg, Ca, Fe, K)، مونوترپن‌ها و ترکیبات فنولی از اهمیت خاصی برخوردار است (۲۲). مطالعات متعددی نشان داده است که گلبرگ‌های زعفران دارای انواع زیادی از ترکیبات فلاونوئیدی، گلیکوزیدی و آنتوسیانین‌ها می‌باشد (۱۴). از طرفی ارتباط معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی مواد گیاهی با محتویات ترکیبات فنولیک آن‌ها به اثبات رسیده است (۱۱). رادیکال‌های آزاد مولکول‌های ناپایدار و بسیار واکنش‌پذیر هستند که می‌توانند باعث صدمه به سلول‌ها و در نهایت جهش‌زایی شوند (۹). آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که با روش‌های مختلف از واکنش رادیکال‌های آزاد جلوگیری کرده و منجر به کاهش آسیب، کاهش مرگ سلولی و کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی و سرطان‌ها می‌شوند (۶). متابولیت‌های ثانویه مشتق از گیاهان مانند فنول و فلاونوئید دارای پتانسیل قوی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد می‌باشند که در تمام قسمت‌های مختلف گیاهی مانند برگ، گل، میوه، دانه، ریشه و پوست وجود دارند (۲۰).

به طورکلی شدت رنگ‌دهی زعفران مربوط به ترکیبات کاروتنوئیدی محلول در آب آن می‌باشد. این ترکیبات، شامل کروسین و رنگدانه‌های کروسینی هستند. همچنین طعم زعفران عمدتاً به پیکروکروسین و ترکیبات فرار زعفران که غالباً ساختار ترپنوئیدی دارند، مربوط می‌شود (۳۲). کاروتنوئیدها ترکیباتی هستند که در بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شوند و به‌خاطر برخوردار بودن از خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی از فعالیت رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند. بنابر پژوهش‌ها، ترکیبات موجود در زعفران شامل کروسین، کروستین، پیکروکروسین و سافرانال می‌توانند اثر رادیکال‌های آزاد را مهار کنند و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند (۶، ۲۵ و ۲۶).

زعفران جزء محصولات با نیاز آبی کم است، براین اساس کاشت و ترویج این محصول در حال توسعه است. با وجود این‌که در سالیان قبل، کشت زعفران در ایران به استان خراسان اختصاص داشت، اما امروزه در نقاط مختلف کشور نیز مورد مورد کاشت قرار می‌گیرد. کشت زعفران در شهرستان مرند نیز نتایج مناسبی در پی داشته است و یکی از کشت‌های اصلی در بخش بناب شهرستان مرند به شمار می‌رود (۴). از سوی دیگر، کیفیت زعفران وابسته به غلظت متابولیت‌های عمده آن (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) است که باعث ارائه رنگ و عطر و طعم به کلاله می‌شوند (۱۹). با توجه به اهمیت ترکیبات موجود در کیفیت زعفران و تأثیر شرایط آب و هوایی در سال‌های مختلف روی میزان متابولیت‌های ثانویه و خواص آنتی‌اکسیدانی این گیاه ارزشمند، این بررسی با هدف ارزیابی عملکرد و کیفیت زعفران و مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی قسمت‌های مختلف زعفران در طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در آزمایشگاه تولید و فرآوری گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های زعفران مورد استفاده در این آزمایش، از مزارع زعفران در بخش بناب شهرستان مرند (در ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی) در طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ برداشت شده و پس از خشک‌کردن به صورت دستی در سایه، میزان متابولیت‌های ثانویه عمده و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قسمت‌های مختلف زعفران شامل کلاله، خامه، گلبرگ و پرچم مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین میزان ترکیبات مؤثره زعفران شامل پیکروکروسین (جذب محلول آبی ۱ درصد در طول موج ۲۵۴ نانومتر، بر حسب ماده خشک)، سافرانال (جذب محلول آبی ۱ درصد در طول موج ۳۳۰ نانومتر، بر حسب ماده خشک) و کروسین (جذب محلول آبی ۱ درصد در طول موج ۴۴۰ نانومتر، بر حسب ماده خشک) آنالیز شیمیایی قسمت‌های مختلف گیاه در آزمایشگاه 'تولید و فرآوری گیاهان دارویی' دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. مقادیر هر یک از ترکیبات با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۶).

رابطه ۱

$$A^{\%1}_{1\,cm}\ (\lambda max) = \frac{D \times 10000}{m \times (100 - W_{MV})}$$

λmax مقادیر هر ترکیب رنگی می‌باشد، D میزان جذب هر یک از موارد ذکر شده است و m وزن نمونه بر حسب گرم، W_{MV} میزان رطوبت نمونه می‌باشد.

تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

به منظور استخراج عصاره زعفران از روش پرکولاسیون (خیساندن) استفاده شد. قسمت‌های مختلف زعفران به طور مجزا آسیاب شده و از الک با مش ۴۰ میکرون عبور داده شدند. به منظور استخراج عصاره گلبرگ زعفران به روش حلال سرد، از حلال اتانول ۷۰ درصد استفاده شد. به این ترتیب که پودر اجزای زعفران (جداگانه) و حلال به نسبت ۱:۲۰ (وزنی:حجمی) با هم مخلوط شد و اختلاط به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط روی شیکر انجام شد و فیلتراسیون با استفاده از کاغذ صافی و قیف بوخنر انجام شد. سپس از دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. قبل از صاف کردن توسط کاغذ صافی به عصاره استخراج شده اجازه داده شد تا بخش جامد براساس اختلاف دانسیته با حلال‌های

مورد استفاده، از حلال جدا گردد (۲۷). این روش آماده‌سازی در هر درصد حلال با چهار بار تکرار انجام شد.

در لوله‌های آزمایشی دربدار و پوشیده شده با فویل آلومینیومی (به منظور جلوگیری از نور)، ۵۰ میکرولیتر از عصاره‌های مختلف زعفران را با ۱۹۵۰ میکرولیتر محلول ۵۰۰ میکرولیتر DPPH در متانول، مخلوط گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس به کمک دستگاه اسپکتوفتومتر جذب آن‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر و در برابر سل حاوی اتانول خوانده شد و مطابق با فرمول زیر محاسبه شد:

رابطه ۲

$$I\% = \left(\frac{A_{blank} - A_{sample}}{A_{sample}}\right) \times 100$$

در این رابطه A_{blank} جذب نوری کنترل منفی را که فاقد عصاره می‌باشد، نشان می‌دهد و A_{sample} جذب نوری غلظت‌های مختلف عصاره را بیان می‌کند (۱۷، ۱۸)

جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه زعفران‌کاران بناب در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ (N=۳۹) بود. داده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور تهیه و براساس روش‌های اقلیمی مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین همبستگی پیرسون بین فاکتورهای اقلیمی شامل میانگین دما و رطوبت در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ و همچنین ترکیبات مؤثره اندازه‌گیری شده شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال مورد محاسبه قرار گرفت.

نتایج و بحث

قسمت‌های مختلف زعفران (کلاله، خامه، پرچم و گلبرگ) در طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از مزارع زعفران مرند استان آذربایجان شرقی برداشت شد و پس از خشک کردن به صورت دستی در سایه، میزان جذب نمونه‌ها جهت بررسی حضور متابولیت‌های ثانویه کروسین، پیکروکروسین و سافرانال مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج جذب نمونه‌های مختلف زعفران در سه طول موج مختلف در سال ۱۳۹۳ (شکل ۱) و سال ۱۳۹۴ (جدول ۱) نشان داده شده است. فاکتورهای مختلفی نظیر شرایط اقلیمی متفاوت، زمان برداشت، خشک شدن و نگهداری موجب تفاوت در مقادیر متابولیت‌های ثانویه زعفران به شمار می‌رود (۱۰). میزان کاروتنوئیدها تحت شرایط محیطی مانند دما و رطوبت تغییر می‌کند. تأثیر مثبت ارتفاع از سطح دریا بر میزان کروسین در کلاله‌های زعفران ثابت شده است (۱۹). افزایش میزان ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدها با افزایش ارتفاع از سطح دریا می‌تواند در واکنش به افزایش اشعه ماورای بنفش اثرگذار باشد (۳۴).

تفاوت میزان ترکیبات موجود در کلاله زعفران در مکان‌های مختلف را عمدتاً ناشی از تفاوت محیط، ژنتیک (توده محلی و منشأ آن) و مدیریت‌های کشاورزی دانسته‌اند. زرین کمر و همکاران (۳۳) تفاوت در ارتفاع از سطح دریا را عامل مهمی در تعیین کیفیت زعفران عنوان کرده‌اند. آن‌ها میزان پیکروکروسین را در ارتفاع ۱۴۰۰ متر، بیشتر از ۷۰۰ متر از سطح دریا مشاهده کردند. همچنین فاکتورهای دیگری نظیر سن مزرعه، فصل، تابش، رقابت، آلودگی‌های میکروبی و وضعیت تغذیه‌ای بر میزان متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تأثیر دارند (۳۱).

شکل ۱- میزان ترکیبات مؤثره در کلاله و خامه زعفران جمع‌آوری شده در سال ۱۳۹۳

Figure 1- The amount of effective compounds of saffron stigma and style collected in year 2014

ملکول پیکروکروسین در طی فرایند خشک شدن و نگهداری، تجزیه شده و به سافرانال تبدیل می‌شود که مسئول اصلی عطر زعفران می‌باشد. در ارتفاعات مختلف از سطح دریا، شرایط محیطی مختلفی نیز برقرار است که بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مانند اندازه برگ، عملکرد فتوسنتز، باز و بسته بودن روزنه‌ها و وضعیت کریپت و متابولیسم گیاهی و در نهایت میزان ترکیبات مؤثره اثر می‌گذارد (۱۲) و این امر می‌تواند در مورد زعفران که گیاهی مقاوم به شرایط نیمه‌خشک است، مشهود باشد. همچنین افزایش ضخامت کوتیکول برگ‌ها، تراکم روزنه و افزایش اندازه و عمق کریپت‌ها در ارتفاع کمتر مشاهده شده است (۳۳). با افزایش ارتفاع از سطح دریا دمای هوا کاهش یافته و میزان بارندگی افزایش می‌یابد. با توجه به تأثیر این عوامل بر متابولیسم گیاهی و در نتیجه تأثیر بر میزان متابولیت‌های ثانویه گیاهی، طبق نتایج به دست آمده با کاهش ارتفاع از سطح دریا میزان پیکروکروسین و کروسین کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش مقادیر کم متابولیت‌های ثانویه در خامه زعفران، استفاده از زعفران سرگل شامل کلاله و بدون خامه می‌باشد به ویژه در صنایع داروسازی و جهت صادرات توصیه می‌گردد.

جدول ۱- میزان ترکیبات مؤثره در بخش‌های مختلف گل زعفران در سال ۱۳۹۴

Table 1- The amount of effective compounds of different flower parts of saffron collected in year 2015

بخش گل Flower part	کروسین Crocin ($mg.g^{-1}$)	سافرانال Safranal ($mg.g^{-1}$)	پیکروکروسین Picrocrocin ($mg.g^{-1}$)
کلاله Stigma	223.82	27.606	102.15
خامه Style	8.153	7.252	13.42
پرچم Flagella	0.681	9.876	24.30
گلبرگ Petals	0.901	49.95	62.22

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، گلبرگ زعفران دارای مقدار زیادی پیکروکروسین می‌باشد (۶۲/۲۲ میلی‌گرم بر گرم در سال ۱۳۹۴) (جدول ۱). با توجه به این که حجم بسیار زیادی گلبرگ زعفران در منطقه به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، می‌توان از این بخش گیاه جهت تأمین پیکروکروسین استفاده کرد. از سوی دیگر میزان سافرانال در گلبرگ‌های زعفران بیشتر از کلاله می‌باشد (۴۹/۹۵ میلی‌گرم بر گرم در سال ۱۳۹۴). لذا با توجه به ضایعات فراوان زعفران در کشور، بررسی راهکارهایی جهت استفاده از آن‌ها در صنایع مختلف مانند عطرسازی، رنگسازی و مواد غذایی امری مهم به نظر می‌رسد.

طبقه‌بندی اقلیمی شهرستان مرند

طبقه‌بندی دومارتن طبق روش دومارتن از فرمول زیر محاسبه شد که وی دما را به عنوان عامل اصلی در طبقه‌بندی اقلیمی خود قرار داده است. براساس روش محاسبه شده، شهرستان مرند دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد (جدول ۲).

$$I = \frac{P}{T+10}$$

I: ضریب خشکی دومارتن

P: بارندگی سالانه به میلی‌متر

T: درجه حرارت سالانه به درجه سانتی‌گراد

جدول ۲- ضریب خشکی دومارتن

Table 2- Dumarten dryness coefficient

نوع اقلیم Type of climate	محدوده ضریب خشکی دومارتن Domarten drought coefficient range
خشک Dry	I<10
نیمه‌خشک Semi-arid	19.9>I>10
مدیترانه‌ای Mediterranean	23.9>I>20
نیمه مرطوب Sub-humid	27.9>I>24
بسیار مرطوب Very wet	28>I>34.9
مرطوب Wet	I>35

دمای هوا

تغییرات دمای ماهانه مهمترین عامل محیطی در تنظیم گلدهی

بسیاری از گیاهان پیازدار از جمله زعفران می‌باشد. در بررسی میانگین درجه حرارت، مؤثرترین ماه‌ها بر عملکرد زعفران مهر، آبان، آذر و دی می‌باشد (۱۶). میانگین دما در ماه‌های فصل پاییز که گلدهی زعفران رخ می‌دهد، به ترتیب در ماه‌های مهر، آبان و آذر در سال ۱۳۹۳، عبارت بود از ۱۴/۳، ۷/۴ و ۲/۸ و در سال ۱۳۹۴ در شهرستان مرند، ۱۷/۳، ۸، ۷/۹ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۲) که یکی از دلایل کیفیت بهتر زعفران مرند، پایین بودن دما نسبت به شهرهای تولید زعفران در استان خراسان می‌باشد (۱۶).

شکل ۲- میانگین دمای هوا در شهرستان مرند در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی¬داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 2- The air average temperature in Marand city (2014 and 2015)

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین از نظر درجه حرارت حداکثر تأثیرگذار هستند (۱۶). درجه حرارت حداقل، عامل اصلی و تعیین‌کننده تشکیل و ظهور گل می‌باشد. در زمان برداشت گل، هرچه کاهش درجه حرارت شب بیشتر باشد، در روز بعد تعداد گل بیشتری ظاهر خواهد شد (۲۱). درجه حرارت حداقل در ماه‌های ظهور گل زعفران (مهر، آبان و آذر) تأثیر بسیار مهمی بر عملکرد اقتصادی زعفران دارد (۱۶). در مناطق زعفران‌کاری شهرستان مرند، گلدهی در مهرماه شروع شده و قسمت عمده برداشت گل در ماه آبان صورت می‌گیرد. بنابراین دمای حداکثر (شکل ۳) و حداقل (شکل ۴) در این ماه‌ها بر کیفیت گل و کلاله زعفران تأثیر بسزایی دارد. در مهرماه میانگین حداقل دما در مرند در سال ۱۳۹۳، ۱۰/۲ و در سال ۱۳۹۴، ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد بوده است.

شکل ۳- میانگین حداکثر دمای هوای مرند در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Figure 3- The air average maximum temperature in Marand city (2014 and 2015)

شکل ۴- میانگین حداقل دمای هوای مرند در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴
Figure 4- The air average minimum temperature in Marand city (2014 and 2015)

یکی از مهمترین مسائلی که موجب کاهش شدید عملکرد زعفران می‌شود، وقوع یخبندان در زمان گلدهی گیاه و فعالیت بنه زعفران است که موجب از بین رفتن گیاه می‌شود (۸). گلدهی عمدتاً از نیمه مهر تا نیمه آبان صورت می‌گیرد و تعداد روزهای یخبندان در مرند در آبان ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به‌ترتیب ۴ و ۵ روز بوده است که معمولاً در روزهای آخر آبان ماه رخ می‌دهد، آسیب جدی به کمیت و کیفیت گل‌ها وارد نمی‌کند و این کم بودن تعداد روز یخبندان مزیتی برای کشت زعفران در این منطقه به شمار می‌رود. پس از زرد و خشک شدن برگ‌های زعفران در اواخر بهار، فعالیت بنه کاهش یافته و گیاه به رکود می‌رود. با وجود این که پوشش و فلس بنه به عنوان عایقی در برابر گرمای داغ تابستان است، وجود دمای کمتر هوا در تابستان در شهرستان مرند به دلیل شرایط کوهستانی منطقه، می‌تواند موجب بالاتر بودن کمیت و کیفیت زعفران در این منطقه نسبت به مزارع زعفران استان خراسان به شمار رود (۶).

بارندگی و رطوبت نسبی هوا

بارندگی در فصل‌های پاییز و زمستان، برای رشد مناسب زعفران و افزایش عملکرد و کیفیت آن مناسب و ضروری می‌باشد. در صورت بارندگی کم در این فصول، کشاورزان اقدام به آبیاری می‌کنند (۷). بارندگی و دمای پایین در فصل زمستان موجب می‌شود که بنه‌های دختری آب و مواد آلی (املاح معدنی باران) و دی اکسیدکربن موردنیاز را از طریق برگ جذب کرده و با افزایش میزان فتوسنتز، باعث افزایش تعداد و حجم بنه‌های دختری گردند (۱). میانگین بارش در سال ۱۳۹۳ و در فصل‌های پاییز و زمستان به‌ترتیب ۶۴/۳۶ و ۲۷/۶۳ میلی‌متر در ماه بوده است و در سال ۱۳۹۴ به‌ترتیب ۵۰/۹۷ و ۴۵/۳۵ میلی‌متر بصورت ماهانه بوده است (شکل ۵).

برگ‌های زعفران در اردیبهشت ماه شروع به زرد و خشک شدن کرده و بنه‌های دختری وارد رکود و خواب تابستانه می‌شوند. بارندگی کم در طی فصل خواب تابستانی (اردیبهشت تا مهر ماه)، موجب افزایش کیفیت زعفران خواهد گردید (۱). میزان بالای بارندگی در ماه‌های شهریور یا مرداد باعث می‌شود به جای رشد گل‌ها، ابتدا برگ‌ها سبز می‌شوند. در این صورت، برداشت گل با مشکل مواجه شده و کیفیت زعفران پایین می‌آید (۱۳). میزان بالای بارندگی در شهریور ماه در منطقه مرند ممکن است موجب ایجاد این مسئله شود و برداشت گل را تا حدودی دچار مشکل نماید، اما با توجه به سبک بودن نسبی خاک در این منطقه، عملاً کشاورزان زعفران‌کار شهرستان مرند با این مشکل روبرو نمی‌شوند و در حدود اوایل مهرماه، بسته به شرایط آب و هوایی آن سال، آبیاری صورت می‌گیرد (۴).

زعفران به رطوبت بالا حساس بوده و وجود رطوبت بالا به ویژه در ماه‌های مهر و آبان که مصادف با آغاز فعالیت بنه و گلدهی گیاه است (۶). میانگین رطوبت نسبی در منطقه مرند در این ماه‌ها به نسبت کمتر می‌باشد (شکل ۶).

شکل ۵- میانگین بارش ماهانه شهرستان مرند در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Figure 5- The average monthly rainfall in Marand city (2014 and 2015)

شکل ۶- میانگین رطوبت نسبی شهرستان مرند در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Figure 6- The average relative humidity in Marand city (2014 and 2015)

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین فاکتورهای اقلیمی در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ و ترکیبات کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در شهر مرند

Table 3- Coefficients of correlation between climatic factors in two years 2014 and 2015 and combinations of crocin, picrocrocin and safranal in Marand city

ردیف Row	صفت Trait	سال Year	دما Temperature	بارش Rainfall	کروسین Crocin	پیکروکروسین Ppicrocrocin	سافرانال Safranal
1	سال (Year)	1					
2	دما (Temperature)	-0.24	1				
3	بارش (Rainfall)	0.616	-0.042	1			
4	کروسین (Crocin)	-0.99**	0.061	-0.612	1		
5	پیکروکروسین (Picrocrocin)	-0.95**	0.092	-0.347	0.95**	1	
6	سافرانال (Safranal)	-0.936**	0.048	-0.3	0.938**	0.998**	1

نتایج حاصل از همبستگی بین فاکتورهای اقلیمی شامل میانگین دما و رطوبت در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ و همچنین ترکیبات مؤثره اندازه‌گیری شده شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در جدول ۳ آمده است. براساس نتایج حاصل، بین سال و ترکیبات اندازه‌گیری شده همبستگی منفی در حد معنی‌داری بالا وجود دارد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی قسمت‌های مختلف زعفران

در این تحقیق فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های مختلف گل زعفران طی دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کلاله زعفران در سال‌های ۱۳۹۳ (۳۰/۴۳ درصد) کمتر از سال ۱۳۹۴ (۱۰/۱۷ درصد) بود. در مورد فعالیت بازدارندگی گلبرگ‌های زعفران نیز نتایج مشابهی به دست آمد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ‌های زعفران جمع‌آوری شده از منطقه در سال ۱۳۹۳ (۸۸/۳۲ درصد) بیشتر از سال ۱۳۹۴ (۶۴/۰۱ درصد) به دست آمد (شکل ۷).

شکل ۷- فعالیت آنتی‌اکسیدانی کلاله و گلبرگ زعفران در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Figure 7- The antioxidant activity of saffron stigma and petal (2014 and 2015)

با توجه به نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های مختلف زعفران با استفاده از روش DPPH، در هر دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گلبرگ‌ها مشاهده گردید (شکل ۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های مختلف گل زعفران در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین، پس از گلبرگ، پرچم بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در بین بخش‌های مختلف زعفران در نمونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع زعفران بخش بناب شهرستان مرند نشان داد (شکل ۸). بنابر نتایج تحقیق حاضر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی خامه و پرچم زعفران به

ترتیب ۲۴/۰۷ و ۵۸/۰۳ درصد بوده است. در بسیاری از مناطق کشت زعفران به ویژه در منطقه مورد مطالعه، خامه گل نیز همراه کلاله زعفران برداشت می‌شود. براساس نتایج حاصل از این تحقیق، بخش خامه گل دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالاتری از کلاله بود و همین امر می‌تواند به افزایش نسبی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش برداشت شده زعفران به عنوان محصول تجاری کمک کند (شکل ۸).

شکل ۸- میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های مختلف گل زعفران

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 8- The average of antioxidant activity in different parts of saffron flower

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

بررسی فعالیت به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH یکی از روش‌های تعیین میزان خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و درجه بی‌رنگ شدن این ترکیب در طول موج ۵۱۷ نانومتر، بیانگر قدرت به دام‌اندازی رادیکال آزاد توسط آنتی‌اکسیدان مربوطه می‌باشد. عوامل مختلفی مانند عوامل محیطی، شرایط برداشت و خشک کردن می‌تواند خصوصیات آنتی‌اکسیدانی کلاله زعفران را تحت تأثیر قرار دهد (۲۸).

با توجه گلبرگ زعفران در کشور، بررسی راهکارهایی جهت استفاده از آن‌ها در صنایع مختلف مانند عطرسازی، رنگسازی و مواد غذایی امری مهم به نظر می‌رسد. ایران یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید زعفران در دنیا محسوب می‌شود. در فرآیند تولید زعفران از قسمت کلاله و خامه گل به عنوان زعفران تجاری استفاده می‌شود و سایر قسمت‌های گل از جمله گلبرگ‌ها به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود که از حجم بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و با توجه به روند افزایش تولید، پیش‌بینی می‌شود در سال‌های آینده حتی این مقدار هم افزایش پیدا کند. بنابراین یافتن راه‌حلی برای بازیافت این حجم از ضایعات از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. افرازه و همکاران (۲) با بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی و الکلی گلبرگ زعفران به روش احیای رادیکال آزاد DPPH، فعالیت بالای آنتی‌اکسیدانی عصاره اتانولی و همچنین وجود ارتباط بین ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ زعفران را مشاهده کردند. با توجه به این که با افزایش مضرات و خطرات رنگ‌های مصنوعی و کاربرد گسترده آن‌ها در مواد غذایی، استخراج و خالص‌سازی عصاره‌های رنگی از منابع طبیعی ارزان قیمت مورد توجه خاصی قرار گرفته است، در نتیجه عصاره ضایعات گل زعفران منبعی ارزان برای تولید آنتی‌اکسیدان طبیعی خواهد بود (۲۱).

شاید کمتر بودن دما در مهرماه که زمان گل آغازی و قبل از ظهور گل‌ها می‌باشد، موجب بهبود ارتقای کیفیت گل‌ها و افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی کلاله و گلبرگ زعفران در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ باشد (شکل ۸). همچنین بالاتر بودن ارتفاع از سطح دریا در شهرستان مرند (حدود ۱۳۳۰ متر) نسبت به شهرستان کاشمر (با ارتفاع ۱۰۶۳ متر از سطح دریا) که یکی از مراکز تولید زعفران در ایران می‌باشد، موجب کمتر بودن میانگین دمای سالانه و در نتیجه بهتر بودن کیفیت زعفران در این منطقه می‌باشد. ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین از نظر درجه حرارت حداکثر تأثیرگذار هستند (۱۶). از سوی دیگر، درجه حرارت حداقل عامل اصلی و تعیین‌کننده تشکیل و ظهور گل می‌باشد. به این صورت که هرچه افت درجه حرارت شب بیشتر باشد، روز بعد تعداد گل بیشتری جمع خواهد شد (۲۱).

نتیجه‌گیری

میزان ترکیبات ماده مؤثره در گیاه به هیچ‌وجه ثابت نبوده و متناسب با شرایط رشدی و اقلیمی و زمان برداشت تغییر می‌نماید. کیفیت زعفران به میزان ترکیبات کروسین، پیکروکروسین و سافرانال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بستگی دارد. این ترکیبات در اندام‌های مختلف زعفران (کلاله، خامه، پرچم و گلبرگ‌ها) و در طی سال‌های متوالی متغیر می‌باشد. با توجه به کاربرد وسیع زعفران در صنایع

داروسازی و غـذایی، شناسـایی منـاطق جدیـد کشـت حـائز اهمیـت می‌باشد. منطقه بناب مرنـد آذربایجـان شـرقی در اثـر تغییـرات آب و هوایی منطقه مناسب برای کشت زعفران می‌باشد و کیفیت اندام‌های مختلف زعفران در سال‌های متوالی کشت چندساله زعفـران متفـاوت می‌باشد. بطوریکه بیشترین میـزان کروسـین در سـال اول کشـت در اندام کلاله و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در کلاله و گلبرگ بیشترین مقدار را داشتند و در سال بعدی میزان پیکروکروسین در کلالـه و سـافرانال در گلبرگ از بیشترین میزان برخوردار بودند.

منابع

1. Abrishami M.H. 2009. Saffron cultivation. Monthly Journal Baghdar 35: 26-32. (In Persian with English abstract)
2. Afrazeh Z., Bolandi M., Khorshidi M., and Mohammadi Nafchi A. 2014. Evaluation of antioxidant activity of aqueous and alcoholic extracts (methanol, ethanol) saffron petals. Saffron Agronomy & Technology 2(3): 231-236. (In Persian with English abstract)
3. Aghaei M., and Rezagholizadeh M. 2011. Iran's comparative advantage in production of saffron. Journal of Agricultural Economics and Development 25: 121–132. (In Persian with English abstract)
4. Alizadeh-Salteh S. 2016. Evaluation of the effect of maternal corm and planting methods on flower and replacement corms yield of two ecotypes of saffron (*Crocus sativus* L.) in Tabriz. Saffron Agronomy and Technology 3(4): 31-45. (In Persian with English abstract)
5. Amirghasemi T. 2001. Saffron, Red Gold of Iran. Ayandegan publication, Tehran. (In Persian with English abstract)
6. Assimopoulou A.N., Sinakos Z., and Papageorgiou V. 2005. Radical scavenging activity of *Crocus sativus* L. extract and its bioactive constituents. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives 19(11): 997-1000.
7. Behdani M. 2006. Ecological zoning and performance monitoring saffron fluctuation in Khorasan. Ph.D dissertation, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
8. Behdani M.A., Nassiri M., and Koocheki A.A. 2003. Modeling saffron flowering time across a temperature gradient. In I International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology 650 (pp. 215-218).
9. Bergamini C.M., Gambetti S., Dondi A., and Cervellati C. 2004. Oxygen, reactive oxygen species and tissue damage. Current Pharmaceutical Design 10(14): 1611-1626.
10. Carmona M., Zalacain A., Pardo J.E., López E., Alvarruiz A., and Alonso G.L. 2005. Influence of different drying and aging conditions on saffron constituents. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(10): 3974-3979.
11. Chimi H., Cillard J., Cillard P., and Rahmani M. 1991. Peroxyl and hydroxyl radical scavenging activity of some natural phenolic antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society 68(5):307-312.
12. Cossignani L., Urbani E., Simonetti M.S., Maurizi A., Chiesi C., and Blasi F. 2014. Characterisation of secondary metabolites in saffron from central Italy (Cascia, Umbria). Food Chemistry 143:446-451.
13. Farajzadeh M., and Tklvbyghsh A. 2002. Region of the province's Hamedan climatic classification using GIS. Geographical Research 41: 93-105. (In Persian with English abstract)
14. Gil M.I., Tomás-Barberán F.A., Hess-Pierce B., and Kader A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 4976-4982.
15. Hemmati Kakhki A., and Rahimi S.K. 1994. Extraction of anthocyanin from petals of saffron (*Crocus sativus* L.) and its stability in a model beverage. Iran. Res. Org. Sci. Technol.
16. Koozegaran S., Mousavi Baygi M., Sanaeinejad H., and Behdani M. 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in South Khorasan to identify relevant areas for saffron cultivation using GIS. Soil and Water 25: 892-904. (In Persian with English abstract)
17. Kosar M., Bozan B., Temelli F., and Baser K.H.C. 2007. Antioxidant activity and phenolic composition of sumac (*Rhus coriaria* L.) extracts. Food Chemistry 103(3): 952-959.
18. Kossah R., Zhang H., and Chen W. 2011. Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract. Food Control 22(1): 128-132.
19. Lage M., and Cantrell C.L. 2009. Quantification of saffron (*Crocus sativus* L.) metabolites crocins, picrocrocin and safranal for quality determination of the spice grown under different environmental Moroccan conditions. Scientia Horticulturae 121(3): 366-373.
20. Mathew S., and Abraham T.E. 2006. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of Cinnamomum verum leaf extract assayed by different methodologies. Food and Chemical Toxicology 44(2): 198-206.
21. Molina R.V., Garcia-Luis A., Coll V., Ferrer C., Valero M., Navarro Y., and Guardiola J.L. 2004. Flower Formation in the Saffron Crocus (*Crocus sativus* L.). The Role of Temperature. ACTA Horticulturae. 39-48.
22. Molnar J., Szabo D., Pusztai R., Mucsi I., Berek L., Ocsovszki I., and Shoyama Y. 2000. Membrane associated antitumor effects of crocine-, ginsenoside-and cannabinoid derivates. Anticancer research, 20(2A):861-867.
23. Moshiri E., Basti A.A., Noorbala A.A., Jamshidi A.H., Abbasi S.H., and Akhondzadeh S. 2006. *Crocus sativus* L.

(petal) in the treatment of mild-to-moderate depression: a double-blind, randomized and placebo-controlled trial. Phytomedicine, 13(9-10):607-611.
24. Nair S.C., Pannikar B., and Panikkar K.R. 1991. Antitumour activity of saffron (*Crocus sativus*). Cancer letters, 57(2):109-114.
25. Schmidt M., Betti G., and Hensel A. 2007. Saffron in phytotherapy: pharmacology and clinical uses. Wiener Medizinische Wochenschrift, 157(13-14):315.
26. Soeda S., Ochiai T., Shimeno H., Saito H., Abe K., Tanaka H., and Shoyama Y. 2007. Pharmacological activities of crocin in saffron. Journal of Natural Medicines 61(2): 102-111.
27. Su L., Yin J.J., Charles D., Zhou K., Moore J., and Yu L. 2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. Food Chemistry 100(3): 990-997.
28. Tajik S., Zarinkamar F., and Bathaie Z. 2012. Quantification of crocin, picrocrocin and safranal components of saffron (*Crocus sativus* L.) in Ghaen and Tabas regions. Iranian Journal of Biology 25(3). (In Persian with English abstract)
29. Temperini O., Rea R., Temperini A., Colla G., and Rouphael Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 19-23.
30. Verma S.K., and Bordia A. 1998. Antioxidant property of saffron in man. Indian Journal of Medical Sciences 52(5): 205-207.
31. Williams C.A., and Harborne J.B. 1988. Distribution and evolution of flavonoids in the monocotyledons. In The Flavonoids (pp. 505-524). Springer, Boston, MA.
32. Winterhalter P., and Straubinger M. 2000. Saffron—renewed interest in an ancient spice. Food Reviews International 16(1): 39-59.
33. Zarinkamar F., Tajik S., and Soleimanpour S. 2011. Effects of Altitude on Anatomy and Concentration of Crocin, Picrocrocin and Safranal in *Crocus sativus* L. Australian Journal of Crop Science 5(7): 831.
34. Zidorn C., Schubert B., and Stuppner H. 2005. Altitudinal differences in the contents of phenolics in flowering heads of three members of the tribe Lactuceae (Asteraceae) occurring as introduced species in New Zealand. Biochemical Systematics and Ecology 33(9): 855-872.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 579-590
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۹۰-۵۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Climate Effect on Saffron's Metabolites (Crocin, Picrocrocin and Safranal) in Bonab Region of Marand

S. Alizadeh-Salteh[1]*- M. Amani[2]
Received: 28-11-2020
Accepted: 13-07-2021

Introduction: Nowadays, due to the decrease in rainfall and groundwater level, the cultivation of crops with low water requirements should be given priority. Different regions of Iran, especially the region of East and West Azerbaijan, have faced a decrease in rainfall in recent years, compared to previous years. Saffron could have relatively stable production in these areas due to low water demand and suitable economic efficiency. Special properties of saffron such as low water requirement, irrigation in non-critical times, water requirement of other plants, possible operation of farms for several years after one planting, ease of transportation and storage of the product, possibility of high employment, possibility of cultivation in areas that lack industrial talents and limited agricultural water, having medicinal properties and also, suitable domestic and foreign sales market has made this plant for cultivation. On the other hand, saffron cultivation in the Iran could increase employment and non-oil exports.If we pay attention to its production and processing processes, it could provide a significant currency to the country. Today the cultivation of saffron is under development in areas such as Azerbaijan. On the other hand, due to the harmful effects of the using synthetic antioxidants in the food and pharmaceutical industries, special attention has been paid for using of natural antioxidants. Considering the importance of compounds in saffron quality and the effect of climatic conditions in different years on the amount of secondary metabolites and antioxidant properties of this valuable plant, the present experiment were evaluated the yield and quality of saffron and compared antioxidant activity of different parts of saffron during two cropping years.

Materials and Methods: The effect of climate of Marand city of East Azarbaijan province in different years on quality and antioxidant characteristics of different parts of saffron was investigated in this region. So, the climatic factors governing this region during two consecutive years of 2014 and 2015 in terms of temperature, rainfall and humidity were studied using meteorological data. Saffron yield in the region were obtained by using a questionnaire from saffron producers in the region. Meanwhile, the amount of crocin, picocrocin and safranal and the antioxidant activity of different parts of saffron, including stigma, style, stamen and petals, were examined.

