نشریه علمی

علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

شماره ۳ جلد ۳۵

سال ۱۴۰۰

شماره پیاپی ۵۱

شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Ferdowsi University of Mashhad

Journal of Horticultural Science

(Agricultural Science and Technology)

Vol. 35 No. 3

2021

ISSN:2008-4730

عنوان مقالات

نشریه علمی علوم باغبانی جلد ۳۵ شماره ۳ سال ۱۴۰۰ 2021 No. 3 Vol. 35 Journal of Horticultural Science

Contents

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 شماره3 تابستان 1400

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

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.

مندرجات

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 313-330
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۳۰-۳۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات تنش آبی و مقادیر مختلف ورمی کمپوست و سولفات پتاسیم بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه شلیل رقم 'ردگلد'

محمد جانعلی نژاد[1]- حسین افشاری[2]*- بهداد علیزاده[3]- امید قاسمی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف سولفات پتاسیم، ورمی‌کمپوست و تنش آبی بر خواص کمی و کیفی میوه شلیل رقم 'ردگلد' پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در ۳ تکرار و ۱۸ تیمار، جمعاً بر روی ۵۴ درخت در سال ۱۳۹۵ در شهر ساری اجرا گردید. فاکتورهای مورد آزمایش شامل سطوح آبیاری در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و ورمی کمپوست در سطوح صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم برای هر درخت به عنوان عامل فرعی، سطوح سولفات پتاسیم به میزان صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ گرم برای هر درخت به عنوان عامل فرعی فرعی بود. نتایج نشان داد که تیمار پتاسیم موثرترین تیمار اعمال شده بر روی گیاه بوده و در مقایسه با دو تیمار اعمال شده دیگر بیشترین اثرگذاری را در بهبود عملکرد، وزن میوه، طول میوه، مواد جامد محلول میوه، میزان کلروفیل برگ و پتاسیم برگ داشته و از نظری آماری اختلاف نتایج آن معنی‌دار شد ($P< 0.01$). تیمار ورمی کمپوست تنها بر میزان عملکرد میوه و پتاسیم برگ معنی‌دار بود. اثرات تنش آبی تنها تیماری بود که فقط بر وزن هسته میوه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و بر روی فاکتورهای کیفی مورد بررسی اثر معنی‌داری نداشته و در تقابل با سایر تیمارها اثرات خود را نشان داد. در مجموع نتایج حاکی از آن بود که کاربرد ورمی‌کمپوست به همراه سولفات پتاسیم نقش مفید و موثری در بهبود صفات مورفولوژی و فیزیولوژی شلیل رقم 'رد گلد' داشته و مصرف تلفیقی ورمی کمپوست و سولفات پتاسیم اثر مثبتی بر روی کمیت و کیفیت میوه شلیل داشت.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم برگ، تنش خشکی، عملکرد، کود آلی

مقدمه

شـــلیل با نام علمی (*Prunus persica var.nucipersica*) از خانواده Rosaceae نوعی هلو است که توسط جهش رویشی در یکی از ژن‌های هلو به وجود آمده اسـت و در نتیجهٔ این جهش کرک‌های روی میوه از بین رفته و رنگ، عطر و طعم خاص در آن ایجاد شـده اسـت. سـطح زیر کشت هلو و شلیل کشور ۸،۰۸۵،۲۲ هکتار بوده که ۹،۵۶۹،۳۲۳ تن در هکتار محصـول از این سطح برداشت می‌شود (۳۳ و ۲). درخت شـــلیل یکی از درختان میوه مهم از نظر تجاری و بازار پسندی در ایران است که افزایش عملکرد میوه در این درخت همیشه از اهمیت به سـزایی برخوردار بوده اسـت. به طور کلی، درختان میوه دارای اهمیـت اقتصـــادی بالایی هســـتند و بنابراین آگاهی دقیق از فاکتورهایی که تولید میوه را تحریک کرده و افزایش دهد، از اهمیت بسـیار بالایی برخوردار اسـت. عوامل زیادی در عملکرد کمی و کیفی این درختان، ازجمله تولید میوه مؤثر هسـتند که از این عوامل می‌توان به تغذیه گیاه اشاره نمود. عناصر غذایی پر مصرف مورد نیاز گیاه مانند پتاسـیم، ازت، فسـفر، منیزیم، کلسیم و گوگرد که توسط گیاه از خاک جذب می‌شـود یکی از مهمترین فاکتورهای لازم برای رشـد گیاه و تولید میوه می‌باشد (۲۹). یکی از این عناصر که نقش قابل توجهی در تأمین رشـد، کاهش اثرات سـوء ناشـی از تنش‌ها، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصـول، از جمله طول دوره انبارداری، بازارپسـندی و ارزش اقتصادی آن دارد، پتاسیم است (۱۹).

به طور کلی گیاهان به پتاسـیم زیادی نیاز دارند و از نظر میزان مصـرف در بین عناصـر غذایی، پتاسـیم بعد از نیتروژن در ردیف دوم قرار دارد. اگرچه ممکن اسـت میزان پتاسیم کل در خاک‌ها زیاد باشد،

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشـناسـی ارشـد علوم باغبانی و دانشیار گروه علوم باغبانی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: H.Afshari@damghaniau.ac.ir)
۳- مربی گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

DOI: 10.22067/jhs.2021.60608.0

اما بخش عمده‌ای از آن برای گیاهان غیر قابل جذب می‌باشد (۱۵). جذب پتاسیم توسط گیاه از محلول خاک، تحت تأثیر عواملی مانند شرایط رطوبتی خاک، pH، بافت، تهویه، دمای خاک و غلظت سایر عناصر غذایی قرار می‌گیرد (۱۵ و ۱۹). پتاسیم به عنوان کوفاکتور آنزیم‌ها، فعالیت‌های اسمزی و تنظیم الکترولیت‌های گیاهی به کار می‌رود و عنصری ضروری برای کنترل اسمزی است (۳۵). این عنصر شدت فتوسنتز، کلروپلاست‌ها و سرعت انتقال مواد ساخته شده در برگ‌ها را از طریق آوند آبکش به بافت‌های ذخیره‌ای افزایش می‌دهد و به همین دلیل عملکرد و کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد (۲۴). گیاهانی که با کمبود پتاسیم مواجه بودند حتی در شرایط آبیاری مناسب مقدار فتوسنتز کمتری داشته‌اند و حساسیت بیشتری به کاهش پتانسیل آب نشان دادند. این کاهش فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه‌ها نیست بلکه در اثر آسیب رسیدن به ظرفیت فتوسنتزی است (۱۱). یکی از مهمترین ویژگی‌های کودهای پتاسیمی این است که کمبود آن، عملکرد کمی و کیفی را در محصولات زراعی و باغی کاهش می‌دهد اما استفاده بیش از نیاز از کودهای پتاسیمی برعکس سایر عناصر غذایی، چندان زیان‌آور نبوده (ایجاد اشکال و دشواری در جذب کلسیم و منیزیم)، بلکه جذب لوکس گیاه شده و گیاه را در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده سرحال نگه می‌دارد کود سولفات پتاسیم، یکی از کودهای مهم تامین کننده عناصر پتاسیم و گوگرد مورد نیاز گیاه است و علاوه بر تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه، از گوگرد موجود در این کود میگروارگانیسم‌ها نیز استفاده نموده و سولفات قابل استفاده برای گیاه را در اختیار ریشه قرار می‌دهند (۲۹).

از طرف دیگر مصرف کودهای آلی به خصوص ورمی‌کمپوست‌ها، به دلیل داشتن ماهیت آلی، علاوه بر تامین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه، از آلودگی‌های خاک جلوگیری نموده و منبع خوبی برای حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. ورمی کمپوست می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد گیاهان، مشکلات استفاده از کودهای غیر ارگانیک (شیمیایی) را کاهش دهد (۴۰). همچنین به علت داشتن ماده آلی حاوی خصوصیاتی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها، ظرفیت بالای نگهداری آب و تهویه و زهکشی مناسبی که دارد در کشاورزی پایدار برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی استفاده می‌شود (۵). در کنار تغذیه، نقش عوامل محیطی دیگری از جمله آبیاری نیز برای افزایش عملکرد میوه به اثبات رسیده است. هیچ موجود زنده‌ای را در عالم حیات نمی‌توان یافت که بدون وجود آب بتواند به حیات خود ادامه دهد، زیرا قسمت اعظم اندام‌های گیاهی و بدن جانوران را آب تشکیل می‌دهد. آب در اندام‌های گیاهی، محیطی را فراهم می‌سازد که در آن محیط تماس بسیاری از ترکیبات و عناصر بیشتر شده و فعل و انفعالات بیوشیمیایی در این چنین محیطی امکان‌پذیرتر می‌شود و تنش آبی در گیاه سبب ایجاد خسارت‌هایی در عملکرد گیاه می‌گردد (۱۲). تنش‌ها معمولاً به عنوان یک عامل خارجی که اثرات سوء بر گیاه به جا می‌گذارند و سبب می‌شوند گیاه در شرایط رشدی غیر ایده آل قرار گیرد. گفته می‌شود، تنش‌های آبی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان می‌باشد (۲۸). تنش آبی به ویژه در دوره گلدهی ممکن است خسارت‌زا باشد، زیرا قابلیت زنده ماندن و جوانه‌زنی دانه گرده را کاهش داده و سبب تأخیر در مسیر رشد و نمو گیاه می‌شود (۲۰). اما از طرفی، تاثیر کم آبیاری هم، در بهبود کیفیت در بعضی از میوه‌ها با افزایش در میزان قند، به اثبات رسیده است که با زمان اعمال تنش در مراحل رشد گیاه رابطه مستقیم دارد (۶، ۹ و ۱۳). در ارتباط با زمان اعمال تنش آبی در کیفیت میوه‌دهی انگور تحقیق صورت گرفت که نتایج این بررسی نشان داد کم آبیاری در محتویات قندی، اسیدی و به طور کلی کیفیت میوه انگور در مراحل انتهایی رشد میوه، بیشترین تاثیرگذاری را نشان داده است (۳۴).

استفاده از روش کم آبیاری به عنوان یک مدیریت کارآ و آگاهانه، فقط با هدف بهبود راندمان آبیاری صورت نمی‌پذیرد، بلکه به دنبال کاهش مصارف غیر مفید و افزایش سهم مصارف مفید است. اتخاذ این تمهیدات سبب توسعه عمیق سیستم ریشه‌ای شده و سبب افزایش حجم آب قابل دسترسی برای گیاه می‌شود. این روش برای اولین بار در استرالیا مطرح شد و هدف اصلی آن در شروع کار کنترل رشد اضافه ساقه درخت انگور بود (۱۰). از جمله نتایج این روش آبیاری، افزایش غلظت شیره آوندی و کاهش هدایت روزنه‌ای همراه با عدم کاهش در کمیت و کیفیت محصول است (۱۴).

تابع تولید یک مفهوم کاربردی است که رابطه بین واکنش گیاه به عوامل و نهاده‌های مختلف (آب، کود، خاک، انرژی و سایر شرایط) را بیان می‌کند (۳۶). بر این اساس با تغییراتی در میزان نهاده‌های گیاه می‌توان تاثیرات آن را بر روی عملکرد گیاه بررسی کرد و به سطح بهینه عملکرد رسید.

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم، تنش ابی و کاربرد کود آلی (ورمی کمپوست) به تنهایی و در تقابل با یکدیگر بر برخی صفات کمی و کیفی میوه شلیل رقم ردگلد انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عکس‌العمل میوه شلیل به اعمال تنش آبی و مقادیر مختلف ورمی کمپوست و سولفات پتاسیم و اثر آنها بر برخی خصوصیات کمی و کیفی این میوه، آزمایشی در سال ۹۵-۱۳۹۴ و در شرایط مزرعه‌ای انجام گردید. این آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی به صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده (اسپلیت و اسپلیت پلات) در ۱۸ تیمار و در ۳ تکرار، در باغی به مساحت ۵۰۰۰ متر مربع

در روستای اسلامده (شاه افرا) از بخش رودپی شمالی از توابع شهرستان ساری جمعاً بر روی ۵۴ درخت اجرا گردید. این دهستان دارای ارتفاع ۸۱ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه و ۲۹/۴ ثانیه و عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۷ دقیقه و ۵۵/۹ ثانیه و متوسط بارش ماهانه آن منطقه ۶۸/۷ میلی‌متر و متوسط دما ۱۵/۲ سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی ۹۵/۰۸ درصد می‌باشد (۳۷). باغ انتخاب شده دارای بافت خاکی غالباً رسی لومی بوده و میزان کربن آلی خاک آن منطقه ۰/۵۲ درصد می‌باشد.

تیمارهای مورد آزمایش شامل اعمال تنش به صورت آبیاری در دو سطح ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و ورمی‌کمپوست در سطوح (صفر، ۵، و ۱۰ کیلوگرم) به عنوان عامل فرعی و سطوح سولفات پتاسیم (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ گرم) به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شده است. جدول ۱، تیمارهای اعمال شده بر خاک و تاثیر آن بر درختان را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تیمارهای تنش آبی و مقادیر مختلف ورمی کمپوست و سولفات پتاسیم اعمال شده بر شلیل رقم 'ردگلد'
Table 1- Water stress and different rate of vermicompost and potassium sulfate applied on Red gold cul tivar nectarine

	عامل اصلی **Main factor**	عامل فرعی **Sub factor**	عامل فرعی فرعی **Sub-sub factor**
ردیف ID	آبیاری Irrigation (%)	ماده آلی (ورمی‌کمپوست) Organic matter (vermicompost) (kg)	کود پتاسیم K fertilizer (g)
T1	50%	0	0
T2	50%	0	200
T3	50%	0	400
T4	50%	5	0
T5	50%	5	200
T6	50%	5	400
T7	50%	10	0
T8	50%	10	200
T9	50%	10	400
T10	100%	0	0
T11	100%	0	200
T12	100%	0	400
T13	100%	5	0
T14	100%	5	200
T15	100%	5	400
T16	100%	10	0
T17	100%	10	200
T18	100%	10	400

جهت انجام این پژوهش، ابتدا از خاک باغ چند نمونه خاک مرکب بطور جداگانه از اعماق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر تهیه و جهت آزمایشات عناصر ماکرو و میکرو به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران ارسال گردید و پتاسیم خاک به روش استات آمونیوم یک نرمال (۴۳)، خاک هوادهی شده و خشک شده به روش هیدرومتر (۲۲)، آهک خاک به روش خنثی نمودن با اسید کلریدریک (۳۹) و هدایت الکتریکی به روش گل اشباع (۴۲) انجام شد.

اعمال تیمارهای ماده آلی (ورمی کمپوست) و کود سولفات پتاسیم به خاک در اواخر فصل زمستان انجام شد و بلافاصله بعد از آن عملیات هوادهی یا همان بیل‌زنی صورت گرفت.

از اواسط اردیبهشت بعد از خودنمایی میوه محلول‌پاشی نیترات پتاسیم بر حسب عرف منطقه به فاصله ۱۰ روز برای همه تیمارهای آزمایشی انجام شد. به منظور اعمال تنش آبی، ابتدا نیاز آبی گیاه ETc (Crop evapotranspiration) بر اساس آمار و اطلاعات دراز مدت هواشناسی فرودگاه دشت ناز شهرستان ساری با استفاده از روش "پنمن- مانتیث" و نرم‌افزار "کراپ وات" تعیین شده و آبیاری از اواخر خرداد ماه آغاز و به فاصله هر ۸ روز، درختان حدود ۱۸ دقیقه با دبی ۵۰ لیتر (۵۰ درصد) و ۳۶ دقیقه (۱۰۰ درصد) صورت گرفت.

بعد از رسیدن محصول درختان مورد نظری که تیمار روی آنها اعمال گردیده، برداشت میوه در اواخر خردادماه صورت گرفته و عملکرد، وزن میوه، ارتفاع و قطر میوه توسط کولیس و وزن گوشت آن‌ها را اندازه‌گیری نموده و میوه‌ها برای انجام آزمایشات بعدی به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری، pH با (دستگاه pH متر)، مواد جامد محلول (به روش رفراکتومتری) (مدل: ATC) و قندکل (به روش آرنون) ارسال گردید و بعد از برداشت نهایی محصول نمونه برگ‌ها نیز به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری پتاسیم با دستگاه فیلم امیشن اسپکترومتر (به روش فلیم فتومتر) (مدل: AE-SFP 401) و کلروفیل

(با کلروفیل‌سنج) (مدل: SPAD502) ارسال شد.

تعیین خصوصیات کمی و میزان عناصر غذایی موجود

در تعیین خصوصیات کمی عملکرد کل میوه، وزن گوشت میوه، توسط ترازو، ارتفاع و قطر میوه توسط کولیس اندازه‌گیری شدند و میزان عناصر غذایی مورد استفاده به صورت زیر تعیین گردید:

اندازه‌گیری پتاسیم به روش فلیم فتومتر

اندازه‌گیری پتاسیم نمونه‌ها در عصاره حاصل از هضم بطریق سوزاندن خشک و استفاده از HCl همانند فسفر صورت گرفت. از این عصاره‌های نمونه گیاه مقدار ۵ میلی‌لیتر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (نمونه‌ها ۱۰ بار رقیق شدند) سپس با دستگاه فلیم امیشن اسپکترومتر (فلیم فتومتر) و از طریق فرمول زیر اندازه‌گیری و محاسبه شدند.

$$\%K= (a-b)\times100\times d/w\times d.m\times v$$

اندازه‌گیری قند کل

برای اندازه‌گیری قند کل ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره تغلیظ شده با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان جذب نور هر یک از نمونه‌ها پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از گلوکز در غلظت‌های مختلف ساخته می‌شود. نمونه فاقد گلوکز به عنوان شاهد در نظر گرفته می‌شود. در نهایت مقدار آن به صورت میکروگرم بیان بدست می‌آید (۳۵).