Results and Discussion: The results showed that the Marand city was classified as semi-arid in accordance the amount of crocin metabolites in 2014 (maximum: 306 mg/g in the stigma), picocrocin in 2015 (102.15 mg/g in the stigma), and Safranal in 2015 (highest: 49.95 mg/g in saffron petals) and the antioxidant activity of saffron and saffron petals were the highest in 2014 (30.43% and 88.32%, respectively). The results showed that the quality of different parts of saffron varied in different years. Due to the quality of different parts of saffron in different years, different parts could be used for exploitation.

Conclusion: The amount of active ingredients in the plant were not constant at all and varied according to the growth and climatic conditions and harvest time. Changes in the amount of active ingredients in the plant over consecutive years or even hours a day emphasized the importance of collecting the medicinal plant when the plant contained the maximum amount of active ingredient. The quality of saffron depended on the amount of crocin, picrocrocin and safranal compounds and antioxidant activity. These compounds varied in different organs of saffron (stigma, style, stamen and petals) and over consecutive years. Bonab of Marand region of East Azerbaijan is suitable for saffron cultivation due to the climate change. The quality of different saffron organs were different in consecutive years of multi-year cultivation. The highest amount of crocin in the first year of cultivation in the stigma and its antioxidant activity in the stigma and petals were the highest and in the following year the amount of picrocrocin in the stigma and safranal in the petals were the highest. Therefore, different metabolites could be harvested according to the need in the maximum number of years.

Keywords: Active ingredients, Quality, Stigma

1- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Ph.D. Student in Production and Post-Harvest Physiology of Horticultural Plants, Department of Horticulture, Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: s.alizadeh@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.61978.0

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 591-604
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۰۴-۵۹۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر رشد گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری

محدثه شمس الدین سعید[۱*]- محمود رمرودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶

چکیده

بیوچار به عنوان منبع کربن آلی و اصلاح کننده خاک، در کشاورزی مورد توجه است و خصوصیات آن تحت تاثیر دمای پیرولیز قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر جهت تهیه بیوچار، مخلوط کود گاوی و گوسفندی به مدت چهار ساعت در دما ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، پیرولیز شد. سپس با هدف ارزیابی تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز (صفر، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) بر رشد گیاه همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس‌برمتر)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر-کرمان، در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. با افزایش دمای پیرولیز به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، اسیدیته و هدایت الکتریکی بیوچار به‌ترتیب ۱۶/۲۹ و ۶۰/۳۷ درصد افزایش و عملکرد بیوچار (۵۲/۲۸ درصد) و چگالی ظاهری (۴۸/۱۰ درصد) آن کاهش یافت. محتوای خاکستر نیز ۱/۵ برابر شد. همچنین با افزایش شوری ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ کاهش یافت. در تنش ۱۲ دسی‌زیمنس‌برمتر و دمای پیرولیز ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، میزان پتاسیم و پرولین برگ افزایش یافت. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز در تیمار بیوچار دمای ۶۰۰ درجه و تنش ۸ و ۴ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد. درمجموع، شوری بیوچار مهمترین خصوصیات نامطلوب آن می‌باشد که با افزایش دمای پیرولیز این ویژگی منفی شدت می‌یابد، لذا توصیه برای استفاده از بیوچار در خاک‌های شور نیازمند به مطالعات بیشتری می‌باشد. در پژوهش حاضر استفاده از بیوچار در شرایط تنش شوری تاثیر مثبت قابل ملاحظه‌ای در ایجاد مقاومت در گیاه همیشه بهار و تحمل تنش شوری نداشت.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، پتاسیم، چگالی ظاهری، هدایت الکتریکی

مقدمه

ایران کشوری با اقلیم خشک و گرم می‌باشد که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت در آن از نوع خاک‌های شور و سدیمی است (۴۰). شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی در کشاورزی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد که اثرات منفی شدیدی بر رشد و تولید محصول بر گیاهان (۴) از جمله گندم (۲۴) و گیاه همیشه بهار دارد (۲۲). در بررسی پاسخ گیاه همیشه بهار به تنش شوری، نتایج نشان داد با افزایش سطح شوری شاخص‌های رشدی و عملکردی از جمله سطح و تعداد برگ، ارتفاع ساقه و تعداد گل به طور معنی‌داری کاهش یافتند (۲۲). خاک‌هایی که تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرند به دلیل کمبود ماده آلی ساختمان ضعیفی دارند و افزودن ماده آلی می‌تواند سبب بهبود پایداری خاک شود (۹).

از جمله اهداف اصلی نظام‌های زراعی افزایش تولید در واحد سطح، کاهش هزینه‌های تولید و کارایی مصرف بالاتر نهاده بدون آسیب زدن به محیط زیست، آب و خاک و نیز حفظ کیفیت محصول می‌باشد (۳۲). در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک، عدم وجود پوشش گیاهی کافی و مناسب موجب کاهش بازگشت بقایای گیاهی به خاک و در نتیجه فقر ماده آلی خاک می‌گردد (۹). به همین دلیل تأمین نیاز غذایی گیاه از طریق مصرف کودهای شیمیایی و دامی و بازگرداندن بقایای آلی به خاک، جهت افزایش تولید، انکار ناپذیر است (۳۰). تجزیه کودهای حیوانی اغلب منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله متان و اکسیدهای نیتروژن شده که پتانسیل آن‌ها در تغییر اقلیم به

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: Mohadesehsaid2014@uk.ac.ir)
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
DOI: 10.22067/JHS.2021.67776.1005

ترتیب ۲۵ و ۲۹۸ بار بیشتر از دی‌اکسیدکربن است (۱۲). بعلاوه، از آنجا که کود گاوی دارای مقدار زیادی از شکل‌های قابل دسترس نیتروژن و فسفر می‌باشد، بنابراین کاربرد آن در خاک می‌تواند سبب افزایش خطر آبشویی عمقی و خروج این عناصر به صورت رواناب از انتهای مزرعه و در نتیجه آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شود. کاربرد و مصرف کودهای دامی به علت وجود پاتوژن‌ها، تصاعد متان و ایجاد بوی نامطبوع، آلودگی‌های زیست محیطی را به دنبال دارد (۷).

در سال‌های اخیر از بیوچار (زغال زیستی) به عنوان اصلاح کننده خاک (منبع کربن آلی) و به نوعی روشی برای ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی استفاده می‌شود. بیوچار، زغال تهیه شده از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی مانند کاه گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر است که طی فرآیند ترموشیمیایی پیرولیز تولید می‌شود. این فرآیند، سوختن آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن، است (۱۳). با تبدیل ضایعات کشاورزی و حیوانی به بیوچار در واقع نه تنها انرژی آزاد شده، بلکه حجم و وزن مواد زائد و اثرات نامطلوب شیرابه نیز تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد (۲۹). دما از متغیرهای اصلی در تهیه بیوچار است که خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و پایداری آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲۷). در همین راستا، زیمرمن و همکاران (۵۱) پایداری بیوچار تولید شده در دماهای ۴۵۰ و ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد را در چهار خاک مختلف مورد بررسی و گزارش دادند که پس از گذشت یکسال تنها ۳/۷۱-۰/۳ درصد کربن بیوچار معدنی می‌شود و با افزایش دمای پیرولیز، پایداری کربن بیوچار افزایش می‌یابد. بیوچار یک ماده اصلاح کننده مفید برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است که نقش مؤثری در حفظ ماده آلی خاک، افزایش بهره‌وری کود استفاده شده و افزایش تولید محصول به ویژه برای خاک‌های مناطق نیمه گرمسیری و گرمسیری که طولانی مدت کشت شده‌اند، دارد (۴۹). واکاری و همکاران (۴۸) با کاربرد ۶۰ تن در هکتار بیوچار تولید شده از چوب جنگلی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ درصد افزایش در عملکرد گندم را گزارش کردند. همچنین اینال و همکاران (۱۹) نیز بیان داشتند بیوچار و کود مرغی سبب بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک و افزایش رشد لوبیا و ذرت گردید. اوزوما و همکاران (۴۷) نشان دادند کاربرد ۱۰ تا ۲۰ تن در هکتار بیوچار تولید شده از کود گاوی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به خاک شنی، افزایش رشد و عملکرد ذرت را در پی داشت. تاثیر مثبت استفاده از بیوچار در بهبود رشد و عملکرد سویا (۲۸ و ۴۴) و کاهو (۱۴) نیز گزارش شده است.

همیشه بهار (*Calendula officinalis*) گیاهی یک ساله و بندرت دو ساله است که منشأ آن نواحی مدیترانه می‌باشد (۳۸) این گیاه علاوه بر مصارف خوراکی (طعم دهنده و رنگ دهنده غذا) دارای مواد مؤثره و ترکیباتی است که در صنعت (تهیه رنگ‌های نقاشی و نایلون صنعتی) و داروسازی نیز کاربرد دارد (۲۳). اگرچه در تعدادی از آزمایشات تاثیر تنش‌های زیستی بر گیاه همیشه بهار بررسی شده است، اما تاثیر تنش شوری همزمان با کاربرد بیوچار به عنوان اصلاح کننده خاک، کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین با توجه به کاهش روز افزون کیفیت منابع آب و خاک در کشور، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر کاربرد بیوچار کود دامی بر رشد گیاه همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری به اجرا درآمد. همچنین به علت تاثیر دما بر خصوصیات بیوچار، در این پژوهش تاثیر دماهای مختلف پیرولیز بر خصوصیات بیوچار کود گاوی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه بیوچار و اندازه‌گیری برخی از خصوصیات آن

جهت تهیه بیوچار با نسبت مساوی از مخلوط کود گاوی و کود گوسفندی، پس از جمع‌آوری از مزارع و دامداری‌های منطقه بردسیر به مدت چند روز نگهداری و در هوای آزاد خشک گردید و پس از عبور از الک دو میلی‌متری بعد از ساییدن، در ورقه‌های آلومنیومی بسته بندی و به مدت چهار ساعت در دماهای (۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) در داخل کوره الکتریکی قرار داده شدند تا فرایند گرماکافت انجام شود. سپس برخی از خصوصیات بیوچار تولید شده با استفاده از روش‌های ذیل اندازه‌گیری شدند. میزان pH کود دامی خام ۸/۳ و هدایت الکتریکی کود دامی خام ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود.

جهت اندازه‌گیری اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC)، بیوچار کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر با آب مقطر با نسبت ۱:۵ (آب/ بیوچار) برای ۲۴ ساعت شیک و سپس مقدار pH با دستگاه pH متر، اندازه‌گیری و قابلیت هدایت الکتریکی نیز با هدایت‌سنج اندازه‌گیری گردید و نتایج برحسب دسی‌زیمنس بر متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (۱۶). به منظور محاسبه عملکرد بیوچار، با استفاده از وزن بیوچار تولید شده در واحد وزن خشک ماده اولیه (کود دامی خام)، از معادله زیر استفاده گردید (۴۳):

$$\text{عملکرد بیوچار}\ (\%) = \frac{\text{وزن بیوچار}(g)}{\text{وزن خشک آون ماده آلی خام}(g)} \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

جهت اندازه‌گیری چگالی ظاهری بیوچار، میزان ۵۰ گرم از بیوچار داخل استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌متری ریخته و به مدت یک دقیقه در دستگاه شیکر قرار داده شد تا بیوچار در حجم مشخصی ثابت شود. سپس وزن استوانه حاوی بیوچار اندازه‌گیری و در نهایت چگالی ظاهری بیوچار بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب از طریق معادله زیر محاسبه شد (۴۳).

$$\text{چگالی ظاهری} = \frac{\text{وزن بیوچار}(g)}{\text{وزن بیوچار داخل سیلندر}(cm3)} \times 100 \quad \text{معادله (۲)}$$

محتوای خاکستر نیز به این طریق اندازه‌گیری شد که ۵ گرم نمونه خشک داخل بوته چینی ریخته و به مدت ۸ ساعت در دمای

۵۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و در محیط با اکسیژن کافی قرار داده شد. بعد از این مدت، بوته داخل دسیکاتور در دمای اتاق قرار گرفت تا سرد شد و مجددا توزین و محتوای خاکستر از معادله زیر محاسبه گردید (۴۳).

معادله (۳) $\text{محتوای خاکستر (٪)} = \frac{\text{وزن خاکستر } (g)}{\text{وزن خشک بیوچار } (g)} \times 100$

پایداری کربن بیوچار در برابر معدنی شدن با استفاده از روش اکسید شدن با دیکرومات مورد بررسی قرار گرفت. کربن ناپایدار از طریق معادله ۴ محاسبه گردید که در آن v_0: حجم سولفات آهن مصرفی برای تیتر شاهد (میلی‌لیتر)، V: حجم سولفات آهن مصرفی برای تیتر نمونه بیوچار، و C: مولاریته محلول استاندارد سولفات آهن می‌باشد. کربن آلی پایدار بیوچار از تفاوت بین کربن آلی کل و کربن آلی ناپایدار به دست آمد (۴۳).

معادله (۴) $\text{کربن ناپایدار (گرم بر کیلوگرم)} = \frac{(V_0 - V) \times C \times 7.5}{\text{وزن خشک بیوچار}}$

ارزیابی تاثیر بیوچار تولیدی بر رشد گیاه همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

به منظور ارزیابی تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر تحمل به شوری گیاه همیشه بهار، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر- کرمان در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح شوری حاصل از نمک کلرید سدیم و کلرید کلسیم با نسبت ۱:۲ (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز (صفر، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد) بود. بذور گیاه همیشه سبز رقم کم پر نارنجی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. قبل از کاشت ابتدا بذور گیاه همیشه بهار به وسیله الکل ۱۰ درصد به مدت ۱ دقیقه و سپس در محلول هیپوکلرید سدیم ۵ درصد به مدت ۵ دقیقه، ضدعفونی سطحی و چند مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. در گلدان‌های هفت کیلوگرمی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر حاوی بیوچار، تعداد پنج بذر همیشه بهار در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متری کشت شد. میزان بیوچار برای هر گلدان ۵ درصد وزنی خاک در نظر گرفته شد و مقدار مورد نظر با ترازوی دقیق وزن گردید و با خاک گلدان به خوبی مخلوط شد و خاک هر گلدان روی لایه زهکش قرار گرفت. قبل از کاشت، تیمار آبیاری با آب شور بر حسب تیمار مورد نظر، در هر گلدان اعمال شد. برای تهیه محلول‌های شوری، از نمک کلرید سدیم با درجه خلوص ۹۹/۵ درصد از شرکت مرک آلمان استفاده گردید و محلول‌هایی با هدایت الکتریکی ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تهیه گردید. قبل از کاشت بذر، در طی سه نوبت هر سه روز یکبار محلول‌های شور به خاک اضافه گردید و برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک مقدار محلول شوری به میزانی به خاک اضافه شد که مقدار یک سوم آب از طریق زهکش گلدان خارج شود. میزان شوری خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. بعد از کاشت بذور، در آبیاری‌های بعدی، آب شهر در حد ظرفیت زراعی به گلدان‌ها اضافه گردید و برای هر گلدان از زیر گلدانی استفاده شد تا در صورت خروج آب از زهکش به هر دلیلی، امکان برگشت آب زهکش به خاک گلدان و ممانعت از شسته شدن خاک امکان‌پذیر باشد.

جهت ارزیابی برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه همیشه بهار، یک ماه بعد از استقرار بوته‌ها، تقریبا ۴۵ روز بعد از کاشت نمونه‌برداری صورت گرفت. برخی ویژگی‌های رشدی گیاه از جمله ارتفاع ساقه، تعداد برگ و سطح برگ (توسط دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area Measure System Delta T, WD3, UK)) نیز اندازه‌گیری شد. میزان پرولین برگ با استفاده از روش بیتس و همکاران (۳) و در طول موج ۵۲۰ نانومتر و مقدار پروتئین کل از طریق روش برادفورد (۶) با معرف بیوره و در طول موج ۵۹۵ اندازه‌گیری شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از محاسبه کاهش جذب آب اکسیژنه در ۲۴۰ نانومترانجام شد. فعالیت آنزیم به صورت واحد آنزیمی برحسب پروتئین کل (میلی‌گرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره در یک دقیقه محاسبه گردید (۶). یک واحد آنزیمی کاتالاز مقدار آنزیمی است که ۱ میلی‌مول آب اکسیژنه را در یک دقیقه تجزیه می‌کند. سنجش فعالیت آنزیم گایاکل پراکسیداز با استفاده از گایاکل و اندازه‌گیری میزان جذب گایاکل (حاصل اکسیداسیون گایاکل) درطول موج ۴۷۰ نانومتر انجام گرفت (۶). فعالیت آنزیم بر حسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلی‌گرم) موجود در ۲۰ میکرولیتر عصاره گزارش شد. ارزیابی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با روش ناکانو و آساد (۳۵) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۹۰ نانومتر انجام شد. برای استخراج این آنزیم از بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار با PH ۷ شامل EDTA ۰/۱ میلی‌مولار استفاده گردید. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS. 16.0 و مقایسه میانگین داده‌ها بر حسب آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات بیوچار

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی بطور معنی‌داری تحت تاثیر دمای پیرولیز قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکوشیمیایی بیوچار کود دامی در دمای مختلف پیرولیز

Table 1- ANOVA of physicochemical characteristics of cattle manure biochar in different Pyrolysis temperatures

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	Mean of squares میانگین مربعات					
		اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	پایداری کربن Carbon Stability	عملکرد بیوچار Biochar performance	خاکستر Ash	چگالی ظاهری Apparent density
دمای پیرولیز Pyrolysis temperature	3	1.02**	26.74**	218.49**	1652.78**	372.22**	0.087 ns
خطا Error	8	0.075	1.51	6.53	25.84	6.00	0.037
ضریب تغییرات CV (%)		1.7	5.5	8	11	4.8	37

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns : غیر معنی‌دار

**: Significant at 1% of probability level, *: Significant at 5% of probability level, ns: non-significant

در بیوچار کود دامی دامنه pH بین ۸/۵ تا ۹/۹ بود و با افزایش دمای فرایند پیرولیز به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد میزان pH بیوچار، ۱۶/۲۹ درصد نسبت به دمای ۳۰۰ درجه، افزایش یافت (جدول ۲). در همین راستا، افزایش pH بیوچار کود گاوی با افزایش دمای فرایند پیرولیز از ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد توسط بهشتی و همکاران (۵) نیز گزارش شده است که دلیل آن را افزایش مقادیر عناصر پتاسیم، فسفر، کلسیم، سدیم و منیزیم در بیوچار کود گاوی بیان کردند. همچنین سانگ و گیو (۴۳) در بررسی کود مرغی به نتایج مشابهی دست یافتند. افراسیابی و همکاران (۱) نیز در بررسی بیوچارهای تولیدی از تفاله‌های پسته در دماهای پیرولیز ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند با افزایش دمای پیرولیز، pH بیوچار افزایش یافت. این محققین بیان داشتند با افزایش دمای پیرولیز نیتروژن آلی در دماهای پایین به صورت گروه‌های عاملی آمینی وجود دارد و افزایش سطوح بازی به طور کامل به ترکیبات پیریدین، تغییر شکل می‌دهند و این تغییرات سبب کاهش نیتروژن موجود در ساختار بیوچار و افزایش pH می‌شود. چن و همکاران (۸) یکی از دلایل قلیایی شدن بیوچار را کاهش مقدار گروه‌های عامل اسیدی با افزایش دما، بیان کردند. شینوگی و کانری (۴۱) نیز گزارش کردند در دماهای بالاتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، کربن موجود در مواد آلی تبدیل به خاکستر شده و نمک‌های قلیایی از ساختار آلی آن‌ها جدا شده و همین موضوع باعث افزایش pH می‌گردد. بنابراین در کاربرد بیوچار به عنوان ماده آلی اصلاح کننده خاک باید در نظر داشت اگر خاک زراعی منطقه دارای ماهیت اسیدی می‌باشد استفاده از بیوچاری که در دماهای بالای پیرولیز تولید شده باشد، با توجه به pH بالاتر در اصلاح اسیدیته خاک می‌تواند موثر واقع شود.

جدول ۲- تاثیر دماهای مختلف پیرولیز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی بیوچار کود دامی

Table 2- The effect of different pyrolysis temperatures on the physicochemical properties of cattle manure biochar

دما Temperature (°C)	اسیدیته pH (1:5)	هدایت الکتریکی EC(dS/m) (1:5)	عملکرد بیوچار Biochar performance (%)	خاکستر Ash (%)	چگالی ظاهری Apparent density ($g.cm^{-3}$)
300	8.53c	10.91c	78.44a	48.00d	0.79a
400	9.28b	15.01b	69.33ab	60.33c	0.65ab
500	9.49b	16.97ab	61.00b	66.67b	0.49ab
600	9.92a	17.48a	23.17c	74.33a	0.41b

در هر ستون، حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

Means in each column following the same letters do not differ significantly at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

در بین تیمارهای دمایی مختلف پیرولیز مقدار EC بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی بین ۱۰/۹ تا ۱۷/۴۸ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود که با افزایش دمای فرایند پیرولیز از صفر به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، میزان هدایت الکتریکی بیوچار ۱/۶ برابر افزایش یافت (جدول ۲). این افزایش در EC بیوچار می‌تواند ناشی از دست دادن مواد فرار و افزایش غلظت عناصر در خاکستر بیوچار باشد. در همین راستا، بهشتی و همکاران (۵) افزایش EC بیوچار کود گاوی را در دمای پیرولیز ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۸/۷ دسی‌زیمنس گزارش

نمودند. مشابه نتایج پژوهش حاضر، افراسیابی و همکاران (۱) نیز در بررسی بیوچارهای تولیدی از تفاله‌های پسته در دماهای پیرولیز ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد گزارش دادند با افزایش دمای پیرولیز هدایت الکتریکی بیوچار تولیدی، افزایش یافت و علت آن را افزایش غلظت عناصر در بیوچار تولیدی در اثر افزایش دما بیان کردند. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر مشخص گردید عملکرد بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی بطور معنی‌داری تحت تاثیر دمای پیرولیز قرار گرفت (جدول ۱). به طوری‌که عملکرد بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی با افزایش دمای پیرولیز به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، به شدت کاهش یافت (جدول ۲). عملکرد بیوچار در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۷۵/۴۴ درصد و در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۲۳/۱۶ درصد بود. به عبارتی، با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ درجه به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد عملکرد بیوچار به میزان ۵۲/۲۸ درصد افت پیدا کرد (جدول ۲). با افزایش دمای پیرولیز مواد فرار پیرولیتیکی به مولکول‌های آلی با وزن کم و گاز تبدیل شده و بنابراین کاهش شدید عملکرد بیوچار در دماهای بالاتر پیرولیز مشاهده می‌شود (۴۵).

محتوای خاکستر در بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر دمای پیرولیز قرار گرفت (جدول ۱). اما نتایج خاکستر بیوچار روندی معکوس با عملکرد بیوچار نشان دادند (جدول ۲). به عبارتی، با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، میزان خاکستر بیوچار ۱/۵ برابر شد. علت این افزایش می‌تواند مربوط به کاهش محتوای کربن آلی، افزایش غلظت مواد معدنی و تجزیه مواد لیگنوسلولزی در طی فرایند پیرولیز باشد (۴۶). خادم و همکاران (۲۵) گزارش کردند بیوچار به جز بخش کربنی پایدار، حاوی مقدار زیادی خاکستر نیز می‌باشد که حاوی نمک‌های معدنی است و در کوتاه مدت می‌تواند به تغذیه گیاه کمک نماید. میزان خاکستر موجود در بیوچار تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد که از جمله این موارد می‌توان به نوع مواد اولیه و دمای پیرولیز اشاره کرد. مشابه نتایج پژوهش حاضر، نتایج مطالعات متعددی حاکی از آن است که با افزایش دمای پیرولیز بر میزان خاکستر آن افزوده می‌شود (۱۰، ۱۱ و ۵۰).

چگالی ظاهری یکی از خصوصیات فیزیکی مهم بیوچار می‌باشد. در پژوهش حاضر چگالی ظاهری بیوچار بطور معنی‌داری تحت تاثیر دمای پیرولیز قرار گرفت (جدول ۱). به طوری‌که دامنه چگالی ظاهری بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی بین ۰/۴۰ تا ۰/۷۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب متغیر بود. کمترین و بیشترین میزان چگالی ظاهری به‌ترتیب به بیوچار تولید شده تحت دمای ۶۰۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. به عبارت دیگر، با افزایش دمای پیرولیز چگالی ظاهری بیوچار تقریبا به نصف کاهش یافت (جدول ۲). چگالی ظاهری بیوچار به ماهیت ماده اولیه و فرآیند پیرولیز بستگی دارد (۱۸). در همین راستا، بهشتی و همکاران (۵) نیز با بررسی بیوچار تا دمای ۷۰۰ درجه به نتایج مشابه پژوهش حاضر دست یافتند. چگالی ظاهری خاک مزرعه حدود ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد، با توجه به پایین‌تر بودن چگالی ظاهری بیوچار در مقایسه با خاک، می‌توان از آن جهت اصلاح خاک استفاده نمود. نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر بیانگر این بود که بخش مقاوم کربن آلی بیوچار مخلوط کود گاوی و گوسفندی که در برابر اکسیداسیون توسط دی‌کرومات اسیدی مقاوم می‌باشد، با افزایش درجه حرارت در طی فرایند پیرولیز، افزایش نشان داد (شکل ۱).

شکل ۱- پایداری کربن بیوچار کود دامی در دماهای مختلف پیرولیز

Figure 1- Carbon stability of cattle manure biochar under different pyrolysis temperatures

بیشترین میزان کربن پایدار در دمای ۵۰۰ درجه در طی فرایند پیرولیز مشاهده شد که نسبت به تیمار ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، حدود ۲۰ درصد پایداری کربن آلی آن بیشتر بود (شکل ۱). در این زمینه نتایج مشابهی توسط سایر محققین در بررسی بیوچار کود مرغی، کود

دامی، بیوچار چوب و برگ درخت اکالیپتوس گزارش شده است (۵، ۴۲ و ۴۳). همچنین خادم و همکاران (۲۵) پایداری کربن بیوچار تولید شده در دماهای ۴۵۰ و ۵۵۰ درجه را در چهار خاک مختلف مورد بررسی و گزارش دادند با افزایش دمای پیرولیز، پایداری کربن بیوچار افزایش می‌یابد. این محققین پایداری بیشتر کربن تولید شده در دماهای بالاتر را به درصد نسبی کربن الکیل و آروماتیک، میزان تراکم کربن آروماتیک، نوع مواد اولیه مورد استفاده برای تولید بیوچار و کاهش بخش ناپایدار کربن نسبت دادند. با توجه به اینکه پایداری کربن بیوچار در مقابل معدنی شدن نسبت به کودهای حیوانی و بقایای گیاهی بسیار بالاتر می‌باشد، لذا استفاده از بیوچار می‌تواند گزینه مناسب جهت ترسیب کربن خاک و کاهش گازهای گلخانه‌ای باشد.

پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی گیاه همیشه بهار

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از پژوهش نشان داد که ارتفاع ساقه، تعداد برگ و سطح برگ گیاه همیشه بهار، تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفت (جدول ۳). در رابطه با ارتفاع ساقه با افزایش تنش شوری به سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری در ارتفاع ساقه مشاهده گردید و با افزایش شدت تنش، اثر منفی تنش شوری بر این پارامتر، شدت یافت. به گونه‌ای که با افزایش تنش شوری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع ساقه نسبت به تیمار شاهد حدود ۳۱/۰۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴). مشابه نتایج بدست آمده از این پژوهش، کازمینزسکا و همکاران (۲۶) و بیات و همکاران (۴) نیز تاثیر منفی تنش شوری بر ارتفاع ساقه و وزن‌تر گیاه همیشه بهار را گزارش نمودند. ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد گیاه در شرایط شور باشد. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیادتر شده و انرژی رشد کاهش می‌یابد. بعلاوه، تنش شوری با تاثیر بر رطوبت قابل دسترس خاک، اختلال در جذب آب بوسیله گیاه، عدم تعادل یونی و در دسترس بودن مواد غذایی باعث کاهش فعالیت مریستمی و طویل شدن سلولی می‌شود (۲۴ و ۲۱).

در این پژوهش تعداد برگ گیاه همیشه بهار نسبت به ارتفاع ساقه این گیاه، به شوری مقاومت بالاتری نشان داد و تنها با افزایش تنش شوری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت (جدول ۴). تعداد برگ در بالاترین سطح تنش شوری نسبت به تیمار شاهد، به میزان ۱۷/۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در همین راستا، جبار زاده و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند با افزایش شدت تنش شوری، سطح برگ و تعداد برگ همیشه بهار کاهش یافت. تعداد برگ پارامتری است که بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ قرار می‌گیرد و تنها در شدت‌های بالای تنش، تغییر در تعداد برگ مشاهده می‌گردد. بر اساس نتایج این پژوهش سطح برگ با افزایش تنش شوری به ۴ دسی‌زیمنس بر متر بطور معنی‌داری کاهش نشان داد و با افزایش شدت تنش روند ثابتی نشان داد (جدول ۴). با افزایش تنش شوری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سطح برگ نسبت به تیمار شاهد ۴۵/۷ درصد کاهش یافت. مشابه نتایج پژوهش حاضر، کلهر و همکاران (۲۲) نیز بیان داشتند تحت تاثیر تنش شوری تعداد برگ و سطح برگ گیاه همیشه بهار کاهش یافت. کاهش سطح برگ در اثر تنش شوری یا در نتیجه کاهش در تعداد برگ به علت ریزش آن‌ها به واسطه سمیت یونی می‌باشد و یا به علت کاهش اندازه برگ در اثر کاهش فشار تورژسانس، دهیدراته شدن سلولی و کاهش توسعه برگ و همچنین نکروز شدن برگ‌ها می باشد (۲۱، ۳۰ و ۳۳).

در پژوهش حاضر نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار شوری، دمای پیرولیز بیوچار و برهمکنش آن‌ها بر غلظت پتاسیم در برگ گیاه همیشه بهار بود (جدول ۳). در کلیه تیمارهای تنش شوری، با افزایش دمای پیرولیز میزان پتاسیم برگ افزایش یافت. به گونه‌ای که در تیمارهای ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش دمای پیرولیز به ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲/۲، ۲/۰۴، ۱/۹۷ و ۱/۹۲ برابر افزایش در غلظت پتاسیم برگ نسبت به تیمار شاهد آزمایش مشاهده گردید (شکل ۲).

با افزایش دمای پیرولیز غلظت عناصر آزاد شده افزایش پیدا می‌کند و دسترسی آن‌ها برای گیاه راحت‌تر خواهد بود. لذا گیاه علی‌رغم افزایش تنش شوری توانسته است به میزان قابل توجهی عنصر پتاسیم را جذب نماید. به طور مشابه نجفی قیری (۳۴) گزارش داد افزودن بیوچار سبب افزایش ۴/۴ تا ۷ برابری مقدار پتاسیم محلول گردید و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پتاسیم محلول موجود در بیوچار و پتاسیم محلول خاک تیمار شده با بیوچار وجود داشت. نتایج هافلی و همکاران (۱۵) در مورد تاثیراتی که کاربرد بیوچار ناشی از بقایای برنج بر عناصر قلیایی خاک دارد نشان داد که بیوچار سبب افزایش قابلیت استفاده از پتاسیم گردید. سایر محققین نیز اثرات مثبت بیوچار را بر افزایش قابلیت دسترسی پتاسیم خاک برای گیاه را گزارش نمودند (۳۱، ۳۷ و ۵۲).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید میزان پرولین و پروتئین برگ گیاه همیشه بهار بطور معنی‌داری تحت تاثیر شوری و دمای پیرولیز بیوچار و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). میزان پرولین برگ با افزایش دمای پیرولیز در کلیه تیمارهای تنش شوری افزایش یافت (شکل ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری و بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز

Table 3- ANOVA for morpho-physiological traits of marigold under salt stress conditions and biochar resulting from different pyrolysis temperatures

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		ارتفاع ساقه Stem height	تعداد برگ Number of leaves	سطح برگ Leaf area	پتاسیم Potassium	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	گایاکول پراکسیداز Guaiacol peroxidase	پروتئین Protein
شوری Salt	3	32.88**	2.328*	1507.51**	43.09**	171.79**	4.8E-10**	0.0004**	7.488E-10ns	**2172.13****
دمای پیرولیز Pyrolysis temperature	4	0.739ns	1.767ns	11.77**	1998.93**	476.48**	1.6E-8**	0.0002**	1.501E-9*	**5370.68****
شوری×دمای پیرولیز Salt × Pyrolysis temperature	12	0.623ns	0.356ns	9.94ns	2.71**	51.02**	1.22E-9**	0.0001**	4.798E-10**	**978.72****
خطا Error	40	4.724	0.817	67.52	0.031	0.173	9.38E-10	3.22E-10	4.334E-9*	**0.10**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns : غیر معنی‌دار

**: Significant at 1% of probability level, *: Significant at 5% of probability level, ns: non-significant

جدول ۴- تاثیر تنش شوری بر صفات ارتفاع ساقه، تعداد برگ و سطح برگ گیاه همیشه بهار

Table 4- The effect of salinity stress on stem height, leaf number and leaf area of marigold

شوری Salt ($dS.m^{-1}$)	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	تعداد برگ Number of leaves	سطح برگ Leaf area (cm^2)
0	11.21a	5.40a	48.26a
4	9.52b	5.13ab	29.78b
8	8.67bc	5.07ab	29.52b
12	7.73c	4.47b	26.17b

در هر ستون، حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

Means in each column following the same letters do not differ significantly at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

شکل ۲- تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر غلظت پتاسیم برگ گل همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

Figure 2- The effect of biochar resulting from different pyrolysis temperatures on the leaf potassium concentration of marigold leaf under salt stress conditions (DMRT, $p \leq 0.05$).

شکل ۳- تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر میزان پرولین برگ گل همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

Figure 3- The effect of biochar resulting from different pyrolysis temperatures on the proline content of marigold leaf under salt stress conditions
(DMRT,$p \leq 0.05$).

بطوری‌که در دمای پیرولیز ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد در تیمارهای تنش شوری ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب میزان پرولین برگ ۱/۵۴، ۲/۲۶، ۳/۰۰ و ۲/۴۵ برابر تیمار شاهد بود. بیشترین میزان پرولین در تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در دمای پیرولیز بیوچار ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. مشابه نتایج بدست آمده، جبارزاده و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند با افزایش شدت تنش شوری، میزان پرولین در برگ گیاه همیشه بهار افزایش یافت. به نظر می‌رسد با استفاده از بیوچار تولید شده در دمای‌های بالا می‌توان با افزایش میزان پرولین به عنوان اسمولیت سازگار، مقاومت گیاه همیشه بهار را در برابر تنش شوری بهبود بخشید. پرولین، یکی از رایج‌ترین ترکیبات محافظ اسمزی است که در تنش شوری تجمع می‌یابد (۴۱) 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 دانست. در این پژوهش با افزایش سطح شوری، میزان پروتئین برگ بطور معنی‌داری در کلیه تیمارهای دمایی پیرولیز بیوچار نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۴).