تعیین میزان pH

pH به طور مستقیم با قرار دادن الکترود pH متر درون آب میوه شلیل اندازه‌گیری شد.

تعیین میزان مواد جامد قابل حل

برای اندازه‌گیری مواد جامد قابل حل، مطابق استاندارد ملی ایران (شماره ۲۶۸۵) از آب میوه صاف شده استفاده گردید. روش کار به این صورت بودکه، ۱۰ سی‌سی از آب میوه صاف شده را برداشته و یک قطره از آن را روی رفرکتومتر قرار داده و عددی را که دستگاه نشان می‌دهد، یادداشت می‌کنیم. در هنگام خواندن عدد، باید درجه حرارت آب میوه ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد و در غیر این صورت اعداد باید بر اساس ۲۰ درجه سانتی‌گراد تصحیح گردند (۱۶).

اندازه‌گیری کلروفیل برگ

بعد از نمونه‌گیری از میوه‌ها، با استفاده دستگاه کلروفیل‌متر اندازه‌گیری شاخص سبزینگی یا محتوی نسبی کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502,Konica Minolta, Japan)، انجام شد. به گونه‌ای که از هر درخت تعداد ۱۰ برگ کامل و سالم انتخاب و شاخص سبزینگی قرائت و ثبت شد.

داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله‌ی نرم‌افزارهای MSTATC ver.1.2 , SPSS ver.16 , Excel 2010 تجزیه واریانس و میانگین داده‌ها به وسیله‌ی آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

از بررسی عمق‌های مختلف خاک با توجه به موقعیت مکانی زمین طرح که نزدیک به دریا بود این نتیجه حاصل شد که خاک در لایه‌های سطحی لومی تر بوده و بخش اعظم تغییرات در لایه‌های فوقانی خاک رخ داده و با پیشروی به سمت اعماق پیشروی می‌کنیم تغییرات بافت خاک کمتر می‌شود.

طول میوه

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد تنها کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر طول میوه اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0/01$) و دیگر فاکتورهای مورد بررسی و برهمکنش آنها بر طول میوه اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0/05$) (جدول ۳). نتایج حاصل از عدم مصرف سولفات پتاسیم نشان داد که طول میوه به میزان ۴۸/۴۶ میلی‌متر رسید. بیشترین میزان طول میوه (۵۲/۷۶ میلی‌متر) نیز در بالاترین سطح مصرف سولفات پتاسیم ۴۰۰ گرم برای هر درخت مشاهده شد. بنابراین می‌توان گفت نتایج پاسخ گیاه به سولفات پتاسیم در این پژوهش، حاکی از آن است که بالاترین میزان مصرف سولفات پتاسیم، ۸ درصد نسبت به تیمار شاهد و تیمار مصرف متوسط سولفات پتاسیم (۲۰۰ گرم برای هر درخت) طول میوه را افزایش داده و با توجه به حجم زیاد میوه بر روی درخت این اختلاف معنی‌دار شد (شکل ۱). اثر افزایشی در اندازه میوه می‌تواند در موقع تقسیم سلولی بیشترین اثر را داشته باشد، ولی مکانیسم اثر آن در این مرحله هنوز کاملاً مشخص نیست است (۲۶). می‌توان گفت پتاسیم در افزایش فشار اسمزی جذب آب و انتقال مواد در آوند آبکش نقش دارد (۷، ۱۹ و ۳۸). محدودهٔ ۰/۷ – ۱ درصد وزن خشک برگ، باعث افزایش وزن و اندازهٔ میوه می‌شود سولفات پتاسیم از طریق افزایش رشد رویشی شاخه‌ها و برگ‌ها، باعث افزایش فتوسنتز می‌شود و از این طریق فرایند کربن‌گیری را افزایش می‌دهد و کمیت و کیفیت میوه را ارتقا می‌دهد بنابراین می‌توان گفت پتاسیم نقش مهمی در انتقال شیره پرورده آوند آبکش بازی می‌کند. مختل شدن انتقالات آوند آبکش تحت کمبود پتاسیم ممکن است به تجمع قندهای محلول در برگ‌ها منجر شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Tabel 2- Physical and chemical analysis of soil

عمق Depth (cm)	کاتیون قابل تبادل C.C.E (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی O.C (%)	ماده آلی O.M (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	ماسه Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
0-30	23	7.8	0.94	1.52	2.61	10.8	323	38	36	26	L	0.8	5.2	9.29
30-60	26	7.82	1.03	1.10	0.64	2.8	189	38	33	29	CL	-	-	-

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد برگ و میوه شلیل رقم 'ردگلد' تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری، ورمی کمپوست و سولفات پتاسیم

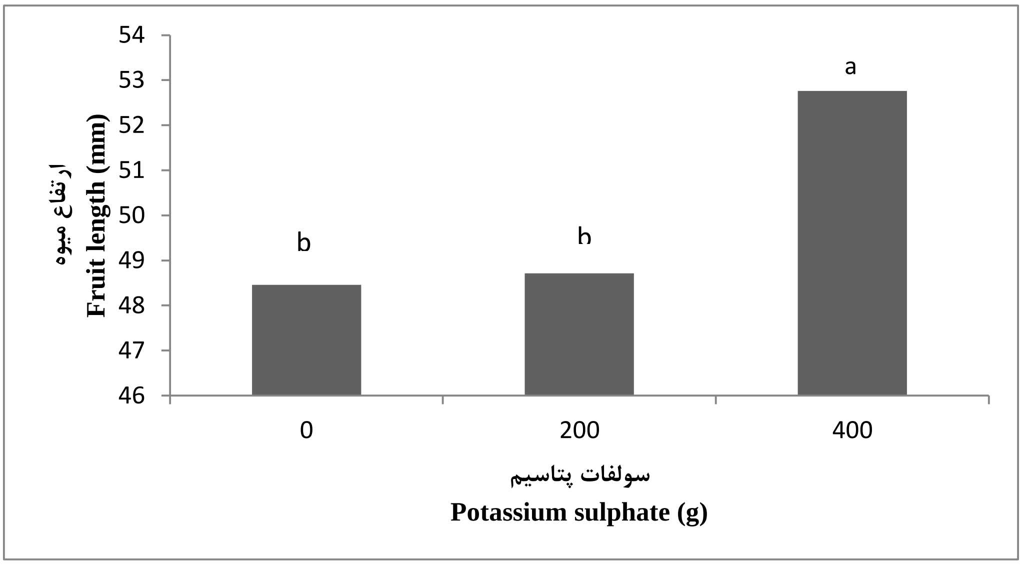
Table 3- Analysis of variance (mean squares) yield and yield components of Redgold cultivar nectarine leaves and fruits of under the influence of different treatments of irrigation, vermicompost and potassium sulfate

تیمار Treatment	درجه آزادی df	طول میوه Fruit length	وزن میوه Fruit weight	عملکرد Yeild	پتاسیم برگ Leaf Potassium	مواد جامد محلول Soluble solids	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	محتوی قند میوه Fruit sugar content
تکرار Repeat	2	115.416^{ns}	997.862*	197.907^{ns}	1.396*	3.156^{ns}	^{ns}98.509	16410.681*
آبیاری Irrigation	1	116.013^{ns}	22.003^{ns}	647.574^{ns}	0.054^{ns}	9.012^{ns}	^{ns}6.691	1190.042^{ns}
خطا Error	2	27.617	43.276	222.352	0.047	3.058	11.810	210.125
ورمی کمپوست Organic matter	2	32.898^{ns}	38.75^{ns}	1937.352**	2.203*	2.848^{ns}	7.499^{ns}	1370.167^{ns}
آبیاری×ورمی کمپوست Irrigation ×vermicompost	2	15.452^{ns}	46.456^{ns}	321.907*	0.197^{ns}	0.887^{ns}	23.629^{ns}	3796.167*
خطا Error	8	14.290	70.718	435.92	0.272	1.122	9.384	549.111
سولفات پتاسیم Potassium Solphate	2	105.024**	539.577**	1353.574**	2.465**	10.513**	28.065**	3274.042^{ns}
×× سولفات پتاسیم Irrigation ×Potassium Solphate	2	6.826^{ns}	38.903^{ns}	41.796^{ns}	0.042^{ns}	0.007^{ns}	0.013^{ns}	13471.542*
ورمی کمپوست × سولفات پتاسیم Vermicompost ×Potassium sulphate	4	4.158^{ns}	13.786^{ns}	45.935^{ns}	0.105^{ns}	0.093^{ns}	1.102^{ns}	6273.292*
آبیاری×ورمی کمپوست × سولفات پتاسیم Irrigation ×Vermicompost × Potassium Sulphate	4	7.809^{ns}	12.809^{ns}	27.546	0.053^{ns}	0.353^{ns}	8.779^{ns}	4683.292^{ns}
خطا Error	24	4.483	20.510	20.778	0.049	0.336	5.020	2587.875
ضریب تغییرات CV (%)		4/24%	9/49%	8/53%	12/66%	6/45%	14/5%	93/17%

^{ns} غیر معنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد و *معنی‌دار در سطح ۵ درصد

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

این اختلال در متابولیسم کربوهیدرات ممکن است دلیل ممکن برای کاهش اندازه میوه مرکبات تحت شرایط کمبود پتاسیم باشد (۱۵ و ۲۰). بر این اساس مقدار ناکافی آن باعث کاهش کمی و کیفی محصول می‌گردد و در خاک‌هایی که در آن به مقدار کافی پتاسیم قابل استفاده وجود نداشته باشد، وضعیت رشد و نمو گیاه در خطر خواهد بود چون گیاه نخواهد توانست در مقابل شرایط نامساعد آب و هوایی و تنش‌های محیطی مقاومت کند. در حالی که با مصرف سولفات پتاسیم بر مبنای آزمون خاک باعث افزایش معنی‌دار طول میوه، گوشت میوه، عملکرد، پتاسیم برگ، مواد جامد محلول و کلروفیل در مقایسه با شاهد گردید.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر میزان طول میوه شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 1- The effect of potassium sulphate levels on the fruit length of nectarine cv. 'Redgold'

وزن میوه

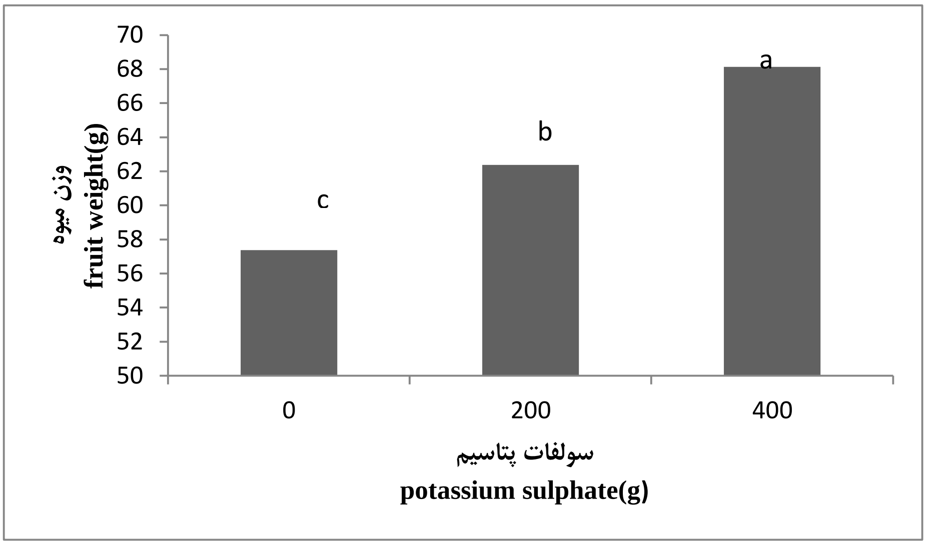
نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر وزن میوه اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0.01$). از آنجایی که تولید میوه با کیفیت به ارتقاء کیفیت یا حداقل حفظ کیفیت میوه بستگی داشته و این امر تاثیر بسزایی در روند فروش و جذب اعتماد مشتری و در نهایت سودآوری دارد، نتایج نشان می‌دهد که مقادیر سولفات پتاسیم بر میزان وزن میوه تاثیرگذار بود، بطوری‌که کمترین میزان وزن میوه در تیمار عدم مصرف پتاسیم به مقدار ۴۱/۸۵ گرم و حداکثر وزن میوه در تیمار سولفات پتاسیم ۴۰۰ گرم برای هر درخت به مقدار ۵۲/۷۱ گرم بدست آمد (شکل ۲).

در مطالعه مشابهی که در سال ۱۹۹۷، بومان و همکاران بر روی اثر غلظت‌های مختلف کود نیترات پتاسیم بر وزن میوه گریپ فروت انجام شد نیز، نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که بالاترین دوز مصرفی کود پتاسیم در آزمایش سبب افزایش ۱۱/۴ درصدی وزن میوه گردید. بنابراین می‌توان گفت پتاسیم یکی از عناصر مهم و تاثیرگذار در افزایش اندازه و به طبع آن وزن میوه می‌باشد (۸).

عملکرد میوه

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و سولفات پتاسیم بر عملکرد میوه اختلاف معنی دار داشت ($p<0/01$) (جدول ۳). در این تحقیق به نظر می‌رسد که ورمی کمپوست به دلیل تغییر شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک و همچنین افزایش قدرت و نگهداری آب و فراهمی مواد غذایی باعث بهبود کیفی و افزایش عملکرد در شلیل شد. فراهم بودن ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب نسبت به تیمار شاهد شد به طوری‌که کمترین میزان عملکرد در تیمار عدم مصرف ورمی کمپوست (۴۱/۴۴ کیلوگرم به ازای هر درخت) و بیشترین میزان عملکرد میوه مربوط به تیمار ورمی کمپوست ۵ و ۱۰ کیلوگرم به‌ترتیب (۵۸/۳۳ و ۶۰/۶۱ کیلوگرم به ازای هر درخت) بود (شکل ۳). بنا به دلایل مذکور، رشد و گسترش ریشه‌ی گیاهان در خاک‌هایی که ورمی کمپوست دریافت کرده باشند، افزایش می‌یابد. گیاه می‌تواند تحت شرایط مناسب فیزیکی و شیمیایی که ورمی کمپوست در خاک ایجاد می‌کند به خوبی رشد کرده و عناصر غذایی را جذب نماید (۳۰). کاربرد کود ورمی کمپوست موجب افزایش ظرفیت تبادل

کاتیونی خاک، افزایش مواد غذایی خاک و قابلیت جذب آنها توسط گیاه و افزایش تعادل نیتروژنی، افزایش مقدار ماده‌ی آلی، هوموس خاک و شکل‌گیری خاکدانه‌ها می‌گردد و از این طریق می‌تواند میزان خلل و فرج خاک را افزایش و ساختار خاک را بهبود بخشد (۴).



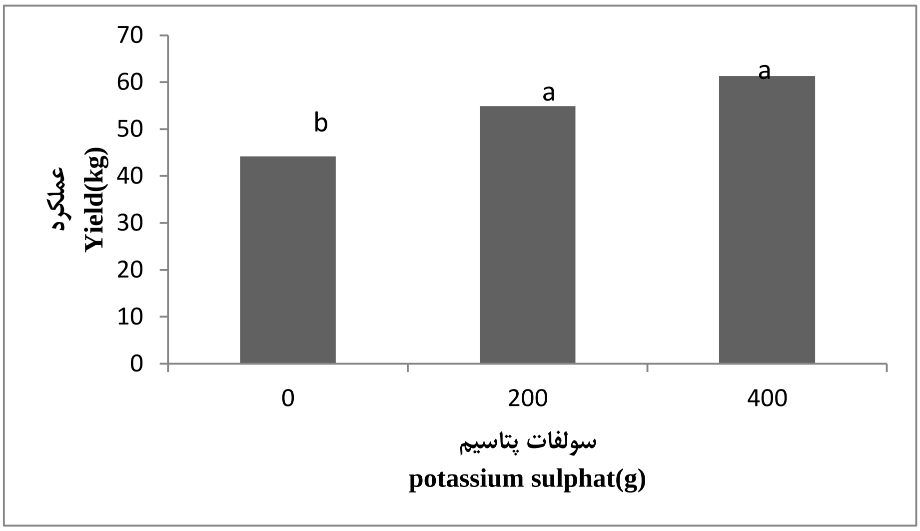
شکل ۲- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر وزن میوه شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 2- The effect of potassium sulphate levels on fruit weight of nectarine cv. 'Redgold'

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داده که با افزایش سطوح سولفات پتاسیم عملکرد افزایش پیدا کرد. پتاسیم بعنوان یکی از عناصر ماکرو نقش مهمی در افزایش عملکرد و باردهی درختان دارد. به طوری‌که بالاترین میزان عملکرد میوه (۶۱/۳۳ کیلوگرم به ازای هر درخت) مربوط به تیمار مصرف سولفات پتاسیم (۴۰۰ گرم به ازای هر درخت) بوده که افزایش ۲۷/۹۹ درصدی را نسبت به کمترین میزان عملکرد که مربوط به تیمار شاهد بوده و میزان مصرف کود سولفات پتاسیم (۴۴/۱۶ کیلوگرم به ازای هر درخت) بود را نشان داد (شکل ۴). درختان میوه از جمله شلیل نیاز نسبتا زیادی به پتاسیم برای دست‌یابی به عملکرد و بهبود کیفیت بویژه برای مصرف تازه‌خوری دارند. تامین و عرضه ناکافی عناصر غذایی و پایین بودن کارایی جذب آن‌ها از عوامل اصلی پایین بودن عملکرد در واحد سطح و افت کیفی محصولات است و در برخی شرایط محیطی و خاکی از جمله pH بالا، آهک فراوان، متراکم بودن خاک، کمبود یا بیش بود آب آبیاری تامین و عرضه عناصر غذایی را توسط ریشه محدود می‌کند (۴۱). پتاسیم در تنظیم اسمزی و حفظ فشار آماس سلول‌های زندهٔ گیاهی، باز و بسته شدن روزنه‌ها، نمو سلول و کنترل تعرق و فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی نقش کلیدی دارد (۲۱). کمبود پتاس باعث تقلیل کربن‌گیری و آزاد شدن اکسیژن می‌گردد و غلظت مناسب آن در گیاه، سبب افزایش بارگیری در آوند آبکش، انتقال مواد غذایی و تخلیه ساکاروز در محل مخزن (میوه) می‌شود و بدین طریق سبب افزایش عملکرد می‌شود (۱۵) و بهبود عملکرد و کیفیت میوه می‌تواند به تاثیر پتاسیم در ورود کربوهیدرات‌ها و یا سنتز تنظیم کننده های گیاهی درون میوه‌های جوان نسبت داده شود.