شکل ۴- تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر میزان پروتئین برگ گل همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

Figure 4- The effect of biochar resulting from different pyrolysis temperatures on the protein content of marigold leaf under salt stress conditions
(DMRT, $p \leq 0.05$).

کاهش مقدار پروتئین تحت تنش شوری می‌تواند به علت کاهش سنتز پروتئین یا به دلیل افزایش هیدرولیز آن باشد. همچنین تنش شوری با کاهش جذب یون‌های نیترات و یا آمونیوم، سبب کاهش ازت و در نهایت کاهش پروتئین‌ها در گیاه می‌شود (۴۱).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز به طور معنی‌دار تحت تاثیر اثرات ساده و برهمکنش شوری و دماهای مختلف پیرولیز قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش تنش شوری تا تیمار ۸ دسی‌زیمنس میزان فعالیت آنزیمی کاتالاز به طور محسوس افزایش یافت و این افزایش در فعالیت آنزیمی با افزایش دمای پیرولیز بیوچار افزایش نشان داد اما در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر اگرچه میزان فعالیت آنزیمی نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد اما نسبت به سایر تیمارهای تنش کاهش محسوسی داشت و بین تیمارهای مختلف دمایی پیرولیز بیوچار نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۵).

شکل ۵- تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر فعالیت آنزیم کاتالاز برگ گل همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

Figure 5- The effect of biochar resulting from different pyrolysis temperatures on the catalase activity of marigold leaf under salt stress conditions

(DMRT, $p \leq 0.05$)

همچنین فعالیت آنزیمی کاتالاز در تیمار عدم تنش و تنش پایین شوری با افزایش دمای پیرولیز روند افزایشی داشت. اما در تیمار تنش متوسط و شدید (۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) تا دمای ۵۰۰ درجه روند صعودی و سپس روند نزولی نشان داد (شکل ۵). در همین راستا، کلهر و همکاران (۲۲)، بنی اسدی و همکاران (۲) و حسینی فر و همکاران (۱۷) گزارش کردند میزان آنزیم کاتالاز در شرایط تنش در گیاه همیشه بهار افزایش یافت. کاتالاز یکی از مهمترین آنزیم‌های سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌باشد و از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و هنگامی وارد عمل می‌شود که مقدار ماده پراکسید هیدروژن در محیط زیاد باشد. به عبارتی تنش شوری موجب افزایش تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن شده و در نتیجه موجب افزایش فعالیت آنزیمی کاتالاز می‌گردد (۳۶).

آسکوربات پراکسیداز از ترکیبات کلیدی سیسم آنتی‌اکسیدانی گیاهان عالی می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش شدت تنش شوری میزان فعالیت آنزیمی آسکوربات پراکسیداز کاهش یافت (شکل ۶).

در تیمار تنش ۴ دسی‌زیمنس بر متر تنها در تیمارهای بیوچار تولید شده در دمای پیرولیز ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد گیاه توانست فعالیت آنزیمی خود را حفظ نماید و با افزایش شدیدتر در تنش شوری تقریبا فعالیت آنزیمی آسکوربات پراکسیداز به صفر رسید (شکل ۶). همان طور که در شکل ۷ ارائه شده است بیشترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز مربوط به تیمار شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد پیرولیز بیوچار بود.

فعالیت این آنزیم با افزایش میزان شوری، افزایش یافت و افزایش دمای پیرولیز بیوچار تا تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تاثیر مثبت بر فعالیت این آنزیم داشت. وقتی گیاهان در معرض تنش‌های محیطی نامطلوب مختلف از جمله شوری قرار می‌گیرد تولید گونه‌های فعال اکسیژن به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند سبب آسیب سلول‌ها و اجزای سلولی شود. آنزیم‌هایی شامل سوپراکسید دسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز که با کاهش میزان H_2O_2 و تبدیل نمودن آن به آب، نقش اساسی در دفع مسمومیت گونه‌های فعال اکسیژن ایفا می‌نمایند (۳۳). در آزمایش حاضر با توجه به اینکه ماهیت بیوچار ماده‌ای با شوری بالا بوده است که با افزایش دما شدت شوری آن افزایش یافته است، اثرات منفی تنش شوری در تیمارها را شدت بخشیده است، در نتیجه سیستم آنزیمی آنتی اکسیدانی همیشه بهار تنها تا شوری‌های متوسط قادر به یاری گیاه در تحمل تنش شوری بود.

شکل ۶- تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ گل همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

Figure 6- The effect of biochar resulting from different pyrolysis temperatures on the ascorbate peroxidase activity of marigold leaf under salt stress conditions (DMRT, $p \leq 0.05$)

شکل ۷- تاثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز برگ گل همیشه بهار تحت شرایط تنش شوری

Figure 7- The effect of biochar resulting from different pyrolysis temperatures on the guaiacol peroxidase activity of marigold leaf under salt stress conditions (DMRT, $p \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر شوری بیوچار یکی از خصوصیات نامطلوب آن می‌باشد که با افزایش دمای پیرولیز این ویژگی منفی شدت می‌یابد، لذا توصیه برای استفاده از بیوچار در خاک‌های شور به تنهایی و یا همراه با سایر مواد اصلاح کننده خاک نیازمند به مطالعات بیشتری می‌باشد. همچنین در صورت رفع مشکل شوری بیوچار، می‌توان از بیوچار تولید شده در دماهای بالای پیرولیز، جهت اصلاح خاک‌های اسیدی و یا برای ترسیب کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای و بیوچار حاصل از دماهای پایین پیرولیز را با توجه به چگالی ظاهری پایین آن، با هدف اصلاح بافت خاک، مصرف کرد. همچنین نتایج نشان داد استفاده از بیوچار در شرایط تنش شوری تاثیر مثبت قابل ملاحظه‌ای در تحمل تنش در گیاه همیشه بهار نداشت.

منابع

1. Afrasiabi B., Adhami E.B., and Owliaei H.R. 2017. Effect of biochar produced at different temperatures on cadmium availability in a calcareous soil under different moisture regimes over time. Journal Water and Soil 31: 811-821. (In Persian)
2. Bani Asadi F., Safari V., and Maghsoodi Moud A.A. 2015. The effect of putrescine and salinity on morphological,

biochemical and pigment properties of marigold (*Calendula officinalis* L.). Science and Technology of Greenhouse Cultivation 21: 133-125. (In Persian)
3. Bates L.S., Waldern R.P., and Tear I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil Science 39: 205-207.
4. Bayat H., Alirezaie M., and Neamati H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Journal Stress Physiology and Biochemistry 8: 258-267.
5. Beheshti M., Alikhani H., Moteshare zade B., and Mohammadi L. 2016. Changes in the quality of biochar produced from cow manure during the slow pyrolysis process at different temperatures. Iranian Journal Soil and Water Research 47: 259-267. (In Persian)
6. Bradford M.M. 1976. 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.
7. Cely P., Gasco G., Paz-Ferreiro J., and Mendez A. 2015. Agronomic properties of biochar from different manure wastes. Journal Analytical and Applied Pyrolysis 111: 173–182
8. Chen y., Xie T., Liang Q., Liu M., Zhao M., Wang M., and Wang G. 2016. Effectiveness of lime and peat applications on cadmium availability in paddy soil under various moisture regimes. Environmental Science and Pollution Research 23: 7757-7766.
9. Das R., Mandal A.R., Priya A., Das S.P., and Kabiraj J. 2015. Evaluation of integrated nutrient management on the performance of bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Molina Standl)). Journal of Applied and Natural Science 7: 18–25.
10. Devi P., and Saroha A.K. 2013. Effect of temperature on biochar Properties during paper mill sludge pyrolysis. International Journal of ChemTech Research 5: 682-687.
11. Dume B., Berecha G., and Tulu S. 2015. Characterization of biochar produced at different temperatures and its effect on acidic nitosol of Jimma, Southwest Ethiopia. International Journal of Soil Science 10: 63-73.
12. Forster P., Ramaswamy V., Artaxo P., Berntsen T., Betts R., Fahey D.W. Haywood J., Lean J., Lowe D.C., and Myhre G. 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2, Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S. D. Qin M. Manning Z. Chen M. Marquis K. B. Averyt M. Tignor and H. L. Miller (Eds.)]. Cambridge University Press, pp. 129-234.
13. Glaser B., and Birk J.J. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio), Geochimica Cosmochimica Acta 82: 39-51.
14. Gunes A., Inal A., Taskin M.B., Sahin O., Kaya E.C., and Atakol A. 2014. Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. Soil Use and Management 30: 182–188.
15. Haefele S.M., Konboon Y., Wongboon W., Amarante S., Maarifa A.A., and Pfeiffer E.M. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. Field Crops Research 121: 430-40.
16. Haluschak P. 2006. Laboratory methods of soil analysis. Canada -Manitoba Soil Survey. 3-133.
17. Hosseinifar N., Abdossi V., and Zarrinnia V. 2017. Effect of salicylic acid, potassium silicate fungal elicitor under conditions of salinity stress on calendula (*Calendula officinalis* L.). Journal Cellular and Molecular Biology 12: 59-68. (In Persian)
18. Hwang I., Ouchi Y., and Matsuto T. 2007. Deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. New Phytologist 125: 283-305.
19. Inal A., Gunes A., Sahin O., Taskin M.B., and Kaya E.C. 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. Soil Use and Management 31: 106–113.
20. Jabbarzadeh M., Tehrani Far A., Amiri J., and Abedi B. 2016. Investigation of the protective role of nitric oxide in reducing the damage caused by salinity stress in *Calendula officinalis* L. cv. Gitan orange. The Journal of Horticultural Science 30: 185-191. (In Persian)
21. Kafi M.F., Nabati J., Zare Mehrjardi M., Goldani M., Khani Nejad S., Keshmiri A., and Nowruzia A. 2014. Evaluation of Improving Effects of Calcium and Potassium on the Physiological Properties of *Kochia scoparia* under Salinity Stress. Journal Environmental Stresses in Crop Sciences 5: 181-192. (In Persian)
22. Kalhor M., Dehestani Ardakani M., Shirmardi M., and Gholamnejad C. 2018. Response of Marigold (*Calendula officinalis* L.) to the interaction effects of salinity stress and soil-improving organic matter. Journal Environmental Stresses in Crop Sciences 11(4): 1005-1021. (In Persian)
23. Kalvatchev Z., Walder R., and Garzaro D. 1997. Anti-HIV activity of extracts from *Calendula officinalis* flowers. Biomedicine & Pharmacotherapy 51: 176-180.
24. Kaydan D., and Okut M.Y. 2007. Effect of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi 13: 114-119.
25. Khadem A., Chief F., and Besharati H. 2017. A review of the effects of biochar application on physical, chemical and biological properties of soil. Land Management 5: 13-29. (In Persian)

26. Kozminska A., Al Hassan M., Kumar D., Oprica L., Martinelli F., Grigore M.N., Vicente O., and Boscaiu M. 2017. Characterizing the effects of salt stress in *Calendula officinalis* L. Journal of Applied Botany and Food Quality 90: 323–329.
27. Laird D.A., Fleming P.D., Karlen D.L., Wang B., and Horton R. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma 158: 436–442.
28. Lal Arab M., Astarai A., and Lakzian A. 2015. Biochar effect on soybean growth characteristics and soil chemical properties, the first international conference and the fourth national conference on environmental and agricultural research in Iran. (Translate in Persian)
29. Lehmann J., and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management. In: J. Lehmann and S. Joseph (Eds.). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. 3rd Ed, London, Earthscan, 405 p.
30. Mary B., Recous S., Darwis D., and Robin D. 1996. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. Plant and Soil 181: 71-82.
31. Masto R.E., Ansari M.A., George J., Selvi V.A., and Ram L.C. 2013. Co-application of biochar and lignite fly ash on soil nutrients and biological parameters at different crop growth stages of *Zea mays*. Ecological Engineering 58: 314–322.
32. Mengistu T., Gebrekidan H., Kibret K.W., Oldetsadik Shimelis K.B., and Yadav H. 2017. The integrated use of excreta-based vermicompost and inorganic NP fertilizer on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit yield, quality and soil fertility. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 6: 63–77.
33. Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Physiology 59: 651-681.
34. Najafi Qiri M. 2015. The effect of application of different biochar on some soil properties and the ability to absorb some nutrients in a calcareous soil. Journal of Soil Research (Soil and Water Science) 29: 351-358. (In Persian)
35. Nakano Y., and Asada K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology 22: 867-880.
36. Nasibi F., Manouchehri Kalantari Kh., Mahmoudinejad Q., and Zanganeh R. 2015. The effect of the amino acid arginine on some oxidative parameters and increased salinity tolerance in wheat. Journal of Plant Research 5: 1119-1128. (In Persian)
37. Nigussie A., Endalkachew K., Mastawesha M., and Gebermedihin A. 2012. Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of Lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils, American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 12: 369–376.
38. Omidbeigi R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Ghods Razavi Publications, Mashhad. (In Persian)
39. Parvaiz A, Satyawati S. 2008. Salt stress and phyto- blochemical responses of plants. Plant Soil Environment 54: 89-99. (In Persian)
40. Rezvani Moghaddam P., and Koochek A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects – Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
41. Shinogi Y., and Kanri Y. 2003. Pyrolysis of plant, animal and human waste: physical and chemical characterization of the pyrolytic products. Bioresource Technology 90(3): 241-247.
42. Singh B.P., Cowie A.L., and Smernik R.J. 2012. Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. Environmental Science & Technology 46(21): 11770-11778.
43. Song W., and Guo M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 94: 138-145.
44. Suppadit T., Phumkokrak N., and Poungsuk P. 2012. The effect of using quail litter biochar on soybean (*Glycine max* L. Merr.) production. Chilean Journal of Agricultural Research 72: 244-251.
45. Thangalazhy-Gopakumar S., Adhikari S., Ravindran H., Gupta R.B., Fasina O., Tu M., and Fernando S.D. 2010. Physiochemical properties of bio-oil produced at various temperatures from pine wood using an auger reactor. Bioresource Technology 101: 8389-8395.
46. Tsai W.T., Liu S.C., Chen H.R., Chang Y.M., and Tsai Y.L. 2012. Textural and chemical properties of swine-manure-derived biochar pertinent to its potential use as a soil amendment. Chemosphere 89: 198-203.
47. Uzoma K., Inoue M., Andry H., Fujimaki H., Zahoor A., and Nishihara E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. Soil Use and Management 27: 205-212.
48. Vaccari F., Baronti S., Lugato E., Genesio L., Castaldi S., Fornasier F., and Miglietta F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. European Journal of Agronomy 34: 231-238.
49. Van Zwieten L., Kimber S., Morris S., Chan K., Downie A., Rust J., Joseph S., and Cowie A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant and Soil 327: 235-246.
50. Yang H., and Sheng K. 2012. Characterization of biochar properties affected by different pyrolysis temperatures using visible near infrared spectroscopy, ISRN Spectroscopy. 1-7. 10.5402/2012/712837.

51. Zimmerman A.R., Gao B., and Ahn M.Y. 2011. Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar amended soils. Soil Biology and Biochemistry 43: 1169–1179.
52. Zolfi Bavariani M., Ronaghi A., Karimian N., Ghasemi R., and Yathribi C. 2016. The effect of biochar prepared from poultry manure at different temperatures on the chemical properties of a calcareous soil. Journal of Soil and Water Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 75: 73-86. (In Persian)

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 591-604
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۰۴-۵۹۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of the Effect of Biochar Obtained from Different Pyrolysis Temperatures on the Marigold Growth under Salt Stress

M. Shamsaddin Saied[1*]-M. Ramroudi[2]

Received: 05-01-2021
Accepted: 26-04-2021

Introduction: Biochar is a carbonaceous substance obtained from heating plant residues and wastes in an oxygen-containing medium with or without oxygen. Thermal decomposition of biomass in an oxygen-free medium is called thermophilicity (pyrolysis). Temperature is one of the factors influencing the characteristics of biochar. One of the objectives of this experiment is to investigate the effect of different temperatures on the biochar characteristics of cattle manure. The use of biochar as a soil conditioner and source of organic carbon in agricultural soils with minimal environmental damage is considered. Marigold is an annual plant that is used in industry and pharmacy in addition to food. Another aim of this experiment is to investigate the effect of biochar use from different temperatures on marigold under salinity stress.

Materials and Methods: For biochar preparation, after collecting cattle manure from Bardsir farms, air drying and sieving were used for pyrolysis process for four hours at different temperatures (300, 400, 500, 600 °C). Then pH, EC, carbon stability, ash and biochar performance were measured. In order to evaluate the effects of biochar resulting from different heat-treated temperatures on salinity tolerance of marigold, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design in the greenhouse. The two factors studied included salinity levels (0, 4, 8 and 12 $dS.m^{-1}$) and biochar resulting from different thermocouple temperatures (0, 300, 400, 500 and 600 °C). The biochar rate was considered to be 20%. One month after salinity treatment, seedlings were evaluated for osmotic metabolites activity and growth characteristics of marigold seedlings.

Results and Discussion: The results of ANOVA showed that all biochar properties were significantly affected by temperature factor. With increasing the pyrolysis temperature from 300 to 600 °C, pH and EC increased by 16.29% and 60.37%, respectively, and the ash content increased by 1.5 folds, but biochar performance and bulk density decreased by 52.28% and 48.1%, respectively. The highest carbon stability was observed at 500 °C, which increased by 20% compared to 300 °C. The results showed a significant negative effect of salinity stress on stem height, number and area of marigold leaves, so that with increasing salinity to 12 $dS.m^{-1}$, 31.09, 17.28 and 45.7% decrease were observed in these traits, respectively. The physiological characteristics of marigold were significantly affected by the simple and interaction effects of salinity and biochar stress. In salinity treatments (0, 4, 8 and 12 $dS.m^{-1}$) with increasing pyrolysis temperature from 300 to 600 °C 2.2, 2.04, 1.97 and 1.92 folds increase in leaf potassium concentration and 1.54, 2.26, 3.00 and 2.45 folds less than the control treatment in the amount of leaf proline was observed, respectively. The activities of catalase, ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase enzymes were also significantly affected by the interaction of salinity stress and heat temperature. The highest enzyme activity in biochar was from 600 °C, which increased up to 8 $dS.m^{-1}$ for catalase and up to 4 $dS.m^{-1}$ for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase.

Conclusion: In general, biochar salinity is its most important undesirable properties, which increases with increasing pyrolysis temperature, so the recommendation of biochar application in saline soils requires further studies. In the present study, the use of biochar under salinity stress did not have a significant positive effect on the development of marigold resistance and salinity stress tolerance.

Keywords: Antioxidant enzymes, Potassium, Bulk density, Electrical conductivity

1- Assistant Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: mohadesehsaid2014@uk.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.67776.1005

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 605-619
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۱۹-۶۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات کائولین و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی زیتون تحت تنش خشکی

صادق عزیزی فر[۱]- وحید عبدوسی[۲]*- رحمت اله غلامی[۳]- مهرداد قوامی[۴]- علی محمدی ترکاشوند[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

چکیده

کمبود آب و تنش خشکی ناشی از آن یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر است. در این آزمایش اثر کاربرد مستقل و برهمکنش اسید سالیسیلیک و کائولین بر تحمل به تنش خشکی در زیتون در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ بررسی شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای این کار درختان ۱۴ ساله زیتون رقم 'زرد' با استفاده از تیمارهای آب مقطر (شاهد)، یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، کائولین ۲/۵ درصد و کاربرد ترکیبی سالیسیلیک اسید+ کائولین محلول‌پاشی شده و پس از آن تحت سه رژیم آبیاری متفاوت (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی درخت) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش، با افزایش سطح کم‌آبیاری میزان عملکرد کل به‌طور معنی‌داری کاهش (۱۰ تا ۳۰ درصد) یافت. کاهش سطح آبیاری منجر به افزایش نشت یونی و مالون دی آلدهید، فنل کل و پرولین شد. همچنین با کاهش سطح آبیاری محتوای آب نسبی و کلروفیل به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی درختان زیتون با سالیسیلیک اسید و کائولین سبب کاهش نشت یونی و مالون دی آلدهید شده و محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل، فنل و عملکرد کل را نسبت به شاهد بهبود دادند. همچنین محلول‌پاشی به‌وسیله سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار پرولین و کربوهیدرات کل شده و تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. در بیشتر صفات مورد ارزیابی استفاده هم‌زمان از تیمارهای سالیسیلک اسید و کائولین تأثیر هم‌افزایی نداشت. بنابراین برای کاهش آثار تنش در درخت زیتون استفاده از تیمارهای سالیسیلک یا کائولین به‌صورت جداگانه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، درصد روغن، فنل، کربوهیدرات، کم‌آبیاری

مقدمه

در دسترس بودن آب برای آبیاری محصولات یکی از چالش‌های جدی برای حال و آینده جهان است (۲۵ و ۲۹). مناطق خشک در بسیاری از نقاط جهان در حال افزایش است و تولید کشاورزی را محدود می‌کند. ایران با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در کمربند خشک جهان قرار دارد و حدود ۷۰ درصد سطح کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (۸). کمبود آب و تنش خشکی ناشی از آن بر رشد و بهره‌وری گیاهان تأثیر منفی داشته و باعث ایجاد تغییرات چشمگیر در فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه می‌شود (۱۰ و ۱۳). خشکی بر پتانسیل آب گیاه، تقسیم سلولی، فتوسنتز، کلروفیل و سنتز پروتئین تأثیر منفی گذاشته و از این طریق رشد و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (۳). همچنین تنش خشکی منجر به تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) شده و آسیب اکسیداتیو ایجاد می‌کند (۳۰). درخت زیتون، یک گیاه همیشه سبز بومی منطقه مدیترانه است، در فصل تابستان اغلب در معرض کمبود آب همراه با درجه حرارت بالا و شدت نور زیاد قرار می‌گیرد. اگرچه این درخت به خوبی با شرایط سخت سازگار است، اما در شرایط تنش، منابع انرژی آن در مکانیسم‌های دفاعی استفاده شده و رشد گیاه و بهره‌وری آن کاهش

۱، ۲ و ۵- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: abdossi@srbiau.ac.ir)
۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
۴- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
DOI: 10.22067/JHS.2021.67469.1002

می‌یابد (۹ و ۱۱).

در مناطق با شیوع خشک‌سالی، استفاده از تکنیک‌های حفظ و صرفه جویی در مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی بسیار مهم و اساسی است. یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری آب استفاده از مواد ضد تعرق است (۱). کائولین یک ماده معدنی رسی آلومینوسیلیکات ($Al_4Si_4O_{10}$ $(OH)_8$) غیر سمی است. کاربرد کائولین از طریق افزایش بازتاب نور، دمای برگ را کاهش می دهد و در گیاهانی که در سطوح بالای تابش خورشید رشد می کنند، میزان تعرق را بیش از فتوسنتز کاهش می‌دهد (۲۲). کاربرد این ترکیب معمولاً به‌صورت یک پودر سفیدرنگ کاملاً تصفیه‌شده است که در کشاورزی ارگانیک مورداستفاده قرار می‌گیرد، زیرا محصولات تیمار شده با محلول کائولین پس از برداشت برای مصرف بی خطر هستند (۱۴). استفاده از کائولین بر روی زیتون به‌طور مؤثری اثرات نامطلوب تنش محیطی را کاهش داده و منجر به افزایش عملکرد می‌شود (۵).

سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول سیگنالینگ قوی در گیاهان با تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مکانیسم‌های دفاعی نقش دارد و تأثیرات گوناگونی بر تحمل گیاه به عوامل زیستی و غیر زیستی دارد (۲۳ و ۲۴). فعال‌سازی سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، تولید متابولیت های ثانویه، سنتز اسمولایت‌ها، بهینه سازی وضعیت مواد معدنی و حفظ تعادل مناسب بین فتوسنتز و رشد از نقش‌های سالیسیلیک اسید در گیاهان می‌باشد که به تحمل شرایط تنش کمک می‌کند (۲۰). تیمار سالیسیلیک اسید منجر به تعویق سنتز اتیلن، بهبود فتوسنتز، افزایش محتوای کلروفیل و همچنین کاهش تعرق در گیاهان می‌شود (۲۳).

اگرچه اطلاعات زیادی درباره اثر جداگانه کائولین و اسید سالیسیلیک در گیاهان تحت تنش موجود است، ولی کاربرد هم‌زمان این مواد نیاز به بررسی بیشتر دارد. بنابراین در تحقیق حاضر اثرات کاربرد مستقل و برهمکنش اسید سالیسیلیک و کائولین بر تحمل تنش کم‌آبی در زیتون در شرایط مزرعه بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو واقع در استان کرمانشاه انجام شد. مواد آزمایشی این تحقیق درختان ۱۴ساله رقم 'زرد' بودند. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق شامل محلول‌پاشی برگی (شاهد، یک میلی-مولار سالیسیلیک اسید، ۲/۵ درصد کائولین و کاربرد سالیسیلیک اسید+کائولین در غلظت‌های ذکر شده) و کم‌آبیاری (در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی درخت) بود. درختان به فاصله ۶×۶ (متر) کشت شده و هر واحد آزمایشی شامل ۲ درخت بود. با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی ایستگاه سینوپتیک سرپل ذهاب و با استفاده از معادله پنمن مانتیث (نرم‌افزار ETo calculator)، تبخیر و تعرق بالقوه و نیاز آبی درختان از اوایل اردیبهشت ماه تا اوایل آبان ماه زمان شروع مجدد بارندگی محاسبه شد. آبیاری هر سه روز یک‌بار بر اساس روش فوق‌الذکر با اندازه‌گیری تبخیر و تعرق روزانه و حجم آب موردنیاز با در نظر گرفتن ضرایب گیاهی زیتون و به روش آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. روی هر ردیف نیز یک کنتور حجمی جهت برآورد حجم آب مورد استفاده درختان تعبیه شد. تیمار سالیسیلیک اسید در دو مرحله، قبل از گلدهی (۱۰ فروردین) و رشد سریع میوه (هفته اول تیر)، انجام گرفت. همچنین تیمار کائولین به شکل محلول‌پاشی برگی در دو مرحله شامل اول تیر و اول مرداده ماه اعمال شد. مقدار محلول مصرف‌شده در هر تیمار برای هر درخت ۵۰۰ سی‌سی در غلظت‌های ذکر شده بود (۵). برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. سایر عملیات مراقبت و نگهداری از درختان به‌طور یکسان در همه تیمارها اعمال شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات در پایان دوره تنش، در دو سال پیاپی در مهرماه و قبل از شروع بارندگی، نمونه‌ها از شاخه‌های وسط تاج و قسمت میانی شاخه جمع‌آوری شد (۱۸). نمونه‌های برگی جهت اندازه‌گیری صفات مربوطه از طریق تانک ازت به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شده و صفات به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

درصد روغن

درصد روغن میوه زیتون با حلال دی اتیل اتر با استفاده از سوکسله استخراج گردید (۱۸).

محتوای رطوبت نسبی

برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی طبق دستورالعمل گوسی و همکاران (۱۵) قطعاتی از برگ (از قسمت میانی پهنک و بدون رگبرگ اصلی) انتخاب و وزن‌تر آن‌ها تعیین گردید. به‌منظور تعیین وزن برگ در حالت تورژسانس، قطعات برگ به مدت ۲۴ ساعت در شدت نور کم و دمای ۴ درجه سانتی گراد در داخل آب مقطر قرار گرفتند. قطعات آماس یافته دوباره وزن شدند. به دنبال آن برگ‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. محتوی رطوبت نسبی (بر حسب درصد) از رابطه ۱ به دست آمد.

$$\%RWC = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100$$ رابطه ۱

در این رابطه RWC: محتوای رطوبت نسبی، W_f: وزن تر برگ، W_d: وزن خشک برگ و W_t: وزن برگ در حالت آماس بود.

پرولین

تهیه عصاره و اندازه‌گیری پرولین برگ به روش بیتز و همکاران (۲) انجام شد. برای عصاره گیری، ابتدا ۰/۳ گرم از بافت برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد در هاون چینی ساییده شد. سپس نمونه‌ها با سرعت ۱۰ هزار دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره نمونه جداشده و به آن ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و سپس، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال اضافه شد. پس‌ازآن، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در داخل بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. پس از خنک کردن نمونه‌ها در آب یخ، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر نمونه اضافه و به خوبی تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بالایی گردد. سپس، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند و نهایتاً میزان جذب آن‌ها به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر و با استفاده از تولوئن به‌عنوان شاهد تعیین گردید. میزان پرولین نمونه‌های برگ بر حسب میکرومول در گرم وزن تر برگ محاسبه گردید.

نشت یونی

برای اندازه‌گیری نشت یونی ۲۰ دیسک برگی با قطر یک سانتی‌متر از هر تیمار انتخاب و با استفاده از آب مقطر شستشو شد. نمونه‌ها به لوله آزمایش اختصاصی خود منتقل شده و به آن‌ها ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس به مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه تکان داده شدند و پس‌ازآن EC_1 نمونه‌ها قرائت شد. سپس نمونه‌ها به اتوکلاو با دمای ۱۲۰ سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه منتقل شده و پس از سرد شدن دوباره EC_2 قرائت شد. بر اساس نسبت EC_1/EC_2 میزان نشت یونی محاسبه شد.

کلروفیل

برای اندازه‌گیری کلروفیل میزان یک دهم گرم بافت تازه برگ با استفاده از ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد. سپس نمونه‌ها با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. یک میلی‌لیتر از عصاره رویی برداشته و به آن ۴ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت شد. درنهایت غلظت کلروفیل کل بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شد (۲۸).

مالون دی آلدهید

برای اندازه‌گیری مالون دی آلدهید که نشان‌دهنده پراکسیداسیون لیپیدهای غشا است ۰/۲ گرم نمونه برگی در ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۱ درصد کوبیده شد. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژشد. سپس به یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون صاف شده هر نمونه ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصدی که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بود، اضافه شد و در حمام آب گرم ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. غلظت مالون دی آلدهید با اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد و بر حسب نانومول برگرم وزن تر گزارش گردید (۲۷).

فنل کل

برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل از معرف فولین- سیکالچئو استفاده شد (۲۶) بدین منظور مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه برگ در داخل هاون با اضافه کردن سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد و پس از صاف کردن با کاغذ صافی، ۳۰۰ میکرولیتر آن برداشته شد و به آن ۱۵۰۰ میکرولیتر معروف فولین رقیق شده اضافه گردید و به مدت حدود پنج دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس به آن ۱۲۰۰ میکرو لیتر سدیم کربنات هفت درصد افزوده شد و پس از ۱/۵ تا ۲ ساعت تکان دادن روی شیکر در دمای اتاق، جذب محلول در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک و در نظر گرفتن نسبت رقیق شدن، مجموع فنل به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن تازه بیان شد.

کربوهیدرات کل

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ بر اساس روش بایسه و مرکس (۶) انجام گردید. برای تعیین میزان کربوهیدرات نمونه‌ها استانداردهایی ازگلوکز خالص با غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و کلیه مراحل آزمایش روی آن‌ها انجام گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در این پژوهش آنالیز آماری به‌صورت تجزیه مرکب دو ساله انجام گردید.

نتایج

عملکرد کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد کل معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سال× آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد کل معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در زیتون تحت تأثیر سال، آبیاری و محلول‌پاشی برگی

Table 1- ANOVA for the evaluated parameters of olive plant subjected to year, irrigation and foliar application

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد کل Total yield	وزن میوه Fruit weight	محتوی روغن Oil content	محتوای رطوبت نسبی Relative water content	محتوی کلروفیل Chlorophyll content	نشت یونی Ionic leakage	مالون دی آلدهید Malondialdehyde	پرولین Proline	کربوهیدرات Carbohydrate	فنل کل Total phenol
تکرار Replicate (R)	2	146488	0.003	0.62	15.96	0.005	0.50	0.08	28.58	2.52	0.89
سال Year (Y)	1	11815ns	9.325**	62.33**	0.44ns	0.099*	285.73**	7.93**	569.91**	111.72**	9.94*
آبیاری Irrigation (I)	2	6326852**	0.044ns	6.23**	405.22**	1.396**	607.88**	72.40**	849.52**	330.08**	283.40**
محلول‌پاشی Foliar (F)	3	3666605**	2.196**	5.11**	34.50**	0.393**	35.05**	10.56**	121.38**	23.112**	20.87**
I×F	6	442291ns	0.079ns	0.23ns	0.68ns	0.097**	4.07ns	0.78*	19.45**	1.41ns	3.08ns
Y×I	2	2677464**	0.002ns	0.24ns	9.13ns	0.074*	15.24**	0.31ns	103.29**	50.57**	3.07ns
Y×F	3	190645ns	0.094ns	0.34ns	0.14ns	0.040ns	3.70ns	1.89**	19.77ns	6.39ns	0.57ns
Y×I×F	6	228609ns	0.168ns	0.21ns	2.35ns	0.019ns	2.18ns	0.21ns	12.33ns	580ns	1.74ns
خطا Error	44	331853	0.174	1.62	7.25	0.022	2.37	0.34	7.66	4.07	1.80
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.45	12.76	10.34	3.14	7.93	8.32	12.37	14.70	12.93	9.25

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری.

** and * represent significant at the 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively, and ns represent non- significant.

جدول ۲- اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی بر صفات مورد ارزیابی در زیتون

Table 2- Simple effects of year, irrigation and foliar application on evaluated traits in olive

تیمارها Treatments	سطح تیمارها Treatments levels	عملکرد کل Total yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن میوه Fruit weight (g)	محتوی روغن Oil content (%)	محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)	نشت یونی Ionic leakage (%)	کربوهیدرات کل Carbohydrate ($mg.g.FW^{-1}$)	فنل کل Total phenol ($mg.g^{-1}$ GAE)
سال Year	سال اول Year 1	5524a	2.94b	13.13a	85.63a	20.51a	14.35b	14.15b
	سال دوم Year 2	5498a	3.66a	11.27b	85.48a	16.52b	16.84b	14.89a
آبیاری Irrigation	۱۰۰ درصد 100%	5985a	3.35a	11.68b	90.06a	14.28c	11.68c	11.36c
	۷۵ درصد 75 %	5583b	3.30a	12.69a	84.58b	17.19b	16.07b	14.01b
	۵۰ درصد 50 %	4966c	3.26a	12.22ab	82.02c	24.08a	19.05a	18.18a
محلول‌پاشی Foliar application	شاهد Control	4836b	2.84c	11.18b	83.50b	20.60a	14.61b	13.18c
	سالیسیلیک اسید Salicylic acid	5746a	3.24b	12.50a	86.38a	17.81b	17.11a	15.66a
	کائولین Kaolin	5764a	3.51ab	12.30a	85.95a	17.94b	14.87b	14.18a
	سالیسیلیک+کائولین Salicylic+Kaolin	5695a	3.62a	12.80a	86.40a	17.71b	15.80ab	15.04ab

Values followed by different letters were significant difference according to Duncan's Multiple Range Test at $p < 0.05$.