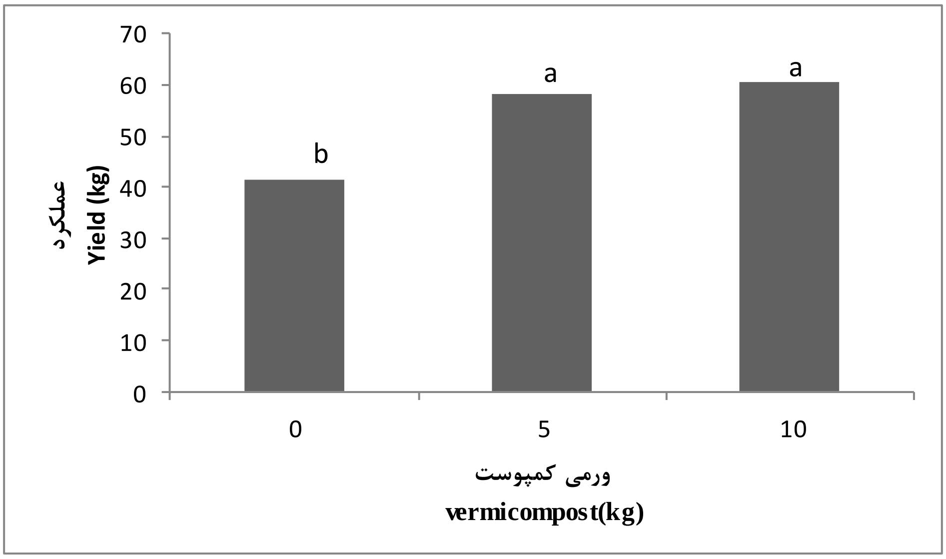
پتاسیم برگ

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم ($p<0/01$) و همچنین کاربرد سطوح ورمی کمپوست ($p<0/05$) بر پتاسیم برگ اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). آنالیز داده‌های مربوط به پتاسیم برگ نشان داد که با افزایش غلظت ورمی کمپوست میزان پتاسیم موجود در برگ افزایش یافت. مقدار آن به ترتیب ۱/۳۵ و ۱/۸۴ و ۲/۰۲ درصد بدست آمد (شکل ۵). افزایش پتاس برگ را می‌توان، احتمالا، به دلیل فراهم شدن شرایط مناسب رشد به خاطر وجود ورمی کمپوست در بستر دانست. با اینکه هر دو تیمار ورمی کمپوست ۵ و ۱۰ کیلوگرم در یک کلاس قرار گرفته‌اند اما نسبت به شاهد اختلاف چشمگیری را نشان دادند.



شکل ۳- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر میزان عملکرد شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 3- The effect of potassium sulphate levels on yield of nectarine cv. 'Redgold'



شکل ۴- اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر میزان عملکرد شلیل رقم 'ردگلد'

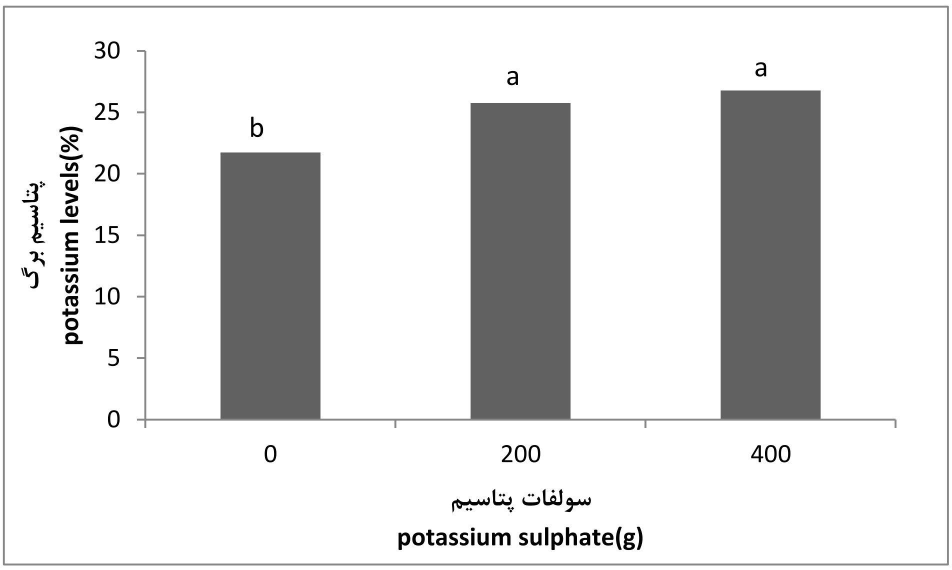
Figure 4-The effect of vermicompost levels on yield of nectarine cv. 'Redgold'

بنابراین تیمار ۵ کیلو ورمی کمپوست با ۵۰ درصد صرف‌جویی در مصرف ورمی کمپوست نسبت به تیمار ۱۰ کیلوگرم منجر به کاهش ۵ درصدی پتاس برگ گردید (شکل ۶) که این کاهش در میزان عملکرد، در میزان ارتفاع، TSS، اسیدیته و قند میوه که مهم ترین فاکتورهای برداشت و بازاررسانی میوه هستند تاثیرگذار نبود و علت این مسئله را بایستی با میزان نرمال بودن ورمی کمپوست بستر مرتبط دانست. نتایج حاصل از ۳ سطح ۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گرم سولفات پتاسیم نشان داد که بیشترین درصد پتاسیم برگ در تیمار ۴۰۰ گرم سولفات پتاسیم (به ازای هر درخت) با ۳۳ درصد اختلاف نسبت به تیمار عدم مصرف پتاسیم، بیشترین مقدار پتاس برگ به میزان ۲/۰۷ درصد را به خود اختصاص داد و در تیمار عدم مصرف پتاسیم بعنوان کمترین میزان ۱/۳۸ درصد و در تیمار ۲۰۰ گرم سولفات پتاسیم به میزان ۱/۷۷ درصد بدست آمد (شکل ۵). این نکته حائز اهمیت است که ورمی کمپوست ۱۰ کیلوگرم نسبت به ورمی کمپوست ۵ کیلوگرم باعث افزایش ۵ درصد پتاس برگ گردید، این افزایش بدین علت است که ورمی کمپوست حاوی مقادیری از عناصر از جمله پتاسیم می‌باشد و چون در سطح خود دارای بار منفی است، باعث آزاد شدن پتاسیم تثبیت شده در خاک می‌شود و ظرفیت نگهداری آن

را افزایش می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه‌های گیاه می‌شود (۳). پتاسیم تأثیر مثبتی درافزایش رشد رویشی و بهبود عملکرد دارد و از طریق افزایش رشد شاخه‌ها و برگ‌ها باعث افزایش سطح مؤثر فتوسنتز می‌شود و عملکرد و کیفیت میوه را ارتقا می‌دهد. پتاسیم همچنین مهم‌ترین عنصر در فعالیت روزنه‌ای برگ است و از طریق کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها در میزان تنفس و تبخیر نقش دارد (۳۰). پتاسیم تأثیر مستقیمی روی فعالیت آنزیم رابیسکوکربوکسیلاز ندارد ولی از طریق افزایش سنتز آنزیم‌های کربوکسیلاسیون، تثبیت دی اکسید کربن را تحریک و موجب افزایش فتوسنتز می‌شود (۴). کود پتاسیم علاوه بر افزایش تولید ماده خشک و توسعه سطح برگ تا اندازه زیادی باعث نگهداری آب در بافت‌های گیاهی تحت شرایط تنش آب می‌گردد (۱۹). فرآیند رنگ گیری میوه‌های دچار کمبود پتاسیم در زمان بلوغ با تاخیر انجام می‌شود و نسبت به میوه‌های با درصد پتاسیم نرمال، رنگ پریده تر به نظر می‌رسند در این پژوهش با افزایش میزان سولفات پتاسیم میزان پتاس برگ درختان نسبت به شاهد سبب افزایش چشمگیری گردید. پتاسیم در سطوح گوناگون بر فتوسنتز گیاهان عالی اثر می‌گذارد. افزایش غلظت پتاسیم محیط بیرون به ۱۰۰ میلی‌مولار، یعنی به میزانی در حدود غلظت آن در سیتوپلاسم سلول‌های سالم، تثبیت گازکربنیک را تا سه برابر افزایش می‌دهد و این دلیلی بر ضروری بودن پتاسیم برای سالم نگه داشتن پلاستیدها و نقش آن‌هاست. همچنین پتاسیم در حرکت روزنه‌ها نقش دارد. افزایش غلظت پتاسیم در سلول‌های روزنه باعث جذب آب از سلول‌های پیرامون شده و به همراه آن افزایش فشار تورژسانس سلول‌های روزنه، به باز شدن روزنه‌ها منجر می‌شود و تبادلات گازی بیشتر انجام شده و فتوسنتز بیشتر می‌شود (۳۱).

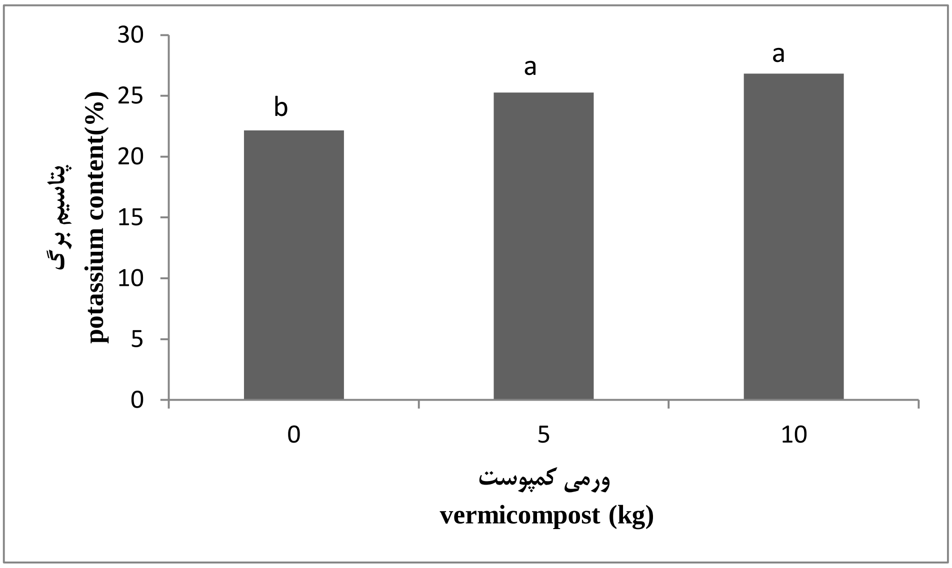
مواد جامد محلول (TSS: Total soluble solids)

با توجه به (جدول ۱) نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد از بین تیمارهای اعمال شده، کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر میزان مواد جامد محلول اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0/01$). نتایج نشان داد که میانگین درصد مواد جامد محلول درسطح ۴۰۰ گرم برای هر درخت سولفات پتاسیم نسبت به شاهد ۹/۶ درصد بود. حداقل میزان TDS (مواد جامد محلول) در تیمار شاهد (عدم استفاده از پتاس) به میزان ۸/۰۸ درصد به دست آمد. با مصرف سطوح سولفات پتاسیم این میزان به طور معنی‌داری افزایش یافت بطوری که در تیمارهای سولفات پتاسم ۲۰۰ و ۴۰۰ گرم برای هر درخت مقدار آن به ترتیب ۸/۸ و ۹/۶ درصد به دست آمد (شکل ۷). بارزترین خصوصیات کیفی شلیل طعم و مزه آن است. همان طوری که در شکل ۷ نشان داده شده، با افزایش در میزان مصرف سولفات پتاسیم، افزایش در میزان مواد جامد محلول را در پی خواهد داشت که بطور قابل ملاحظه روی طعم و مزه میوه تاثیر دارند.



شکل ۵- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر میزان پتاسم برگ شلیل رقم 'ردگلد'

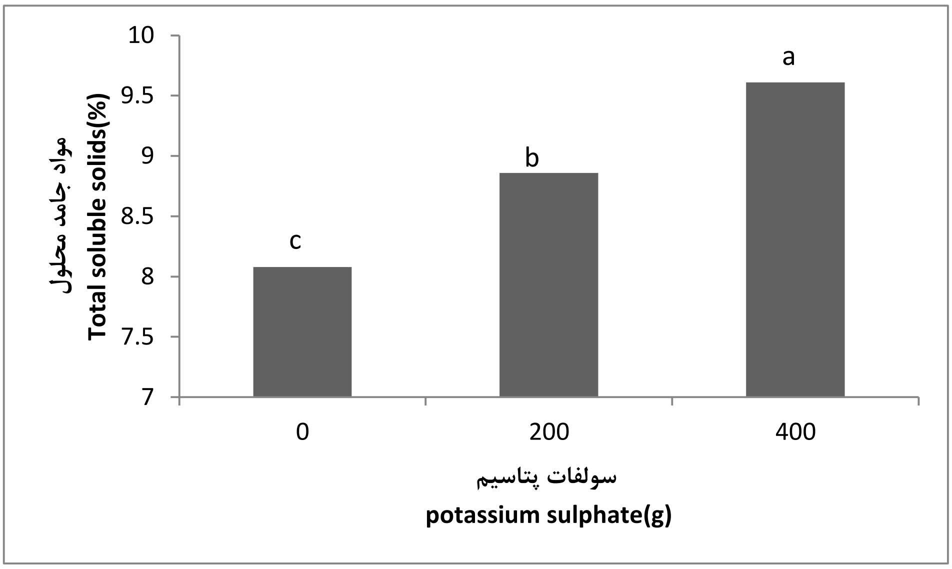
Figure 5- The effect of potassium sulphate levels on potassium level of nectarine leaf cv. 'Redgold'



شکل ۶- اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر میزان پتاسیم برگ شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 6- The effect of vermicompost levels on potassium content of nectarine leaf cv. 'Redgold'

از طرفی هم زمان برداشت میوه شلیل تاثیر مستقیم بر کیفیت پس از برداشت میوه و عرضه به بازار را دارد. کوددهی پتاسیم سبب افزایش اسیدیته میوه سیب شد و با افزایش کود پتاسیم میزان اسیدیته به طور خطی افزایش یافت (۳۲). در نتایج یک مطالعه با بررسی اثر توفوردی و سولفات پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال نافی نشان داد که تغذیه برگی پتاسیم سبب افزایش اسیدیته و کاهش نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون شده است. در این پژوهش از معیار میزان مواد جامد محلول به عنوان شاخص کیفیت و شاخص برداشت استفاده شده و سپس نقش آن در انبارمانی و صفت فیزیکو شیمیایی میوه شلیل مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین سولفات پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول میوه شلیل در مقایسه با شاهد داشت. پتاسیم به صورت معنی‌داری در افزایش صفات کیفی شامل مواد جامد محلول موثر می‌باشد (۱۷).