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

شکل ۱- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر عملکرد زیتون در دو سال آزمایش

Figure 1- The effect of different levels of irrigation (RDI) on olive yield in two years of experiment

مقایسه میانگین اثرات ساده محلول‌پاشی نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی (سالیسیلیک اسید، کائولین و سالیسیلیک اسید+کائولین) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کل نسبت به شاهد شدند و بین این تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در هر دو سال آزمایش با افزایش سطح کم‌آبیاری میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در سال اول کم‌آبیاری، تأثیر منفی بیشتری بر عملکرد گذاشت به‌طوری‌که در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری عملکرد کل نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری) به ترتیب ۱۰ و ۲۶ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

وزن میوه

نتایج نشان داد که تنها اثرات ساده سال و محلول‌پاشی بر وزن میوه معنی‌دار شد و اثر ساده آبیاری و همچنین اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). در سال دوم آزمایش وزن میوه نسبت به سال اول حدود ۲۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که همه تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به شاهد وزن میوه را افزایش دادند و تأثیر تیمار ترکیبی سالیسیلیک اسید+کائولین بیشتر از تیمارهای دیگر بود (جدول ۲).

درصد روغن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سال و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد روغن زیتون معنی‌دار شد. هیچ‌کدام از اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که سال دوم درصد روغن کمتری از میوه‌های زیتون به دست آمد. کاهش آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی سبب کاهش معنی‌دار و حدود ۹ درصدی درصد روغن نسبت به آبیاری کامل شد. همچنین نتایج نشان داد که همه تیمارهای محلول‌پاشی درصد روغن را نسبت به شاهد افزایش دادند و بین این تیمارها (سالیسیلیک اسید، کائولین و کاربرد ترکیبی آن‌ها) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

محتوای رطوبت نسبی

نتایج نشان داد که تنها اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای رطوبت نسبی معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاهش آبیاری سبب کاهش معنی‌دار رطوبت نسبی در برگ‌های زیتون شد. سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب سبب کاهش ۶ و ۹ درصدی محتوای رطوبت نسبی در برگ‌های زیتون نسبت به آبیاری ۱۰۰ درصد شدند. همچنین همه تیمارهای محلول‌پاشی سبب افزایش معنی‌دار محتوای رطوبت نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده سال در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل آبیاری× محلول‌پاشی و سال× آبیاری بر کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که در شرایط ۱۰۰ درصد آبیاری،

هیچ‌کدام از تیمارهای محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل نداشت، ولی در سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد همه تیمارهای محلول‌پاشی کلروفیل کل را نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۲). با کاهش سطح آبیاری میزان کلروفیل کل نیز روند کاهشی داشت (شکل ۲ و ۳). همچنین نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش کاهش آبیاری به‌طور تقریباً یکسان کلروفیل کل را کاهش داد (شکل ۳).

شکل ۲- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر محتوی کلروفیل کل برگ زیتون تحت سطوح مختلف آبیاری (RDI)

Figure 2- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on total chlorophyll content in olive leaf under different levels of irrigation (RDI)

شکل ۳- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر محتوی کلروفیل کل برگ زیتون در دو سال آزمایش

Figure 3- The effect of different levels of irrigation (RDI) on chlorophyll content of olive leaf in two years of experiment

نشت یونی

نشت یونی در برگ‌های زیتون تحت تأثیر سال، آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سال × آبیاری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که همه تیمارهای

محلول‌پاشی سبب کاهش معنی‌دار نشت یونی در برگ‌های زیتون شدند (جدول ۲). از طرف دیگر نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش با کاهش آبیاری میزان نشت یونی روند افزایشی داشت. بیشترین میزان نشت یونی (۲۶/۳۱ درصد) در سال اول آزمایش و در آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد که نسبت به همین سطح آبیاری در سال دوم افزایش ۱۷ درصدی را نشان داد (شکل ۴).

شکل ۴- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر نشت یونی در برگ زیتون در دو سال آزمایش

Figure 4- The effect of different levels of irrigation (RDI) on ionic leakage of olive plant in two years of experiment

مالون‌دی‌آلدهید

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای مالون‌دی‌آلدهید معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل آبیاری× محلول‌پاشی و سال× محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۱).

شکل ۵- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر میزان مالون دی آلدهید برگ زیتون تحت سطوح مختلف آبیاری (RDI)

Figure 5- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on malondialdehyde content in olive leaf under different levels of irrigation (RDI)

شکل ۶- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر محتوای مالون دی آلدهید زیتون در دو سال آزمایش
Figure 6- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on malondialdehyde content of olive leaf in two years of experiment

در همه سطوح آبیاری استفاده از تیمارهای محلول‌پاشی میزان مالون‌دی‌آلدهید را نسبت به شاهد کاهش داد. بیشترین کاهش مالون‌دی‌آلدهید در تیمار آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد و تیمارهای محلول‌پاشی سبب کاهش ۲۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شدند (شکل ۵). در هر دو سال آزمایش تیمارهای محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری در کاهش مالون‌دی‌آلدهید داشتند ولی در سال اول کمترین مالون‌دی‌آلدهید (۳/۲ نانومول بر گرم وزن تر) در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید+کائولین به دست آمد (شکل ۶).

پرولین

نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل آبیاری× محلول‌پاشی و سال× آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح آبیاری در هر دو سال آزمایش میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در هر دو سال آزمایش سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان پرولین نداشتند، ولی افزایش پرولین در سال دوم با شدت بیشتری تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار گرفت و در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری نسبت به ۱۰۰ درصد آبیاری بیش از دو برابر افزایش یافت (شکل ۷). از طرف دیگر در همه سطوح آبیاری تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر پرولین برگ نداشت ولی تیمار سالیسیلیک اسید میزان پرولین برگ نسبت به شاهد را افزایش داد. همچنین در سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد آبیاری تیمار سالیسیلک اسید+کائولین پرولین را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۸).

کربوهیدرات کل

نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، آبیاری و محلول‌پاشی و همچنین اثر متقابل سال× آبیاری در سطح احتمال یک درصد آماری بر محتوای کربوهیدرات کل معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که تیمار آبیاری تأثیر متفاوتی بر کربوهیدرات کل در سال‌های مختلف داشت. در سال اول آزمایش، آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی سبب افزایش معنی‌دار کربوهیدرات کل نسبت به ۱۰۰ درصد آبیاری شد ولی در سال دوم تنها آبیاری ۵۰ درصد کربوهیدرات کل را افزایش داد (شکل ۹). مقایسه میانگین اثرات ساده محلول‌پاشی نشان داد که تنها تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار و ۱۷ درصدی کربوهیدرات کل نسبت به شاهد شد و تیمارهای دیگر تأثیر معنی‌داری بر آن نداشتند (جدول ۲).

فنل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سال در سطح ۵ درصد و اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای فنل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که در سال دوم آزمایش میزان فنل کل نسبت به سال اول افزایش یافت. با کاهش آبیاری میزان فنل کل روند افزایشی داشت به‌طوری‌که بالاترین میزان فنل کل (۱۸/۱۸ میلی‌گرم

بر گرم وزن تر) در آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد که نسبت به آبیاری ۱۰۰ درصد افزایش ۴۰ درصدی داشت. همچنین همه تیمارهای محلول‌پاشی سبب افزایش معنی‌دار فنل کل نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

بحث

اگرچه درخت زیتون یک گیاه متحمل به تنش خشکی است ولی وقوع تنش خشکی در این گیاه به دلیل همراه شدن با شرایط گرم و تابش زیاد می‌تواند منجر به کاهش عملکرد شود (۳). نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد کل در درختان زیتون در اثر اعمال تیمار کم‌آبیاری در سال‌های مختلف کاهش یافت.

شکل ۷- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر میزان پرولین برگ زیتون در دو سال آزمایش

Figure 7- The effect of different levels of irrigation (RDI) on proline content of olive leaf in two years of experiment

شکل ۸- اثر محلول‌پاشی برگی کائولین (KA) و سالیسیلک اسید (SA) بر میزان پرولین برگ زیتون تحت سطوح مختلف آبیاری (RDI)

Figure 8- The effect of foliar application of kaolin (KA) and salicylic acid (SA) on proline in olive tree under different levels of irrigation (RDI)

شکل ۹- اثر سطوح مختلف آبیاری (RDI) بر محتوی کربوهیدرات کل در برگ زیتون در دو سال آزمایش

Figure 9- The effect of different levels of irrigation (RDI) on total carbohydrate content of olive leaf in two years of experiment

در این رابطه گزارش شده است که کمبود آب همراه با دمای بالا و کاهش رطوبت جو منجر به کاهش محتوای رطوبت نسبی در برگ‌های زیتون تحت تنش خشکی می‌شود (۴). گیوریو و همکاران (۱۳) گزارش کردند که محتوای رطوبت نسبی یک شاخص مهم در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در گیاه است و با ظرفیت فتوسنتزی گیاه رابطه مثبت دارد (۷).

بر این اساس در دوره تنش خشکی گیاهانی که محتوای رطوبت نسبی بالاتری داشته باشند، پتانسیل آماس آن‌ها بهتر حفظ شده و شرایط برای رشد و عملکرد بالاتر مهیا می‌شود (۷). از طرف دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی در گیاه زیتون سبب کاهش کلروفیل شد که با نتایج ژرفل و همکاران (۱۶) مطابقت دارد. درجه حرارت بالا و شرایط تنش خشکی با فعال‌سازی آنزیم کلروفیلاز که باعث تخریب کلروفیل می‌شوند، مقدار رنگدانه های فتوسنتزی را کاهش می‌دهد (۱۹). همچنین در شرایط تنش خشکی رادیکال‌های آزاد تولید شده تخریب کلروفیل را افزایش می‌دهند و با حمله به غشاهای سلولی منجر به آسیب غشا و تجمع مالون‌دی‌آلدهید می‌شوند (۳۰). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو سطح آنتی‌اکسیدان‌های خود را افزایش می‌دهند و تجمع اسمولایت‌هایی مانند پرولین افزایش می‌یابد. بنابراین انرژی گیاه بیشتر صرف مقابله با شرایط تنش شده و رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (۳ و ۹). بنابراین، در تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که شرایط تنش خشکی در درخت زیتون با کاهش محتوای رطوبت نسبی، کاهش کلروفیل و همچنین افزایش تنش اکسیداتیو منجر به کاهش عملکرد در این گیاه می‌شود.

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی درختان زیتون با سالیسیلیک اسید و کائولین سبب کاهش نشت یونی و مالون دی آلدهید شده و میزان محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل، فنل و عملکرد کل را نسبت به شاهد بهبود دادند. همچنین محلول‌پاشی به‌وسیله سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار پرولین و کربوهیدرات کل شده و تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. به نظر می‌رسد که کاهش آسیب اکسیداتیو و همچنین بهبود عملکرد در ارقام زیتون در شرایط مختلف رطوبتی، بیانگر مکانیسم‌های دفاعی ایجاد شده به وسیله کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید و کائولین باشد. در این رابطه گزارش شده است که تیمار کائولین با انعکاس اشعه ماورا بنفش از برگ و میوه، درجه حرارت شاخساره گیاه را به میزان قابل توجهی کاهش داده و در نتیجه اثر تنش کم‌آبی بر گیاه را به حداقل می‌رساند (۱). اثر بعدی این کاهش دما منجر به کاهش آسیب اکسیداتیو، کاهش تخریب کلروفیل، حفظ محتوای رطوبتی و در نتیجه بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش است. این نتایج در مورد ارقام مختلف زیتون در نقاط مختلف دنیا تحت تنش خشکی گزارش‌شده است (۵ و ۷). در تحقیق حاضر نیز درختان تیمار شده با کائولین محتوای کلروفیل، رطوبت نسبی، عملکرد و درصد روغن بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشته و همچنین تیمار کائولین سبب کاهش معنی‌دار مالون دی آلدهید و نشت یونی شد. در مورد پرولین و کربوهیدرات کل، که به‌عنوان اسمولایت در شرایط تنش تولید می‌شوند، تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر آن‌ها نداشت. به‌طور مشابه با این نتایج، شوولر و همکاران (۲۵) گزارش دادند که تیمار کائولین تأثیر معنی‌داری بر تجمع پرولین در گیاه کتان تحت تنش خشکی نداشت. همچنین گزارش شده‌است که کاربرد کائولین با کاهش آثار تنش بر گیاه سبب

کاهش تجمع پرولین می‌شود (۱). با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که تیمار کائولین با کاهش دمای برگ و همچنین حفظ محتوای رطوبت نسبی آثار تنش بر گیاه را کاهش داده و در نتیجه از تجمع پرولین و کربوهیدرات در شرایط تنش جلوگیری می‌کند.

سالیسیلیک اسید یک مولکول ساده در مقاومت به خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌باشد. سالیسیلیک اسید می‌تواند فرآیندهای متابولیکی مختلف گیاه را تنظیم کند، سیستم آنتی‌اکسیدانی را فعال کند، تولید اسمولیت‌های متنوع و متابولیت‌های ثانویه را تعدیل کرده و وضعیت مواد مغذی را حفظ کند، بنابراین نقش اساسی در تحمل شرایط تنش را بر عهده دارد (۲۰). در تحقیق حاضر نیز استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش کلروفیل، رطوبت نسبی، پرولین، کربوهیدرات و فنل کل شده و در نتیجه عملکرد گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک بالاتر از گیاهان شاهد بود. به‌طور مشابه با این نتایج بریتو و همکاران (۵) گزارش دادند که تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهان زیتون تحت تنش خشکی سبب افزایش تجمع اسمولایت‌ها، بهبود فتوسنتز، افزایش محتوای رطوبت نسبی و کلروفیل شده و از این طریق تحمل گیاه نسبت به شرایط تنش را افزایش داد. همچنین گزارش‌شده است که تجمع ترکیبات فنلی در گیاهان با استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید می‌تواند به تحمل شرایط تنش توسط گیاه کمک کند (۲۰). بنابراین کاهش آثار منفی تنش خشکی و افزایش عملکرد گیاهان با استفاده از تیمارهای سالیسیلیک اسید و کائولین نشان‌دهنده مؤثر بودن این تیمارها در افزایش تحمل تنش در گیاهان می‌باشد. در تحقیق حاضر اثربخشی کاربرد ترکیبی سالیسیلیک اسید و کائولین نیز ارزیابی قرار گرفت. در بیشتر صفات مورد ارزیابی کاربرد ترکیبی این دو ماده اثر مشابه با کاربرد جداگانه آن‌ها داشت. در مورد عملکرد کل تیمارهای سالیسیلیک، کائولین و سالیسیلیک+کائولین تأثیر یکسانی بر این صفت داشتند. این نتایج ممکن است به دلیل مکانیسم متفاوت این مواد در القا تحمل شرایط تنش برای گیاه باشد.

عوامل محیطی (تغذیه، دما، نور و میزان دسترسی به آب)، ژنوتیپ، درجه رسیدن و همچنین عوامل زراعی و فناوری بر مقدار و ترکیب شیمیایی روغن‌های زیتون تأثیر می‌گذارند (۲۱). نتایج این تحقیق نشان داد که شرایط کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی سبب افزایش درصد روغن شد. به‌طور مشابه با این نتایج، غلامی و همکاران (۱۲) گزارش دادند که ارقام مختلف زیتون واکنش متفاوتی به کمبود آب نشان می‌دهند و کم‌آبیاری تنظیم‌شده مداوم در ارقام میشن و آمفسیس سبب افزایش درصد روغن و در رقم روغنی سبب کاهش درصد روغن می‌شود. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از تیمارهای سالیسیلیک اسید و کائولین سبب افزایش درصد روغن میوه شد. گزارش‌شده است که دما می‌تواند با تأثیر بر ژن‌های درگیر در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب مانند b-ketoacyl-ACP synthates و stearoyl-ACPD9-desaturase بر ترکیب و محتوای اسیدهای چرب تأثیر بگذارد (۱۷). بنابراین، کائولین ممکن است از طریق تغییر بیان ژن‌ها، بر فعالیت آنزیم‌های درگیر در فرآیند بیوسنتز اسیدهای چرب تأثیر گذاشته و از طریق کاهش دمای برگ و میوه و تهیه شرایط سردتر در شاخساره گیاه، بر درصد روغن تأثیر گذارد (۱۹). از طرف دیگر، سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان در پاسخ گیاهان به شرایط تنش دخالت دارد (۲۰). کاربرد سالیسیلیک اسید در برخی از گونه‌های گیاهی از جمله زیتون با تغییر فیزیولوژی گیاه سبب افزایش اسیدهای چرب شده‌است (۵ و ۱۹). بنابراین به نظر می‌رسد که تیمارهای کائولین و سالیسیلیک علاوه بر کاهش آثار تنش و افزایش عملکرد ناشی از آن تأثیر مثبتی در افزایش اسیدهای چرب میوه زیتون داشته باشند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی تأثیر منفی بر عملکرد زیتون رقم زرد دارد. کم‌آبیاری سبب کاهش کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی شده و نشت یونی، مالون دی آلدهید، کربوهیدرات کل، فنل، پرولین و درصد روغن را افزایش داد. استفاده از کائولین و سالیسیلک اسید آثار تنش خشکی بر گیاه را کاهش داده و سبب افزایش عملکرد در این گیاه شدند. این نتایج در ارتباط با افزایش کلروفیل، رطوبت نسبی، فنل و تغییر اسمولایت‌هایی مانند پرولین و کربوهیدرات بود. در بیشتر صفات مورد ارزیابی کاربرد هم‌زمان اسید سالیسیلیک و کائولین تأثیر هم‌افزایی نداشت و کاربرد جداگانه اثر مشابه با کاربرد ترکیبی داشت. بنابراین برای کاهش آثار تنش خشکی در درخت زیتون استفاده از کائولین یا سالیسیلیک اسید توصیه می‌شود.

منابع

1. Abdallah M.M.S., El-Bassiouny H.M.S., and AbouSeeda M.A. 2019. Potential role of kaolin or potassium sulfate as anti-transpirant on improving physiological, biochemical aspects and yield of wheat plants under different watering regimes. Bulletin of the National Research Centre 43: 134-142.
2. Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.
3. Brito C., Dinis L.T., Moutinho-Pereira J., and Correia C.M. 2019. Drought stress effects and olive tree acclimation

under a changing climate. Plants 232: 1-20.
4. Brito C., Dinis L.T., Meijón M., Ferreira H., Pinto G., Moutinho-Pereira J., and Correia C. 2018. Salicylic acid modulates olive tree physiological and growth responses to drought and rewatering events in a dose dependent manner. Journal of Plant Physiology 230: 21-32.
5. Brito C., Dinis L.T., Silva E., Gonçalves A., Matos C., Rodrigues M.A., and Correia C. 2018. Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. Scientia Horticulturae 237: 176-183.
6. Buysse J.A.N., and Merckx R. 1993. An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. Journal of Experimental Botany 44(10): 1627-1629.
7. Denaxa N.K., Roussos P.A., Damvakaris T., and Stournaras V. 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. Scientia Horticulturae 137: 87-94.
8. Fathian F., Morid S., and Kahya E. 2015. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology 119: 443–464.
9. Fernandes-Silva A.A., Ferreira T.C., Correia C.M., Malheiro A., and Villalobos F.J. 2010. Influence of differentirrigation regimes on crop yield and water use efficiency of olive. Plant and Soil 333: 35–47.
10. Gholami R., and Zahedi S.M. 2019. Identifying superior drought-tolerant olive genotypes and their biochemical and some physiological responses to various irrigation levels. Journal of Plant Nutrition 42: 2057-2069.
11. Gholami R., and Zahedi S.M. 2019. Reproductive behavior and water use efficiency of olive trees (*Olea europaea* L. cv Konservolia) under deficit irrigation and mulching. Erwerbs-Obstbau 61: 331-336.
12. Gholami R., Sarikhani H., and Arji I. 2017. Effects of deficit irrigation on vegetative growth, yield and fruit quality in three olive oil cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science 48: 191-201. (In Persian with English abstract)
13. Giorio P., Sorrentino G., and d' Andria R., 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-gown olive trees under water deficit. Environmental and Experimental Botany 42: 95–104.
14. Gleen D.M. 2012. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. HortScience 47: 710-711.
15. Gucci R., Lombardini L., and Tattini M. 1997. Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars differing in tolerance to salinity. Tree Physiology 17: 13-21.
16. Guerfel M., Baccouri O., Boujnah D., Chaïbi W., and Zarrouk M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticultureae 119: 257–263.
17. Hernndez M.L., Padilla M.N., Sicardo M.D., Mancha M., and Martnez-Rivas J.M. 2011. Effect of different environmental stresses on the expression of oleatedesaturase genes and fatty acid composition in olive fruit. Phytochemistry 72: 178–187.
18. I.O.O.C. 2002. Methodology for the secondary characterization (agronomic, phonological, pomological and oil quality) of olive varieties held in collection. Project on conservation, characterization, collection of Genetic Resources in olive. International Olive Oil Council. 23p.
19. Khaleghi E, Arzani K., Moallemi N., and Barzegar M. 2015. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv. 'Zard'grown under warm and semi-arid region of Iran. Food Chemistry 166: 35-41.
20. Khan M.I.R., Fatma M., Per T.S., Anjum N.A., and Khan N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in Plant Science, 462: 1-17.
21. Martinelli F., Remorini D., Saia S., Massai R., and Tonutti P. 2013. Metabolic profiling of ripe olive fruit in response to moderate water stress. Scientia Horticulturae 159: 52-58.
22. Nakano A., and Uehara, Y. 1996. The effects of kaolin clay on cuticle transpiration in tomato. In International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems 440: 233-238.
23. Nazar R., Umar S., Khan N.A., and Sareer O. 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. South African Journal of Botany 98: 84-94.
24. Raskin I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Biology, 43: 439- 463.
25. Showler, A.T. 2002. Effects of water deficit stress, shade, weed competition, and kaolin particle film on selected foliar free amino acid accumulations in cotton, *Gossypium hirsutum* (L.). Journal of Chemical Ecology 28(3): 631-651.
26. Singleton V.L., and Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture 16(3): 144-158.
27. Stewart R.R., and Bewley J.D. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology 65(2): 245-248.
28. Strain H.H., and Svec W.A. 1966. Extraction, separation, estimation, and isolation of the chlorophylls.

Chlorophylls 21-66.
29. Talozi S., and Alwaked L. 2016. The effects of regulated deficit irrigation on the water demand and yield of olive trees. Applied Engineering in Agriculture 32: 55-62.
30. Yordanov I., Velikova V., and Tsonev T. 2000. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. Photosynthetica 38(2): 171-186.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 605-619
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۱۹-۶۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of the Effects of Kaolin and Salicylic Acid on Yield and some Physiological Responses of Olives under Drought Stress

S. Azizifar[1]- V. Abdossi[2*]- R. Gholami[3]- M. Ghavami[4]- A. Mohammadi Torkashvand[5]

Received: 05-01-2021
Accepted: 27-04-2021

Introduction: The availability of water for irrigating crops is one of the serious challenges at present and the future of the world. Drought stress has harmful effects on plant growth and productivity, though bringing some serious changes in plant physiology and biochemistry. Drought reduces plant growth and yield by having negative effects on plants water potential, cell division, photosynthesis activity, chlorophyll content, and protein synthesis. Although olive naturally tolerates drought, studies had shown that drought undermines its growth, yield and photosynthesis. Employing some appropriate transpiration-reducing approaches could induce olive tolerance towards water deficiency. In this regard, kaolin, through raising light reflection and diminishing the rate of transpiration, is able to lessen leaf temperature in the stressed plants. Salicylic acid (SA), as a strong signaling molecule in plants, regulates physiological and biochemical functions effective in defense mechanisms and also boosts biological and non-biological factors involved in augmenting plants.. The major roles of SA in drought- stressed plants are as follows: activation of antioxidant defense system, production of secondary metabolites, synthesis of osmolytes, optimization of mineral status and maintenance of proper balance between plant photosynthesis and growth. Although some information over effects of SA and kaolin individually on stressed plants is available, to the best of our knowledge, their simultaneous effects on plants under stressful conditions has not been investigated yet. Therefore, the present study was aimed to investigate different applications of SA and kaolin (i.e. individually and simultaneously) on field-grown olives under drought condition.

Materials and Methods: This research was conducted in Dalahu Olive Research Station located in Kermanshah province. This experiment was designed as a factorial experiment in the form of a randomized complete block design with 3 replications. Factors included different foliar spraying (i.e. control, 1 mM SA, 2.5% kaolin, and a combination of them in the mentioned concentrations) and irrigation at three levels (i.e. 100, 75, and 50% of water requirement). Irrigation was performed based on three-day interval schedule according to the above method by measuring daily evapotranspiration and required volume of water by considering the plant coefficients of olives and by drip irrigation.

Results and Discussion: Although olive tree is a drought-tolerant plant, drought diminished its yield. The results of this study demonstrated a decrease in total yield of olive trees due to water deficit in different years. In this regard, water deficit under high temperature and low atmospheric humidity are believed to bring about a reduction in yield of drought-stressed olive. The results of this research showed that the foliar application of SA and kaolin on olive trees led to a reduction in ionic leakage and malondialdehyde (MDA) and an increase in RWC, chlorophyll content, phenol and total yield, as compared to the control. Foliar application of SA caused a significant increase in proline content and total carbohydrates, while kaolin had no significant effect on aforementioned traits. It seems that a reduction in oxidative damage and an increase in yield of olive cultivars under different irrigations manifested several defense mechanisms induced by exogenous application of SA and kaolin. In this context, kaolin was found to protect leaves and fruits from harmful ultraviolet rays and this remarkably improves the performance of drought-stressed plants by a decrease in the ambient temperature of plants in order to mitigate deleterious effects of drought such as oxidative damage, chlorophyll degradation, and lowering RWC. These results have been substantiated for different olive cultivars at different parts of the world

1, 2 and 5- Ph.D. Student and Associate Professors, Department of Horticultural Corps and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: abdossi@srbiau.ac.ir)
3- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
4- Professor, Department of Food Science and Technology, College of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
DOI: 10.22067/JHS.2021.67469.1002

under this condition.

In the present study, SA increased chlorophyll content, RWC, proline content, carbohydrate and total phenol; as a result, the yield of SA- treated plants was higher than that in control plants. Similarly, Brito et al (5) reported that applying SA on drought-stressed olive improved osmolate accumulation, photosynthesis activities, RWC and chlorophyll content. The accumulation of phenolic compounds in SA-treated plants is believed to protect plants against stressful conditions. Therefore, the role of SA and kaolin in alleviating drought in favor of enhancing plants yield represents their efficiency under such condition. In the present study, we also employed a combination of SA and kaolin and the results showed no synergistic function between them on most traits. Therefore, to reduce the effects of drought on olive tree, it is recommended to utilize SA or kaolin separately.

Keywords: Carbohydrate, Deficit irrigation, Oil percentage, Phenol, Proline

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 621-630
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۳۰-۶۲۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

مطالعه اثر هرس بوته بر عملکرد بادمجان (*Solanum melongena* cv. Bellen) در شرایط گلخانه

کریم عرب سلمانی[۱]- امیرهوشنگ جلالی[۲]- پیمان جعفری[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰

چکیده

وجود ویتامین‌های مفید و کالری کم در میوه بادمجان آن را به گیاهی مورد توجه در علم تغذیه تبدیل کرده است. به‌منظور بررسی تأثیر هرس بر عملکرد و اجزای عملکرد بادمجان رقم 'بلن' مطالعه‌ای گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شهرستان ورامین انجام شد. آزمایش به صورت تجزیه مرکب بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. سه روش هرس بوته (دوشاخه‌ای، سه‌شاخه‌ای و چهار شاخه‌ای) تیمارهای این پژوهش را تشکیل می‌دادند. تأثیر تیمارهای هرس بر صفات عملکرد، تعداد میوه در چهار چین اول و شاخص زودرسی در سطح ۵ درصد و بر عملکرد کل، تعداد کل میوه و تعداد میوه در بوته نیز در سطح یک درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. تیمار هرس دوشاخه با تولید ۵/۳۳ تن در هکتار بادمجان در چهار چین اول، نسبت به دو تیمار هرس سه و چهار شاخه ۲۱/۱ و ۲۰/۳ درصد عملکرد بیشتر تولید نمود. این برتری هرس دوشاخه عمدتاً به دلیل افزایش تعداد میوه‌ی این نوع هرس بود. شاخص زودرسی در هرس دو، سه و چهار شاخه به‌ترتیب برابر ۱۲/۲۱، ۹/۵ و ۸/۸۳ درصد بود. عملکرد کل در سه تیمار هرس دو، سه و چهار شاخه به‌ترتیب برابر ۴۴/۴۵، ۴۶/۶۷ و ۴۹/۸۷ تن در هکتار بود. اثر سال برای هیچکدام از صفات معنی‌دار نشد. نتایج این پژوهش نشان داد در صورتی‌که هدف تولید محصول زودرس بادمجان باشد استفاده از شیوه‌ی هرس دوشاخه‌ای و در صورتی که هدف عملکرد کل بیشتری باشد هرس چهار شاخه‌ای برای رقم 'بلن' مورد نظر قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تعداد میوه، زودرسی، شاخه، هرس

مقدمه

بادمجان (*Solanum melongena*) گیاهی دیپلوئید (2n=24) است که در نواحی گرمسیر قابلیت چندساله شدن را دارد ولی معمولاً به‌صورت یک‌ساله کشت‌شده و میوه‌های نارس و خوراکی آن مصرف می‌شود. بادمجان به جنس سولانوم[۴] تعلق داشته و سه نوع مختلف بادمجان به زیر جنس لپتوزتمونوم[۵] مربوطند. این سه نوع بادمجان عبارت‌اند از بادمجان معمولی سیاه‌رنگ[۶]، بادمجان قرمز مایل به زرد[۷] و بادمجان جی بوما[۸]. دو نوع بادمجان اول رنگ مشخص داشته و از آفریقا منشأ گرفته‌اند ولی بادمجان جی بوما ازنظر رنگ حالت بینابینی داشته و اندازه‌های آن نیز از بسیار کوچک و خاردار تا بسیار بزرگ و بدون خار در تغییر است (۶). بر اساس آمار سال ۲۰۱۹ میلادی سطح زیر کشت بادمجان در کشور معادل ۲۱/۳ هزار هکتار بوده که از این سطح مقدار ۶۷۰/۲ هزار تن بادمجان با متوسط عملکرد ۳۱/۴ تن در هکتار به‌دست‌آمده است (۸). بادمجان با رشد رویشی شدید باعث انبوهی بیش‌ازحد سایه‌انداز گیاهی می‌شود، بنابراین هرس گیاه یک روش مناسب برای کاهش تعداد شاخه‌ها، برگ‌ها و مجموعه میوه‌ها

۱- مربی پژوهش بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار و مربی پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: peimanjafari@yahoo.com)
DOI: 10.22067/JHS.2021.67250.0

4- *Solanum*
5- *Leptostemonum*
6- *Solanum melongena* L.
7- *Solanum aethiopicum* L.
8- *Solanum macrocarpon* L.

است (۴). به‌طور معمول در شرایط مزرعه و فضای باز هرس بر روی گیاه بادمجان انجام‌نشده و فقط ۲ گیاه در هر متر مربع حفظ می‌شود؛ اما در شرایط گلخانه ممکن است عملیات هرس انجام‌شده و گیاهانی با ۲ تا ۴ شاخه حفظ شوند (۵). پژوهشی در هلند به‌منظور بررسی بهترین روش هرس بادمجان در شرایط گلخانه انجام و گیاهان به یک یا دوشاخه هرس شدند. گیاهان دوشاخه، مجدداً از شاخه دوم در حالات مختلف شامل گره اول، سوم، ششم و نهم هرس شدند. نتایج نشان داد هرس شدید به‌طور مثبتی بر شرایط گیاه تأثیر گذاشته و میوه دهی در گیاهان به‌شدت هرس شده بهتر صورت گرفت (۱). در پژوهشی هفت هیبرید بادمجان به دو یا سه‌شاخه هرس شدند. در همه هیبریدها هر دو نوع هرس باعث افزایش طول بوته و افزایش کیفیت میوه‌های درجه‌یک و کاهش میوه‌های درجه دوم و ضایعات میوه شدند (۱۶). بهبود کارایی فتوسنتز بادمجان‌های هرس شده با افزایش سطح تک‌برگ و ضخامت بافت‌های مزوفیل برگ همراه بوده است (۳). انجام عملیات هرس بادمجان در شرایط تنش رطوبتی باعث کاهش اثرات منفی تنش شده است (۱۰).

در چند سال گذشته میزان سطح زیر کشت بادمجان گلخانه‌ای در مناطقی از کشور که با چالش های مختلف مواجه بوده‌اند در حال گسترش است، به‌گونه‌ای که سطح زیر کشت گلخانه‌ای این محصول از سال ۱۳۹۴ (۱۳۶ هکتار) تا ۱۳۹۸ (۲۸۳ هکتار) به بیش از دو برابر افزایش یافته است (۱۵). محیط‌های کنترل‌شده با ایجاد شرایط یکنواخت و مناسب (کنترل نور، رطوبت و...) نسبت به شرایط مزرعه‌ای امکان تولید خارج از فصل بادمجان را با عملکردهای قابل قبول (دو تا سه برابر بیش از شرایط مزرعه‌ای) فراهم می‌آورد. در چنین شرایطی مدیریت رشد رویشی و هرس گیاهانی مثل بادمجان که استعداد زیادی برای رشد رویشی دارند از اهمیت زیادتری برخوردار می‌شود. پژوهش حاضر باهدف بررسی سه روش هرس بوته (دوشاخه‌ای، سه‌شاخه‌ای و چهار شاخه‌ای) بر عملکرد و اجزای عملکرد بادمجان در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شرایط گلخانه‌ای در شهرستان ورامین انجام شد. این منطقه در ۴۰ کیلومتری شهر تهران با ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا، مساحت تقریبی ۱۵۰۰ کیلومتر مربع، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه، عرض جغرافیایی ۱۹ درجه و ۳۵ دقیقه واقع‌شده و میزان اراضی درجه ۱ و درجه ۲ کشاورزی ۷۵ هزار هکتار است. متوسط بارندگی سالانه درازمدت ۱۲۰ میلی‌متر و جهت باد غالب جنوب شرق به شمال غرب می‌باشد.