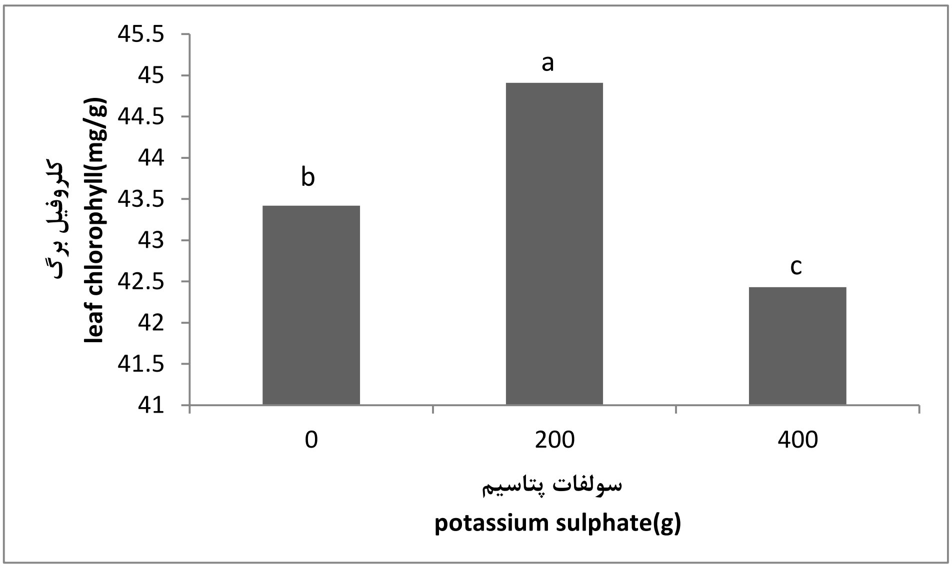


شکل ۷- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر میزان مواد جامد محلول میوه شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 7- The effect of potassium sulphate levels on total soluble solids of nectarine fruits cv. 'Redgold'

کلروفیل برگ

نتایج آنالیز واریانس نشـــان می‌دهد تنها کاربرد ســـطوح مختلف سـولفات پتاسیم بر کلروفیل برگ اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0/01$). (جدول ۳). مقایســه میانگین داده‌های مربوط به صـفت کلروفیل برگ نشـــان داد که حداکثر میزان فاکتور کلروفیل برگ در تیمار ۲۰۰ گرم پتاسیم برای هر درخت به میزان ۴۴/۹۱ میلی‌گرم در گرم بدست آمد و کمترین مقدار کلروفیل در تیمار شـاهد مشـاهده گردید و مقدار آن ۴۲/۴۳ میلی‌گرم در گرم بدسـت آمد (شـکل ۸). کاهش در محتوای کلروفیل‌ها به احتمال زیاد به دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوســنتزی می‌باشــد که این فرایند نیز خود نتیجهٔ فراهم نبودن عوامل لازم جهت ســنتز کلروفیل و تخریب سـاختمان آن در شـرایط تنش می‌باشـد (۱). برگ‌ها منبع اصـلی تجمع و تثبیت دی اکسـید کربن هسـتند و مقدار فعالیت آن‌ها به نیاز گیاه بســتگی دارد. از آنجایی که نیاز گیاه به دلیل افزایش بخش زایشـی افزایش یافته برگ‌ها نیز میزان کلروفیل بیشـتری را جهت سـنتز بیشـتر کربوهیدرات تولید می‌کنند. سـرعت فتوسنتز یا نرخ فتوسنتز در برگ‌های جوان پایین بوده و با افزایش سطح برگ افزایش می‌یابد (۴۱). افزایش غلظت کلروفیل، با مصـرف سـولفات پتاسـیم، قبلاً توسـط محققین اثبات شـده اسـت (۱۸). تیمارهای مصـرف پتاسـیم نیز احتمالاً به دلیل نقش عمومی که پتاسـیم در برقراری تعادل بار الکتریکی در بافت‌های گیاهی و نیز حفظ آماس سـلولی دارد، باعث بهبود رشـد گیاه می‌شود (۲۷). در یک بررسی بر روی سـویا نتایج نشـان داد که پتاسـیم می‌تواند ازطریق افزایش رنگیزه‌های فتوســنتزی، میزان کلروفیل، ســطح برگ، هدایت روزنه‌ای، فعالیت فتوسـنتزی و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز، باعث افزایش عملکرد ماده خشک شود (۳۱).



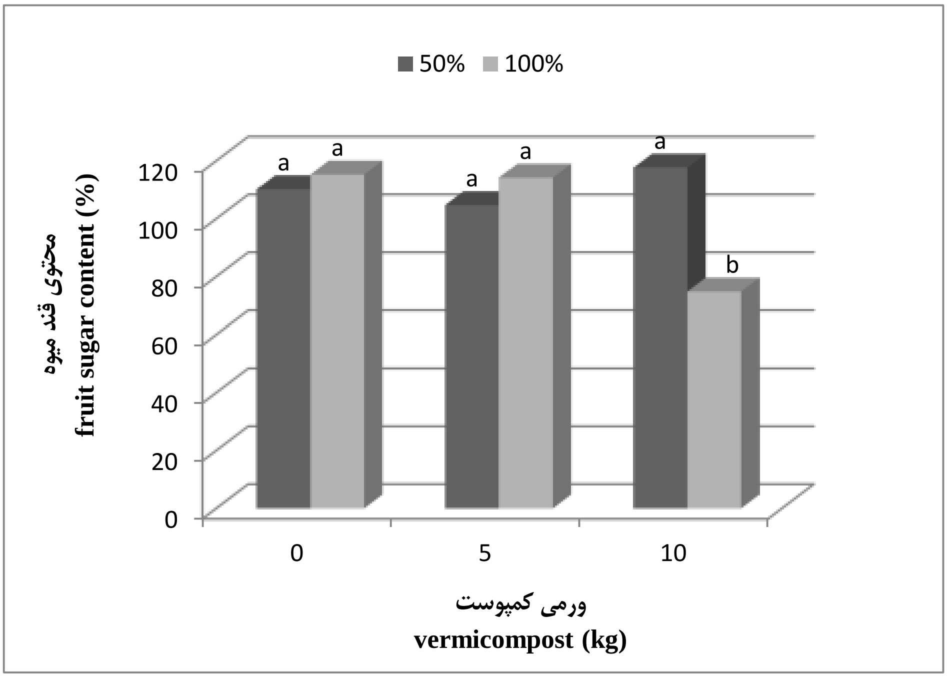
شکل ۸- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر میزان کلروفیل برگ شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 8- The effect of potassium sulphate on leaf chlorophyll content of nectarine cv. 'Redgold'

محتوی قند میوه

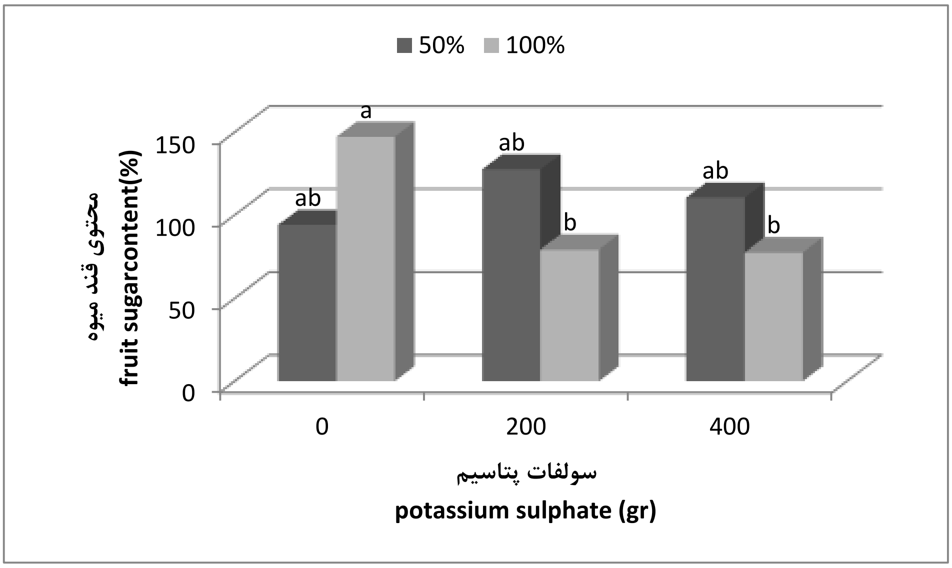
با توجه به (جدول ۳) نتایج آنالیز واریانس نشـان داد اثرات متقابل آبیاری و ورمی کمپوســت، اثر متقابل آبیاری و ســولفات پتاســیم و همچنین اثر متقابل ورمی کمپوسـت و سولفات پتاسیم بر محتوی قند میوه اختلاف معنی‌دار داشـــت ($p<0.05$). بطوری کـه تحـت اثرات متقابل آبیاری و ورمی کمپوسـت مشاهده شد که کمترین محتوی قند میوه در سـطوح آبیاری ۱۰۰درصـد و ورمی کمپوسـت ۱۰ کیلوگرم با میانگین ۷۴/۸۳ و بیشـترین میزان درصـد قند میوه در سـطوح آبیاری ۵۰ درصـد و ورمی کمپوسـت ۱۰ کیلوگرم به میزان ۱۱۷/۶۶ بدسـت آمد (شـکل ۹). تحت اثرات متقابل آبیاری و سـولفات پتاسیم مشاهده شـد که حداقل میزان قند میوه در سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد و پتاسیم ۴۰۰ گرم برای هر درخـت به میزان ۷۷/۶۶ و ســطوح آبیاری ۱۰۰ درصد و پتاسیم ۲۰۰ گرم برای هر درخت به میزان ۷۹/۳۳ بدست آمد. همچنین نتایج نشـان داد که حداکثر میزان قند میوه در سطوح آبیاری ۱۰۰ درصـد و پتاسیم شاهد به میزان ۱۴۷/۳۳ بدست آمد (شکل ۱۰) در حالی که این تیمار با تیمار های سـطوح آبیاری ۵۰ درصد و مقادیر پتاســیم (شــاهد، ۲۰۰، ۴۰۰ گرم برای هر درخت) اختلاف معنی‌دار آماری نداشـته اسـت. همچنین نتایج نشـان داد که حداکثر میزان قند

میوه در سطوح ماده آلی ۵ کیلوگرم و پتاسیم شاهد به میزان ۱۵۴/۷۵ کیلوگرم به دست آمد و اختلاف آماری آن معنی‌دار گردید (شکل ۱۱).



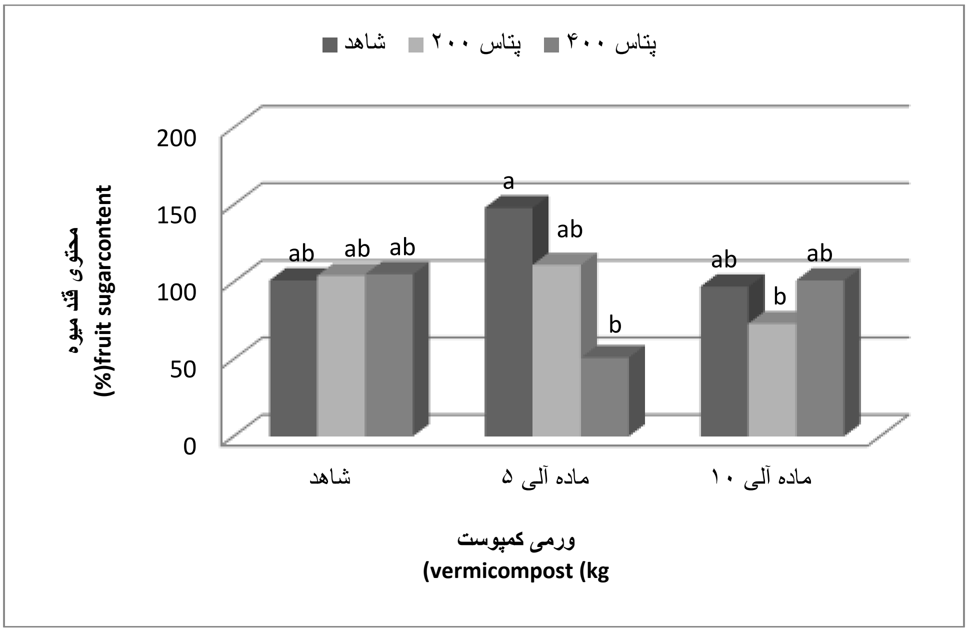
شکل ۹- اثر برهمکنش آبیاری × ورمی کمپوست بر محتوی قند میوه شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 9- The interaction effect of irrigation ×vermicompost on fruit sugar content of nectarine cv. 'Redgold'



شکل ۱۰- اثر برهمکنش آبیاری × سولفات پتاسیم بر محتوی قند میوه شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 10- The interaction effects of Irrigation ×Potassium sulphate on fruit sugar content of nectarine cv. 'Redgold'



شکل ۱۱- اثر برهمکنش ورمی کمپوست × سولفات پتاسیم بر محتوی قند میوه شلیل رقم 'ردگلد'

Figure 11- The interaction effects of vermicompost ×Potassium sulphate on fruit sugar content of nectarine cv. 'Redgold'

بطور کلی کم آبیاری یا تنش آبی باعث افزایش میزان قند کل می‌گردد. هرچه ورمی کمپوست خاک بیشتر باشد ظرفیت نگهداری آب در کمپلکس مواد آلی و معدنی خاک بیشتر است در صورتی که میزان ورمی کمپوست خاک یک درصد افزایش یابد ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش مصرف آب به وجود خواهد آمد. با افزودن مواد آلی به خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک افزایش می‌یابد. بطوری‌که میوه‌های تحت اثرات متقابل ۱۰۰ درصد آبیاری و ۱۰ کیلوگرم ورمی کمپوست حداقل میزان قند را در مقایسه با تیمار ۵۰ درصد آبیاری و ۱۰ کیلوگرم ورمی کمپوست به خود اختصاص داد. این نکته حائز اهمیت است که ورمی کمپوست قادر هستند ۲ الی ۶ برابر وزن خود آب جذب نمایند (۲۷). اکنون معلوم شده است که مصرف پتاسیم باعث پایین آمدن مصرف آب برای تولید هر واحد ماده خشک گیاهی می‌گردد. تغییر در میزان کربوهیدرات‌ها در گیاهان نشان دهنده آن است که تنش تاثیر مهمی بر میزان کربوهیدرات‌ها در گیاهان دارد، به طوری که تنش آب باعث می‌شود که کربوهیدرات‌های مرکب به کربوهیدرات‌های ساده تجزیه شوند یعنی تبدیل نشاسته به قندهای ساده تحت این شرایط تسریع خواهد شد، این می‌تواند دلیل بر افزایش محتوی قند کل در میوه درختان تحت تنش نسبت به شاهد باشد (۲۳). اصولاً تجمع کربوهیدرات‌ها باعث تنظیم اسمزی سلول‌ها می‌شود، با این عمل سبب نگهداری آماس سلول‌ها در کمبود آب می‌گردد. در حقیقت یک نوع پاسخ به تنش آب محسوب می‌شود (۶).

نتیجه‌گیری

آنچه که در این پژوهش مد نظر قرار گرفته، نحوه کاربردی کردن سولفات پتاسیم و ورمی کمپوست در حفظ کیفیت میوه و صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط تنش می‌باشد. از آنجایی که این پژوهش بر روی درختان شلیل ارقام پیش رس بهاره که فاصله بین گل تا میوه کامل کمتر از چهار ماه می‌باشد اجرا گردید، و با توجه به اقلیم مازندران بیشترین نیاز آبی این درختان در زمستان و بهار مرتفع گشت. در این سال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری مشاهده نشد که دلیل آن می‌تواند مربوط به زمان انجام تنش باشد که در مرحله رشد میوه بوده و در این دوره سخت شدن هسته است در این دوره میوه نیاز ابی فراوانی ندارد بنابراین اختلافی از نظر عملکرد نباید مشاهده شود. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد ورمی کمپوست به همراه سولفات پتاسیم نقش مفید و موثری در بهبود صفات موررد مطالعه در شلیل رقم رد گلد داشت. به نظر می‌رسد همراهی کود سولفات پتاسیم به همراه ورمی کمپوست باعث قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی و در نهایت موجب افزایش رشد و افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

منابع

1- Ahmadi A., and Siosemardeh A. 2005. Investigation on the physiological basis of grain yield and drought resistance in wheat: leaf photosynthetic rate, stomatal conductance, and non-stomatal limitations. International Journal of Agriculture and Biology 5(7): 807-8011. (In Persian with English abstract)
2- Ahmadi K.E.Z., H.R. Hatami F., Hossein Pour R., and Abd Shah H. 2016. Agricultural Statistics (Vol. 3). Ministry of Agriculture: Deputy Minister of Planning and Economic Development, I.C.T center. (In Persian with English abstract)
3- Alipour H.A.H.F.S.J. 2003. Diagnosis and elimination of nutrients deficiency in Pistachio: Pistachio Research Institute, Rafsanjan.
4- Almeselmani M., Pant R., and Singh B. 2009. Potassium level and physiological response and fruit quality in hydroponically grown tomato. International Journal of Vegetable Science 16(1): 85-99.
5- Atiyeh R., Arancon N., Edwards C., and Metzger J. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81(2): 103-108 .
6- Atkinson C.J., Policarpo M., Webster A.D., and Kuden A.M. 1999. Drought tolerance of apple rootstocks: production and partitioning of dry matter. Plant and Soil 206(2): 223-235.
7- Babalar M.P.M. 2004. Nutrition in fruit trees: Institute of Publications and Printing of Tehran University.
8- Boman B. 1997. Effectiveness of fall potassium sprays on enhancing grapefruit size. Paper presented at the Proceedings of the Florida State Horticultural Society.
9- Dasberg S. 1992. Irrigation management and citrus production. Proceedings of the international society of citriculture, Catnia, Italy, 8-13 .
10- De la Hera M., Romero P., Gomez-Plaza E., and Martinez A. 2007. Is partial root-zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field-grown wine grapes under semiarid conditions? Agricultural Water Management 87(3): 261-274.
11- Egilla J.N., Davies F.T., and Drew M.C. 2001. Effect of potassium on drought resistance of *Hibiscus rosa-sinensis* cv. Leprechaun: Plant growth, leaf macro-and micronutrient content and root longevity. Plant and Soil 229(2): 213-224 .
12- Fischer R., and Maurer R. 1988 Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29(5): 897-912.
13- Ginestar C., and Castel J. 1996. Responses of young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. Journal of Horticultural Science 71(4): 551-559 .
14- Goldhammer D., Salinas M., Crisosto C., Day K., Soler M., and Moriana A. 2001. Effects of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on late harvest peach tree performance. Paper presented at the V International Peach Symposium 592.
15- H., D. M. 2002. Vegetative culture: Tehran University Press.
16- Iran I. o. S. a. I. R. o. 1992. Fruit juices – Test methods, ISIRI no: 2685 .
17- Jahanbin R.Y.S., Eshghi S., and Tafazoli A. 2004. The effect of potassium sulfate and potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics of orange juice. Journal of Science (Agricultural Science and Technology) 22(2): 102-112.
18- Jamali J., Enteshari S., and Hosseini S.M. 2012. The effect of potassium and zinc elements on biochemical and physiological changes of drought tolerance in corn (CV SC 70 CROP PHYSIOLOGY 4(14).
19- Jifon J.L., and Lester G.E. 2008. Effects of foliar potassium fertilization on muskmelon fruit quality and yield. Paper presented at the Meeting Abstract.
20- Kafi M.T.A.R. 1998. Physiology of fruit trees in temperate regions. Compilation of Micos Faust, (translation). Tehran University Press, 423.
21- Kafi M., Z.A., Sharifi H.R., Kamkar B., and Goldani M. 2000. Plant physiology. Mashhad University Press.
22- Khanbabakhani L., Mohammadi Torkashvand A., and Mahmoodi A.M. 2018. Prediction of soil texture using artificial neural networks. Journal of Soil and Water Resources Conservation 8(1).
23- Khayyat M., Tafazoli E., Eshghi S., Rahemi M., and Rajaee S. 2007. Salinity, supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci, 2: 539-544.
24- Kramer P. 1983. Water deficits and plant growth. Water Relations of Plants 342-389.
25- Lester G.E., Jifon J.L ,. and Makus D.J. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. Plant and Soil 335(1-2): 117-131.
26- Lindhauer M. 1985. Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 148(6): 654-669.
27- Lovatt C., and Faber B.A. 2008, Reducing water use in navel orange production with partial root zone drying. 83-84.
28- M.D.A. 2002. The mechanisms of resistance of plants to environmental stresses. Mashad: Ferdowsi University of