آزمایش به صورت تجزیه مرکب بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام و سه روش اجرای هرس بوته (شامل هرس دوشاخه‌ای، هرس سه‌شاخه‌ای و هرس چهار شاخه‌ای در الگوی کاشت تک ردیفه) بر عملکرد و اجزای عملکرد بادمجان گلخانه‌ای رقم 'بلن' (Bellen) مورد ارزیابی قرار گرفت. رقم 'بلن' یک واریته هیبرید تجاری F_1 بوده و ویژگی های تجاری و زراعی آن عبارت‌اند از عملکرد بالا، میوه گرد و کشیده یا تخم‌مرغی، رنگ مشکی براق، دارای پوشش کاسبرگی مطلوب، ماندگاری بسیار بالا و رشد رویشی متوسط که مجموعه این صفات باعث شده به‌عنوان یک رقم گلخانه‌ای بسیار مطلوب موردتوجه کشاورزان باشد. بذرهای این واریته در سینی‌های کشت حاوی پیت ماس غنی‌شده کشت و در محیطی با دمای تقریبی ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد مستقر گردیدند. در این پژوهش دو دوره کاشت در نظر گرفته شد. هر دوره کاشت تا پایان برداشت بادمجان در گلخانه ۱۰ ماه به طول انجامید، فاصله زمانی از کاشت بذر در خزانه تا انتقال به زمین اصلی گلخانه تولیدی ۳۵ روز، از انتقال نشاء به گلخانه تولیدی تا شروع برداشت ۷۵ روز بود که ۵/۵ تا ۶ ماه نیز عملیات برداشت صورت گرفت. تاریخ کشت بذر در خزانه ۱۰ تیرماه، تاریخ انتقال نشاء به گلخانه ۱۵ مردادماه و مدت زمان تا یادداشت‌برداری ۱۰ هفته پس از این تاریخ بود. بعد از سبز شدن بذرها دمای محیط به ۲۴ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۸ درجه سانتی گراد در طول شب کاهش یافت. بعد از اینکه نشاءها به مرحله ۳-۴ برگ حقیقی رسیدند به گلخانه اصلی منتقل شدند. عملیات آماده سازی خاک گلخانه شامل پخش کود دامی و شیمیایی، شخم و رتیواتور نسبت به سولاریزاسیون خاک اقدام شد. بعد از انجام ضدعفونی، عملیات شخم و روتیواتور مجدد جهت آماده‌سازی بستر کشت، انجام گردید. با استقرار شبکه آبیاری قطره‌ای با الگوی دو ردیفه، نوار آبیاری به فاصله ۳۵ سانتی‌متر روی بستر کشت و رعایت عرض پشته ۱/۲ متر، نشاءهای بادمجان که از قبل در شرایط خزانه تهیه‌شده بودند با فاصله ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند. برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

عملیات هرس و هدایت بوته بر روی داربست با ظاهر شدن اولین گل بر روی محور حاصل از مریستم آغاز شد. به‌طوری که کلیه شاخه‌های نرک قبل از گل مذکور حذف و به شاخه‌های فرعی انشعاب گرفته از محور اصلی در موقعیت بالای اولین گل اجازه رشد داده شد. در هرس دوشاخه اجازه رشد به محور اصلی و یک شاخه انشعابی داده شد و مابقی شاخه‌های فرعی از بند چهارم هرس گردیدند. در هرس سه‌شاخه اجازه رشد به محور اصلی و دوشاخه انشعابی داده شد و مابقی شاخه های فرعی مانند تیمار اول هرس شدند. در تیمار هرس چهار شاخه اجازه رشد به محور اصلی و سه‌شاخه انشعابی داده شد و مابقی شاخه‌های فرعی مانند تیمار اول هرس گردیدند (۵) (شکل ۱). در مجموع در هر دوره کاشت ۱۶ چین برداشت شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physicochemical characteristics of the experiment site

ویژگی‌های خاک Soil characteristics	بافت Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)
مقدار Values	Clay - loam	24	38	37	1.70	7.50	0.95	40.40	460.00

صفات مورد ارزیابی عبارت بودند از تعداد کل میوه (مجموع تعداد میوه در چین‌ها)، عملکرد کل (مجموع عملکرد چین‌ها،کیلوگرم)، عملکرد چهار چین اول (کیلوگرم)، تعداد میوه در چهار چین اول و شاخص زودرسی (نسبت عملکرد چین اول به عملکرد کل) (۱۱). در این پژوهش نسبت عملکرد چهار چین اول به عملکرد کل به عنوان شاخص زودرسی در نظر گرفته شد. بعد از جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها با نرم‌افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. به منظور بررسی تاثیر تیمارهای هرس در سال‌های مختلف از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها استفاده شد.

شکل ۱- هرس دوشاخه (a)، هرس سه‌شاخه (b) و هرس چهار شاخه (c) در گیاه بادمجان

Figure 1- Two-branch pruning (a), three-branch pruning (b) and four-branch pruning (c) of eggplant

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده‌شده است تأثیر سال بر عملکرد و اجزاء عملکرد بادمجان ازنظر آماری معنی‌دار نبود (دانکن ۵ درصد). البته با توجه به ایجاد محیط یکنواخت در شرایط گلخانه در هر دو سال و استفاده از یک رقم مشخص، معنی‌دار نشدن تأثیر سال دور از انتظار نبود. تأثیر تیمارهای هرس بر عملکرد، تعداد میوه در چهار چین اول و شاخص زودرسی در سطح ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. عملکرد کل، تعداد کل میوه و تعداد میوه در بوته نیز در سطح یک درصد آماری تحت تأثیر تیمارهای هرس قرار گرفت ولی وزن میوه در تک بوته تحت تأثیر تیمارهای هرس قرار نگرفت.

بر اساس مقایسه میانگین صفات آزمایشی، در هرس دو، سه و چهار شاخه تعداد میوه ۴ چین اول به‌ترتیب برابر ۱۲/۶۶، ۱۹/۵۰ و ۲۱/۱۶ هزار عدد در هکتار بود. در این رابطه تیمار هرس دوشاخه و چهار شاخه از نظر آماری تیمارهای برتری نسبت به هرس سه‌شاخه بودند (جدول ۳)؛ اما با در نظر گرفتن عملکرد در ۴ چین اول، تیمار هرس دوشاخه با تولید ۵/۳۳ تن در هکتار بادمجان نسبت به دو تیمار هرس سه و چهار شاخه افزایش معنی‌دار نشان داد. دلیل این‌که در نوع خاصی از هرس، عملکرد چین‌های نخست افزایش می‌یابد به شرایط جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی در آن نوع هرس بستگی داشته و برخی محققین معتقدند در هرس ملایم (هرس دوشاخه) شرایط برای جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی، افزایش مقدار قندهای احیا و نشاسته در برگ‌ها و میوه دهی در حالت بهینه قرار دارد (۲). به این نکته نیز باید توجه داشت که یک نوع هرس خاص برای همه ارقام بادمجان قابل توصیه نیست و شیوه هرس باید با ارقام مورداستفاده سازگار باشد (۱). به‌هرحال در شرایط بدون هرس برگ‌های فوقانی بادمجان مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی بیش‌ازحد نیاز و برگ‌های پایینی مقادیر کمتری از این تشعشعات دریافت کرده و بنابراین هرس برای هر رقم باید شرایط را برای توزیع متناسب نور فراهم کند (۳). در حقیقت هرس با شیوه مناسب، توازن مناسبی بین مقصد[1] و مبدأ[2] مواد فتوسنتزی و توزیع آن‌ها بین اندام‌های مختلف گیاهی به وجود آورده و از غلبه اندام‌های رویشی به هزینه افت عملکرد گیاه جلوگیری می‌کند (۱۴).

1- Sink
2- Source

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات تعداد میوه ٤ چین اول، عملکرد ۴ چین اول، تعداد میوه کل، عملکرد کل، زودرسی، تعداد میوه در بوته و وزن تک میوه بادمجان تحت تاثیر تیمارهای محتلف هرس بوته

Table 2– Combined ANOVA for the characteristics of fruit number and yield of the first four harvest, total fruit number, earliness, fruit number and single fruit weight of eggplant

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (SM)						
		تعداد میوه ٤ چین اول Fruit number of first four harvest	عملکرد ٤ چین اول Yield of first four harvest	تعداد کل میوه Total fruit number	عملکرد کل Total yield	شاخص زودرسی Earliness Index	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	وزن تک میوه Single fruit weight
سال Year (Y)	1	10.88 ns	0.138 ns	1624.5 ns	211.49 ns	6.97 ns	16.24 ns	649.20 ns
خطای سال Error (Y)	4	9.97	0.912	88.00	5.84	4.79	0.889	46.46
هرس Pruning (P)	2	15.05*	1.675*	1235.36**	45.27**	18.87*	12.353**	104.00 ns
خطای هرس Error (P)	2	2.38	0.437	108.50	3.09	3.18	1.085	48.22
سال× هرس Y × P	2	2.38 ns	0.402 ns	98.7 ns	3.15 ns	4.01 ns	1.95 n.s	49.01 ns
خطای سال در هرس Error (Y× P)	8	4.13	0.166	54.27	1.417	1.321	0.542	144.05
ضریب تغییرات CV (%)		9.63	8.64	3.70	9.53	11.27	3.70	5.07

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ns: عدم معنی‌داری

*: Significant at 5%, **: Significant at 1%, ns: Non-significant

جدول ۳- اثر هرس بر تعداد میوه ۴ چین اول، عملکرد ۴ چین اول، تعداد کل میوه و عملکرد کل در بادمجان

Table 3- The pruning effects on fruit number and yield of first four harvest, total fruit number and total yield of eggplant

نوع هرس Pruning type	تعداد میوه ۴ چین اول Fruit number of yield (1000 ha^{-1})	عملکرد ۴ چین اول Yield of yield (t ha^{-1})	تعداد کل میوه Total fruit number (1000 ha^{-1})	عملکرد کل Total yield (t.ha^{-1})
دوشاخه Two branches	22.66 a	5.33 a	183.5 c	44.45 c
سه‌شاخه Three branches	19.50 b	4.40 b	200.66 b	46.67 b
چهار شاخه Four branches	21.16 ab	4.43 b	212.00 a	49.87 a

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار هستند (روش چنددامنه‌ای دانکن، سطح احتمال ۵ درصد)

The same letters in each column are not significantly different (Duncan's Multiple Range Test, 5%).

دارا بودن عملکرد بیشتر در هرس دوشاخه‌ای بادمجان را می‌توان با شاخص زودرسی (نسبت عملکرد چهار چین به عملکرد کل) نیز مورد ارزیابی قرارداد (شکل ۲). شاخص زودرسی در هرس دو، سه و چهار شاخه به ترتیب برابر ۱۲/۲۱، ۹/۵ و ۸/۸۳ درصد بود که در این میان فقط هرس دوشاخه تفاوت معنی‌دار با دو نوع هرس دیگر داشت. عملکرد چین‌های اول بادمجان از این نظر دارای اهمیت است که معمولاً با قیمت بالاتر بازار همراه بوده و می‌تواند در اقتصاد کشاورزان نقش مثبتی ایفا نماید. نتایج در مورد تأثیر هرس بر زودرسی محصول یکسان نیست. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که هرس بادمجان در گلخانه‌های شیشه‌ای تأثیری بر زودرسی محصول نداشته است (۷ و ۲) اما برخی دیگر به تأثیرات مثبت هرس بر زودرسی بادمجان درکشت های تونلی اشاره داشته‌اند (۵). در هر صورت زودرسی محصول در اثر انجام عملیات هرس شاخه نیز به ویژگی‌های رقم مورد استفاده بستگی دارد. باید توجه داشت ارقامی با بنیه ضعیف و رشد شاخ و برگ کمتر برخلاف ارقام با بنیه قوی و رشد رویشی زیاد به هرس نیاز نداشته و یا هرس در آن‌ها به حداقل مقدار خود می‌رسد. طبیعتاً انتظار داشتن محصول زودرس با انجام هرس، در مورد ارقام با رشد شاخ و برگ زیادتر بیشتر مصداق دارد (۱۷).

برخلاف تعداد میوه در چهار چین اول تعداد کل میوه در هرس دوشاخه معادل ۱۸۳/۵ هزار بوته در هکتار بود که نسبت به دو نوع هرس سه‌شاخه و چهار شاخه به‌ترتیب ۸/۵ و ۱۳/۵ درصد کمتر بود (جدول ۳). روند مشابهی نیز برای عملکرد کل میوه نیز مشاهده شد.

شکل ۲- شاخص زودرسی در سه تیمار هرس شاخه در بادمجان

Figure 2- The earliness index in three branch pruning of eggplant (DMRT, *p<0.05*)

شکل ۳- مقایسه تعداد میوه در هر بوته در سه تیمار هرس شاخه بادمجان

Figure 3- Comparison of the number of fruits per plant in three eggplant branch pruning treatments (DMRT, *p<0.05*)

عملکرد کل در سه تیمار هرس دو، سه و چهار شاخه به‌ترتیب برابر ۴۴/۴۵، ۴۶/۶۷ و ۴۹/۸۷ تن در هکتار بود (جدول ۳). به عبارت ساده هرچقدر هرس شدیدتر شده مقدار محصول تولیدی نیز افزایش‌یافته است. نتایج مشابهی مبنی بر انجام هرس شدید و رابطه مثبت آن بر میوه دهی گیاه بادمجان گزارش‌شده است (۱). عبور بهتر هوا، توزیع بهتر مواد فتوسنتزی، ایجاد شرایط مناسب برای محلول‌پاشی مواد مغذی و افزایش کارایی آن و کاهش آفات و بیماری‌ها از جمله مواردی هستند که به‌عنوان شرایط بهینه در گیاهان هرس شده موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است (۱۴ و ۱۷). دلیل اصلی افزایش عملکرد در شرایط هرس شدید افزایش تعداد میوه در هر بوته است (شکل ۳) و وزن تک میوه در این پژوهش تحت تأثیر هرس قرار نگرفت (جدول ۲). در تیمار هرس چهار شاخه تعداد میوه در هر بوته نسبت به تیمار هرس سه و دوشاخه به‌ترتیب ۵/۷ و ۱۵/۶ درصد افزایش داشت. در پژوهش حاضر وزن تک میوه تحت تأثیر تیمارهای هرس قرار نگرفت، اگرچه برخی از پژوهش‌ها نتایج مشابهی مبنی بر عدم تأثیر تیمار هرس بر وزن میوه‌ها در مقایسه هرس دو و چهار شاخه برای دو رقم بادمجان بلک ول[1] و لونگو[2] در شرایط گلخانه (فاصله بین ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر) گزارش نموده‌اند (۹). در پژوهش گلخانه‌ای دیگری در آنتالیای ترکیه هفت هیبرید بادمجان شامل دوسکی[3]، ویتوریا[4]، والنتینا[5]، ایندرا[6]، سیسیلیا[7]، پالمیرا[8] و ایمپریال[9] با تراکم‌های مختلف (۴/۵ و ۱۲/۷۱ بوته در متر مربع) کشت شدند و تیمارهای هرس دو سه‌شاخه بر روی آن‌ها انجام شد. در این پژوهش اگرچه تیمارهای هرس تأثیری بر وزن میوه‌ها نداشت اما با افزایش کیفیت میوه‌های درجه‌یک مقدار میوه‌های درجه دوم (کوچک و بدشکل) و ضایعات میوه کاهش یافت (۱۴). به نظر می‌رسد با وجود تفاوت در نوع ارقام استفاده‌شده در پژوهش‌ها، وزن میوه‌های ارقام هیبرید که بر اساس یکنواختی میوه‌ها اصلاح شده‌اند کمتر تحت تأثیر تیمارهای هرس قرار می‌گیرند.

بررسی ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش نیز نشان داد رابطه هرس (حذف شاخه) با عملکرد در هر دو حالت عملکرد کل (۰/۶۹*) و عملکرد ۴ چین اول (۰/۸۰**) رابطه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۴). همبستگی بین تعداد شاخه و عملکرد بادمجان در برخی پژوهش‌های دیگر نیز گزارش‌شده است (۱۲) ، هرچند در برخی پژوهش‌ها نیز رابطه معنی‌دار بین عملکرد و تعداد شاخه مشاهده نشده است (۱۸). در بررسی عملکرد و تنوع صفات مورفولوژیک برخی ارقام محلی بادمجان ایران نیز رابطه عملکرد با تعداد میوه در بوته رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار بود (۱۳).

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت هرس بوته در بادمجان می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکرد این گیاه داشته باشد. البته نوع و چگونگی هرس علاوه بر این‌که به رقم استفاده‌شده بستگی دارد تابع هدف تولید نیز هست. بر پایه نتایج پژوهش حاضر درصورتی‌که هدف تولید محصول نوبرانه و زودرس باشد استفاده از شیوه هرس دوشاخه‌ای نتایج بهتری در بر خواهد داشت، اما اگر هدف تولید کل محصول باشد می‌توان هرس چهار شاخه‌ای نیز استفاده نمود.

1- Black Well
2- Longo
3- Dusky
4- Vittoria
5- Valentina
6- Indra
7- Sicilia
8- Palmira
9- Imperial

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 4- The correlation coefficient between the traits was measured

وزن تک میوه Single fruit weight	وزن تک میوه Single fruit weight	تعداد میوه در ۴ چین اول Fruit number of first four harvest	عملکرد ۴ چین اول Yield of first four harvest	حذف شاخه Branch remove	عملکرد کل Total yield
تعداد میوه در ۴ چین اول Fruit number of first four harvest	0.37	1			
عملکرد ۴ چین اول Yield of first four harvest	0.78*	0.89**	1		
حذف شاخه Branch remove	0.48	0.91**	0.80**	1	
عملکرد کل Total yield	0.75**	0.74**	0.87**	0.69*	1

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

* : Significant at the 5% and **: Significant at the 1% of probability levels

منابع

1. Ambroszczyk A., Cebula S. and Sękara A. 2008 a. The effect of plant pruning on the light conditions and vegetative development of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse cultivation. Vegetable Crops Research Bulletin 68(1): 57-70.
2. Ambroszczyk A.M., Cebula S., and Sękara A. 2007. The effect of plant pruning on yield and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse cultivation. Horticulture, Environment, and Biotechnology 48: 277-285.
3. Ambroszczyk A.M., Cebula S., and Sękara A. 2008 b. The effect of shoot training on yield, fruit quality and leaf chemical composition of eggplant in greenhouse cultivation. Folia Horticulturae 20(2): 3-15.
4. Amiard V., Mueh K.E., Demmig-Adams B., Ebbert V., Turgeon R., and Adams W.W. 2005. Anatomical and photosynthetic acclimation to the light environment in species with differing mechanisms of phloem loading. Proceedings of the National Academy of Sciences 102(36): 12968-12973.
5. Buczkowska H. 2010. Effect of plant pruning and topping on yielding of eggplant in unheated foil tunnel. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 9: 105–115.
6. Caruso G., Pokluda R., Sękara A., Kalisz A., Jezdinský A., Kopta T., and Grabowska A. 2017. Agricultural practices, biology and quality of eggplant cultivated in Central Europe. A review. Horticultural Science 44(4): 201-212.
7. Cebula S. 2003. The effect of side shoots pruning on the growth and yielding of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse production. Folia Hort 15(2): 71–76.
8. FAO (Food and Agriculture Organization). 2019. FAOSTAT, Retrieved January 12, 2019, from http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx.
9. Iapichino G., Moncada A., and D'anna F. 2007. Planting density and pruning method affect eggplant soilless culture. In International Symposium Advances in Soil & Soilless-Cultivation under Protected Environment (pp. 341-346). International Society for Horticultural Science.
10. Inalpulat M., Genc L., Kizil U., and Aksu S. 2014. Responses of eggplant to pruning under irrigation deficiency. In Int. Conf. Biol., Civil and Environ. Eng. (BCEE-2014), Dubai (UAE).
11. Jalali. A.H., and Jafari, P. 2014. Effect of Polyethylene Mulch, and Manure on Yield and Yield Components of Cantaloupe in Isfahan Province**.** Journal of Crop Production and Processing 4: 89-98. (In Persian)
12. Kameli A.M., Kiani G., and Kazemitabar K. 2020. Evaluation of phenotypic diversity of eggplant genotypes. Journal of Vegetables Sciences 3: 31-41.
13. Khaleghi S., Mobli M., Baninasab B., and Majidi M.M. 2019. Study of Variation of Yield and Morphological Traits

of Some Local Varieties of Iran's Eggplant (*Solanum melongena* L.). Journal of Crop Production and Processing 9: 15-31.
14. Kumar K., Singh D.P., Saini P.K., and Yadav R.K. 2019. Progress in Pruning to Vegetable Crops: A Review. International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology 6: 19-32.
15. Ministry of Jihad Agriculture. 2021. Agricultural Statistics. Deputy of Planning and Economy. Information and Communication Technology Center. https:// www. maj.ir/index.aspx?page. (In Persian)
16. Paksoy M., and Akilli M. 1994. The effects of different pruning on the yield and quality of eggplant cultivars grown in the greenhouse conditions. Acta Hort 366: 287-292.
17. Reiter M. 2020. Southeastern US 2020 Vegetable crop handbook. 343 pp.
18. Tripathy B., Sharma D., Singh J., and Nair S.K. 2018. Correlation and path analysis studies of yield and yield components in Brinjal (*Solanum melongena* L.). International Journal of Pure and Applied Biosciences 6(1):1266-1270.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 621-630
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۳۰-۶۲۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Study the Effect of Plant Pruning on Eggplant (*Solanum melongena* cv. Bellen) Yield in Greenhouse Condition

K. Arabsalmani[1]- A. Hooshang Jalali[2]- P. Jafari[3]*

Received: 05-01-2021
Accepted: 10-05-2021

Introduction: Eggplant (*Solanum melongena*) is a diploid plant (2n= 24). Eggplant cultivated as perennial in the tropics regions and grown as an annual in temperate areas According to the statistics of FAO, the area under eggplant cultivation in Iran were about to 21.3 thousand hectares, with an average yield of 31.4 tons per hectare. Eggplants grow into large plants that causes too much plant canopy, so pruning the plant is a good way to reduce the number of branches, leaves and to increase fruit set. Normally, pruning is not done on the eggplant plant and only 2 plants per square meter could be grown in the field and also greenhouse conditions. However, pruning operations should be performed in greenhouse conditions and plants might be kept with 2 to 4 branches. A study was conducted to evaluate the best method of eggplant pruning in greenhouse conditions in the Netherlands and the plants were pruned into one or two branches. Plants were pruned again from the second branch in different cases including the first, third, sixth and ninth nodes. The results showed that severe pruning had a positive effect on plant conditions and fruitset was better in heavily pruned plants.

Material and Methods: This experiment was conducted in 2018 and 2019 in greenhouse conditions in Varamin city. This area located 40 km from Tehran with an altitude of 1000 meters above sea level, an area of approximately 1500 square kilometers, longitude 50 degrees and 51 minutes, latitude 19 degrees and 35 minutes and the amount of first and second-degree agricultural lands 75 thousand Hectares. The average long-term annual rainfall is 120 mm, and the prevailing wind direction is southeast to northwest. The combined analysis based on a randomized complete block design experiment with three replications conducted and the treatments included three methods of plant pruning (two-branch, three-branch and four-branch). The seeds of Bellen variety planted in culture trays containing enriched peat moss and placed in an environment with a temperature of approximately 27 °C and relative humidity of 80%. After germination of seeds, the ambient temperature decreased to 24 °C during the day and 18 °C during the night. After the seedlings reached 3-4 leaves, they transferred to the main greenhouse. Pruning and guiding the plant on the scaffolding began with the first flower appearing on the meristem axis. All the male branches removed before the mentioned flower and the sub-branches branching from the main axis were allowed to grow above the first flower position. After data collection, data analyzed by SAS software and the means compared by Duncan test.

Results and Discussion: The effect of year on yield and yield components of eggplant were not statistically significant (Duncan 5%). Effect of pruning treatments on yield components, number of fruits in the first cut and early maturity index at 5% level and on total yield, the total number of fruits and number of fruits per plant were also statistically significant at 1% level. Two-branch and four-branch pruning treatments were statistically superior to three-branch pruning treatments, but considering the yield in the first four harvests, two-branch pruning treatment with the production of 5.33 t ha^{-1}, compared to two three-pruning treatments and four branches showed a significant increase. Earliness index of plants that pruning in two, three and four plant branches were 12.21, 9.5 and 8.83%, respectively. The total yield in three pruning treatments of two, three and four branches were 44.45, 46.67 and 49.87 t ha^{-1}, respectively. The results showed that branch pruning had positive effects on eggplant yield and based on the purpose of the research, including early crop production or higher total performance, the type of pruning will be different. Examination of the correlation coefficients of the traits measured in the experiment also showed that the relationship between pruning (branch removal) and yield in both totals (0.69*) and the first four harvests (0.80**) was significant. The correlation between the number of branches and eggplant yield has reported in some other studies nevertheless in some studies has not the different

1- Research Trainer, Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran
2 and 3- Assistant Professor and Research Trainer, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: peimanjafari@yahoo.com)
DOI: 10.22067/JHS.2021.67250.0

relationship between performance and number of plant branches. In reviewing the performance and diversity of morphological traits of some local varieties of Iranian eggplant relationship between fruit yield and number of fruits per plant were positive and significant.

Keywords: Early maturity, Branch, Number of fruits, Pruning

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 631-645
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۴۵-۶۳۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تأثیر کتیرا روی برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و مرتبط با عملکرد دانه گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) تحت شرایط خشکی

یوسف سهرابی[1*]- هاوری کیانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰

چکیده

تعرق برای انجام فتوسنتز، فرآیندی ضروری است که با توجه به شرایط در مواردی می‌تواند مضر باشد. بنابراین استفاده از مواد ضد تعرق می‌تواند یکی از روش‌های کارآمد در کاهش میزان اتلاف آب به واسطه تعرق و راهکاری مؤثر برای کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه و تعدیل کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب در نواحی خشک و نیمه خشک باشد. در همین راستا به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد غلظت‌های مختلف کتیرا (تراوه خشک شده‌ی طبیعی حاصل از برخی گونه‌های *Astragalus* بر گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در سال ۱۳۹۷ به‌اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۱۰۰ (آبیاری کامل)، ۷۰ (تنش ملایم خشکی) و ۴۰ (تنش شدید خشکی) درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی کتیرا در شش غلظت صفر، ۱/۲۵، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر بودند. نتایج نشان داد افزایش شدت تنش خشکی (کاهش آبیاری) منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل کل، کارآیی فتوسیستم II، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گردید. تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف کتیرا در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود. در آبیاری کامل، غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر بر تمامی صفات مورد مطالعه مثبت بود. در تنش ملایم خشکی استفاده از غلظت‌های بیشتر کتیرا تا غلظت ۵ گرم در لیتر بهترین کارآیی را داشت و غلظت‌های بیشتر از آن به تأثیر معکوس بر صفات مورد بررسی منجر گردید. در تنش شدید خشکی، کاربرد غلظت‌های بیشتر کتیرا مفید بود و مصرف کتیرا تا غلظت ۷/۵ گرم در لیتر باعث بهبود صفات بررسی شده گردید، ولی مصرف غلظت ۱۰ گرم در لیتر بر صفات مذکور تأثیر منفی داشت. با توجه به تأثیری که غلظت مناسب کاربرد این ماده در بهبود صفات اندازه‌گیری شده داشت و توانست عملکرد دانه را نسبت به عدم مصرف کتیرا در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی به‌ترتیب ۱۱/۶ و ۲۸/۲ درصد افزایش دهد، احتمالا کتیرا می‌تواند به‌عنوان یک ماده ضدتعرق جدید با منشاء طبیعی معرفی گردد و کاربرد آن در مناطقی که با تنش خشکی مواجه هستند می‌تواند مفید و قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کارآیی فتوسیستم II، کلروفیل، ماده ضد تعرق، محتوی نسبی آب

مقدمه

تغییرات اقلیمی از جمله مشکلات ناگوار زیست محیطی است که در دو دهه اخیر جامعه بشری با آن رو به رو بوده است. گرما و خشکی، تنش‌های غیر زیستی هستند که از مه‌مترین عوامل محیطی تأثیرگذار قلمداد می‌گردند که اغلب، کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی را موجب می‌شوند (۳۶). بیش از یک چهارم سطح زمین جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تخمین زده شده است که یک سوم از اراضی قابل کشت تحت شرایط کمبود آب می‌باشد (۱۴ و ۱۵). بنابراین، کمبود آب اغلب اولین عامل محدودکننده برای تولید گیاهان در شرایط خشک و نیمه‌خشک است (۹). تنش کمبود آب باعث کاهش محتوای آب برگ گیاه می‌شود (۳۴) و در نتیجه، سلول‌ها چروک خورده و دیواره سلولی پایداری خود را از دست می‌دهد، هم‌چنین محتوای کلروفیل گیاه کاهش می‌یابد (۴۴). در واقع، خشکی تنشی است که فتوسنتز گیاه را محدود می‌کند، باعث ایجاد تغییر در محتوای کلروفیل و صدمه به ساختارهای فتوسنتزی

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: y.sohrabi@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.69276.1033

می‌گردد (۲۵). و در نهایت رشد رویشی گیاه نیز کاهش می‌یابد (۴). همچنین به تبع کاهش رشد گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نیز در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابند (۳۱). افزایش فرآیندهای فتوسنتز و افزایش کارآیی آب مصرفی می‌تواند، راهکار مناسبی در برابر تغییرات اقلیمی باشد (۱۲). در حقیقت تعرق برای انجام فتوسنتز، فرآیندی ضروری و بسته به شرایط شاید در مواردی مضر باشد. استفاده از مواد ضدتعرق می‌تواند یکی از روش‌های کارآمد در کاهش میزان هدر رفت آب از طریق جریان تعرق باشد. به کارگیری مواد ضد تعرق راهکاری مؤثر برای کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه و تعدیل کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب در نواحی خشک و نیمه خشک است. در واقع، مواد ضد تعرق با کاهش تعرق و افزایش کارآیی مصرف آب موجب جلوگیری از کاهش عملکرد گیاه می‌شوند (۱ و ۲)، که این امر در نتیجه بهبود نسبی وضعیت آب گیاه اتفاق می‌افتد که احتمالا حاصل ذخیره رطوبت در خاک می‌باشد (۲). کاربرد مواد ضد تعرق یک ابزار نوید بخش برای تنظیم تعرق به منظور حفظ آب گیاه در حد مطلوب است و استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارند (۳۸). برخی از مواد ضدتعرق با افزایش مقاومت برگ در برابر از دست دادن آب اثرات مخرب تنش خشکی را در گیاه بهبود می‌بخشند (۲۷).

کتیرا هیدروکلوئیدی با کیفیت است که از نظر ساختمان شیمیایی، یک کربوهیدرات آبدوست غیر یکنواخت و بسیار منشعب می‌باشد. کتیرا متشکل از دو جزء اصلی تحت عنوان تراگاکانتیک اسید یا باسورین و تراگاکانتین است. باسورین ۷۰-۶۰ درصد از کل صمغ را به خود اختصاص داده و جزء نامحلول در آب می‌باشد که قابلیت تورم و تشکیل ژل را دارد. جزء دیگر یا تراگاکانتین نیز، در آب حل شده و منجربه ایجاد محلول کلوئیدی می‌شود. باسورین یک جزء اسیدی است که بر اثر هیدرولیز اسیدی، قندهایی نظیر دی-زایلوز، ال-فوکوز دی گالاکتورونیک اسید، و مقدار کمی ال-رامنوز تولید می‌کند. جزء اسیدی این مولکول نیز در ارتباط با کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم می‌باشد. خواص صمغ کتیرا به مقدار زیادی به باسورین ارتباط دارد. تراگاکانتین، به عنوان جزء پلی‌ساکاریدی خنثی محسوب می‌شود که ساختار آن متشکل از واحدهای متوالی دی-گالاکتوز است و زنجیره‌های منشعب ال-آرابینوز به آن متصل می‌باشد، همچنین گروه‌های متوکسیل نیز به مقدار قابل توجهی در ساختار آن حضور دارند.

در دهه‌های اخیر، کشت گیاهان دارویی در مناطق نیمه‌خشک به سبب وجود میزان مطلوب تابش خورشیدی و مقاومت نسبی در شرایط کم‌آبی مورد توجه واقع گردیده است و به نظر می‌رسد کشت و کار محصولات بومی و سازگار می‌تواند، راه‌گشا باشد (۵). سیاهدانه (*Nigella sativa*) به عنوان یکی از گیاهان دارویی در نواحی مدیترانه‌ای همچون ایران مورد کشت قرار می‌گیرد و بروز تنش خشکی در این نواحی رشد و عملکرد این گیاه را نیز مانند سایر گیاهان کاهش می‌دهد (۱۳). بهبود عملکرد محصولات زراعی تحت تنش خشکی، هدف پژوهشگران کشاورزی در سراسر جهان است (۲۴) و پیدا کردن راهکارهایی که بتواند اثرات کمبود آب بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی را کاهش دهد و موجب بهبود رشد و عملکرد این گیاهان گردد می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. یکی از راهکارهای کاهش اثرات کمبود آب، بهره‌گیری از مواد ضدتعرق است، نتایج تحقیقی نشان داده است مصرف مواد ضدتعرق قبل از مرحله گلدهی سبب کاهش عقیمی دانه‌های گندم می‌شود (۱). همچنین در تحقیقات دیگری تأثیر مثبت مواد ضدتعرق بر محصولات مختلفی از قبیل گندم (۲۱)، نعنا (۳۵) و فلفل دلمه‌ای (۸) گزارش شده است. با توجه به خاصیت پوشش دهندگی ژل کتیرا، که این ماده به‌عنوان پوشش ضد تعرق می‌توان در راستای کاهش میزان هدررفت آب از طریق تعرق، بدون کاهش رشد و عملکرد گیاه استفاده کرد. بنابریان، هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر محلول‌پاشی دزهای مختلف کتیرا بر محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل، خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه سیاهدانه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بود تا در صورت وجود تأثیر مثبت بر رشد و عملکرد گیاه در شرایط کمبود آب، ماده کتیرا به عنوان یک ماده ضد تعرق جدید با منشاء آلی مطرح گردد و به کشاورزی جهان معرفی شود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مواد ضد تعرق بر خصوصیات کمی و کیفی در پاسخ به رژیم‌های مختلف آبیاری در گیاه سیاهدانه تحقیقی به صورت گلدانی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه کردستان از ۱۰ خرداد ماه تا ۲۰ شهریور ماه سال ۱۳۹۷ اجرا شد. شدت نور به طور متوسط در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بود. حداقل و حداکثر دمای گلخانه به ترتیب ۱۸ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد بود. متوسط رطوبت نسبی هوای داخل گلخانه در حدود ۲۷ درصد حفظ شد. گلدان‌های پلاستیکی (به قطر ۳۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و وزن ۴۰۰ گرم) با ۱۱۳۱۶ گرم خاک که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است، پر شدند. با توجه به آزمون خاک، ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O) و ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P_2O_5) قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. با استفاده از صفحات فشاری، مقدار ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم اندازه‌گیری گردید که به‌ترتیب ۱۳/۵ و ۱۲/۳ کیلوگرم بود. با توجه به مساحت گلدان (مساحت ۷۰۶/۵ سانتی‌متر مربع) و کشت با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع، در هر گلدان ۱۴ بذر سیاهدانه (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) کشت گردید. تیمارهای آبیاری برای

اعمال شرایط تنش از یک هفته قبل از گلدهی (در مرحله شروع غنچه‌دهی) به مدت ۴۰ روز (۹ مرحله) شروع شد و تا ۱۰ روز قبل از برداشت (رسیدگی فیزیولوژیک) ادامه داشت. گلدان‌ها در هر نوبت آبیاری جابجا می‌شدند. اعمال تیمار آبیاری (درصد از ظرفیت زراعی) در گلدان‌ها به روش وزنی انجام شد. دور آبیاری هر ۵ روز یک‌بار بود. ملاک عمل، وزن گلدان در آبیاری کامل بود و بعد از ۵ روز میزان آبی که نیاز بود تا به ظرفیت زراعی برسد، تعیین و مصرف می‌شد. برای جلوگیری از بروز خطای وزن بوته‌ها در تعیین وزن گلدان‌ها، برای هر تیمار چند گلدان اضافی کشت شد تا با استفاده از بوته‌های مشابه در گلدان‌های مذکور، وزن بوته‌ها از وزن گلدان کسر شود. برای تیمارهای ۴۰ و ۷۰ درصد آبیاری، به میزان ۴۰ و ۷۰ درصد آب مورد نیاز تیمار آبیاری کامل، آب مصرف شد (۳۰).

جدول ۱- ویژگی‌های خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Characteristics of the used soil in the experiment

بافت Texture	ماده آلی Organic carbon (%)	پی‌اچ pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس Available potassium (ppm)	فسفر قابل دسترس Available phosphorous (ppm)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)
لوم شنی Loamy Sand	0.8	7.6	0.41	194.5	1.3	0.09

محلول‌پاشی ماده کتیرا در مرحله آغاز غنچه‌دهی انجام شد. به این منظور مقادیر توزین شده (صفر، ۱/۲۵، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم) کتیرای برداشت شده از مراتع استان کردستان (*Astragalus gummifer*) در یک لیتر آب ولرم ریخته شد و پس از ۲۴ ساعت به وسیله مخلوط کن به مدت ۵ دقیقه میکس شد تا به‌طور کامل یکنواخت گردد. محلول‌پاشی ماده این ماده با استفاده از سم‌پاش پشتی مدل Shark با فشار ثابت ۲/۴ بار و حجم ۲۵۰ لیتر آب در هکتار انجام گرفت. به منظور ممانعت از پاشیده شدن این ماده به گیاهان گلدان‌های مجاور، در زمان محلول‌پاشی از یک پرده نایلونی بین گلدان‌ها استفاده شد. تمامی صفات فیزیولوژیک (محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II) در ۱۵ روز پس از اعمال تیمارها در مرحله شروع تشکیل کپسول اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ به روش جیون و همکاران (۱۸) انجام گرفت. سنجش میزان کلروفیل توسط اسپکتروفتومتر و به روش آرنون (۳) انجام شد. اندازه‌گیری فتوشیمیایی فتوسیستم II توسط دستگاه فتوسنتزمتر (mini PPM-200/300, EARS, Netherlands) انجام گرفت، به این منظور از بخش کناری جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته (با فاصله از رگبرگ میانی) اندازه‌گیری شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل: فلورسانس اولیه برگ خو گرفته به روشنایی (F_0)، بیشینه فلورسانس برگ خو گرفته به نور (Fm)، فلورسانس متغیر ($Fv= Fm- F_0$) و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) بودند (۲۳). برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با رشد و عملکرد سیاهدانه، در مرحله رسیدگی نهایی بوته‌های هر گلدان برداشت شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول در ۱۰ بوته و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌صورت گرم در ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد (رطوبت دانه در زمان برداشت ۷ درصد بود). بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.3 انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD استفاده گردید و نمودارها نیز به کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل، کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نشان دهنده تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری و غلظت‌های مختلف کاربرد کتیرا است (جدول ۲) به نحوی‌که اثرات ساده سطوح آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا در بر مقادیر صفات ذکر شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. اثر متقابل سطوح آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا نیز بر صفات محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل، کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد و روی تعداد کپسول در بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

محتوای نسبی آب برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار گردید (جدول ۲). در این مطالعه، گیاهان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری دارای محتوای نسبی آب برگ متفاوتی بودند و تقریباً در تمامی غلظت‌های مصرف کتیرا بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و تنش شدید خشکی مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات آبیاری و عصاره کتیرا بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد سیاهدانه

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effect of irrigation regimes and tragacanth gum application on black cumin morpho-physiological and yield traits

منابع تغییر S.O.V	Df	محتوای نسبی آب برگ RWC	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کارآیی فتوسیستم PS II	ارتفاع بوته Plant height	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per Plant	تعداد دانه در بوته Number of grain per Plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
سطوح آبیاری Irrigation(I)	2	16.4**	27.4**	151.8**	69.9**	14.01**	132049**	181.3**	42.7**
غلظت کتیرا Tragacanth concentration (T)	5	0.93**	0.38**	19.7**	20.8**	0.17**	3794**	8.4**	5.6**
I×T	10	0.44**	0.14**	8.1**	10.2**	0.09*	3791**	4.2**	3.7**
خطا Error	36	0.018	0.003	1	2.34	0.038	28.4	0.31	0.38
ضریب تغییرات C.V(%)	4.3		5.1	6.7	4.7	5.8	7.1	5.3	7.4

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

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

تأثیر غلظت محلول‌پاشی کتیرا در رژیم‌های مختلف آبیاری، کاملاً متفاوت بود. در شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط خشکی بالاترین محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در کاربرد غلظت های ۱/۲۵ و ۲/۵ گرم در لیتر کتیرا به‌دست آمد و کاربرد غلظت‌های بالاتر کاربرد این ماده باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ شد به طوری‌که مصرف غلظت‌های ۵ گرم در لیتر و بیشتر برای آبیاری کامل و بیشتر از ۵ گرم در لیتر برای تنش متوسط خشکی، محتوای نسبی آب برگ گیاه را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی به طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۱). در گیاهان تحت تنش شدید خشکی، بیشترین محتوای نسبی آب برگ در غلظت ۵ گرم در لیتر (۶۸/۱ درصد) حاصل شد و غلظت‌های بیشتر از آن منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ شد. محتوای نسبی آب برگ معیاری از مقاومت به خشکی می‌باشد و در شریط تنش خشکی به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها، کاهش می‌یابد (۳۴). بالا بودن محتوی نسبی آب برگ در شرایط محلول‌پاشی گیاه سیاهدانه توسط ماده کتیرا ممکن است به علت وجود سازوکارهای کاهش دهنده تلفات آب از روزنه‌ها (بسته شدن روزنه‌ها) باشد. اثر منفی ماده کتیرا در غلظت‌های بالا بر محتوی نسبی آب برگ نیز ممکن است ناشی از مسدود شدن کامل و طولانی مدت روزنه‌ها و عدم ایجاد مکش لازم در گیاه برای جذب آب از خاک باشد. مقدار نسبی آب برگ به‌طور مستقیم با آماس سلول و پتانسیل آب گیاه در ارتباط است. در ارتباط با تأثیر مواد ضد تعرق بر محتوای نسبی آب، دل آمور و همکاران (۸) اعلام داشتند که مواد ضد تعرق موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ فلفل دلمه‌ای در شرایط تنش می‌شود. در همین ارتباط یانگ و همکاران (۴۳) نیز بیان داشتند که کاربرد مواد ضد تعرق سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ ذرت شد، بدون اینکه در تبادلات گازی اختلال ایجاد کند.

محتوای کلروفیل کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر محتوای کلروفیل کل برگ در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۲). در مجموع، مقادیر بیشتر محتوای کلروفیل کل در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و تنش خشکی، محتوای کلروفیل کل را کاهش داد (شکل ۲). محققان دیگر نیز تأثیر منفی تنش‌خشکی بر مقادیر کلروفیل گیاه سیاهدانه و درخت شاد را بیان داشته‌اند (۲۰ و ۴۴). کاهش غلظت کلروفیل، محدودیت‌های متابولیکی غیر روزنه‌ای فتوسنتز را در شرایط تنش خشکی به دنبال دارد، بنابراین حفظ غلظت کلروفیل به ثبات فتوسنتز در شرایط تنش خشکی کمک می‌کند (۳۳).

بررسی تأثیر محلول‌پاشی کتیرا بر محتوای کلروفیل کل گیاه سیاهدانه نشان داد در تیمار آبیاری کامل، بیشترین محتوای کلروفیل کل گیاه در غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر کتیرا به دست آمد. مصرف غلظت‌های بالاتر این ماده باعث کاهش محتوای کلروفیل برگ گردید به طوری که کاربرد غلظت ۵ گرم در لیتر و بالاتر از آن یعنی غلظت‌های ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر باعث کاهش شدید محتوای کلروفیل کل گیاه نسبت به شاهد گردید و در غلظت ۱۰ گرم در لیتر کتیرا محتوای کلروفیل (۱/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) به مقادیر پایین‌تر از کلروفیل در گیاهان تحت تنش متوسط و شدید خشکی کاهش یافت.

شکل ۱- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محول پاشی صمغ کتیرا بر محتوای نسبی آب برگ گیاه سیاهدانه

Figure 1- The interaction effect of different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the relative water content of black cumin plant. (LSD, *p≤0.05)*

در تیمار آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مصرف کتیرا تا غلظت ۵ گرم در لیتر موجب افزایش محتوای کلروفیل کل نسبت به شاهد شد و غلظت‌های بیشتر از ۵ گرم در لیتر باعث کاهش محتوای کلروفیل کل گیاه گردید به طوری که در مصرف ۱۰ گرم در لیتر ماده کتیرا محتوای کلروفیل کل به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. در تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی با افزایش غلظت کاربرد کتیرا محتوای کلروفیل کل گیاه نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت، به طوری که غلظت های ۵ و ۷/۵ گرم در لیتر کتیرا باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل گیاه گردید. اما محتوای کلروفیل کل گیاه در غلظت ۱۰ گرم در لیتر کتیرا کاهش یافت اگرچه تفاوت معنی‌داری با عدم مصرف کتیرا نداشت (شکل ۲). اثراتی که محلول‌پاشی کتیرا و غلظت‌های مختلف آن روی محتوای کلروفیل گیاه در رژیم‌های مختلف آبیاری داشت تقریبا به طور کامل از اثرات این ماده بر محتوای نسبی آب برگ (شکل ۱)، تبعیت کرد به طوری که هرگونه کاهش در محتوای نسبی آب برگ گیاه باعث کاهش محتوای کلروفیل کل گیاه گردید. یانگ و همکاران (۴۳) عنوان نمودند که کاربرد مواد ضد تعرق به واسطه افزایش محتوای نسبی آب برگ، افزایش محتوای کلروفیل را سبب گردید.

شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری ×محلول پاشی صمغ کتیرا بر محتوای کلروفیل کل در گیاه سیاهدانه

Figure 2- The interaction effect of different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the total chlorophyll content in black cumin plant. (LSD, *p≤0.05)*

می‌توان عنوان داشت افزایش یا حفظ محتوای نسبی آب برگ سبب جلوگیری از بروز اثرات خشکی و در نتیجه، بهبود غلظت کلروفیل گیاه می‌گردد. با کاهش محتوای نسبی آب برگ، به‌دلیل بروز اثرات تنش خشکی و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، کلروفیل گیاه دچار تخریب می‌گردد، این در شرایطی است که حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند.

کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد بالاترین کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II به گیاهان تحت آبیاری کامل در شرایط مصرف ۱/۲۵ گرم در لیتر کتیرا تعلق داشت. بروز تنش خشکی میزان این صفت را کاهش داد به طوری‌که گیاهان تحت تنش شدید خشکی کمترین کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II را داشتند (شکل ۳). تجزیه کلروفیل (شکل ۲) به عنوان یکی از نتایج کاهش محتوای نسبی آب برگ (شکل ۱)، می‌تواند یک مرحله مقدماتی در تخریب پروتئین‌ها باشد (۱۷). خواو و همکاران (۱۹) بیان داشتند که کاهش فتوسنتز یکی از رایج‌ترین اتفاقات طی تنش خشکی می‌باشد. یکی از عوامل اصلی دخیل در کاهش میزان فتوسنتز، کاهش محتوای کلروفیل گیاهان قرار گرفته در شرایط تنش خشکی می‌باشد (۲۹). با توجه به اینکه خشکی تنشی چند بعدی است و از طریق تأثیر بر فتوسیستم II موجب بازدارندگی اجزای دیگر زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی می‌شود (۲۶ و ۳۹) و باعث بروز تنش اکسیداتیو و ایجاد آسیب‌های غشایی می‌گردد (۴۰). در مطالعه‌ی کبیری و همکارن (۲۰) مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش محتوی نسبی آب برگ گردید و صدمه به غشاء را افزایش داد. از تبعات کاهش محتوای نسبی آب، کاهش فتوسنتز و فرآوری CO_2 است (۲۲). گزارش شده است که کاهش فتوسنتز در تنش خشکی شدید به دلیل کاهش کارایی فتوسیستم II می‌باشد (۴۱). کاهش نسبت Fv/Fm در شرایط تنش خشکی می‌تواند نشان دهنده این موضوع باشد که انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و کاهش می‌یابد (۳۷).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، محلول‌پاشی گیاه سیاهدانه توسط ماده کتیرا بر درصد کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در رژیم‌های مختلف آبیاری تأثیر داشت. در تیمار آبیاری کامل، غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر (۸۰/۰۷ درصد)، در آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک غلظت ۵ گرم در لیتر (۷۸/۹۲ درصد) و در آبیاری ۴۰ درصد غلظت ۷/۵ گرم در لیتر (۷۳/۸۴ درصد)، بیشترین کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II را دارا بودند و در شرایط تنش (آبیاری ۴۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) به طور معنی‌داری کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II را نسبت به شرایط عدم مصرف این ماده افزایش دادند، اما غلظت‌های بیشتر آنها منجر به کاهش کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II شد و این کاهش در گیاهان تحت آبیاری کامل در غلظت‌های ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر کتیرا نسبت به عدم مصرف آن کاملاً معنی‌دار بود (شکل ۳). یانگ و همکاران (۴۳) عنوان نمودند کاربرد مواد ضدتعرق، بدون تغییر در هدایت روزنه‌ای افزایش فتوسنتز را سبب شد. اگرچه استفاده از کتیرا منجر به افزایش فتوسیستم II شد اما غلظت‌های بالای کتیرا کاهش فتوسیستم II را باعث گردید که احتمالا به دلیل تغییر در میزان هدایت روزنه‌ای باشد. افزایش میزان کارآیی فتوسیستم II و افزایش میزان فتوسنتز در نتیجه استفاده از کتیرا را احتمالا می‌توان به افزایش ضخامت کوتیکولی سطح برگ، کاهش هدر رفت آب و در نتیجه، افزایش میزان محتوای نسبی آب برگ (شکل ۱) نسبت داد. با توجه به تأثیر متفاوت غلظت‌های مختلف کاربرد کتیرا در سطوح مختلف آبیاری می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد این ماده به عنوان یک ماده ضدتعرق کاملا وابسته به وضعیت آبی گیاه می‌باشد. میزان کارآیی فتوسیستم II در مصرف غلظت‌های بیشتر از ۱/۲۵ گرم در لیتر کتیرا در شرایط آبیاری کامل نسبت به گیاهان قرار گرفته در شرایط تنش خشکی، کاهش یافت. به نظر می‌رسد که این کاهش در میزان کارآیی فتوسیستم II گیاه با وجود قرارگیری گیاه در شرایط مطلوب دسترسی به آب به سبب تأثیر کتیرا بر کاهش میزان تبادلات گازی گیاه باشد. روزنه‌ها به منظور انجام فرآیند فتوسنتز، دو فرآیند را در کنار یکدیگر انجام می‌دهند که یکی دفع آب و دیگری جذب دی‌اکسیدکربن است. جذب اولیه دی‌اکسیدکربن به دلیل گشودگی در روزنه‌ها همراه با خروج آب می‌باشد، پس هرچه خروج آب محدود شود (در سطوح بالای ترکیبات ضدتعرق) میزان جذب دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد (۶). استفاده از ترکیبات ضدتعرق در شرایط آبیاری مطلوب موجب کاهش در فرآیندهای رشد و فتوسنتز گیاه می‌شود که به سبب اثر سوء این ترکیبات بر فرآیند ورود و خروج گازها در گیاه می‌باشد (۷).

شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محلول‌پاشی صمغ کتیرا بر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در گیاه سیاهدانه

Figure 3- The interaction effect of different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the photochemical efficiency of photosystem II in black cumin plant. (LSD, *p≤0.05*)

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر ارتفاع بوته سیاهدانه در سطح احتمال یک درصد (P<0.01) معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۷ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری کامل و مصرف کتیرا با غلظت ۱/۲۵ لیتر و کمترین ارتفاع بوته (۲۷/۸ سانتی‌متر) در آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک با غلظت ۱۰ گرم در لیتر کتیرا مشاهده شد (شکل ۴). شاو و همکاران (۳۲) بیان داشتند که تنش خشکی باعث تغییرات متعددی در گیاهان می‌شود، به‌ویژه تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان طی تنش خشکی اتفاق می‌افتد. پسرکلی (۲۸) بیان داشت که ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگری تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی گیاه قرار می‌گیرد، با این حال شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، به میزان زیادی ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع طی بروز تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز موجب کاهش پتانسیل فشاری به مقدار کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد و از آنجا که اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش کم آبی دارند، بنابراین محدودیت نموی گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد. هر گونه کمبود آب موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش تقسیم و توسعه سلولی به خصوص در ساقه و برگ‌ها می‌شود و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع بوته تشخیص داد. در تنش خشکی سرعت فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه‌ها (ناشی از افزایش آبسیزیک اسید در سلول‌های گیاه)، آسیب دیدگی غشای سلولی و همچنین کاهش فعالیت آنزیم‌های فعال در واکنش‌های تاریکی، کاهش می‌یابد (۱۱)، که یکی از عوامل کاهش رشد گیاه و ارتفاع بوته می باشد. همچنین با افزایش فواصل آبیاری گیاه مواد فتوسنتزی بیشتری را به ریشه اختصاص می‌دهد، در نتیجه سهم مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی از جمله ساقه کاهش می‌یابد و باعث کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (۴).

بیشترین ارتفاع بوته گیاه در آبیاری کامل در غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر کتیرا به دست آمد. مصرف غلظت‌های بالاتر این ماده باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید. کاهش ارتفاع بوته از غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر به بالاتر یعنی تا غلظت ۷/۵ گرم با شیب ملایم ادامه داشت و غلظت ۱۰ گرم در لیتر باعث کاهش شدید ارتفاع بوته گیاه گردید. در تیمارهای آبیاری ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک مصرف کتیرا تا غلظت ۵ گرم در لیتر، موجب افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی موجب شد و غلظت‌های بیشتر از ۵ گرم در لیتر باعث کاهش ارتفاع بوته گردید (شکل ۴). در توجیه اثرات مثبت محلول‌پاشی کتیرا می‌توان اظهار داشت که کاربرد ماده ضدتعرق به سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ (شکل ۱)، از بروز اثرات کمبود ازت و تجزیه و تخریب کلروفیل گیاه ممانعت به‌عمل آورد (شکل ۲) و بهبود فتوسنتز گیاه را به دنبال داشت (شکل ۳). در نتیجه، تعادل در تسهیم مواد فتوسنتزی میان بخش هوایی و ریشه را برقرار نمود، که این امر موجب افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه سیاهدانه شد.

شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محلول پاشی صمغ کتیرا بر ارتفاع بوته در گیاه سیاهدانه

Figure 4- The interaction effect of the different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the plant hight in black cumin plant. (LSD, *p≤0.05*)

تعداد کپسول در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر تعداد کپسول در بوته سیاهدانه در سطح احتمال یک درصد (P<0.01) معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی باعث کاهش تعداد کپسول در بوته شد و کمترین تعداد کپسول در بوته در تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک و مصرف غلظت‌های صفر (۲/۲۳ عدد) و ۱۰ (۲/۱۷ عدد) گرم در لیتر کتیرا مشاهده شد. بیشترین تعداد کپسول در بوته در تیمار آبیاری کامل و مصرف کتیرا در غلظت ۱/۲۵ (۴/۲۴ عدد) و غلظت ۲/۵ (۴/۲۲ عدد) به دست آمد و غلظت‌های بیشتر از ۲/۵ باعث کاهش تعداد کپسول در بوته شد اگرچه تنها کاربرد غلظت ۱۰ گرم در لیتر کتیرا باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در کپسول نسبت به شاهد بدون مصرف کتیرا گردید. در آبیاری ۴۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک افزایش غلظت کتیرا تا غلظت ۷/۵ گرم در لیتر سبب افزایش تعداد کپسول در بوته گردید، اما افزایش معنی‌دار این صفت تنها در محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵ و ۷/۵ گرم در لیتر کتیرا حاصل گردید. در آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک و در شرایط مصرف غلظت‌های ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر کتیرا تعداد کپسول در بوته با تعداد کپسول‌های تولید شده در آبیاری کامل در همین غلظت‌های کاربرد کتیرا مشابه بود (شکل ۵). تعداد کپسول در بوته یکی از اجزای اصلی و تعیین کننده عملکرد نهایی سیاهدانه است که تعیین کننده پتانسیل عملکرد می‌باشد. به‌دلیل اینکه در طی تنش خشکی محتوای آب برگ کاهش می‌یابد، سلول‌ها چروکیده و دیواره سلولی پایداری خود را از دست می‌دهد. در نتیجه تنش خشکی، فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد و کاهش فراهم شدن نهاده‌های فتوسنتزی باعث کاهش اجزای عملکرد دانه می‌شود. بنابراین می‌توان عنوان داشت هر گونه تنش کم آبی در طی مراحل رشد و نمو می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد و باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شود (۲۸). تعداد کپسول در بوته در سطوح مختلف آبیاری کاملا از وضعیت آب درونی گیاه و پارامترهای مؤثر در رشد گیاه که تحت تأثیر محتوای آب درونی گیاه قرار می‌گیرند، تبعیت می‌کند. تنش خشکی باعث کاهش اجزای عملکرد محصولات می‌گردد، اما مصرف ترکیبات ضدتعرق فتوسنتز را بهبود می‌بخشد، تعرق را کاهش می‌دهد و در نهایت سبب بهبود اجزای عملکرد محصولات می‌شود (۲۱).

تعداد دانه در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد (P<0.01) معنی‌دار شد (جدول ۲). گیاهان تحت آبیاری ۴۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک نسبت به آبیاری کامل تعداد دانه کمتری تولید کردند (شکل ۶). در تیمار آبیاری کامل، بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۰۲/۱ دانه) در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر کتیرا و کمترین تعداد دانه (۱۵۰/۶ دانه) در غلظت ۱۰ گرم در لیتر مشاهده شد، مصرف غلظت‌های بیشتر از ۵ گرم در لیتر باعث کاهش تعداد دانه در بوته شد، به‌طوری که در غلظت ۱۰ گرم در لیتر کتیرا کاهش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای کاربرد یا عدم کاربرد کتیرا مشاهده گردید.

شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محلول پاشی صمغ کتیرا برتعداد کپسول در گیاه سیاهدانه

Figure 5- The interaction effect of the different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the number of capsules per plant in black plant. (LSD, *p≤0.05)*

در آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک بیشترین تعداد دانه در بوته در غلظت‌های ۲/۵ (۲۱۳/۲ دانه) و ۵ (۲۱۲/۴ دانه) گرم در لیتر و کمترین تعداد دانه در بوته (۱۸۶/۴ دانه) در غلظت ۱۰ گرم در لیتر محلول‌پاشی کتیرا به دست آمد. در آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک بیشترین تعداد دانه در بوته در غلظت‌های ۵ (۱۰۷/۵ دانه) و ۷/۵ (۱۰۶/۵ دانه) گرم در لیتر حاصل گردید که با تیمارهای کاربرد ۱/۲۵ (۱۰۲/۵ دانه) و ۲/۵ (۱۰۲/۹ دانه) گرم در لیتر کتیرا در یک گروه آماری قرار داشتند و کمترین تعداد دانه در بوته در غلظت‌های صفر (۱۰۰/۸ دانه) و ۱۰ (۱۰۰/۹ دانه) گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۶). افزایش تعداد دانه در آبیاری کامل احتمالا به تعداد فولیکول بیشتر، بزرگتر و رشد بهتر بوته‌ها مربوط می‌باشد. با توجه به این مطلب که تعداد دانه در فولیکول در حقیقت ظرفیت مخزن را تعیین می‌کند، لذا هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتر و بیشتری برای دریافت مواد فتوسنتزی تولید شده است و افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد خواهد شد. در بسیاری از گیاهان زراعی، وقوع تنش کم‌آبی به ویژه در زمان گلدهی موجب کاهش تعداد گل‌های بارور و سقط جنین می‌شود و در نتیجه، کاهش تعداد دانه در بوته اتفاق می‌افتد (۳۱).

شکل ۶- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محلول پاشی صمغ کتیرا بر تعداد دانه در بوته گیاه سیاهدانه

Figure 6- The interaction effect of the different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the number of grain per plant in black cumin plant. (LSD, *p≤0.05)*

عملکرد دانه

بررسی عملکرد دانه در گیاه سیاهدانه نشان داد که بالاترین عملکرد دانه به ترتیب در غلظت‌های ۱/۲۵، ۰ و ۲/۵ گرم در لیتر کتیرا، به میزان ۴/۳۴، ۴/۲۴ و ۴/۲۳ گرم در ۱۰ بوته در شرایط آبیاری کامل به دست آمد و بروز تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید به طوری که کمترین عملکرد دانه به مقدار ۱/۸۱ گرم در ۱۰ بوته به گیاهان تحت تنش شدید خشکی و عدم کاربرد کتیرا تعلق داشت (شکل ۷). هر گونه تنش کم آبی در طی مراحل رشد و نمو می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد و سبب افت معنی‌دار عملکرد دانه شود (۲۸). با توجه به این امر که تنش خشکی موجب وقوع یک‌سری از تغییرات از جمله کاهش محتوای نسبی آب برگ، افزایش تجزیه کلروفیل و در نهایت کاهش فتوسنتز گیاه می‌گردد، می‌توان اظهار داشت که تنش خشکی با تأثیر منفی بر فتوسنتز، موجبات کاهش ماده‌سازی در گیاه و در نتیجه کاهش اجزای عملکرد دانه (شکل‌های ۵ و ۶) و در نهایت عملکرد دانه را فراهم نمود. در این ارتباط محققان دیگری نیز عنوان داشتند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه سیاهدانه شد (۱۳ و ۳۱).

همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عملکرد دانه نشان داد (شکل ۱۰) محلول‌پاشی گیاه سیاهدانه با ماده کتیرا نسبت به عدم محلول‌پاشی آن در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه را به طور قابل توجهی افزایش داد. در تیمار آبیاری کامل، مصرف کتیرا تا غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر عملکرد دانه را افزایش داد، اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود و عملکرد به دست آمده برای گیاهان محلول‌پاشی شده توسط مقادیر ۱/۲۵ و ۲/۵ گرم در لیتر با عملکرد دانه در گیاهان محلول‌پاشی نشده تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در این سطح آبیاری افزایش غلظت مصرف کتیرا از ۲/۵ گرم در لیتر به بالاتر باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به گیاهان بدون محلول-پاشی گردید به طوری که در غلظت‌های ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر مصرف صمغ کتیرا عملکرد دانه نسبت به گیاهان تحت تنش متوسط خشکی در همین غلظت‌های کاربرد کتیرا کاهش معنی‌داری داشت. در گیاهان تحت تنش متوسط خشکی محلول‌پاشی گیاه باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه گردید به طوری که در این سطح آبیاری بالاترین عملکرد دانه معادل ۳/۹۴ گرم در ۱۰ بوته در مصرف ۵ گرم در لیتر کتیرا حاصل گردید و محلول‌پاشی گیاه با این غلظت از کتیرا عملکرد دانه را نسبت به شاهد بدون مصرف کتیرا به مقدار ۲۳/۱ درصد افزایش داد و حتی میزان محصول به دست آمده به طور معنی-داری بالاتر از محصول سیاهدانه در همین غلظت مصرف کتیرا در شرایط آبیاری کامل (۳/۸۴ گرم در ۱۰ بوته) بود. در تنش شدید خشکی نیز مصرف ماده کتیرا تا غلظت ۷/۵ گرم در لیتر عملکرد دانه را افزایش داد و مصرف غلظت ۱۰ گرم در لیتر کتیرا منجر به کاهش عملکرد دانه شد، اگرچه تفاوت معنی‌داری با شرایط عدم مصرف کتیرا نداشت. در توجیه اثرات مثبت محلول‌پاشی کتیرا بر عملکرد دانه در رژیم‌های مختلف آبیاری می‌توان اظهار داشت که عملکرد دانه کاملاً متاثر از اثراتی بود که غلظت‌های مختلف مصرف کتیرا بر افزایش محتوای نسبی آب برگ (شکل ۱)، کاهش تجزیه کلروفیل (شکل ۲)، افزایش فتوسنتز (شکل ۳)، افزایش رشد رویشی (شکل ۴)، افزایش تعداد کپسول در بوته (شکل ۵) و افزایش تعداد دانه در بوته (شکل ۶) داشت. مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد مواد ضدتعرق، کاهش اثرات تنش خشکی و جلوگیری از کاهش عملکرد را در اثر کاربرد مواد ضدتعرق بیان نموده‌اند (۱۰ و ۴۳).

شکل ۷- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محلول پاشی صمغ کتیرا بر عملکرد دانه گیاه سیاهدانه

Figure 7- The interaction effect of the different levels of irrigation × tragacanth gum foliar application on the grain yield of black cumin plant. (LSD, *p≤0.05*)

عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و غلظت‌های مختلف کتیرا بر عملکرد بیولوژیک سیاهدانه در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک گیاه سیاهدانه در غلظت‌های ۱/۲۵، ۰ و ۲/۵ گرم در لیتر کتیرا و در شرایط آبیاری کامل به دست آمد و بروز تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گردید به طوری که کمترین عملکرد بیولوژیک در گیاهان تحت تنش شدید خشکی و عدم کاربرد و غلظت‌های خیلی پائین یا خیلی بالای کتیرا مشاهده گردید (شکل ۸). رشد گیاه تحت تأثیر مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی است که در افزایش وزن خشک گیاه نیز نقش دارند. این فرآیندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل دسترس و تداوم دسترسی به آن دارند. با کاهش میزان آب آبیاری، این فرآیندها مختل می‌شوند و گیاه نمی‌تواند حداکثر پتانسیل ماده خشک خود را تولید کند. کاهش میزان عملکرد تولیدی در طی افزایش خشکی مربوط به کاهش ارتفاع گیاه و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه است. به علاوه تنش خشکی میزان جذب آب و عناصر غذایی، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد گیاه، سطح فتوسنتزی گیاه، ارتفاع گیاه، و سرعت توسعه ریشه را کاهش می‌دهد و تمامی این عوامل در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک در گیاه می‌گردد (۲۸).

ازطرف دیگر، آماس سلولی بر توسعه و تقسیم سلولی تأثیر مستقیم دارد و بدین ترتیب، بین میزان نسبی آب برگ و عملکرد بیولوژیک گیاه ارتباط تنگاتنگی وجود دارد (۴۲). ترکیبات ضدتعرق به سبب جلوگیری از خروج آب از بافت‌ها (افزایش محتوای نسبی آب برگ که در شکل ۱ مشاهده شد) و ممانعت از فعالیت برخی از عوامل تخریب کننده فتوسنتز (جلوگیری از تجزیه کلروفیل و افزایش کارآیی فتوسنتز که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده شد)، موجب افزایش تولید ماده خشک نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی می‌شوند (۷). ایرمک و همکاران (۱۶) توسعه گیاه، رشد رویشی بیشتر و تولید ماده خشک بیشتر در گوجه فرنگی را در اثر کاربرد مواد ضدتعرق گزارش نمودند.

شکل ۸- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × محلول پاشی صمغ کتیرا بر عملکرد بیولوژیک گیاه سیاهدانه

Figure 8- The interaction effect of the different levels of irrigation ×tragacanth gum foliar application on the biological yield in black cumin plant.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان دهنده تأثیر متفاوت غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی ماده کتیرا در سطوح مختلف آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده بود. کاربرد کتیرا به عنوان یک ماده ضد تعرق به واسطه تأثیری که در بهبود محتوای نسبی آب برگ در گیاه سیاهدانه داشت توانست محتوای کلروفیل و کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II گیاه را در شرایط تنش حفظ نماید و زمینه را برای رشد رویشی و زایشی فراهم نماید و در نهایت با بهبود صفات مرتبط با عملکرد دانه موجب کاهش اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه سیاهدانه گردد. غلظت مناسب کاربرد کتیرا توانست عملکرد دانه را در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی به ترتیب ۱۱/۶۱ و ۲۸/۱۷ درصد نسبت به عدم کاربرد کتیرا در این سطوح آبیاری افزایش دهد. لذا می‌توان اظهار داشت کتیرا می‌تواند به عنوان یک ماده ضد تعرق در مناطقی که در بیشتر سال‌ها با خشکی آخر فصل مواجه هستند معرفی و مورد

استفاده قرار گیرد، اگرچه بایستی مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود.