Mashad.
29- Malakouti M.J., Shahabi A.A., and Bazargan K. 2016. Potassium in Agriculture «The role of potassium in the production of healthy agricultural» (2 ed.): moballeghan.
30- Malakuoti M. 2000. General diagnosis method and essentiality of optimum fertilizers application: Tarbiat Modaress University Press, 131p.
31- Manuchehri S.M.M.J. 2001. Effect of type and value of potassium fertilizers on growth indices, mineral elements concentration and fruit quality in apple trees. Soil and Water Sciences 15(2): 167-179.
32- Marchiol L., Leita L., Martin M., Peressotti A., and Zerbi G. 1996. Physiological responses of two soybean cultivars to cadmium. Journal of Environmental Quality 25(3): 562-566.
33- Ministry of Jihad-e-Agriculture D.o.P.a.E.A. 2003. The results of the sampling plan for garden products, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy of Planning and Economic Affairs. Office of Statistics and Information Technology, 95.
34- Noor jou A., and Dolati Baneh H. 2021. Deficit irrigation in grapevines garden (A case study: Azarbaijan) grap Journal, Ministry of Agriculture Jihad 2(2): 26-31.
35- Sadasivam S., and Manickam A. 1992. Biochemical methods for agricultural sciences: Wiley eastern limited.
36- Sepah khah A.R., Tavakoli A.R., and Mousavi S.F. 2005. Principles and doctrines of deficit irrigation: International Commission on Irrigation & Drainage (ICID).
37- Statistical yearbook of Mazandaran province; Land and climate. 2016. Planning and Budget Organization: Management and Planning Organization of Mazandaran.
38- Taiz L., a. E. Z. 1991. Plant physiology. Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. Red wood City, 100-119.
39- Tofighi H. 2003. A New Method for Determination of Soil Carbonates. Iranian Journal of Agriculture Science 34(3): 517-526.
40- Tomati U., Grappelli A., and Galli E. 1983. Fertility factors in earthworm humus. Paper presented at the Proceedings of the International Symposium on Agricultural Environment. Prospects in Earthworm Farming. Publication Ministero Della Ricerca Scientifica e Technologia, Rome.
41- Treeby M., Henriod R., Bevington K., Milne D., and Storey R. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit quality. Agricultural Water Management 91(1-3): 24-32.
42- Zare Abyaneh H., Jovzi M., Afruzi A., and Gharibzadeh A. 2014. Determination of electrical conductivity of the saturation extract (ECe) relationships with a few soil salinity parameters in comparison with the new method of calculating ECe. Irrigation and Water Engineering 4(4): 81-93.
43- Zarrabi M., and Jalali M. 2009. A comparison of some extractants used for the assessment of available potassium in some Hamadan soils Iranian Journal of Soil and Water Research 40(2).

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 313-330
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۳۰-۳۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigation the Effects of Water Stress and Different Levels of Vermicompost and Potassium Sulfate on some Quantitative and Qualitative Characteristics of Redgold Nectarine

M. Janali nejad[1]- H. Afshari[2]*- B. Alizadeh[3]- O. Ghasemi[4]
Received: 25-04-2019
Accepted: 17-05-2021

Introduction: Environmental stresses are the most important factors that reduce agricultural yield all over the world. The water stress especially in flowering damages yield and yield quality, however, some studies showed that sometimes it does not have any harmful effect on yield. For instance, some studies approved that deficit irrigation improves sugar content and then fruit quality. Therefore, in order to evaluate the effects of potassium sulfate, vermicompost and water stress on yield and quality of four years old nectarine (CV Red gold), an experimental study was carried out on a garden which covers 5000 m^2 in Eslamdeh (Sari) during 2015 to 2016.

Materials and Methods: A split-split plot experiment based on complete randomized block design (RCBD) with 18 treatments in three replications (totally 54 treatments (trees)) was used in this study. Some complex soil samples were gathered individually from 0-30 and 30-60 cm to determine macro and micro fertilizer demand and were analyzed to determine physicochemical characteristics. Two levels of tree water requirement (50% and 100%) as the main plot, vermicompost in three levels (0, 5 and 10 kg per tree) as subplot, and three levels of potassium sulfate, (0, 200 and 400 g per tree) as sub-sub plothad been applied. The rest fertilizer demand was recommended based on soil analysis. vermicompost, potassium sulfate and other essential fertilizers were applied in late winter and then aeration or digging was carried out. The fruit was picked after ripening and was weighed. Diameter, height and mass weight were measured. Soluble solids, the total sugar content of fruit was measured based on pH-meter, refractometer and Arnon methods. Potassium and chlorophyll were measured by flame photometer and chlorophyll meter.

Results and Discussion: The results showed that the effects of different levels of applied treatments were not significant on fruit pH. In addition, effects of different levels of potassium sulfate on TSS, leaf chlorophyll, potassium sulfate levels of leaf, fruit weight and yield, fruit height, and flesh weight, single fruit weight were all significant at 1 % level. The results also showed that levels of vermicompost on K level of leaf and fruit yield was significant at 1% level, and on fruit weight at 5% level. Effects of other treatments were not significant on other studied traits. Results of mean comparison showed that fruit crop was increased with an increase in vermicompost application. The minimum yield (41.44 kg/fruit) obtained from control and application of 10 and 20 kg/h vermicompost resulted in 58.33 and 60.61 kg/h, respectively. Application of potassium sulfate also showed to be effective on fruit yield. The minimum yield obtained from control, applying 200, 400 g of potassium sulfate, resulted in 54.89 and 61.33 kg/tree. Furthermore, potassium sulfate levels resulted in TSS enhancement. The minimum obtained from control plot (8.083) and maximum obtained from 8.864 and 9.612 with applying 200, 400 g of potassium sulfate, respectively. Potassium application also resulted in fruit level volume. The minimum level observed at control plot (116.2), applying 200, 400 g of potassium sulfate, resulted in 131.5 and 141.3 kg/tree. The interaction effects of different levels of potassium sulfate, vermicompost and irrigation showed that maximum fruit yield obtained from 400 g/K, 10 kg of vermicompost and applying 100% tree water requirement with yield of 70.66 g which was not statistically different with triple interaction of 400 g/K, 10 kg of vermicompost and applying 50% of tree water requirement.

Conclusion: In the current research, the effects of the use of potassium sulfate and vermicompost on maintaining plant balance and fruit quality and also decreasing water use in stress conditions were studied. Results showed that the use of potassium sulfate along with vermicomposts had a significant effect of improving morphological and physiological characteristics of nectarine. Furthermore, they increased nutrition availability for the crop and then increased yield and fruit quality. The following conclusion to be drawn is that fruit was increased with an increase in vermicompost application. Application of potassium sulfate also showed to be effective on fruit yield and TSS enhancement. The interaction effects of different levels of potassium sulfate, vermicompost and irrigation showed that maximum fruit yield obtained from 400 g/K, 10 kg of organic matter and applying

1 and 2- Graduated from Master of Horticultural Sciences and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
(*- Corresponding Author Email: H.Afshari@damghaniau.ac.ir)
3- Instructor, Department of Horticultural Science and Landscape, Ferdowsi University, Mashhad-Iran
4- Faculty Member of Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research Center
DOI: 10.22067/jhs.2021.60608.0

100% tree water requirement with yield of 70.66 g which was not statistically different with triple interaction of 400 g/K, 10 kg of vermicompost and applying 50 % tree water requirement.

Keyword: Drought stress, Function, Organic fertilizer and Potassium

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۳۹-۳۳۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 331-339
ISSN: 2008 - 4730

مقاله پژوهشی

اثر طیف‌های مختلف نور بر صفات مورفولوژیکی و میزان هیپریسین در گل راعی (*Hypericum perforatum* L.)

ژاله زندوی فرد[1]*- مجید عزیزی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۶

چکیده

گل راعی به دلیل خواص ضدافسردگی بارز، یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است. کمیت و کیفیت نور اثر به سزایی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، رشد و نمو کلی گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه دارد. به‌طوری‌که با تغییرات کمی و کیفی نور می‌توان رشد گیاه را در جهت دلخواه دستکاری نمود. در این پژوهش اثر طیف‌های مختلف نور با شدت ۱۰۰۰ لوکس شامل نور سفید، قرمز، سبز و آبی که با فیلترهای رنگی ایجاد شده بر صفات مورفولوژیکی و میزان هیپریسین در گیاهچه‌های گل راعی (*Hypericum perforatum* L.) مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمایش بصورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار در جعبه‌هایی به ابعاد ۲۰×۳۰ و با نشاهایی به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر انجام شد. آزمایش در اطاقک رشد به‌ترتیب با دمای روز و شب ۲۵ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۴۵ درصد، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی ادامه یافت. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین تعداد برگ، وزن تر و خشک پیکر رویشی و ریشه به گیاهان تیمار شده با نور سفید اختصاص دارد. در صفات ارتفاع گیاه، طول میانگره و تعداد گرهک‌های سیاه برگ بیشترین میانگین‌ها به ترتیب (۲۲/۹۸ سانتی متر، ۱/۲۳ سانتی متر و ۱۷/۷۷ عدد) مربوط به نور قرمز و کمترین میانگین‌ها به ترتیب (۱۶/۳۷ سانتی‌متر، ۰/۷۲ سانتی‌متر و ۱۳/۸۸ عدد) مربوط نور سفید بود. بیشترین تا کمترین مقدار هیپریسین (۰،۰۸، ۰،۰۷، ۰،۰۵و ۰،۰۳ درصد) به ترتیب در گیاهچه‌های تحت تیمار با فیلترهای نوری قرمز، سفید، آبی و سبز مشاهده شد. بدین ترتیب جهت رشد بهینه گیاهچه‌های گل راعی به طول موج‌های مختلف نوری در طی دوره رشدی گیاه، نیاز است.

واژه‌های کلیدی: صفات مورفولوژیکی، کیفیت نور، گیاهان دارویی، متابولیت ثانویه

مقدمه

گل راعی با نام علمی *Hypericum perforatum* L. متعلق به تیره گل راعی Hypericaceae است. این گیاه با نام انگلیسی Goat weed یا St.Johns wort شناخته می‌شود. این خانواده گیاهی شامل ۵۰ جنس و ۱۲۰۰ گونه است. جنس هایپریکوم با ۴۵۰ گونه از انواع درختچه‌های همیشه سبز و خزان‌کننده، بوته‌های علفی دائمی و چوبی، بزرگترین جنس متعلق به تیره گل راعی است. اما در ایران فقط دارای ۱۷ گونه است که تنها گونه‌ی با ارزش آن *H. perforatum* می‌باشد. منشأ آن بیشتر مناطق معتدله اروپا، آسیا، کانادا و استرالیا ذکر شده است. در ایران نیز در نواحی شمالی به خصوص اردبیل، آستارا و گرگان به صورت خودرو در مراتع دیده می‌شود (۱۹). مطالعات گوناگونی در زمینه‌های گیاهشناسی، اکولوژی و غیره در مورد گل راعی صورت گرفته است که مبین دائمی بودن رشد رویشی بطئی در سال اول و رشد اصلی و گلدهی از سال دوم به بعد می‌باشد (۸). این گیاه پایا، ریزوم‌دار، تتراپلوئید، روزبلند و مقاوم به سرما است. ساقه‌ی آن استوانه‌ای با مقطع عرضی دو گوش است، که آن را از سایر گونه‌ها متمایز می‌کند (۱). از مشخصه‌های دیگر گیاه علف چای وجود غدد رنگی به صورت نقاط ریز و پراکنده بر روی اندام این گیاه است. بر روی برگ‌ها دو نوع لکه دیده می‌شود، لکه‌های روشن که در تمام سطح برگ گسترش دارند و با قرار دادن برگ‌ها در برابر نور به وضوح قابل مشاهده هستند. این نقاط روشن محل تجمع اسانس و رزین هستند. نقاط روشن، کیسه‌های ترشحی شیزوژن هستند که از اپیدرم فوقانی تا اپیدرم تحتانی برگ را اشغال کرده‌اند. علاوه بر نقاط مذکور، لکه‌های تیره رنگی که درواقع، غده‌های ترشحی محتوی شیره قرمز

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:zh.zandavifard@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2021.57256.0

مایل به قهوه‌ای هستند بر روی برگ‌ها مشاهده می‌شوند که محل ساخت و تجمع هیپریسین است. این لکه‌ها بر روی گلبرگ‌ها، کاسبرگ‌ها و خصوصاً بساک‌ها نیز وجود دارند (۲). مشخص شده که تنها در غده‌های جنس هایپریکوم ماده هیپرسین تولید می‌شود. محققان معتقدند که تولید هیپریسین با این غدد ارتباط دارد. تعداد غده رنگی با میزان هیپریسین در برگ ارتباط بسیار نزدیکی دارد. هیپریسین ترکیب بیوشیمیایی کلیدی مورد استفاده برای تعیین کیفیت گل راعی می‌باشد. ترکیب هیپریسین موجود در گیاه علف چای از زمان‌های بسیار دور در طب کاربرد داشته است و امروزه برای تولید داروهایی با اثرات ضد افسردگی، ضد ویروسی، ضد رتروویروسی، ضد التهابی، التیام زخم و سوختگی، درمان سر دردهای مزمن و سرطان در بازار جهانی با افزایش تقاضا روبه رو است (۱۶). گل راعی به عنوان دومین داروی پرمصرف در درمان افسردگی در سراسر جهان که سالانه دو میلیارد یورو گردش مالی مربوط به استفاده از این دارو در اروپاست، شناخته شده است (۶).

رشد گیاهان و تولید متابولیت‌های ثانویه به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نور یکی از عوامل محیطی مهم و تأثیرگذار بر رشد و فیزیولوژی گیاهان می‌باشد. طول موج فعال فتوسنتزی، دامنه کوچکتری از نور مرئی را شامل می‌شود که ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. دو قسمت از آن دارای اهمیت می‌باشند که شامل طیف نور آبی و طیف نور قرمز است. نور آبی بر ارتفاع گیاه و نور قرمز بر طویل شدن ساقه و ساخته شدن مواد پرورده اثر دارد. طیف نورهای زرد، سبز، نارنجی تأثیری بر ساخته شدن مواد پرورده ندارند (۱۳). کمیت و کیفیت نور بر تعیین این صفات اثرگذار است. بدین ترتیب در گلخانه ممکن است به افزودن نور مصنوعی جهت تأمین نور کافی برای رشد گیاه احتیاج باشد. انواع مختلفی از نورهای مصنوعی وجود دارد که با تغییر در طیف نور ایجاد می‌شود و فرایند فتوسنتز هم در نور طبیعی و هم نور مصنوعی امکان‌پذیر می‌باشد. مقدار استفاده برگ از نوری که دریافت می‌کند به شدت و کیفیت نور، فاصله برگ از منبع، رنگیزه‌های موجود در برگ و همچنین مدت تابش نور و سن برگ، ساختار برگ و مقدار کلروفیل آن بستگی دارد. نتایج مطالعه آزمایشگاهی نشان داد که سه خصوصیت رنگ، شدت و طول مدت نور بر رشد گیاه مؤثر است، به طوری‌که نسبت نور قرمز به قرمز دور متأثر از طول مدت و جریان فوتن تیمارهای نور بوده و نمو و تولید آنتوسیانین را بطور معنی‌داری در بررسی اثر شدت نور بر گلرنگ تحت تأثیر قرار داده است (۱۰). تغییر در کیفیت نور می‌تواند به وسیله قراردادن گیاهان در معرض دیودهای تک رنگ (۱۱) یا پوشاندن تونل‌ها و گلخانه‌ها با فیلم‌های انتخابگر نور (۹) و استفاده از لامپ‌های مختلف با طول موج‌های متفاوت به ویژه در سیستم‌های بسته پرورش نشاء، ایجاد می‌شود.