منابع

1. AbdAllah A.M., Mashaheet A.M., Zobel R., and Burkey K.O. 2019, Physiological basis for controlling water consumption by two snap beans genotypes using diff erent anti-transpirants, Agricultural Water Management 214: 17-27.
2. Abdullah A.S., Aziz M.M., Siddique K.H.M., and Flower K.C. 2015, Film antitranspirants increase yield in drought stressed wheat plants by maintaining high grain number, Agricultural Water Management 159: 11-18.
3. Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants, Agronomy Journal 23: 112-121.
4. Blum A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?, Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.
5. Cheeseman J. 2016. Food Security in the Face of Salinity, Drought, Climate Change, and Population Growth. P. 111-123. In: Khan M.A., Ozturk M., Gul B., Ahmed M.Z. (eds.) Halophytes for Food Security in Dry Lands. Academic Press, San Diego.
6. Davenport D.C. 1967. Effects of chemical antitranspirants on transpiration and growth of grass, Journal of Experimental Botany 18: 332-347.
7. Davenport D.C., Hagan R.M., and Martin P.E. 1969. Antitranspirant uses and effects on plant life, California Agriculture 23(5): 14-16.
8. Del Amor F.M., and Jose Rubio S. 2009. Effects of Antitranspirant spray and potassium: calcium: magnesium ratio on photosynthesis, nutrient and water uptake, growth, and yield of sweet pepper, Journal of Plant Nutrition 32(1): 97-111.
9. Fallah S., Malekzadeh S., and Pessarakli M. 2017. Seed priming improves seedling emergence and reduces oxidative stress in *Nigella sativa* under soil moisture stress, Journal of Plant Nutrition 41(1): 29-40.
10. Faralli M., Grove I.G., Hare M.C., Alcalde- Barrios A., Williams K.S., Corke F.M.K., and Kettlewell P.S. 2017. Modulation of *Brassica napus* source-sink physiology through film antitranspirant induced drought tolerance amelioration that is dependent on the stress magnitude, Journal of Agronomy and Crop Science 203(5): 360-372.
11. Farooq M., Wahid A,. Fujita D., Basra S.M.A., and Kobayashi N. 2009, Plant drought stress: Effects, Mechanisms and Management, Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.
12. Flexas J., NIInemets Ü., Gallé A., Barbour M.M., Centritto M., Diaz-Espejo A., Douthe, C., Galmés J., Ribas-Carbo M., and Rodriguez P.L. 2019. Diffusional conductances to CO_2 as a target for increasing photosynthesis and photosynthetic water-use efficiency, Photosynthesis Research 65(8): 18-23.
13. Haj Seyed Hadi M.R., Darzi M.T., and Riazi G.H. 2016. Black cumin (*Nigella sativa* L.) yield affected by irrigation and plant growth promoting bacteria, Journal of Medicinal Plants and By-products 2: 125-133.
14. He J., Du Y.L., Wang T., Turner N.C., Yang R.P., Jin Y., Xi Y., Zhang C., Cui T., Fang X.W., and Li F.M. 2017. Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought, Agricultural Water Management 179: 236-245.
15. Irigoyen J.J., Goicoechea N., Antolín M.C., Pascual I., Sánchez-Díaz M., Aguirreolea J., and Morales F. 2014. Growth, photosynthetic acclimation and yield quality in legumes under climate change simulations: An updated survey, Plant Science 226: 22-29.
16. Irmak A., Jones J.W., Stanley C.D., Hansen J.W., Irmak S., and Boote K.J. 1999. Some effects of an antitranspirant (Vapor Gard) on tomato growth and yield, Soil and Crop Science 58: 118-122.
17. Jaleel A.C., Manivannan P., Vahid A., Farooq M., Al-Juburi H.J., Somasudram R., and Vam R.P. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition, Journal of Agriculture and Biology 11(1): 100-105.
18. Jeon M.W., Ali M.B., Hahn E.J., and Paek K.Y. 2006. Photosynthetic pigments, morphology and leaf gas exchange during ex-vitro acclimatization of micropropagated CAM Doritaenopsis plantlets under relative humidity and air temperature, Environmental and Experimental Botany 55: 183-194.
19. João V.A.C., Joaquim A.G.S., Fabrício E.L.C., Juliana R.C., and Milton C.L.N. 2019. The regulation of P700 is an important photoprotective mechanism to NaCl-salinity in Jatropha curcas, Physiologia Plantarum 167(3): 404-417.
20. Kabiri R., Nasibi F., and Farahbakhsh H. 2014. Effect of exogenous salicylic acid on some physiological parameters and alleviation of drought stress in *Nigella sativa* plant under hydroponic culture, Plant Protection Science 50: 43-51.
21. Kettlewell P.S., Heath W.L., and Haigh I.M. 2010. Yield enhancement of droughted wheat by film antitranspirant application: rationale and evidence, Journal of Agricultural Science 1: 143-147.
22. Lawlor D.W., and Cornic G. 2002, Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants, Plant and Cell Environmental 25: 275-294.
23. Li G.M., Liu B.B., Wu Y., and Zou Z.R. 2008. Interactive effects of drought stresses and elevated CO_2

concentration on photochemistry efficiency of cucumber seedlings, Journal of Integrative Plant Biology 50(10): 1307-1317.
24. Manavalan L.P., and Nguyen H.T. 2017. Drought Tolerance in Crops: Physiology to Genomics. p. 1-23. In: Shabala S. (eds) Plant Stress Physiology. Wallingford Oxfordshire, Boston.
25. Mascher R., Nagy E., Lippmann B., Hornlein S., Fischer S., Scheiding W., Neagoe A., and Bergmann H. 2005. Improvement of tolerance to paraquat and drought in barley (*Hordeum vulgare* L.) by exogenous 2-aminoethanol: effects on superoxide dismutase activity and chloroplast ultrastructure, Plant Science 168: 691-698.
26. Miyata K., Ikeda H., and Nakaji M. 2016. Rate constants of PSII photoinhibition and its repair, and PSII fluorescence parameters in field plants in relation to their growth light environments, Plant Cell Physiology 56: 1841-1854.
27. Moftah A.E. 1997. The response of soybean plants, grown under different water regimes, to antitranspirant applications, Annals of Agricultural Sciences 35: 263-292.
28. Pessarkli M. 1999. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York.
29. Prakash M., and Ramachandran K. 2000. Effects of chemical ameliorants on stomatal frequency and water relations in brinjal (*Solanum melongena* L.) under moisture stress conditions, Journal Agronomy Crop Science 185: 237-239.
30. Poormansour S., Razzaghi F., Sepaskhah A., and Moosavi A. 2019. Wheat growth and yield investigation under different levels of biochar and deficit irrigation under greenhouse conditions, Journal of Water and Irrigation Management 9(1): 15-27. (In Persian with English abstract)
31. Rezaei-Chiyaneh E., Seyyedi S., Ebrahimian M., Siavash E., Moghaddam S., and Damalas C.A. 2018. Exogenous application of gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates the effect of water deficit stress in black cumin (*Nigella sativa* L.) Esmaeil, Industrial Crops and Products 112: 741-748.
32. Shao H.B., Chu L.Y., Jaleel C.A., and Zhao C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants, Comptes Rendus Biologies 331: 215-225.
33. Shimakawa G., and Miyake C. 2018. Oxidation of P700 Ensures Robust Photosynthesis, Frontiers in Plant Science 172(3): 1443-1450.
34. Sinclair T.R., and Ludlow M.M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unful filled potential of plant water potential, Australian Journal of Plant Physiology 12: 213-217.
35. Singh S., and Singh A. 1999. Use of dust mulch and anti-transpirant for improving water use efficiency of menthol mint (*Mentha arvensis*), Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 21: 29-33.
36. Sita K., Sehgal A., Kumar J., Kumar S., Singh S., Siddique K.H.M., and Nayyar H. 2017. Identification of high-temperature tolerant lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes through leaf and pollen traits, Frontiers in Plant Science 8: 731-744.
37. Takagi D., Ishizaki K., Hanawa H., Mabuchi T., Shimakawa G., Yamamoto H., and Miyake C. 2017. Diversity of strategies for escaping reactive oxygen species production within photosystem I among land plants: P700 oxidation system is prerequisite for alleviating photoinhibition in photosystem I, Physiology Plant 161: 56-74.
38. Thakuria R.K., Singh H., and Singh T. 2004. Effect ofirrigation and antitranspirant on biometric components, seed yield and plant water-use of spring sunflower (*Helianthus annuus*), Indian Journal of Agronomy 49: 121-123.
39. Tikkanen M., Mekala N.R., and Aro E.M. 2014. Photosystem II photoinhibition-repair cycle protects photosystem I irreversible damage, Biochimica et Biophysica Acta 1837: 210-215.
40. Tiryaki I. 2016. Drought stress and tolerance mechanisms in alfalfa (*Medicago sativa* L.), KSU Journal Natural Science 19: 296-305.
41. Xu Z., and Zhou Z. 2005. Effects of water stress on photosynthesis and nitrogen metabolism in vegetative and reproductive shoots of Leymus chinensis, Photosynthetica 43(1): 29-35.
42. Yadav R.S., and Bhushan C. 2001, Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotype, Indian Journal Agriculture Research 2: 104-107.
43. Yang W., Guo S., Li P., Song R., and Yu J. 2018. Foliar antitranspirant and soil superabsorbent hydrogel affect photosynthetic gas exchange and water use efficiency of maize grown under low rainfall conditions, Journal of the Science of Food and Agriculture 99(1): 350-359.
44. Ying Y.Q., Song L.L., Jacobs D.F., Mei L., Liu P., Jin S.H., and WU J.S. 2015. Physiological response to drought stress in Camptotheca acuminata seedlings from two provenances, Frontiers in Plant Science 6: 1-6.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 631-645
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۴۵-۶۳۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Tragacanth on some Morpho-physiological Characteristics related to Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Yield under Drought Stress Conditions

Y. Sohrabi[1]*-H. Kiani[2]
Received: 17-03-2021
Accepted: 10-05-2021

Introduction: In fact, drought is stress that restricts the plant photosynthesis and also it causes of chlorophyll content changes and damage to photosynthetic structures. One of the important reasons that environmental stresses such as drought reduce the growth and photosynthesis ability of the plant is a disturbance in the balance between production and removal of free oxygen radicals. Transpiration is a necessary process for photosynthesis and growth of plants but depending on the conditions that may be harmful in some cases. Therefore, the use of anti-transpirant can be one of the most effective methods for reducing the amount of water lost through transpiration and adjustment the reduction of the yield due to water deficiency in arid and semi-arid regions. Climate change happened on earth and the intensification of stresses caused by it, especially drought stress in arid and semi-arid regions such as Iran. Therefore, finding strategies that can reduce the effects of water shortages on plant growth and yield can be very important. The aim of the present study was to investigate the effect of irrigation regimes and application of different concentrations of tragacanth (naturally dried exudate from some *Astragalus* species) on black cumin plant.

Materials and Methods: This research was carried out in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in a greenhouse of the Agriculture College of Kurdistan University in 2018. The experimental factors were including irrigation at three levels of 100% (full irrigation), 70% (mild drought stress), and 40% (severe drought stress) of field capacity of soil and spraying with tragacanth extract at six concentrations of 0, 1.25, 2.5, 5, 7.5, and 10 g/L. Spraying of this material was done using a back sprayer (Shark model) with a constant pressure of 2.4 bar and a volume of 250 liters of water per hectare., The normality test was performed using the Mini Tab software, before the data were analyzed. After ensuring the normality of data, analysis of variance was performed using SAS ver. 9.3. LSD (Least significant difference) was used to compare the mean of treatments. The graphs are drawn using Excel software.

Results and Discussion: The results showed that increased drought stress intensity (irrigation reduction) led to the reduced leaf relative water content, Total chlorophyll content, efficiency of photosystem II, plant height, number of capsules per plant, mean number of seeds per plant, biological yield and grain yield. The positive effects of tragacanth consumption on reducing and modifying the effects of drought stress on different levels of irrigation and different concentrations of tragacanth were different. In the present study, under full irrigation conditions, lower concentrations of tragacanth were useful, while in drought stress conditions, higher concentrations of tragacanth (except 10 g/L) were useful. In full irrigation, the concentration of 1.25 g/L was positive for all studied traits. In mild drought stress, the use of higher concentrations of tragacanth up to 5 g/L had the best effect and more concentrations resulted in a reverse effect on studied traits. In severe drought stress, the use of more concentrations of tragacanth extract was beneficial and improved the studied traits up to 7.5 g/L, but 10 g/L had a negative effect on these traits.

Conclusion: The results of this study indicated that the different effects of various concentrations of tragacanth material in different levels of irrigation on studied traits of black cumin. Therefore, it can be concluded that the application of different concentrations of tragacanth gum was completely dependent on the plant's water status. Therefore, using higher concentrations of tragacanth gum in drought stress conditions had a more positive effect on the plant, and vice versa, using a lower concentration of this material was useful in full irrigation. The effect of tragacanth gum on reducing and modifying the effects of drought stress in different

1 and 2- Associate Professor and Ph.D. Student in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: y.sohrabi@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.69276.1033

plants requires further studies and extensive research. Tragacanth gum can be introduced as a new anti-transpirant agent with natural origin and its application can be useful and recommended in areas exposed to drought stress.

Keywords: Anti-transpirant agent, Chlorophyll, Grain yield, Photosystem II efficiency, Relative water content

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 647-660
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۶۰-۶۴۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی نوع ترکیب تنظیم کننده رشد گیاهی و نمک‌های محیط کشت در ریزازدیادی گیاه سینگونیوم (*Syngonium podophyllum* L.)

احمد شریفی[۱]- مریم مرادیان[۲]- نسیم صفری[۳]- آزاده خادم[۴]- سیده مهدیه خرازی[۵*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰

چکیده

امروزه استفاده از گیاهان برگ‌زینتی در فضای آپارتمان برای زیباسازی فضا و طراحی فضای داخلی امری رایج است. بنابراین، تعیین بهترین روش تکثیر با هدف تولید تعداد زیاد گیاه در مدت زمان کوتاه، در این گیاهان امری ضروری است. بدین منظور آزمایشی برای ریزافزایی گیاه برگ‌زینتی سینگونیوم طراحی و اجرا گردید. در راستای درصد باززایی ریزنمونه‌های گره با طول یک سانتی‌متر در محیط‌کشت نیمه‌جامد MS حاوی غلظت‌های مختلف تنظیم کننده رشد گیاهی BA و Kin قرار داده شدند. به منظور بررسی درصد پرآوری ریزنمونه‌ها آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد. عامل اول شامل نوع محیط کشت (MS و B_5) و عامل دوم غلظت‌های مختلف آن (۰/۵ و ۱) بود. در آزمایش سوم، به بررسی سازگاری گیاهچه‌ها با استفاده از بسترهای کشت مختلف پرداخته شد. این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی انجام شد. با توجه به نتایج آزمایش، مشخص گردید که استفاده از سیتوکینین در محیط کشت پایه MS بر باززایی گیاه موثر است. بیشترین تعداد گیاهچه باززاشده در محیط کشت حاوی ۴ میلی‌گرم بر لیتر BA به همراه ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر IAA مشاهده شد. همچنین، با افزایش غلظت BA در محیط کشت، از ارتفاع گیاه کاسته شد اما تعداد گیاهچه تولیدی در آن افزایش یافت. در مقایسه دو محیط کشت MS و B_5، مشخص گردید که استفاده از محیط کشت نصف غلظت MS در مرحله پرآوری در این گیاه به دلیل بهبود صفات رشدی مانند ارتفاع گیاهچه و طول ریشه مناسب است. در مرحله سازگاری استفاده از بستر کشت ورمی کولایت + پیت ماس منجر به سازگاری صد درصدی گیاهان و بهبود صفات رشدی در گیاه گردید.

واژه‌های کلیدی: باززایی، بستر کشت، پرآوری، سازگاری، سینگونیوم

مقدمه

افزایش گیاهان زینتی به روش سنتی به دلیل عملکرد پایین، محدودیت فصلی تکثیر تعداد زیادی از گیاهان، احتمال بالای انتقال آلودگی و بیماری توسط پایه‌های مادری استفاده شده و عدم یکنواختی در گیاهان تولید شده، روشی مناسب و کارآمد برای تولید تجاری نمی‌باشد. در مقابل تکثیر گیاهان با استفاده از روش‌های نوین از جمله کشت در شرایط درون شیشه‌ای مسائل و مشکلات ناشی از تکثیر به روش سنتی را نداشته و علاوه بر این نگهداری ژرم‌پلاسم و مبادلات بین المللی را تسهیل می‌کند (۲۹). گیاه سینگونیوم یا پنجه‌غازی با نام علمی *Syngonium podophyllum* L. و نام انگلیسی The goose foot plant و Syngonium بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است. این گیاه به خاطر برگ‌های زیبا و چشم‌نواز آن به عنوان گیاه برگ‌زینتی و آپارتمانی مورد توجه است (۱۱). گیاه زینتی سینگونیوم در تصفیه هوا موثر است، از اینرو نگهداری آن در اتاق خواب امکان‌پذیر است (۳۲). تکثیر این گیاه در فصل بهار و به وسیله قلمه انتهایی ساقه انجام می‌گیرد که استفاده از این روش در سطح وسیع و تجاری و مقیاس بالا بسیار زمانبر می‌باشد (۱۲). در نتیجه تکثیر این گیاه به وسیله کشت بافت در مرحله گیاهچه بسیار مورد توجه واقع شده است. در این روش در مدت زمان کوتاه، تعداد گیاه بیشتری تولید شده و علاوه بر آن، امکان تولید ارقام جدید در طی فرآیند تولید نیز وجود دارد. این ارقام ممکن است سودآوری اقتصادی بالایی داشته باشند (۳۳). پژوهش‌های متفاوتی در این زمینه

۱، ۲، ۴ و ۵- استادیار، مربیان و استادیار گروه پژوهشی بیوتکنولوژی گیاهان زینتی، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
۳- دانشجوی مقطع دکتری، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: ma_kh230@yahoo.com)
DOI: 10.22067/JHS.2021.68818.1021

صورت گرفته است. برای القاء جنین‌زایی سوماتیکی در گیاه سینگونیوم، ریزنمونه دمبرگ در محیط کشت پایه MS[1] حاوی NAA[3] و همچنین TDZ و 2,4-D[4] قرار داده شدند. مشخص گردید که ۸۵ درصد ریزنمونه‌ها جنین‌زا شده و ۸۰ درصد آن‌ها جوانه زدند. در انتها مشخص گردید که هر ریزنمونه قابلیت تولید ۴۰ تا ۱۵۰ گیاهچه را داشت (۳۸). در پژوهشی مشخص گردید که استفاده از ریزنمونه گره گیاه سینگونیوم و کشت آن در محیط کشت MS حاوی ۰/۶۰۴ میلی‌گرم بر لیتر BA[5] و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر NaH_2PO_4[6] برای ریزازیادی این گیاه موثر است (۱۵). در گیاه *Syngonium cannifolium* شاخه‌زایی به شدت تحت تاثیر نوع سیتوکینین و غلظت آن قرار گرفت. بیشترین شاخه‌زایی در این گیاه در محیط کشت حاوی ۱/۸۲۶ میلی‌گرم بر لیتر BA و ۰/۹۹۵ میلی‌گرم بر لیتر IBA[7] مشاهده و گزارش شد. همچنین، بهترین محیط کشت بهینه برای شاخه‌زایی در این رقم محیط کشت MS حاوی ۳۰ گرم در لیتر ساکارز بود (۷). این پژوهش با هدف بهینه‌سازی نوع ترکیب تنظیم کننده رشد گیاهی و نمک‌های محیط کشت در ریزازدیادی گیاه سینگونیوم (*Syngonium podophyllum*) طراحی و اجرا شد تا بتوان گیاهچه‌هایی با کیفیت را به بخش خصوصی عرضه نمود و گامی موثر در بومی‌سازی تولبد انبوه و توسعه کشت و پرورش آن برداشت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی در این پژوهش پایه‌های گیاه سینگونیوم بودند که از گلخانه‌ای واقع در ۳۵ کیلومتری شهرستان مشهد خریداری شده و پس از آن به گلخانه تحقیقاتی منتقل گردیدند. ابتدا گیاهان شاداب، عاری از بیماری و در مرحله رشد فعال انتخاب و ریزنمونه‌های گره با طول یک سانتی‌متر از آنها تهیه و برای کشت آماده شدند. جهت ضدعفونی ابتدا ریزنمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه زیر آب جاری و چند قطره مایع‌شوینده رایج شستشو داده شدند تا گرد و غبار و همچنین مواد زائد دیگر از سطح آن برطرف گردد. پس از این مرحله، از اتانول ۷۰ درصد به مدت یک دقیقه برای از بین بردن آلودگی‌های باکتریایی استفاده شد و پس از انتقال بشر حاوی نمونه‌های گیاهی به زیر هود لامینار و آبکشی با آب مقطر استریل، برای از بین بردن آلودگی‌های قارچی از محلول ۱/۵ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. به دلیل کاهش کشش سطحی و افزایش سطح تماس گیاه و ماده گندزدا، بسته به حجم محلول گندزدا ۲ تا ۳ قطره توین ۲۰ به محلول ضدعفونی اضافه شد. طی مدت ضدعفونی و به دلیل بهبود تماس گیاه با ماده گندزدا، محلول با دست تکان داده شده است. در پایان مدت ضدعفونی، ریزنمونه‌ها تحت شرایط استریل در زیر هود لامینار ۳ مرتبه در بازه‌های زمانی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه با آب‌مقطر استریل آبکشی شدند. این پژوهش در سه مرحله مختلف طراحی و اجرا گردید.

آزمایش اول: در این آزمایش اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مختلف رشد گیاهی بر باززایی ریزنمونه گره مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا ریزنمونه‌های گره با طول یک سانتی متر در محیط‌کشت نیمه‌جامد MS (موراشیگ و اسکوگ) حاوی غلظت‌های مختلف تنظیم کننده رشد گیاهی BA و Kin[8] (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر) در ترکیب با ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر IAA[9] قرار داده شدند. از محیط کشت پایه MS حاوی ۳٪ ساکارز و ۸ گرم بر لیتر آگار و pH=۵/۷ استفاده گردید. محیط کشت‌ها در ویال‌هایی به میزان ۱۵ میلی‌لیتر توزیع گردیده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ اتمسفر اُتوکلاو گردیدند. پس از کشت ریزنمونه‌ها به شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی (۳۰۰۰-۲۵۰۰ لوکس) و ۸ ساعت تاریکی، در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. در انتهای آزمایش تعداد گیاهچه، ارتفاع گیاهچه باززاشده، وزن خشک گیاهچه باززاشده، درصد ریشه‌زایی، وزن خشک ریشه، طول ریشه، تعداد ریشه و تعداد ریشه ثانویه، ارزیابی شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار طراحی و اجرا شد. عامل اول شامل انواع مختلف سیتوکینین (BA و KIN) و عامل دوم غلظت‌های مختلف تنظیم کننده رشد گیاهی۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر بود.

در آزمایش دوم اثر انواع مختلف محیط کشت و غلظت‌های مختلف آن بر میزان پرآوری گیاهچه بررسی شد. این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد. عامل اول شامل نوع محیط کشت (MS و B_5[10]) و عامل دوم غلظت‌های مختلف محیط کشت (نصف غلظت، غلظت کامل) بود. از محیط کشت پایه MS حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر BA و ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر IAA، ۳ درصد ساکارز و ۸ گرم بر لیتر آگار با pH=۵/۷ استفاده شد. شرایط ضدعفونی محیط و قرارگیری نمونه‌ها همانند آزمایش قبل بود. در این آزمایش، نمونه‌ها هر چهار هفته یکبار واکشت شده و در انتهای آزمایش ویژگی‌هایی مانند: ارتفاع گیاهچه، درصد ریشه‌زایی،

1- Murashige and Skoog medium
2- Thidiazuron
3- 1-Naphthaleneacetic acid
4- 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid
5- benzyl adenine
6- Monosodium phosphate
7- Indole-3-butyric acid
8- Kinetin
9- Indole-3-acetic acid
10- Gamborg Medium

تعداد ریشه تولیدی، طول ریشه تولیدی و تعداد گیاهچه باززاشده اندازه‌گیری و ثبت شد.

در آزمایش سوم سازگاری گیاهچه‌های رشد یافته در شرایط کشت درون شیشه‌ای بررسی شد. این آزمایش به صورت کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۹ بستر کشت از جمله: ورمی‌کولایت، پیت‌ماس، ورمی‌کولایت + پیت‌ماس، پرلیت + پیت‌ماس، پرلیت، کوکوپیت + ورمی‌کولایت، کوکوپیت + پرلیت، کوکوپیت و راک‌وول بود. پس از آنکه شاخساره‌ها ریشه‌دار شده و به اندازه کافی رشد کردند تا بتوانند آب و املاح کافی را جذب کنند، به گلدان منتقل شدند. در این مرحله، گیاهچه‌های ریشه‌دار از محیط کشت ریشه‌زایی خارج و پس از شستشوی ریشه‌ها و حذف تمام آگار از سطح ریشه‌ها و احیاناً سطح برگ‌ها، گیاهچه‌ها به گلدان‌های کوچک حاوی بستر کشت‌های مختلف منتقل شدند. از آنجا که گیاهچه‌ها در مراحل اولیه انتقال به گلدان نسبت به آلودگی‌های باکتریایی و قارچی حساس هستند، بسترهای کشت مختلف قبل از کشت کاملاً ضدعفونی (اتوکلاو) شدند. پس از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان برای حفظ رطوبت و کمک به سازگاری آنها، لیوان‌های پلی اتیلن شفاف (یک بار مصرف) به صورت وارونه بر روی گلدان‌ها قرار داده شد. سپس در اتاقک رشد در دمای ۲۲-۲۴ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب و در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و قرار گرفتند. پس از گذشت چند روز برای سازگاری تدریجی گیاهان به رطوبت محیط هر روز سوراخی با قطر تقریبی ۲ تا ۳ میلی متر در لیوان ایجاد شد. این کار به مدت ۲ هفته ادامه پیدا کرد و به تدریج سوراخ‌ها به طرف قاعده لیوان نزدیک شدند. پس از دو هفته از کشت، لیوان‌ها ابتدا به مدت ۱ ساعت در روز از روی گلدان‌ها برداشته شدند و در روزهای بعد این زمان افزایش پیدا کرد و بالاخره در هفته سوم لیوان‌ها کاملاً از روی گلدان‌ها برداشته شدند. برای جلوگیری از پوسیدگی طوقه، آبیاری و تغذیه گیاهان از زیر گلدان‌ها انجام شد. برای تغذیه گیاهان محلول از MS ½هفته‌ای یکبار استفاده شد. آماده سازی داده‌ها در برنامه Excel و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP-8 انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel رسم گردیدند.

نتایج

آزمایش اول: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش مشخص گردید که انواع مختلف تنظیم کننده‌های رشد و غلظت‌های مختلف آن ها بر صفات مورد بررسی موثر بودند. وزن خشک ریشه، تعداد ریشه، طول ریشه، تعداد ریشه ثانویه، درصد ریشه‌زایی و تعداد گیاهچه باززاشده تحت تاثیر اثر متقابل تنظیم کننده رشد گیاهی و غلظت آن قرار گرفتند و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). یکی از پارامترهای بسیار مهم در شرایط کشت درون شیشه ای، تعداد گیاهچه تولیدی می باشد. در تمامی سطوح کاربرد تنظیم کننده رشد گیاهی مورد استفاده، کاربرد BA در مقایسه با KIN، باعث تولید تعداد گیاهچه بیشتری گردید. همچنین در رابطه با هر دو نوع سیتوکنین مورد استفاده در آزمایش، افزایش غلظت آن‌ها تاثیر مثبتی بر تعداد گیاهچه باززا شده داشت. بیشترین تعداد گیاهچه باززا شده در محیط کشت حاوی ۴ میلی‌گرم در لیتر BA مشاهده شد که در مقایسه با محیط کشت فاقد تنظیم کننده رشد گیاهی، باعث افزایش ۵ برابری تعداد گیاهچه باززا شده گردید. در محیط کشت حاوی KIN نیز کاربرد غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر آن باعث افزایش ۳/۵ برابری تعداد گیاهچه باززا شده در مقایسه با محیط کشت فاقد تنظیم کننده رشد گیاهی (شاهد) گردید (جدول ۲). در رابطه با هر دو نوع سیتوکنین مورد استفاده در آزمایش، مشاهده گردید که با افزایش غلظت آن‌ها، تعداد ریشه تولیدی کاهش یافت ولی با این حال حضور BA در محیط کشت در مقایسه با KIN تاثیر منفی شدیدتری بر این پارامتر داشت، به طوری‌که در محیط کشت های حاوی غلظت های بالای این تنظیم کننده رشد گیاهی (۳ و ۴ میلی‌گرم بر لیتر)، هیچگونه ریشه‌ای تولید نگردید، در حالی که در محیط کشت حاوی بالاترین غلظت KIN، تعداد ریشه تولیدی ۳ برابر محیط کشت حاوی BA بود. با این حال بیشترین تعداد ریشه تولیدی، در محیط کشت فاقد سیتوکینین با میانگین ۵/۷۵ عدد مشاهده شد که نشان دهنده تاثیر منفی حضور تنظیم کننده رشد گیاهی سیتوکنین در محیط کشت بر فرایند ریشه‌زایی گیاه می باشد (جدول ۲).

نتایج اندازه‌گیری طول ریشه تولیدی نشان داد که این صفت نیز تحت تاثیر نوع و غلظت تنظیم کننده رشد گیاهی در محیط کشت قرار گرفت. در محیط کشت بدون سیتوکنین بیشترین طول ریشه تولیدی با میانگین ۱۴/۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد و با افزایش غلظت آن در محیط، میزان این پارامتر کاهش یافت. کاربرد BA در محیط کشت در مقایسه با KIN تاثیر منفی شدیدتری بر این پارامتر داشت، به طوری‌که با کاربرد ۴ میلی‌گرم در لیتر BA، هیچ گونه ریشه‌ای تولید نگردید، درحالی که کاربرد غلظت مشابه از KIN باعث تولید ریشه‌هایی با طول ۷ سانتی‌متر گردید (جدول ۲). حضور سیتوکنین در محیط کشت و همچنین افزایش غلظت آن منجر به کاهش تعداد ریشه ثانویه تولیدی گردید. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد، در هیچ کدام از غلظت‌های مختلف BA در محیط کشت، ریشه ثانویه تولید نگردید، در حالی که در غلظت‌های ۱ تا ۳ میلی‌گرم در لیتر KIN ریشه‌های ثانویه تولید گردید و تنها کاربرد غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر KIN منجر به عدم تولید ریشه ثانویه گردید. بیشترین تعداد ریشه ثانویه تولیدی با میانگین ۳۷/۵۰ عدد، در محیط کشت فاقد سیتوکنین (شاهد) مشاهده شد که با سایر محیط

کشت‌های مورد استفاده از این لحاظ تفاوت معنی‌داری را ایجاد نمود (جدول ۲). در رابطه با هر دو نوع سیتوکنین مورد استفاده در آزمایش مشخص گردید که افزایش غلظت آن‌ها باعث کاهش وزن خشک ریشه‌های تولیدی گردید که در این رابطه کاربرد BA تاثیر منفی شدیدتری بر این پارامتر داشت، به طوری‌که در گیاهچه‌های کشت‌شده در محیط کشت حاوی ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر BA هیچگونه ریشه‌ای تولید نگردید. بیشترین وزن خشک ریشه تولیدی در محیط کشت فاقد سیتوکنین و با میانگین ۰/۱۱۳ گرم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد بررسی داشت. در رابطه با KIN نیز بین غلظت‌های ۱ تا ۳ میلی‌گرم در لیتر، تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن خشک ریشه تولیدی مشاهده نگردید (جدول ۲). در رابطه با تمامی غلظت‌های مورد استفاده از KIN، ریشه‌زایی بصورت ۱۰۰ درصد اتفاق افتاد، در حالی‌که با افزایش غلظت BA درصد ریشه‌زایی گیاهچه‌های باززا شده به شدت کاهش یافت. در رابطه با محیط کشت حاوی تنظیم کننده رشد گیاهی BA، پس از محیط کشت فاقد تنظیم کننده رشد گیاهی، بیشترین درصد ریشه‌زایی در محیط کشت حاوی BA، در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر آن با میانگین ۹۳/۷۵ درصد مشاهده شد و در غلظت‌های ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر آن هیچگونه علائم ریشه‌زایی مشاهده نگردید (جدول ۲). بررسی سیتوکنین‌های مورد استفاده در این آزمایش نشان داد که کاربرد تنظیم کننده رشد گیاهی KIN در مقایسه با تنظیم کننده رشد گیاهی BA باعث افزایش ارتفاع گیاهچه های باززا شده سینگونیوم گردید. از سوی دیگر افزایش غلظت تنظیم کننده رشد گیاهی سیتوکنین باعث کاهش ارتفاع گیاهچه‌های باززا شده سینگونیوم گردید، به طوری‌که بیشترین ارتفاع گیاهچه باززا شده در محیط کشت فاقد تنظیم کننده رشد گیاهی سیتوکنین با ارتفاع ۵/۷۵ سانتی‌متر و کمترین میزان آن در محیط کشت‌های حاوی ۳ میلی‌گرم در لیتر (۲/۱۷ سانتی‌متر) و ۴ میلی‌گرم در لیتر (۲/۲۵ سانتی‌متر) تنظیم کننده رشد گیاهی سیتوکنین مشاهده شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۲). گیاهچه‌های کشت شده در محیط کشت حاوی تنظیم کننده رشد گیاهی BA در مقایسه با تنظیم کننده رشد گیاهی KIN وزن خشک بیشتری را به خود اختصاص داده بودند که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با محیط کشت حاوی تنظیم کننده رشد گیاهی KIN داشتند (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گیاه سینگونیوم تحت تاثیر نوع و غلظت تنظیم کننده رشد گیاهی سیتوکنین

Table 1- Analysis of variance (mean squares) for measured traits of Syngonium under the influence of cytokinin type and concentration

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گیاهچه باززاشده Regenerated shoot number	ریشه‌زایی Rooting	تعداد ریشه ثانویه Secondary root number	طول ریشه Root lenght	تعداد ریشه Root number	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک گیاهچه باززاشده Regenerated shoot dry weight	ارتفاع گیاهچه Plantlet height
تنظیم کننده رشد گیاهی PGR	1	12.10**	21390.6**	250.00**	168.10**	27.22**	0.02**	0.016 *	3.90**
غلظت Concentration	4	12.85**	4984.3**	1943.75**	167.35**	27.90**	0.01**	0.001ns	13.99**
تنظیم کننده رشد گیاهی×غلظت C× PGR	4	0.85**	4984.3**	68.75**	21.85**	30.47**	0.001**	0.001ns	0.31ns
خطا Error	30	0.16	15.63	11.66	0.83	0.50	0.0001	0.0009	0.15

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

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

آزمایش دوم: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌های مرتبط به پرآوری، مشخص گردید که انواع مختلف محیط کشت بر ارتفاع گیاهچه، تعداد ریشه، طول ریشه و تعداد گیاهچه تولید شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین ارتفاع گیاهچه، طول ریشه و تعداد گیاهچه تولیدی تحت تاثیر اثر ساده غلظت‌های مختلف محیط کشت قرار گرفت. تنها پارامتر تعداد گیاهچه تحت تاثیر اثر متقابل انواع مختلف محیط کشت و غلظت‌های مختلف آن قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با توجه به بررسی پارامتر ارتفاع گیاهچه، مشخص گردید که ارتفاع گیاه در محیط کشت MS در مقایسه با محیط کشت B_5 بیشتر بود (جدول ۴). همچنین، کاهش غلظت نمک‌های محیط به نصف، ارتفاع گیاهچه رشد کرده در این محیط کشت را نسبت به گیاهچه رشد

کرده در محیط کشت با غلظت کامل به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). با توجه به نتایج بررسی طول ریشه تولیدی در محیط کشت مشخص گردید که طول ریشه تولید شده توسط گیاهچه در محیط کشت MS در مقایسه با محیط کشت B_5، به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). همچنین، قرارگیری گیاهچه در محیط کشتی که غلظت نمک‌های موجود در آن به نصف کاهش یافته بود، منجر به تولید ریشه‌های طویل‌تری در مقایسه با محیط کشت با غلظت کامل نمک گردید (جدول ۵). با توجه به نتایج مشخص گردید که کاربرد انواع مختلف محیط کشت بر تعداد ریشه تولید شده توسط گیاهچه موثر بوده است. بدین صورت که بیشترین تعداد ریشه در محیط کشت MS تولید شد. تولید ریشه در این محیط کشت نسبت به محیط کشت B_5، افزایش دو برابری را نشان داد (جدول ۴). با توجه به تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با تعداد گیاهچه مشخص گردید که تعداد گیاهچه باززاشده تنها در محیط کشت نصف غلظت B_5 نسبت به سایر تیمارهای آزمایش کمتر بود. تعداد گیاهچه باززاشده در سایر تیمارهای آزمایش افزایش یافت اما از لحاظ آماری تفاوتی بین آن‌ها وجود نداشت (شکل ۳). این نکته قابل ذکر است که در تمامی تیمارهای آزمایش ریشه‌زایی ریزنمونه به صورت ۱۰۰ درصد انجام شد.