از آنجا که ترکیب هیپریسین و پزدوهیپریسین جزء رنگدانه‌های فعال نوری در گیاه هستند با تغییر کیفیت نور می‌توان علاوه بر رشد و نمو گیاهان میزان این مواد را تحت تاثیر قرار داد. در پژوهشی مشخص گردید که میزان فتوسنتز برگ گیاهان اسفناج، تربچه و کاهو تحت نور لامپ ال‌ای‌دی قرمز تنها یا همراه با ۱۰ درصد نور آبی کمتر از نور لامپ فلورسنت سفید است (۱۸). در پژوهش دیگری مشاهده شد که نور سبز باعث بسته شدن روزنه برگ گیاهان می‌شود در حالی که نور آبی و قرمز، باز شدن روزنه را افزایش می‌دهد (۲۰). همچنین در گیاهان کاهو و گل همیشه بهار کاربرد نور سبز منجر به کاهش تعداد برگ، طول میانگره و تأخیر در گلدهی شد (۷). در پژوهشی مشاهده شد که استفاده از فیلم گزینشگر نور آبی وزن خشک برگ‌ها و ساقه را در گیاه داوودی کاهش داد (۱۴). طول ساقه بادمجان قرار گرفته در معرض نور آبی نسبت به نور قرمز و سبز، افزایش قابل توجهی داشت در حالی‌که نور آبی باعث کاهش طول میانگره‌ها و توقف رشد ساقه در کاهو گردید که این موضوع نشان داد نوع عکس‌العمل نسبت به طول موج‌های مختلف نور به گونه‌های گیاهی بستگی دارد (۵). این پژوهش با هدف بررسی اثر طول موج‌های مختلف نوری بر شاخص‌های رشدی و میزان تولید هیپریسین در گیاه گل راعی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

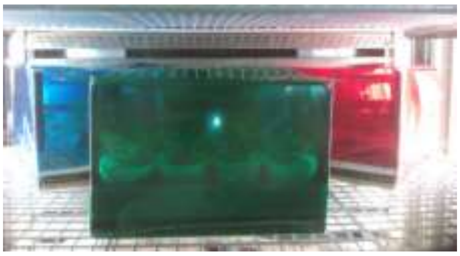
این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (چهار طیف نوری قرمز، آبی، سبز و سفید) و ۱۰ تکرار در اطاقک رشد صورت پذیرفت. در این تحقیق از بذور گل راعی جمع‌آوری شده از گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه استفاده گردید. به منظور کشت غیرمستقیم، بذور پس از ۲۴ ساعت شست وشو در آب جاری (۱) در گلدان‌های ۱۰ کیلویی کشت شدند. به دلیل رشد کند گیاهچه‌های گل راعی، ۱۰۰ روز پس از کشت بذر، نشاها به اندازه مناسب برای انتقال رسیدند. نشاها به گلدان‌های ۲۵۰ گرمی (دو نشاء در هر گلدان) منتقل شدند. درون هر جعبه‌ی ساخته شده از چهار فیلتر رنگی قرمز، آبی، سبز و سفید، ۱۰ واحد آزمایشی قرار گرفت و به اتاقک رشد مجهز به لامپ مهتابی فلوئورسنت با شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس منتقل گردیدند. دمای اطاقک رشد بر ۲۵ درجه سانتی‌گراد دمای روز و ۲۱ درجه سانتی‌گراد دمای شب تنظیم شد و طول دوره نوری بر ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی تنظیم گردید. رطوبت نسبی اطاقک طی آزمایش ۴۵ درصد بود. نشاها به مدت ۵۰ روز درون اطاقک رشد قرار گرفتند. آبیاری در حد نیاز و به صورت سه روز یک‌بار انجام گرفت. پس از پایان آزمایش، پارامترهای مورفولوژیکی گیاهچه‌ها از جمله ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، تعداد برگ، تعداد و طول میانگره، وزن تر و خشک پیکر رویشی و

ریشه اندازه‌گیری شدند. وزن تر پیکر رویشی و ریشه با ترازوی دقیق ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در شرایط خشک‌کن، خشک شدند و وزن خشک نمونه‌ها به دست آمد. جهت شمارش تعداد گره‌های سیاه، بخش‌های بالایی، میانی و پایینی گیاهچه‌ها به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت استخراج هیپریسین و اندازه‌گیری آن از روش اسپکتروفتومتری و براساس روش توصیه شده در فارماکوپه آمریکا و فارماکوپه مجارستان (۳) استفاده گردید. مقدار نیم گرم پودر سرشاخه گلدار خشک شده را با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن نموده و پس از قرار دادن در کاغذ صافی با استفاده از کلروفرم در دستگاه سوکسله، کلروفیل آنها حذف شد. عمل حذف کلروفیل تا زمانی ادامه یافت که دیگر هیچ کلروفیلی از نمونه‌ها استخراج نگردید و رنگ حلال موجود در مجاورت نمونه، شفاف شد. این مرحله از آزمایش بسته به میزان کلروفیل نمونه‌ها بین چهار تا پنج ساعت بطول انجامید. پس از حذف کلروفیل کاغذ صافی حاوی نمونه را از سوکسله خارج نموده و در هوای آزاد قرار داده تا کلروفرم باقی مانده در آن تبخیر گردد و نمونه گیاهی کاملاً خشک و عاری از بوی کلروفرم شود. پس از این مرحله بار دیگر با استفاده از سوکسله و حلال استن، هیپریسین نمونه‌ها استخراج گردید. عصاره‌های تهیه شده در دستگاه روتاری (Rotary evaporator) در فشار کاهش یافته و دمای ۴۵ درجه تا حد امکان، تغلیظ و سپس با متانول تا حجم ۲۵ سی‌سی رقیق شدند. میزان جذب هیپریسین در طول موج ۵۹۲ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و با استفاده از فرمول زیر درصد هیپریسین هر نمونه تعیین گردید (۳).

$$C=E\times 100/K.g$$

در این فرمول، C= درصد هیپریسین، E= میزان جذب در ۵۹۲ نانومتر، K= ضریب ثابت ۷۱۸و g= وزن خشک نمونه می‌باشد.

آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. نمودارها با نرم‌افزار EXCEL 2010 رسم گردید.



شکل ۱- گیاهچه‌های گل راعی پرورش یافته در اتاقک رشد به مدت ۵۰ روز

Figure 1- St. John’s wort plantlets grown for 50 day in a growth chamber

نتایج و بحث

تأثیر طیف‌های مختلف نور بر رشد و صفات مورفولوژیکی:

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر طیف‌های نوری مختلف بر صفات مورفولوژیکی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول میانگره، وزن تر ریشه، وزن خشک پیکر رویشی و وزن خشک ریشه بطور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای نوری قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین صفات در جدول ۲ نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین ارتفاع بوته به ترتیب مربوط به فیلتر نور سفید و قرمز است. علت افزایش ارتفاع گیاه با نور قرمز به تغییر در سطوح تنظیم کننده‌های رشد بر می‌گردد. نور قرمز و آبی با تغییر سطح جیبرلین در گیاه بر طویل شدن ساقه گیاه تأثیر می‌گذارند. سطوح بالای ترکیبات شبه جیبرلینی در گیاهان تیمار شده با نور قرمز دور تأییدکننده این مطلب است (۱۵). نور قرمز (۶۴۰-۶۸۰ نانومتر) فیتوکروم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در فتوسنتز، رشد ساقه، گلدهی و میوه‌دهی بسیار اهمیت دارد (۱۲). حداقل تعداد برگ مربوط به فیلتر آبی و حداکثر تعداد برگ مربوط به فیلتر سفید بود. نور آبی (۴۳۰-۴۵۰ نانومتر) قادر به مهار رشد طولی، بازشدن روزنه و تنظیم رشد گیاهچه است. نور آبی بر تشکیل کلروفیل، فرایند فتوسنتز تأثیر می‌گذارد و از طریق سیستم کریپتوکروم‌ها و فیتوکروم‌ها، پاسخ فتومورفوژنیکی افزایش می‌یابد. این طول موج رشد رویشی را از طریق رشد ریشه قوی و تشدید فتوسنتز ترغیب می‌کند و اغلب به عنوان نور مکمل برای دانهال‌ها و گیاهان جوان در مرحله رشد رویشی از چرخه رشد آن‌ها استفاده می‌شود (۴ و ۱۷). گیاهچه‌های مورد مطالعه در صفت طول میانگره نیز اختلاف معنی‌داری داشتند که در این بین میانگین طول میانگره برای نور سفید از فیلترهای نوری قرمز، آبی و سبز کمتر بود. همچنین نتایج نشان دادند که فیلترهای مختلف نوری بر وزن تر و خشک پیکر رویشی و ریشه اثر معنی‌داری دارد به‌طوری‌که بیشترین وزن تر و خشک پیکر رویشی و ریشه در گیاهچه‌های زیر فیلتر سفید مشاهده شد و فیلترهای قرمز، آبی و سبز در این صفت اختلاف معنی‌داری نشان ندادند که حاکی از جابه‌جایی ترکیبات فتوسنتزی تحت تأثیر کیفیت نور است. نور قرمز و آبی در انتهای بالایی برگ جذب می‌شوند که در مقایسه با نور سبز در فتوسنتز در این بخش کاراتر هستند. و نور سبز در بخش‌های پایینی برگ در فتوسنتز مؤثرتر است. نور سبز (۵۰۰-۵۵۰ نانومتر) گاهی اوقات به عنوان ابزاری برای تحریک پاسخ‌های گیاهی خاص مانند کنترل روزنه‌ای، نورگرایی، فتومورفوژنیک و سیگنال‌های محیطی استفاده می‌شود (۱۷).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر طیف‌های مختلف نور بر صفات مورفولوژیکی گل راعی
Table 1- ANOVA for the effect of different light wavelengths on morphological traits of *Hypericum perforatum*

منابع تغییر Source of Variations	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات Mean squares								
		ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد شاخه No. of stem/Plant	تعداد برگ No. of leaf/Plant	تعداد میانگره No of Internode/Plant	طول میانگره Internode length (cm)	وزن تر بوته Shoot fresh weight (g	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک بوته Shoot dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
تیمار Treatment	3	93.19**	1.09ns	1952.03*	5.09 ns	0.43 **	0.115*	0.21**	0.006*	0.008*
خطا Error	36	13.8	0.93	961.88	6.90	0.03	0.049	0.02	0.002	0.0008

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. ns عدم معنی‌داری.
* and ** significant at p≤ 0.05, p≤ 0.01, respectively and ns nonsignificant.

جدول ۲- تأثیر طیف‌های مختلف نور بر صفات مورفولوژیکی گل راعی
Table 2- The effect of different light wavelengths on morphological traits in *Hypericum perforatum* L.

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد برگ No. of leaf/Plant	طول میانگره Internode length (cm)	وزن تر بوته Shoot fresh weight (g)	وزن خشک بوته Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
نور قرمز (Red)	22.98a	72.60ab	1.23a	0.40b	0.08b	0.06b	0.01b
نور آبی (Blue)	22.11ab	67.00b	1.05a	0.47ab	0.08b	0.09b	0.01b
نور سبز (Green)	18.70bc	74.10ab	1.06a	0.43ab	0.08a	0.13b	0.02b
نور سفید (white)	16.37c	98.50a	0.73a	0.64a	0.13a	0.38a	0.08a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون از نظر آزمون توکی دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different using Tukey's test ($p<0.05$).

تأثیر طیف‌های مختلف نور بر تعداد گرهک‌های سیاه برگ و میزان هیپریسین: نتایج تجزیه واریانس اثر طیف‌های نوری مختلف بر تعداد گرهک‌های سیاه و مقدار هیپریسین در سه بخش مختلف گیاهان تحت تأثیر تیمارهای نوری ارائه شده است (جدول ۳). آنالیز نتایج حاصله نشان می‌دهد که تیمارهای نوری بر تعداد گرهک‌های سیاه برگ‌های یک سوم میانی و بالایی گیاهچه‌ها و همچنین میزان هیپریسین تأثیر معنی‌داری دارند (جدول ۴). گیاهچه‌های تحت تیمار با فیلتر قرمز دارای بیشترین تعداد گرهک سیاه در برگ‌های بخش میانی بوته بودند. در برگ‌های یک سوم بالایی گیاهچه‌ها، فیلترهای قرمز، آبی و سبز نسبت به فیلتر سفید دارای بیشترین تعداد گرهک سیاه بودند. بیشترین میزان هیپریسین، به ترتیب مربوط به فیلترهای نوری قرمز، سفید، آبی و سبز بود (شکل ۳).

هیپریسین و پسودوهیپریسین به عنوان ترکیبات آللوشیمیایی دفاعی در گل راعی عمل می‌کنند. این ترکیبات شیمیایی در گرهک‌های سیاه قرار دارند. مشخص شده است که غلظت هیپریسین و پسودوهیپریسین با تعداد گرهک سیاه همبستگی دارد. زمانی‌که تولید کربن در مقایسه با تقاضای کربن افزایش یابد منجر به تولید مقادیر بالایی از هیپریسن و پسودوهیپریسین می‌شود. احتمالاً به دلیل افزایش تولید کربن توسط گیاه با افزایش تحریک در غدد سیاه به عنوان محل‌هایی برای بیوسنتز هیپریسین و پسودوهیپریسین در گیاه عمل می‌کنند. به نظر می‌رسد در گیاهچه‌های تحت تیمار با فیلتر قرمز، مقدار کربن حاصل شده از فتوسنتز بیشترصرف بیوسنتز ترکیبات ثانویه می‌شود تا رشد گیاه. در واقع برای ترکیبات آللوشیمیایی کربن‌دار مانند ترپن‌ها و فنولیک‌ها چنین مسیر متابولیسمی برای توضیح این افزایش در متابولیت ثاویه وجود دارد (۲۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر طیف‌های مختلف نور بر تعداد گرهک سیاه برگ و میزان هیپریسین در گل راعی

Table 3- ANOVA for the effect of different light wavelengths on leaf black nodule number and hypericin content in *Hypericum perforatum* L.

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات Mean squares: میزان هیپریسین Hypericin content (%)	تعداد گرهک سیاه (برگ های پایینی) No. of black nodule/bottom leaves	تعداد گرهک سیاه (برگ های میانی) No. of black nodule/middle leaves	تعداد گرهک سیاه (برگ های بالایی) No. of black nodule/upper leaves
تیمار (Tretment)	3	0.001*	22.74*	16.10*	16.76*
خطا (Error)	36	0.00001	19.72	20.56	14.77

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. ns عدم معنی‌داری.

* , ** and ns are significant at $p\leq 0.05$, $p\leq 0.01$ and not significant, respectively.

جدول ۴- اثر طیف‌های مختلف نور بر تعداد گرهک سیاه در برگ گل راعی

Table 4- The effect of different light wavelengths on black nodule number in *Hypericum perforatum* L. Leaf

تیمار Treatment	تعداد گرهک سیاه (برگ‌های میانی) No. of black nodule/middle leaves	تعداد گرهک سیاه (برگ‌های میانی) No. of black nodule/middle leaves
نور قرمز Red light	17.77^{a}	15.55^{a}
نور آبی Blue light	15.51^{b}	15.66^{aa}
نور سبز Green light	14.22^{b}	14.11^{a}
نور سفید White light	13.88^{b}	11.77^{b}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون از نظر آزمون توکی دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different using Tukey's test ($p<0.05$).

a: (White) نور سفید | b: (Green) نور سبز | c: (Blue) نور آبی | d: (Red) نور قرمز

شکل ۲- تعداد گرهک‌های سیاه در برگ‌های تحت تیمار با فیلترهای نوری در گیاه گل راعی

بیشترین تعداد گرهک سیاه به نور قرمز (d) و کمترین آن به نور سفید (a) تعلق دارد.

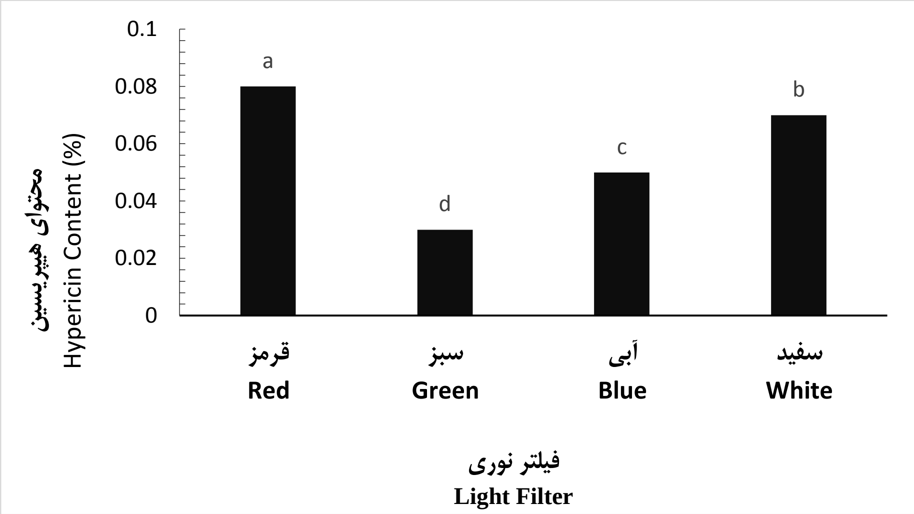
Figure 2- The number of black nodules on *Hypericum perforatum* L. leaves treated with light filters

Maximum and minimum number of black nodule were related to red and white lights, respectively.

نتیجه‌گیری

طیف‌های مختلف نور با تأثیر در سطوح هورمون‌های گیاهی و تغییر در مسیر متابولیت‌های اولیه و ثانویه منجر به تغییر در صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می‌گردند. مراحل مختلف رشد گیاهان نیازمند طیف‌های نوری متفاوتی هستند. گیاهان در اوایل مرحله رشد رویشی نیازمند بخش آبی طیف نور هستند در حالیکه در مرحله گلدهی معمولاً به طیف قرمز متمایل به نارنجی احتیاج خواهند داشت. بیشترین جذب طیف نور توسط کلروفیل‌ها در محدوده رنگ‌های آبی (۴۰۰-۵۰۰ نانومتر) و قرمز (۶۰۰-۷۰۰ نانومتر) و توسط کاروتنوئیدها در ناحیه نور آبی صورت می‌گیرد. بنابراین گیاهان باید با

نورهـایی کـه دارای مجموعه‌ای از نورهای تک‌رنگ هســـتند و طول موج‌های مختلفی دارند، نوردهی شـوند تا بر سـرعت فتوسـنتز افزوده گردد. کاربرد آمیخته‌های نوری در طی دوره پرورش نشـاء می‌تواند بر پرورش نشـاء قوی با پتانسـیل بالای تولید مواد مؤثره نقش به‌سزایی داشته باشد.



شکل ۳- تأثیر طیف‌های مختلف نور بر میزان هیپریسین در گیاهچه‌های گل راعی

Figure 3- The effect of different light wavelengths on hypericin content in *Hypericum perforatum* plantlet (Tukey's test, *p≤0.05*)

منابع

1- Azizi M., and Omidbaigi R. 2002. Effect of NP supply on herb yield, hypericin content and cadmium accumulation of St. Johns Wort (*Hypericum perforatum* L.). Acta Horticulture 576: 267-277.
2- Bombardelli E., and Morazzoni P. 1995. *Hypericum perforatum*. Fitoterapia 66: 43-68.
3- Escop. 1996. Monographs on the medicinal use of plants drugs, fasicule1, *Hyperici herba*.
4- Eskins K., Duysen M., Dybas L., and McCarthy S. 1985. Light quality effects on corn chloroplast development. Agricultural of Research Service 77: 29-34.
5- Hirai T., Amaki W., and Watanabe H. 2006. Action of blue or red monochromatic light on stem internodal growth depends on plant species. Acta Horticulturae 711: 345-350.
6- Jiao Y., Grant C., and Baily L. 2004. Effects of phosphorus and zinc fertilizer on cadmium uptake and distribution in flax and durumwheat. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 777-785.
7- Klein R.M., Edsall P.C., and Gentile A.C. 1965. Effects of near ultraviolet and green radiations on plant growth. Journal of Plant Physiology 40: 903-906.
8- Lebaschi M., and Sharifi Ashourabadi A. 2003. The use of physiological indexes of growth in the application of *Hypericum perforatum*. Journal of Research and Development 65. (In Persian)
9- Li S., Rajapakse N.C., Young R.E., and Oi R. 2000. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photo-selective plastic films. Scientia Horticulturae 84: 215-225.
10- Mancinelli L. 1990. Interaction between light quality and light quantity in the photoregulation of anthocyaninproduction. Plant Physiology 92: 1191-1195.
11- Mortensen L.M., and Stromme E. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Horticulturae 33: 27-36.
12- Nishio J.L. 2000. Why are higher plants green Evolution of the higher plant photosynthetic pigment complement. Plant, Cell & Environment 23(6): 539–548.
13- Okamoto K., Yanagi T., and Kondo S. 1997. Growth and morphogenesis of lettuce seedlings raised under different combinations of red and blue light. Acta Horticulturae 435: 149-158.
14- Oyaert E., Volckaert E., and Debergh P.C. 1999. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. Scientia Horticulturae 79: 195-205.
15- Rajapakse N.C., Young R.E., McMahon M.J., and Oi R. 1999. Plant height control byphotoselective filters: current status and future prospects. HortTechnology Journal 9(4): 618-624.
16- Samsam Shariat H. 2003. Nourishment and Propagation of Medicinal Plants. Mani Publications. (In Persian)

17- Terashima I., Fujita T., Inoue T., Chow W.S., and Oguchi R. 2009. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green. Plant Cell Physiology 50: 684–697
18- Yorio N.C., Goins G.D., Kagie H.R., Wheeler R.M., and Sager J.C. 2001. Improving spinach, radish and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. Journal of American Society for Horticultural Science 36(2): 380-383.
19- Zargari A. 1983. Medicinal Plants. Volume1. Tehran University Publications, Iran. (In Persian)
20- Zheng J., Hu M.J., and Guo Y.P. 2008. Regulation of photosynthesis by light quality and its mechanism in plants. Journal of Applied Ecology 19(7): 1619-1624.
21- Zobayed S., and Saxena P.K. 2004. Production of St. John’s wort plants under controlled environment for maximizing biomass and secondary metabolites. In Vitro Cellular Developmental Biology-Plant 40: 108–114.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 331-339
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۳۹-۳۳۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Influence of Different Light Spectra on Morphological Traits and Hypericin Content in St. John's Wort (*Hypericum perforatum* L.)

J. Zandavifard[1*]- M. Azizi[2]
Received: 25-10-2015
Accepted: 27-07-2016

Introduction: St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) is a medicinal plant which used mainly in treatment of mild depression, neurological disorders and has been recently shown to have anticancer potential. The principle medicinal components of St. John's wort are hypericin, pseudohypericin, and hyperforin. Light is one of the most important environmental factors affecting plant growth, survival, reproduction and distribution. The light quality, light intensity, duration and photoperiod directly affect plant growth. Light quality refers to the color or wavelength reaching the plant's surface. A prism (or raindrops) can divide sunlight into respective colors of red, orange, yellow, green, blue, indigo and violet. Red and blue have the greatest impact on plant growth. Green light is least effective (the reflection of green light gives the green color to plants). Blue light is primarily responsible for vegetative leaf growth. The principle objective of the current study was to evaluate the effects of different spectral quality including red, blue, green and white on the growth factors and production of hypericin.

Materials and Methods: This experiment was conducted on the basis of Completely Randomized Design with four treatments and 10 replications in the growth chamber in the Department of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Iran. In this study, seeds were obtained from the research greenhouse of FUM. Seeds after soaking in running water for 24 hours were planted in small pots (250g). After the seedlings have reached to height of 25cm, each 10 pots were put inside the boxes (20×30cm) made of colored filters. Experiment continued in a growth chamber with day and night temperature 25 and 21°C, respectively, relative humidity 45%, 16 hours of light with the intensity of 1000 lux and 8 hours of darkness for 50 days. Then morphological parameters including plant height, number of stems, number of leaves, number and length of internodes, fresh and dry weight of shoot and root were measured. To count the number of black nodules, the upper, middle and lower parts of seedling were evaluated individually. Hypericin content of the *H. perforatum* plantlets were measured according to the previous work of Azizi & Omidbaigi, 2002. Data were analyzed statistically by using SAS and Excel software. The significant differences between means were assessed by Tukey's test at $P < 0.05$.

Results and Discussion: The results showed that morphological parameters including plant height, leaf number, internode length, root fresh weight, dry weight of stem and root were affected significantly by light treatments. Minimum and maximum of plant height was related to white and red lights, respectively. Increasing plant height under the influence of red light was due to the variation in levels of growth regulators. Red and blue light by changing of the GA hormone level in the plant and affected elongation of plant stem. Minimum and maximum of leaf number was related to blue and white light respectively. Also, other morphological traits including internode length, fresh and dry weights of stem and root showed significant differences. Internode length for white light was less than red, green and blue light. Maximum of the fresh and dry weight of shoot and root of seedlings was observed under white light. Results suggest that photosynthetic compounds move in plant under the influence of light quality. Also the number of black nodules in three different parts of plant and hypericin content were compared in plantlets under the effect of light quality. Results analysis also confirmed that different lights had the significant impact on the number of black nodules in upper and middle leaves of *H. Perforatum* seedlings. Seedlings treated with the red light had the highest number of black nodules in the middle section of *H. perforatum*. In the top third of St. John's wort seedlings, red, blue and green light was inducted the highest number of black nodules formation than white light. The highest level of hypericin was related to red, white, blue and green lights, respectively. The number of black nodules in the plant and the hypericin content have positive correlation. It seems that in the seedlings treated with the red light, carbohydrates made from photosynthesis most used in biosynthesis of secondary metabolites than plant growth. In fact, carbon allelochemical compounds such as terpenes and phenolics have such metabolism direction to explain the increasing in secondary metabolites.

Conclusion: Different light spectra affects plant hormones levels and with alteration in the primary and secondary metabolites lead to a change in the morphological and biochemical traits of plant. In general, it can commented that the quantity and quality of light is able to affect the growth and the active metabolites of medicinal plants and using red and white mixture of light during seedling growth period have an effective role on generation

1 and 2- Ph.D. Student of Medicinal Plants Physiology and Breeding and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: zh.zandavifard@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2021.57256.0

of more strong seedlings with higher potential production of active ingredients.

Keywords: Light quality, Medicinal plants, Morphological traits, Secondary metabolites

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۵۴-۳۴۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 341-354
ISSN: 2008 - 4730

مقاله پژوهشی

تولید گیاهان خودریشه گلابی رقم 'نطنز' (*Pyrus communis* L. cv. Natanz) در شرایط درون‌شیشه‌ای

غلامحسین داوری نژاد[1*]- ساجده کریم پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۸

چکیده

به منظور تولید درختان خودریشــه گلابی رقم 'نطنز' (*Pyrus communis* cv. Natanz) در شـرایط درون شـیشه‌ای سه آزمایش جداگانه برای بهبود پرآوری شــاخه (تاثیرات BAP و Fe-NaEDDHA)، اســتقرار مریســتم (تاثیرات BAP و GA_3) و ریشــه‌دهی ریزشــاخه‌ها (تاثیرات IBA و NAA) در قالب طرح کاملاً تصــادفی به اجرا در آمد. شــاخه‌ها در محیط کشــت PMI (MS ×1.5 $CaCl_2$. $2H_2O$, KH_2PO_4 and $MgSO_4$. $7H_2O$) حاوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و صفر میلی‌گرم بر لیتر Fe-NaEDDHA پرآوری شدند (۵/۵۰ شاخه/ریزنمونه) و رشد طولی خوبی داشتند در صــورتی‌که غلظت‌های پایین BAP و Fe-NaEDDHA برگ‌های بالغ بیشــتری را تولید کرد. محیط کشــت PMI غنی شده با ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP بعلاوه ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-NaEDDHA برای پرآوری شـاخه نطنز بدلیل بالاترین میزان در رشـد رویشـی و بالاترین کیفیت شاخه‌های پرآوری شـده پیشـنهاد می‌شود. محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر GA_3 و یا ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP (۸۱ درصد) و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر GA_3 (۶۳ درصد) به ترتیب بالاترین درصد استقرار مریستم را داشتند. ریزشاخه‌های درون شیشه‌ای نطنز از طریق فروبری سریع در محلول IBA+NAA (۱۰۰۰+۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و سپس قرار دادن در محیط کشت PMI ریشه‌دار شدند.

واژه‌های کلیدی: ریزازدیادی، ریشه‌دهی، کشت مریستم، Fe-NaEDDHA

مقدمه

گلابی 'نطنز' یکی از مهم‌ترین ارقـام تجـاری گلابی در ایران اسـت که به‌دلیل خصـوصـیات کیفی و کمی بی‌نظیر میوه و هم‌چنین خصـوصـیات انبارداری مناسب آن مورد توجه است. گیاهان خودریشه گلابی خصـوصـیات بهتری از قبیل قدرت رشـدی زیاد در مقایســه با درختان پیوند شده برروی پایه کوئینز و سطوح پایین خسارات و تلفات نـاشــی از آفـات (۳۷ و ۳۸) نســبـت بـه گیاهان پیوندی دارد. این خصـوصـیات به احتمال بسـیار زیادی آن‌را برای کشـت‌های ارگانیک مناسـب می‌کند. از طرف دیگر، بدلیل بازدارنده‌های درونی، ریشــه‌دار شـدن گلابی نطنز موفق نبوده‌اسـت و در بسـیاری از موارد قلمه‌های ریشــه‌دار شــده بدلیل قهوه‌ای شــدن از بین رفته‌اند (۵۹). ریزازدیادی بطور قدرتمندی می‌تواند بر این مشکلات غلبه کند.

کشـت مریسـتم گلابی بطور وسـیعی با اهداف ریزازدیادی (۱۶ و ۳۶)، حفظ درون‌شـیشه‌ای ژرم پلاسم (۶، ۳۰، ۳۶، ۴۵ و ۴۷) و حذف ویروس (۷، ۱۰، ۲۱، ۳۴، ۳۵، ۵۵ و ۶۳) مورد مطالعه قرار گرفته است. چندین فاکتور درونی و بیرونی از قبیل ترکیبات محیط کشـــت، تنظیم کننده‌های رشـد گیاهی، سـایز ریزنمونه، بازدارنده‌های داخلی، شـرایط محیطی و غیره وجود دارد کـه منجر بـه موفقیـت و یـا عدم موفقیت اسـتقرار مریسـتم می‌شـود. بطور کلی نیاز اسـت محیط کشت پایه با تنظیم کننده‌های رشـدی مانند اکسین، سایتوکینین و/یا جیبرلین برای نمو بهینه نوک مریستم غنی‌سازی شود. نوع تنظیم کننده رشد گیاهی و غلظت آن‌ها بســتگی به ســایز ریزنمونه، گونه گیاهی و، همچنین ممکن است به فصل جداسازی نوک مریستم داشته باشد. مریستم‌های بزرگتر از ۵۰۰ میکرومتر ممکن اســت حتی در صــورت فقدان تنظیم

۱ و ۲- به‌ترتیب استاد و فارغ‌التحصیل دکتری، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

DOI: 10.22067/jhs.2021.60797.0

کننده‌های رشـد کاملاً نمو پیدا کنند (۱۷)، اما بطور کلی اضافه کردن مقادیر پایینی (۰/۵-۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) اکسـین یا سـایتوکینین و یا هر دو مطلوب اسـت. جیبرلین کالوس‌زایی از نوک مریستم را سرکوب می‌کند و برای رشـد و همچنین تمایز بهتر مفید اسـت. سـایتوکنین‌ها تاثیرات مثبتی را در ترکیب با اکسـین‌ها (۵۵) و جیبرلین‌ها در کشـت مریسـتم گونه‌های گلابی (۱۲) داشـته‌اسـت. آهن یک جزء حیاتی آنزیمی اسـت کـه در انتقال الکترون، واکنش احیا-اکسـیداسـیون بوسـیله‌ی اکسـیداسـیون از فرم Fe^{2+} به فرم Fe^{3+} شـرکت دارد، همچنین آهن یک جز تشکیل دهنده پروتئین‌های غیر-هِمی ست که در فتوسـنتز، تنفس و تثبیت N_2 مورد نیاز اسـت (۵۴). بسـیاری از مطالعات تاثیر منابع آهن و تاثیر مثبت Fe-NaEDDHA در کشـت درون‌شـیشـه درختان میوه را گزارش کرده‌اند. Fe-NaEDDHA با یا بدون منبع NaEDTA نتایج بهتری را در کشت های درون شیشه‌ای بـلـوبـری (۱۴ و ۸۵) نشـان دادنـد. ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-NaEDDHA بعلاوه ۱/۶ میلی‌گرم بر لیتر تیـامین برای ریشـه‌دهی پایه تترا (*Prunus empyrean* 3) بسـیار موثر بود (۴۱). تعداد شـاخه پرآوری شـده، طول شاخه، و وزن تر شاخه بطور معنی‌داری بوسیله‌ی Fe-NaEDDHA در پـایـه گلابی OHF 333 بهبود یـافـت (۴۹). حقگوتبلوندی و همکاران (۱۶) تاثیرات مثبت Fe-NaEDDHA (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر ریشـه‌دهی پـایـه‌هـای هیبریدی سـیب ایرانی (AZ×M9) بـه همراه ۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر تیـامین گزارش کردند. از آنجایی‌که گلابی متعلق به درختان میوه سـخت ریشـه‌زا هستند شاید مرحله ریشـه‌دهی مهمترین مرحله، حتی مشکل‌ترین مرحله در فرآیند ازدیاد درون‌شـیشه‌ای باشد. ریشه‌دهی درون‌شیشه‌ای ریزقلمه‌ها تحت تاثیر ژنوتیپ (رقم) (۴۶)، نوع و غلظت اکسـین (۲ و ۴۶)، روش القا و بیان ریشه‌دهی (۳، ۷، ۱۳ و ۴۰)، استفاده از مواد محرک مانند PVP، پلی‌آمین‌ها، PP333 (۱۳، ۲۹ و ۳۹) و غیره قرار دارد.

در راسـتای بهبود ازدیاد درون شـیشه‌ای گلابی رقم نطنز تاثیرات متقابل BAP × Fe-NaEDDHA بر پرآوری شـاخه، تاثیرات متقابل غلظت GA_3 × BAP بر اسـتقرار مریسـتم و همچنین اثرات IBA و NAA بر ریشه‌دهی ریزشاخه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرآوری شـاخه (آزمایش اول) و کشـت مریسـتم (آزمایش

جوانه‌های رویشـی شـاخه‌های فصل جاری گلابی رقم 'نطنز' از کلکسـیون گلابی مرکز تحقیقات کشـاورزی و منابع طبیعی اسـتان سـمنان، شـهر شـاهرود (۲۵/۳۶ درجه شرقی، ۵۸/۵۴ درجه شمالی و ارتفاع ۱۳۸۰ متر) جمع‌آوری و سـریعاً در شـرایط خنک به آزمایشـگاه کشـت بافت گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. جوانه‌ها بعد از ضـدعفونی سطحی با اتانول ۷۰ درصد برای یک دقیقه و هیپوکلریت سدیم (NaClO) ۲ درصد برای ۲۰ دقیقه، سه بار با آب مقطر اسـتریل شـسـتشو داده شدند و در محیط کشت PMI حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP مسـتقر شـدند. شـاخه‌های جدید رشد یافته از جوانه‌های فعال شده بعد از ۴ هفته به محیط کشت PMI (۳۸) حاوی هورمون BAP (Merck, CAS 1214-39-7) در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و Fe-EDDHA در چهار غلظت صـفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر منتقل شـدند. مریسـتم‌ها شامل دو برگ پریموردیا از شـاخه‌های درون‌شـیشـه‌ای گلابی جدا شدند و در محیط کشت MS حاوی غلظت‌های مختلف BAP (۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و GA_3 (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، Merck, CAS 77-06-5) به‌اضـافه غلظت ثابت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر از IBA (Merck, CAS 133-32-4) کشـت شدند. مریستم‌های کشت شده برای ۴ روز در تاریکی قرار داده شـدند و بعد از آن به شـرایط نرمال اتاقک رشـد منتقل گردیدند.