جدول ۲- برهمکنش نوع تنظیم کننده رشد گیاهی × غلظت آن بر تعداد گیاهچه باززاشده، ریشه‌زایی، تعداد ریشه ثانویه، طول، تعداد و وزن خشک ریشه گیاه سینگونیوم

Table 2- The interaction effect of cytokinin type × its concentration on regenerated shoot number, rooting, secondary root number, root lenght, root number and root dry weight of Syngonium

سیتوکینین Cytokinin	غلظت Concentration ($mg.l^{-1}$)	تعداد گیاهچه باززاشده Regenerated shoot number	ریشه‌زایی Rooting (%)	تعداد ریشه ثانویه Secondary root number	طول ریشه Root lenght (cm)	تعداد ریشه Root number	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
BA	0	1.00 g	100. 0 a	37.50 a	14.50 a	5.75 a	0.11 a
	1	3.00 de	93.75 b	0.00 c	8.30 c	4.00bc	0.03c
	2	4.00 bc	75.00 c	0.00 c	4.00 e	2.50 d	0.01d
	3	4.50 ab	0.00 d	0.00 c	0.00 f	0.00 e	0.00d
	4	5.00 a	0.00 d	0.00 c	0.00 f	0.00 e	0.00d
KIN	0	1.00 g	100.0 a	37.50 a	14.50 a	5.75 a	0.11 a
	1	2.00 f	100.0 a	12.50 b	10.00 b	5.00 ab	0.08b
	2	2.50 ef	100.0 a	10.00 b	8.30 c	3.75 c	0.07b
	3	3.00 de	100.0 a	2.50 c	7.50 cd	3.00 cd	0.06 b
	4	3.50 cd	100.0 a	0.00 c	7.00 d	3.00 cd	0.04 c

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

شکل ۱- گیاهچه‌های سینگونیوم تکثیر شده در محیط کشت دارای BA (راست) و Kin (چپ)

Figure 1- The propagated plantlets of Syngonium in medium containing BA (right) and Kin (left)

شکل ۲- اثر انواع مختلف سیتوکینین بر ارتفاع گیاهچه (الف) و وزن خشک گیاهچه باززاشده (ب) و تاثیر غلظت‌های مختلف سیتوکینین بر ارتفاع گیاهچه (پ)

Figure 2- The effect of different types of cytokinin on a) plantlet height and b) regenerated shoot dry weight, and different concentrations of cytokinin on c) plantlet height. (LSD, *p≤0.05*)

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گیاه سینگونیوم تحت تاثیر نوع و غلظت نمک محیط کشت

Table 3– Analysis of variance (mean squares) for measured traits of Syngonium under the influence of type and concentration of culture medium

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گیاهچه Shoot number	طول ریشه Root lenght	تعداد ریشه Root number	ارتفاع گیاهچه Plantlet height
محیط کشت Medium	1	1.25 **	31.25**	24.20**	1.01**
غلظت Concentration	1	1.25**	22.05**	0.80 ns	2.81**
محیط کشت×غلظت C×M	1	1.25**	0.05 ns	0.00 ns	0.11 ns
خطا Error	16	0.18	0.60	0.42	0.09

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

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

جدول ۴- تاثیر انواع مختلف محیط کشت بر ارتفاع گیاهچه‌های باززاشده، طول ریشه تولیدی و تعداد ریشه در گیاه سینگونیوم

Table 4- The effect of different media on plantlet height, root number and root lenght of Syngonium

محیط کشت Medium	طول ریشه Root lenght	تعداد ریشه Root number	ارتفاع گیاهچه Plantlet height
MS	7.80 a	4.00 a	3.85 a
B_5	5.30 b	1.80 b	3.40 b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۵- تاثیر غلظت‌های مختلف محیط کشت بر ارتفاع گیاهچه باززاشده و طول ریشه تولیدی در گیاه سینگونیوم

Table 5- The effect of different concentration of medium on plantlet height and root lenght of Syngonium

غلظت محیط کشت Concentration of medium	طول ریشه Root height	ارتفاع گیاهچه Plantlet height
0.5	7.60 a	4.00 a
1	5.50 b	3.25 b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Same letter in each column are not significantly different at 5% of probability levels based on LSD test.

شکل۳- اثر متقابل نوع محیط کشت × غلظت‌های مختلف آن بر تعداد گیاهچه باززاشده گیاه سینگونیوم

Figure 3- The interaction effect of medium type ×concentration on number of regenerated shoot of Syngonium. (LSD, *p≤0.05*)

آزمایش سوم: با توجه به نتایج حاصل از پژوهش مشخص گردید که تاثیر کاربرد بسترهای کشت مختلف بر میزان سازگاری گیاهچه‌های تولید شده در شرایط درون شیشه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به نتایج مشخص گردید که ۱۰۰ درصد سازگاری گیاهچه تولید شده در شرایط کشت درون شیشه‌ای در بسترهای کشت ورمی‌کولایت به تنهایی، ورمی کولایت + کوکوپیت، ورمی کولایت + پیت ماس و بستر کشت پرلیت + پیت‌ماس مشاهده و ثبت شد. همچنین بیشتر از ۵۰٪ گیاهچه‌های کشت شده در بستر کشت پیت ماس به تنهایی، نیز سازگار شدند. یاآوری می‌شود که سازگاری گیاهچه سینگونیوم در بستر کشت راک‌وول صفر درصد ثبت شد (شکل ۴). استفاده از بستر کشت ورمی‌کولایت در ترکیب با پیت ماس منجر به تولید بیشترین وزن‌تر گیاهچه، وزن تر و خشک برگ، ارتفاع گیاهچه و تعداد برگ‌های سالم در گیاه شده است. همچنین استفاده از بستر کشت کوکوپیت در ترکیب با ورمی‌کولایت رشد ریشه در گیاهچه را بهبود بخشید و بیشترین وزن تر و خشک گیاهچه را به خود اختصاص داد (جدول ۷). به طور کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از بستر کشت ورمی‌کولایت در ترکیب با پیت‌ماس با توجه به سازگاری ۱۰۰ درصد گیاهچه‌های سینگونیوم و بهبود صفات رشدی گیاهچه در مقایسه با سایر بسترهای کشت گزینه مناسبی برای سازگاری گیاهچه‌های سینگونیوم است.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گیاه سینگونیوم تحت تاثیر بستر کشت مختلف

Table 6- Analysis of variance (mean squares) for measured traits of Syngonium under the influence of different media

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت وزن تر گیاهچه در انتها به ابتدا آزمایش Seedling fresh weight ratio at the end to the beginning of the experiment	تعداد برگ قهوه‌ای Brown leaf number	تعداد برگ سبز Green leaf number	ارتفاع Height	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	درصد سازگاری Accumulation
بستر کشت Medium	8	5.51**	21.14**	70.25**	36.47**	0.01 **	0.11**	4025.12**
خطا Error	18	0.001	0.002	0.006	0.007	0.0001	0.0006	123.63

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

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

جدول ۷- تاثیر بسترهای کشت مختلف بر صفات رشدی گیاهچه‌ها سینگونیوم تولیدی در شرایط کشت درون شیشه‌ای

Table 7- The effect of different media on growth traits of Syngonium seedlings produced under *in vitro* conditions

بستر کشت Medium	تعداد برگ قهوه‌ای Brown leaf number	تعداد برگ سالم Green leaf number	ارتفاع Height	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	نسبت وزن تر گیاهچه در انتها به ابتدای آزمایش Seedling fresh weight ratio at the end to the beginning of the experiment
ورمی کولایت + پیت ماس Vermiculite + Peat moss	3.90 g	14.52 a	11.35 a	2.06 b	0.63 a	4.22 b
کوکوپیت + ورمی‌کولایت Coco peat + Vermiculite	6.52 d	11.62 c	10.97 b	2.67 a	0.64 a	3.92 c
پرلیت +پیت‌ماس Perlite + Peat moss	6.69 c	14.31 b	10.52 c	1.79 d	0.52 b	4.42 a
ورمی کولایت Vermiculite	4.93 e	10.00 d	10.33 d	2.04 b	0.46 c	3.37 d
کوکوپیت Coco peat	9.43 a	6.36 f	8.85 f	1.93 c	0.35 d	3.13 e
پیت ماس Peat moss	4.63 f	8.62 e	10.01 e	1.91 c	0.44 c	2.36 f
پرلیت Perlite	7.01 b	5.00 g	10.27 d	1.08 f	0.45 c	2.32 f
کوکوپیت + پرلیت Coco peat + perlite	7.01 b	4.42 h	8.72 f	1.62 e	0.32 d	2.37 f
راک‌وول Rockwool	0.00 h	0.00 i	0.00 g	0.00 g	0.00 e	0.00 g

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

بحث

فاکتورهای گوناگونی مانند ژنتیک گیاه، مقدار تنظیم کننده‌های رشد گیاهی درون‌زای ریزنمونه، انداز ریزنمونه و غلظت‌های مختلف تنظیم کننده رشد گیاهی در محیط کشت، بر فرآیند بسیار پیچیده باززایی گیاه در شرایط کشت‌درون شیشه‌ای، موثر می‌باشند (۲۳). استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به خصوص استفاده از سیتوکینین‌ها، از عوامل مهم و ضروری در شرایط کشت درون شیشه‌ای می‌باشد (۳). سیتوکینین های گوناگونی مانند TDZ، BAP و KIN در ترکیب با غلظت‌های خیلی کم از انواع مختلف اکسین‌ها، همچون IAA و NAA با هدف تولید شاخساره در شرایط کشت درون شیشه‌ای در تعداد بیشماری از گیاهان استفاده می‌شود (۵، ۲۷، ۳۱، ۳۷). در این پژوهش، استفاده از BA در محیط کشت توانست تعداد گیاهچه باززا شده را افزایش دهد و پرآوری در گیاه را بهبود بخشد. بنزیل آمینوپورین (BAP)، به عنوان مهمترین و موثرترین سیتوکینین در انگیزش و افزایش شاخه‌زایی در گیاهان معرفی شده است (۱۰).

شکل ۴- تاثیر بسترهای کشت مختلف بر درصد سازگاری گیاهچه‌های کشت بافتی سینگونیوم
Figure 4- The effect of different media on acclimation of Singonium plantlets

شکل ۵- گیاهچه سینگونیوم سازگار شده در بستر کشت پیت ماس + پرلیت (راست) و بستر کشت راک وول (چپ)
Figure 5- Adapted plantlet of Syngonium in peat moss + perlite medium (right) and rock wool medium (left)

پژوهش ها نشان داده‌اند که کاربرد برون‌زای بنزیل آدنین از طریق تاثیر بر سلول‌های گیاهی و یا به وسیله کنترل تجمع یکسری ترکیبات سیتوکینینی تاثیر خود را بر رشد گیاه می‌گذارد. در نتیجه استفاده از سیتوکینین‌ها در محیط کشت در شرایط کشت درون شیشه‌ای به منظور القا و افزایش تقسیم سلولی ضروری می‌باشد (۳۴). در باززایی شاخساره، ژنوتیپ گیاهی بر مقدار بهینه تنظیم کننده رشد گیاهی تاثیرگذار است (۲). وجود غلظت مناسب سیتوکینین در محیط کشت، آغازش سرآغازه شاخه در ریزنمونه را در شرایط کشت درون شیشه‌ای القا می‌کند (۲۲). افزون بر این، تسهیل جذب و انتقال مواد غذایی از دیگر مزایای کاربرد سیتوکینین‌ها در محیط کشت می‌باشد که در پی آن سوخت و ساز گیاهی افزایش یافته و در نهایت زیست توده گیاهچه‌های باززاشده نیز افزایش می‌یابد (۱۴). کاهش ارتفاع شاخساره در پی افزایش تعداد آن، به دلیل توزیع مواد غذایی جذب شده بین شاخساره‌ها می‌باشد (۱۳). استفاده از BA در محیط کشت، کاهش اثرات غالبیت انتهایی و تحریک رشد شاخه جدید را در پی دارد. علاوه بر این استفاده از این نوع سیتوکینین در محیط کشت،

رشد ریشه را نیز کاهش می‌دهد (۲۴). اثرات مثبت BA در افزایش تعداد شاخه در محیط کشت تایید شده است (۲۵). در گیاه پونه‌سای بی‌کرک (*Nepeta nuda L.*) استفاده از ۱ میلی‌گرم در لیتر BA به همراه ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر IBA در محیط کشت، منجر به تولید بیشترین وزن تر و تعداد شاخه در مرحله پرآوری گردید. همچنین در این پژوهش بیان شد که مفیدترین تنظیم کننده رشد گیاهی در ریزازدیادی این گیاه تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر BA به همراه ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA و NAA در محیط کشت پایه MS می‌باشد (۲۴). در گیاه اطلسی بیشترین باززایی شاخساره، وزن‌تر و خشک شاخساره در محیط کشت حاوی ۴ میلی‌گرم بر لیتر BAP به همراه ۰/۱۱۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA به دست آمد (۱۷). علاوه بر این در مرحله پرآوری استفاده از تنظیم کننده رشد گیاهی BAP کارایی بالایی داشت (۱۷). همچنین در گیاه کانولا افزایش غلظت بنزیل آدنین به همراه ایندول بوتریک اسید در محیط کشت، تولید کالوس و شاخه‌زایی را افزایش داد (۴). استفاده از بنزیل آدنین در محیط کشت جوانه‌زنی و شاخه‌زایی در گیاه *Dentate Lavandula* را بهبود بخشید (۹). در پژوهش انجام شده توسط محققین مشخص گردید که بیشترین درصد باززایی در گیاه بابونه آلمانی ژنوتیپ اصفهان در محیط کشت پایه MS حاوی ۰/۹۹۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP در ترکیب با ۰/۳۸۵ میلی‌گرم بر لیتر IAA مشاهده و ثبت شد (۲۳). همچنین در پژوهشی دیگر کاربرد BA در محیط کشت، موثرترین تنظیم کننده رشد گیاهی در پرآوری دو گونه مرزه بیان شد. در این پژوهش کاربرد ۲ میلی‌گرم بر لیتر BA بیشترین تاثیر را در افزایش پرآوری در گیاه داشت (۱). نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از KIN در محیط کشت در مقایسه با BA، تاثیر کمتری بر باززایی و افزایش تعداد گیاهچه در شرایط کشت درون شیشه‌ای داشت. تاثیر کم KIN در پرآوری و باززایی گیاه نیز توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۱ و ۲۴). در مقابل کاربرد KIN در محیط کشت توانست ارتفاع گیاهچه را به طور معنی‌داری در مقایسه با BA افزایش دهد. در بررسی اثر تنظیم کننده رشد گیاهی در ریزافزایی گل آهار مشخص گردید که استفاده از KIN در محیط کشت بر افزایش ارتفاع گیاهان موثر بوده است (۲۱). در کشت درون شیشه‌ای گیاه *Vanasushava pedata* استفاده از BAP در مقایسه با KIN و 2iP موثرتر عمل کرد (۱۶). از سوی دیگر، کاربرد محیط کشت بهینه و مناسب در موفقیت ریزازدیادی گیاهان بسیار تاثیر گذار است (۲۶).

در پژوهش حاضر، استفاده از محیط کشت MS در مقایسه با محیط کشت B_5، کارایی بهتری داشت. مقدار مناسب و اجزای مناسب تشکیل‌دهنده آن، توان یونی بهتر و مواد معدنی بیشتر در این محیط کشت در مقایسه با محیط کشت B5 احتمالا از عوامل موثر در برتری آن در کشت درون‌شیشه‌ای می‌باشد(۱۸، ۲۸، ۳۵). گیاهان تولید شده در شرایط کشت درون شیشه‌ای با گیاهان تولید شده در شرایط طبیعی از جنبه‌های مختلفی تفاوت دارند. افزایش رطوبت نسبی (۱۰۰-۹۰ ٪) در شرایط کشت درون شیشه‌ای منجر به تولید گیاهان با لایه کوتیکول نازک در مقایسه با گیاهان رشد یافته در شرایط طبیعی می‌شود. در نتیجه با انتقال گیاه به گلدان و کاهش رطوبت نسبی محیط خارجی، از دست‌دهی آب توسط گیاه افزایش می‌یابد و به دنبال آن پژمردگی در گیاه صورت می‌گیرد (۳۰). در بین مراحل مختلف ریزادیادی در گیاهان، مرحله سازگاری مهمترین و حساس‌ترین مرحله می‌باشد. در مرحله سازگاری تغییر در شرایط محیطی به صورت تدریجی صورت گرفته و با نزدیک شدن به شرایط گلخانه پایان می‌یابد (۱۹). عوامل مختلفی از جمله: افزایش نور، کاهش رطوبت، نوسانات دمایی و آلودگی محیط در این مرحله از رشد گیاه موثر می‌باشند (۶ و ۲۰). در نتیجه، انتخاب هوشمندانه و صحیح بستر کشت گیاه بر زنده‌مانی و خوگیری گیاه در این شرایط بسیار موثر است (۸). بستر کشت وظیفه حمایت مکانیکی گیاه و افزایش بهبود جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه گیاه را دارد (۳۶). بستر کشت مناسب گیاه با کاهش آلودگی، بهبود هوادهی، افزایش نفوذپذیری و اسیدیته مناسب استقرار و رشد اولیه گیاه را تضمین می‌کند (۸). طبیعت متخلخل پرلیت به آن‌ها توان نگه‌داشتن آب را می‌دهد؛ علاوه بر این اندازه کوچک این مواد در بستر کشت منجر به بهبود تهویه و افزایش زهکشی می‌گردد. همچنین ورمی‌کولایت به دلیل وزن سبک، ظرفیت نگه‌داشت بالای آب، بهبود تهویه و زهکشی، ظرفیت بالای تبادل کاتیونی، ظرفیت بالای نگهداری عناصر غذایی، وزن مخصوص ظاهری کم بستر کشت مناسب برای اکثر گیاهان می‌باشد (۱۱). احتمالا تمامی عوامل گفته شده در سازگاری ۱۰۰ درصد گیاه سینگونیوم در بسترهای کشت حاوی این مواد موثر بوده‌اند.

نتیجه‌گیری

دستاوردهای این پژوهش نشان داد که نوع و غلظت سیتوکنین تاثیر معنی‌داری بر اکثر پارامترهای مورد ارزیابی در گیاه سینگونیوم داشت. با افزایش غلظت سیتوکنین در محیط کشت، تعداد گیاهچه باززا شده افزایش یافت اما از سوی دیگر کاهش ارتفاع گیاهچه باززا شده نیز مشاهده شد. کاربرد محیط کشت حاوی BA در مقایسه با KIN تاثیر بارزتری در افزایش تعداد گیاهچه باززا شده داشت و بیشترین تعداد گیاهچه باززا شده در غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر BA مشاهده شد. ارزیابی پارامترهای مرتبط با ریشه‌زایی نشان داد که افزایش غلظت سیتوکنین در محیط کشت تاثیر منفی بر پارامترهای ریشه‌زایی داشت که اثر منفی کاربرد BA در محیط کشت در مقایسه با KIN مشهودتر بود؛ به طوری‌که در غلظت‌های ۳ و ۴ میلی‌گرم در

لیتر BA در محیط کشت، هیچگونه نشانه‌های ریشه‌زایی مشاهده نگردید. کاربرد محیط کشت MS در مقایسه با محیط کشت B_5، در افزایش ارتفاع گیاهچه، طول ریشه، تعداد ریشه و تعداد گیاهچه تولید شده موثر بود. همچنین، کاربرد محیط کشت نصف غلظت MS، منجر به افزایش ارتفاع گیاهچه و طول ریشه گردید. بنابراین، در این مرحله از تکثیر این گیاه کاربرد محیط کشت نصف غلظت MS توصیه می‌گردد. همچنین، استفاده از ورمی‌کولایت به تنهایی، ورمی کولایت + کوکوپیت، ورمی کولایت + پیت ماس و بستر کشت پرلیت + پیت‌ماس به عنوان بستر کشت با هدف سازگاری گیاهچه‌های تولیدی در شرایط دورن‌شیشه‌ای نیز توصیه می‌گردد.

منابع

1. Afzalifar M. 2012. Evaluation of different propagation and androgenesis in *Satureja khuzistanica* and *S. rechingeri*. M.Sc. thesis. Medicinal Plants and Drug Research Institute. Shahid Beheshti University, Iran. 46-73.
2. Asghari F., Hasani A., Hosseini B., and Farokhi J. 2013. Effect of different hormonal combination on *in vitro* direct shoot regeneration of basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Horticultural Science 26(4): 434-439. (In Persian)
3. Bhojwani SS., and Razdan MK. 1992. Plant Tissue Culture: Theory and Practice. Elsevier, Amsterdam, London, New York, Tokyo.
4. Chamandoosti F., and Afshari Azad H. 2012. Somaclonal variation in resistance of canola (*Brassica napus* L.) to *Sclerotinai* stem root. International Journal of Agronomy and Plant Production 3(12): 613-617.
5. Chen TY., Chen JT., and Chang WC. 2002. Multiple shoots formation and plant regeneration from stem nodal explants of *Paphiopedilum* orchids. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 38: 595-597.
6. Daroodi H., Akbarinia M., Safarnezhad A., Hosseini M., and Hajian Shahri M. 2017. Acclimatization of tissue cultured plantlets *Ribes khorasanicum* as an endemic endanger species in different substrates. Journal of Plant Research 30(2): 286-298. (In Persian)
7. Deeir YH., Hahn EJ., and Paek KY. 2006. *In vitro* Flowering of *Spathiphyllum cannifolium*: influence of gibberllic acid, culture type and sucrose concentration. ISHS Acta Horticulturae 725: V International Symposium on *In Vitro* Culture and Horticultural Breeding.
8. Diaz LP., Namur JJ., Bollati SA., and Arce OEA. 2010. Acclimatization of *Phalaenopsis* and Cattleya obtained by micropropagation. Colomb. Biotecnol XII (2): 27-40.
9. Echeverrigaray S., Basso R., and Andrade LB. 2005. Micropropagation of *Lavandula dentata* from axillary buds of field-grown adult plants. Biol. Plantarum 49(3): 439-42.
10. Farsi M., and Zolali J. 2005. Principles of plant biotechnology. Ferdowsi university of Mashhad press. 508 pp. (In Persian)
11. Ghasemi Ghohsare M., and Kafi M. 2010. Floriculture. Publisher Author. Vol 2. 396 pp. (In Persian)
12. Henny RJ. 1998. Breeding ornamental aroids. p. 121-132. In: D.J. Callaway and M.B. Callaway (eds.), Breeding Ornamental Plants. Timber Press, Portland, OR.
13. Huy N., and Xuan-Mai T. 2014. Investigation of effective *in vitro* propagation media for *Stevia rebaudiana* Bertoni. Asia-Pacific Journal Science Technology 19: 172-180.
14. Kafi M., Zand A., Kamkar B., Sharifi H., and Goldani M. 2006. Plant Physiology (Taiz and Zeiger). University Jihad Publications. Sixth edition. Vol 2. 379 Pp. (In Persian)
15. Kalimuthu K., and Prabakaran R. 2014. *In vitro* Micropropagation of *Syngonium podophyllum*. Int. J. Pure App. Biosci, 2: 88-92
16. Karuppusamy S., Kiranmai C., Aruna V., and Pullaiah T. 2006. Micropropagation of *Vanasushava pedata*-An endangered medicinal plant of South India. BAPTC&B 16(2): 85-94.
17. Khazarloo F., Jabarzadeh Z., and Norozi P. 2017. Effect of Growth Regulators on Proliferation of Leaf Explants of *Petunia hybrida* Double Cascade Series. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18(3): 259-270. (In Persian)
18. Koohi L., Zare N., Asghari Zakaria R., and Sheykhzade Mosadegh P. 2014. The Effect of Plant Growth Regulators and Different Explants on the Response of Tissue Culture and Cell Suspension Cultures of German Chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.). Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science), 2(30), 203-214. (In Persian)
19. Kurtar ES., Balkaya A., and Okumus NO. 2010. Effects of polymers and growth mediums on in vitro plantlets of Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duch. ex Lam.) and Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.) in acclimatization. Annals of Biological Research 1(2): 148-154.
20. Lemaire F. 1998. Use of organic materials as substrate in soilless cultures. Horticultural Review 336: 10-17.
21. Mahmoodzadeh H., Abbasi F., and Rohani Sh. 2010. The effect of different concentrations of cytokinins on micropropagation of *Zinnia elegans* Thumbelina. J. Biol. Sci., Islamic Azad Uni. Zanjan 2: 61-65.
22. Mok MC., Martin RC., and Mok DWC. 2000. Cytokinins: biosynthesis, metabolism and perception. *In Vitro* Cell Dev. Biology 36: 102-107.

23. Moradipour A., Hossieni B., and Pirzad A. 2017. Effects of Plant Growth Regulators on Direct Shoot Regeneration from Shoot Apical Explants in Four Genotypes of *Matricaria chamomilla* L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 30(2): 452-464. (In Persian)
24. Narimani R., moghadam M., and Mojarab S. 2017. Evaluation of the micropropagation of hairless catmint (*Nepeta nuda* L.), an endangered medicinal plant. Journal of Cell & Tissue (JCT) 7(4): 387-397.
25. Nordstrom A., and Eliasson L. 1986. Uptake and translocation of C14-labled benzylaminopurine in apple shoots grown in vitro in relation to shoot development. Physiol. Plant 68(3): 431-435.
26. Nourafcan H., Sefidkon F., Mousavi A., Sharifi M., and Khalighi A. 2014. Effects of different medium on some morpho-physiological index of lemon verbena under *in vitro* conditions. Journal of Herbal Drugs 5(3): 143-150.
27. Pavendan P., and Rajasekaran CS. 2011. Effect of Different Concentrations of Plant Growth Regulators for Micropropagation of *Eugeniasingam pattiana* Beddome Endangered Tree Species. Research Journal of Botany 6: 122-127.
28. Pierik RLM. 1997. *In Vitro* Culture of Higher Plants, Springer Netherlands, 348 pages.
29. Shabanpour K., Bagheri A., S and harifi A. 2011. Study of the capabilities and barriers to the production and supply of flowers, ornamental plants, trees and shrubs in Khorasan Razavi province. Final report of Khorasan Razavi University Jihad research project. 18-19. (In Persian)
30. Sharifi A., Bagheri A., Kiaakhar F., and Kharazi M. 2016. Optimization of conditions for commercial micropropagation of *Gerbera jamesonii* by in vitro culture method. Final report of the research plan of the research deputy of the University Jihad. (code number: 2032). (In Persian)
31. Siddique I., and Anis M. 2008. An improved plant regeneration system and ex vitro acclimatization of *Ocimum basilicum* L. Acta Physiologiae Plantarum, 30, 493-499.
32. Sipos M., and Trif A. 2009. Anatomy of the Vegetative Organs at Syngonium Podophyllum Schott. Analele Universitii din Oradea, Fascicula Biologie. Tom. XVI 2: 129-134.
33. Sosa SM., Balick J., and Arvigo R. 2002. Screening of the topical anti-inflammatory activity of some Central American plants, Journalof Ethnopharmacology 81(2): 211–215.
34. Taghizade M., and Solgi M. 2015. Introduction of commercial protocol for in vitro proliferation of *Brassica oleracea* var. acephala. Iranian Journal of Horticaltural Sciences 45(4): 475-484. (In Persian)
35. Taji AM., Dodd WA., and Williams RR. 1997. Plant Tissue Culture Practice, University of New England press, Armidale, Australia.
36. Tortosa J. 1990. Peat, physical and chemical characterization, evaluation cultivator's container. Vergel Agricultural Review 106: 777-783.
37. Wyosokinsk H., and Piatczak E. 2003. *In vitro* regeneration of *Centaurium eryhraea* from shoot tips and other seedling explants. Acta Soietatis Botanicrum Poloniae 72(4): 283-288.
38. Zhang Q., Chen J., and Henney RJ. 2006. Regeneration of *Syngonium podophyllum* 'Variegatum' through direct somatic embryogenesis. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 84: 181-188.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.4, Winter 2022, P. 647-660
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۶۶۰-۶۴۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Optimization Plant Growth Regulation Type and Culture Medium Salts in the Micropropagation of Syngonium (*Syngonium podophyllum* L.)

A. Sharifi[1]- M. Moradian[2]- N. Safari[3]- A. Khadem[4]- M. Kharrazi[5*]

Received: 17-03-2021
Accepted: 31-05-2021

Introduction: Ornamental foliage plants are commonly used for beautifying indoor spaces. Consequently, determining the best method of mass propagation in a short time, is necessary for these plants. For this purpose, an experiment was designed and performed to micropropagate the Singonium ornamental plant.

Materials and Methods: For the first stage, the effect of different plant growth plant growth regulators on the regeneration of nodule explants was evaluated. In this experiment, 1 cm nodal explants were placed in semi-solid MS culture medium containing different concentrations of BA and Kin (0, 1, 2, 3 and 4 mg/l) in combination with 0.2 mg/l IAA. This experiment was performed as a factorial based on a completely randomized design with four replications. The first factor included different types of cytokinin (BA and Kin) and the second factor included different concentrations (0, 1, 2, 3 and 4 mg/l). In the second stage, the effect of different types of culture medium and its different concentrations on plantlet proliferation was investigated. This study was performed as a factorial experiment based on a completely randomized design with five replications. The first factor included the type of culture medium (MS and B_5) and the second factor was the different concentrations of culture medium (0.5 and 1). In the third stage of the experiment, the acclimation of in vitro plantlet was investigated. This experiment was performed as a completely randomized design with three replications. The experimental treatments included different culture media: vermiculite, peat moss, vermiculite + peat moss, perlite + peat moss, perlite, coco peat + vermiculite, coco peat + perlite, coco peat and rock wool.

Results and Discussion: According to the results of the first experiment, it was found that the use of cytokinin in MS culture medium is effective on plant regeneration. The highest number of regenerated plantlet was observed in culture medium containing 4 mg/l BA with 0.2 mg/l IAA. It is noteworthy that with increasing BA concentration in the culture medium, the plant height decreased, but in contrast, the number of produced plantlets increased. Benzyl aminopurine (BAP) has been introduced as the most important and effective cytokinin in inducing and increasing branching in plants. Research has shown that the use of external benzyl adenine affects plant growth by affecting plant cells or by controlling the accumulation of a number of cytokinin compounds. As a result, the use of cytokinins in culture medium under in vitro culture conditions is necessary to induce and increase cell division. According to the second experimental results, produced plantlets in MS culture medium had higher height, number of roots and root length compared to B5 culture medium. Results also demonstrated that the use of ½ MS in the propagation stage of this plant is appropriate due to the improvement of growth traits such as plantlet height and root length. The use of optimal and suitable culture medium is very effective in the success of plant micropropagation. In the present study, the use of MS culture medium showed better performance compared to B5 culture medium. The appropriate amount of components, better ion strength and more minerals in this culture medium compared to B5 culture medium are probably the factors influencing its superiority in in vitro culture. In the acclimation stage, the use of vermiculite + peat moss culture medium led to 100% adaptation of plants and improvement of growth traits in the plant.

Conclusion: The results showed that the type and concentration of cytokinin had a significant effect on the most of the evaluated parameters. With increasing the concentration of cytokinin in the culture medium, the number of regenerated plantlet was increased, but on the other hand, the height of regenerated plantlet also decreased. The use of culture medium containing BA compared to KIN had a more pronounced effect on increasing the number of regenerated plantlets. Application of MS medium compared to B_5 medium was more effective in increasing plantlet height, root length, number of roots and number of produced plantlets. Also, half-

1, 2, 4 and 5- Assistant Professor, Instructors and Assistant Professor, Research Group of Ornamntal Plants Biotechnology, Department of Industrial Biotechnology, Academic Center of Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch
3- Ph.D. Student, Departement of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: ma_kh230@yahoo.com)
DOI: 10.22067/JHS.2021.68818.1021

strength MS medium, increased plantlet height and root length. Therefore, at this stage of propagation, the application of ½ MS culture medium is recommended. In the acclimation stage, it can be stated that the use of vermiculite substrate in combination with peat moss is a suitable option considering 100% compatibility of syngonium plantlets and improvement of growth traits in comparison with other substrates.

Keywords: Adaptation, Culture medium, Regeneration, Reproduction, Syngonium

Contents

Comparison of Yield, Fruit Quality and Some Biochemical Traits of Four Cherry Tomato Varieties in Soilless Culture 468
A. Rezvan - S.A. Eftekhari- R. Salehi Mohammadi- F. Sedighi Dehkordi
Allelotyping of *S-RNase* Gene and Promoter Region of *MdMYB0* Gene in some Genotypes of Apple (*Malus* spp.) 477
M. Vakili-Gartavol - N. Mahna
Effect of Drought Stress on Seed Germination Variables and Physiological Traits of Ornamental Hollyhock (*Alcea rosea* L.) 492
T. Oraee - M. Shoor- A. Tehranifar- S.H. Nemati
Screening of some Iranian Commercial Apricot Cultivars by SSR Markers for Identification of Synonyms 505
M. Rezaei - M. Rahmati- A.R. Kavand- M. Hemati- S.R. Kazemi
Evaluation of Pomological Characteristics and Fruit Quality of Ten Orange (*Citrus sinensis)* Cultivars on Sour Orange (*Citrus aurantium*) Rootstock 520
A. Seyedi - Z. Firoozbakht - M. Ahmadzadeh
Effects of Humic Acid and Amino Acid on some Growth Traits on Super Daminus Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Drought Stress 533
M. Najafi - H. Arouiee - M.H. Aminifard
Reaction of Sweet Basil (*Ocimum bacilicum* L.) to Different Fertilizing System in an Agroecosystem 547
S. Charbandi - F. Zaefarian- V. Akbarpour- M. Kaveh
Investigating the Relationship between Cultivation Area and Saffron Yield in Torbat-e Heydariyeh Kadkan Town 560
M. Naseri - A. Abbasian
Evaluation of Nitrogen and Harvest Time Interaction on Yield, Quantity and Quality of Essential Oil of Four Cultivars of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) 577
F. Moayedi - S. Kordi - A.A. Mehrabi - S. Dastborhan
Evaluation of Climate Effect on Saffron's Metabolites (Crocin, Picrocrocin and Safranal) in Bonab Region of Marand 590
S. Alizadeh-Salteh - M. Amani
Evaluation of the Effect of Biochar Obtained from Different Pyrolysis Temperatures on the Mariold Growth under Salt Stress 604
M. Shamsaddin Saied -M. Ramroudi
Evaluation of the Effects of Kaolin and Salicylic Acid on Yield and some Physiological Responses of Olives under Drought Stress 619
S. Azizifar - V. Abdossi- R. Gholami- M. Ghavami- A. Mohammadi Torkashvand
Study the Effect of Plant Pruning on Eggplant (*Solanum melongena* cv. Bellen) Yield in Greenhouse Condition 630
K. Arabsalmani - A. Hooshang Jalali - P. Jafari
Effect of Tragacanth on some Morpho-physiological Characteristics related to Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Yield under Drought Stress Conditions 645
Y. Sohrabi -H. Kiani
Optimization Plant Growth Regulation Type and Culture Medium Salts in the Micropropagation of Syngonium (*Syngonium podophyllum* L.) 660
A. Sharifi- M. Moradian- N. Safari- A. Khadem- M. Kharrazi

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 35 No. 4 2021

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.
Arouiee, H.	Horticultural Sciences	Asso.Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Khanizadeh,SH.	Research Scientist	Bioproducts and Bioprocesses, Agriculture and Agri-Food Canada.
Davarynejad, GH.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Haghighi, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Isfahan University of Technology.
Tavakkol Afshari, R.	Seed Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sharifani, M.M.	Horticultural Sciences	Asso.Prof. Gorgan University of Agricultural Science & Natural Resources.
Shoor, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Ebadi,A.	Horticultural Sciences	Prof .Tehran University.
Fallahi,E.	Horticultural Sciences	Department of Plant Sciences, University of Idaho.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Plant Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Zamani, Z.	Horticultural Sciences	Prof. University of Tehran, Iran

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 38804621

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: https://jhs.um.ac.ir