ریشه‌دهی (آزمایش سوم)

شـاخه‌های درون‌شیشه‌ای پرآوری شده (بزرگتر از ۳ سانتی‌متر) در محیط کشـت PMI حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA برای آزمایش ریشـه‌دهی مورد اسـتفاده قرار گرفتند. غلظت‌ها و ترکیبات مختلف از دو اکسین IBA و NAA مورد بررسـی قرار گرفت. تیمارها شامل غلظت‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از IBA و یـا NAA و دو تیمـار ترکیبی IBA۱۰۰۰ +NAA۱۰۰۰ و IBA۲۰۰۰ + NAA۲۰۰۰ بـود. ریزشـاخه‌ها به مدت ۵ ثانیه در محلول ریشـه‌زایی فرو برده شـدند و سپس به محیط کشت بدون تنظیم‌کننده‌های‌رشد گیاهی منتقل شدند. سـطح مقطع ریزشاخه‌ها قبل از فرو بردن در محلول ریشه‌زایی با تیغ اسکالپل تیز بطور عمودی برش داده شدند.

در تمامی آزمایشـات pH محیط کشـت قبل از اضـافه کردن آگار (Merck, CAS 9002-18-0، ۸ گرم بر لیتر) در حـدود ۵/۷±۰/۱ تنظیم شـد. سـاکارز (Merck, CAS 57-50-1) به مقدار ۳۰ گرم بر لیتر اسـتفاده گردید. BAP و IBA از طریق اتوکلاو و GA_3 توسـط فیلتر سـرنگی (MS® MCE syringe filter, 0.22 µm) اسـتریل شـدند. شـرایط اتاقک رشـد ۲±۲۴ درجه سـانتی‌گراد و ۱۶/۸ ساعت تاریکی/روشـنایی در شـدت نور ۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه تامین شده توسط لامپ‌های فلورسنت سفید بود.

ثبت داده و آنالیز آماری

تعداد شـاخه پرآوری‌شـده و طول آن‌ها، تعداد برگ، نکروزه شدن نوک شـاخه و رشـد رویشـی (تعداد شـاخه پرآوری شـده×طول شاخه پرآوری شـده) برای بهبود پرآوری شـاخه‌ها، درصـد مریسـتم‌های

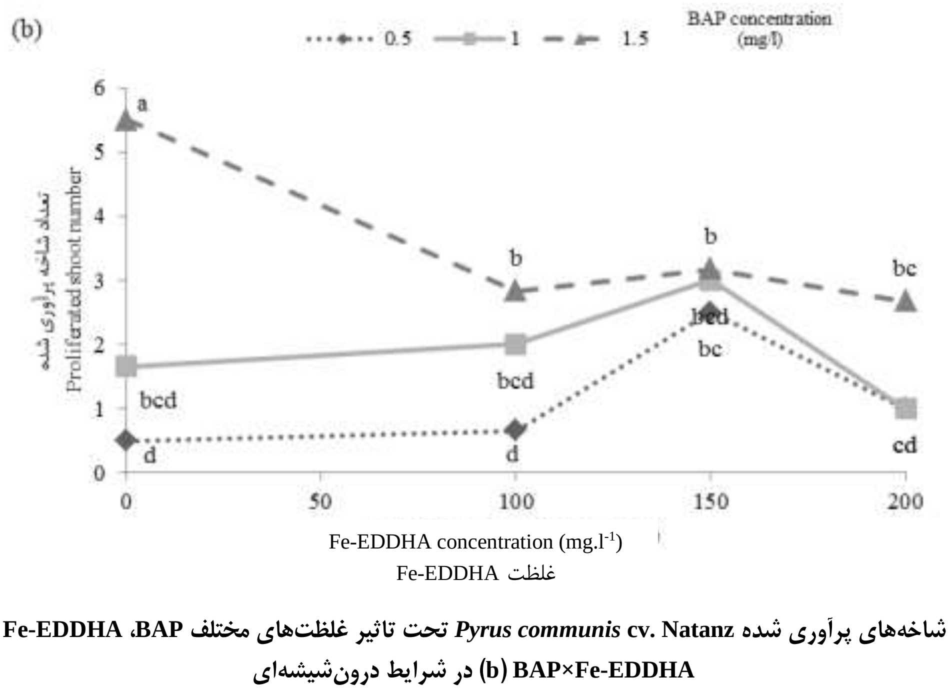
استقراریافته برای کشت مریستم و درصد ریشه‌دهی برای آزمایش ریشه‌زایی بعد از ۴ هفته از شروع هر آزمایش ثبت گردید.

تمام آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با پنج تکرار به اجرا در آمد. BAP (۳ سطح) و Fe-EDDHA (۴ سطح) برای آزمایش اول، BAP (۳ سطح) و GA_3 (۲ سطح) برای آمایش دوم بصورت فاکتوریل آنالیز شدند. از نرم‌افزار SAS (۴۴) برای آنالیز آماری استفاده گردید و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

پرآوری شاخه (آزمایش اول)

تعداد شاخه پرآوری شده یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اقتصادی در ریزازدیادی است. تعداد شاخه پرآوری شده تحت تاثیر غلظت‌های مختلف BAP ($p \leq ۰/۰۱$) و Fe-EDDHA ($p \leq ۰/۰۵$) و اثر متقابل آن‌ها ($p \leq ۰/۰۵$) قرار گرفت. بالاترین میزان شاخه پرآوری شده در محیط کشت حاوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP (۳/۵۴؛ شکل ۱، a)، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA (۲/۸۹؛ شکل ۱، a) و ۱/۵میلی‌گرم بر لیتر BAP + ۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA (۵/۵۰؛ شکل ۱، b) مشاهده شد. ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA تاثیر تعادلی معنی‌داری برای تمام سطوح BAP داشت که نشان می‌هد ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر غلظت بهینه Fe-EDDHA برای پرآوری شاخه گلابی نطنز می‌باشد (شکل ۱، b). تعداد شاخه پرآوری شده گلابی با افزایش غلظت BAP افزایش می‌یابد (۴۶). برای پایه‌های مختلف گلابی غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP برای پرآوری شاخه مناسب بود (۲۸). اثر مثبت Fe-EDDHA بر نرخ تکثیر *Rubus* (۵۸)، بلوبری رقم (۱۴ و ۶۰) و پایه گلابی OHF 333 (۴۹) قبلاً گزارش شده‌است. تسائو و رید (۵۸) گزارش کردند که برگ‌های *Rubus* شاخه‌های جانبی بیشتری را تولید کردند زمانی‌که ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-NaEDTA به محیط اضافه شد. Fe-EDDHA در بلوبری باعث ایجاد رنگ سبز تیره در برگ و شاخه‌های رقم Blue Crop شد و نرخ تکثیر گیاه را افزایش داد (۱۴).

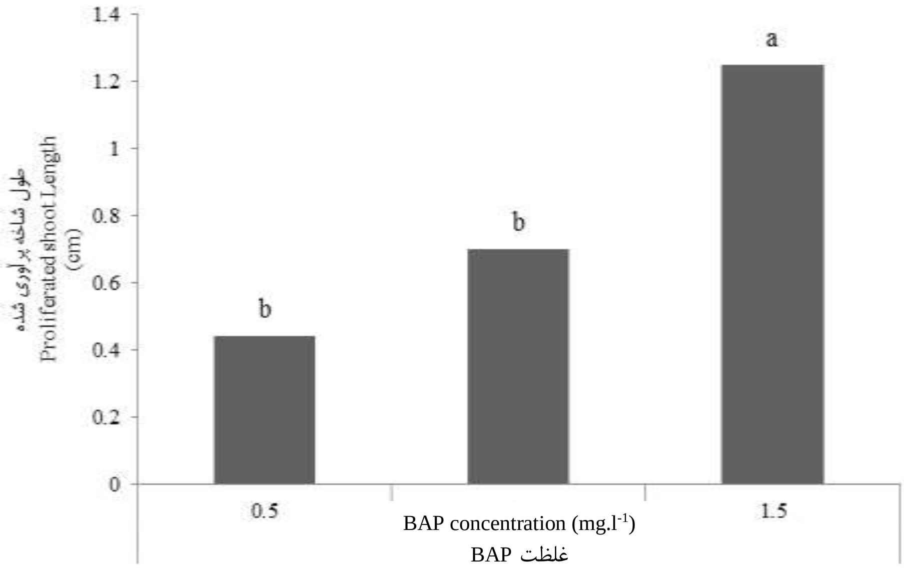


شکل ۱- تعداد شاخه‌های پرآوری شده *Pyrus communis* cv. Natanz تحت تاثیر غلظت‌های مختلف BAP، Fe-EDDHA (a) و اثر متقابل BAP×Fe-EDDHA (b) در شرایط درون‌شیشه‌ای

Figure 1- The effect of BAP and Fe-EDDHA concentrations (a) and BAP×Fe-EDDHA interaction (b) on *in vitro* proliferated shoot number of *Pyrus communis* cv. Natanz. (LSD, $p \leq 0.05$)

طول شاخه پرآوری شده

BAP ($p \leq ۰/۰۱$) تاثیر معنی‌داری بر طول شاخه پرآوری شده داشت درحالی‌که Fe-EDDHA فاکتور موثری نبود. طویل‌ترین شاخه پرآوری شده در محیط کشت غنی شده با ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP (۱/۲۵ سانتی‌متر) و کوتاه‌ترین در محیط کشت حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP (۰/۴۴۲ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۲). حسانن و گبر (۲۰) بیشترین مقادیر طول شاخه پرآوری شده *Pyrus betulaefolia* را در سطوح بالای BAP گزارش کردند. هک و کالو (۱۸) نیز شاخه‌های پرآوری شده بلندتری را در مقادیر بالای BAP بدست آوردند. در مقابل، شیبلی و همکاران (۴۸) برای گلابی وحشی *Pyrus* *syrica* و تاکور و کانوار (۵۶) برای گلابی *Pyrus pyrifolia* (Burm F.) Nakai.I بیان کردند که سطوح بالای BAP طول شاخه‌های پرآوری شده را کاهش داد. غلظت‌های BAP تاثیرات متغیری در طول شاخه‌های پرآوری شده *Pyrus communis* L. cv. Sebri نشان داد زمانی‌که با سایر تنظیم کننده‌های رشدی IBA و GA_3 بکار برده شد (۲۳).



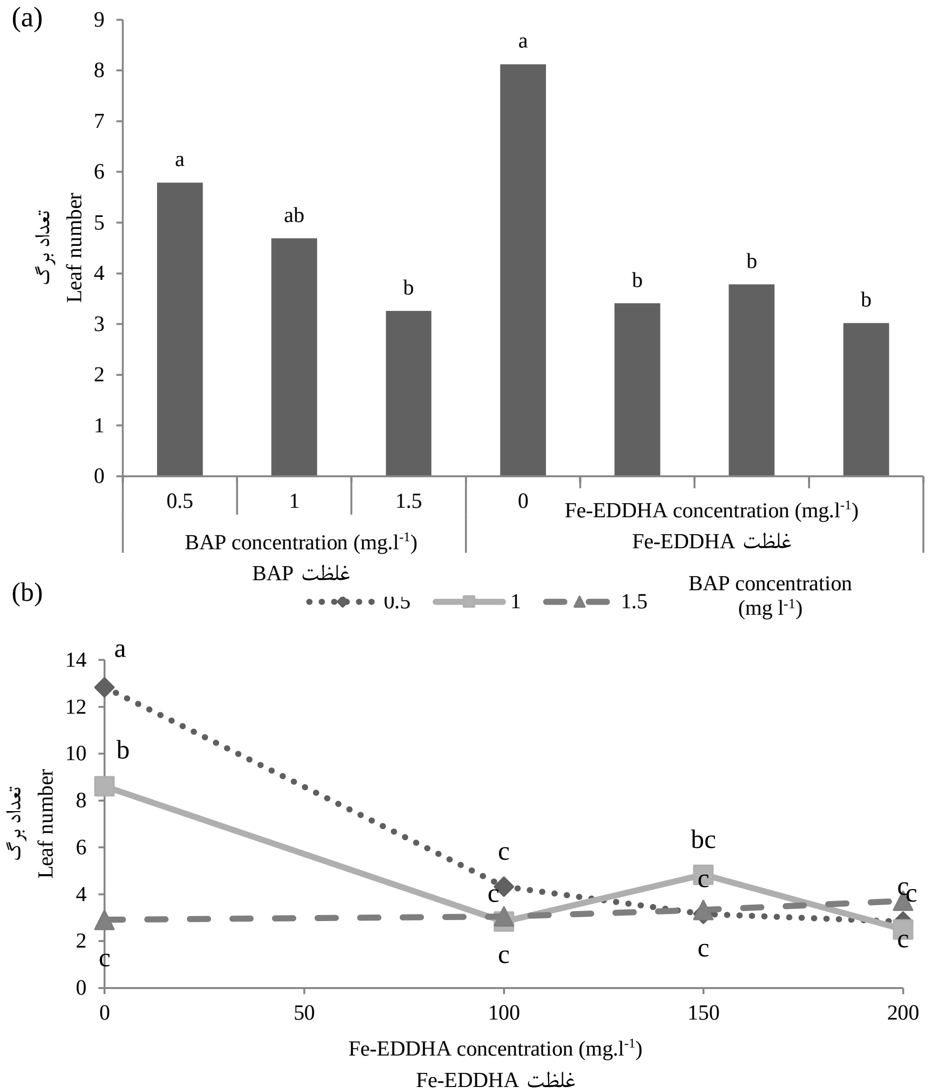
شکل ۲- طول شاخه‌های پرآوری شده *Pyrus communis* cv. Natanz تحت تاثیر غلظت‌های مختلف BAP در شرایط درون‌شیشه‌ای
Figure 2- *Pyrus communis* cv. Natanz proliferated shoot length affected by BAP concentrations *in vitro.* (LSD, $p≤0.05$)

تعداد برگ تولید شده

سطوح مختلف BAP ($p≤۰/۰۵$)، Fe-EDDHA ($p≤۰/۰۱$) و اثر متقابل BAP×Fe-EDDHA ($p≤۰/۰۱$) تاثیر معنی‌داری بر برگ تولید شده داشت بطوری‌که غلظت‌های بالاتر BAP باعث تولید برگ‌های بالغ بیشتری (۵/۷۹) شد. فقدان Fe-EDDHA (۵/۷۹) نسبت به حضور آن در غلظت‌های ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای تولید برگ بالغ بهتر بود. محیط کشت‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP بدون Fe-EDDHA (۱۲/۸۳) منجر به تولید بالاترین تعداد برگ بالغ به ازای هر شاخه شد (شکل ۳). شاخه‌های رشد یافته در محیط کشت حاوی ۱ میلی‌گرم برلیتر BAP + ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA برگ‌هایی با تعداد مناسب (۳/۱۶) و کیفیت بهتر تولید کردند.

نکروزه شدن نوک شاخه

قهوه‌ای شدن نوک شاخه مانند علائم کمبود عناصر غذایی کم تحرک مانند کلسیم می‌باشد (۲۵) و می‌تواند به آبشاری از عوامل موثر بر سطوح کلسیم و بور در محیط کشت وابسته باشد (۵). بایرو و همکاران (۵) دریافتند که کالوس در پای شاخه می‌تواند به عنوان یک مخزن برای برخی اجزای محیط کشت مانند کلسیم که مسئول قهوه‌ای شدن نوک شاخه هستند عمل کند. سایتوکنین‌ها نقشی را در تنظیم غالبیت انتهایی و انتقال سیگنال‌ها بر عهده دارند (۳۱ و ۴۳) و هر گونه بی نظمی در عمل و در دسترس بودن سیتوکنین‌ها، به احتمال زیاد باعث اختلال در تعادل مواد مغذی کل گیاه می‌شود. نکروزه شدن نوک شاخه در تمام محیط کشت‌های حاوی BAP با شدت‌های مختلف مشاهده شد ($p ≤۰/۰۵$). BAP در ۱/۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب بیشترین تا کمترین میزان نکروزه شدن نوک شاخه را نشان داد (شکل ۴). Fe-EDDHA هیچ تاثیری بر نکروز شدن نوک شاخه نداشت. تاکور و کانوار (۵۷) بیان کردند که غلظت‌های بالای BAP منجر به نکروزه شدن بیشتر شاخه برخی ارقام گلابی شد در حالی‌که شاخه‌های گلابی وحشی نکروزه شدن را نشان ندادند.



شکل ۳- تاثیر غلظت‌های BAP و Fe-EDDHA (a) و اثرات متقابل BAP×Fe-EDDHA (b) بر تعداد برگ تولید شده در ریزشاخه‌های *Pyrus communis* cv. Natanz

Figure 3- The effect of BAP and Fe-EDDHA concentrations (a) and BAP×Fe-EDDHA interaction (b) on *in vitro* leaf number production of *Pyrus communis* cv. Natanz. (LSD, $p \leq 0.05$)

در مقابل گریگوریادو و همکاران (۱۵) بیان کردند که BAP تاثیری بر میزان قهوه‌ای شدن نوک شاخه در *P. communis* نداشت. همچنین گزارش شده است که طول مدت واکشت بر میزان قهوه‌ای شدن شاخه موثر بوده و واکشت زودتر میزان آن را کاهش می‌دهد که ممکن است بدلیل تقلیل نمک‌ها و یا سایر مواد در محیط کشت در طول دوره کشت باشد (۵۷ و ۱۵). در سایر گیاهان مانند *Quercus rubur* (۳۳)، *H. procumbens* (۴) و *Cercis canadensis* var. Mexicana (۲۷) نیز افزایش قهوه‌ای شدن نوک شاخه در غلظت‌های بالای سایتوکنین مشاهده شد.

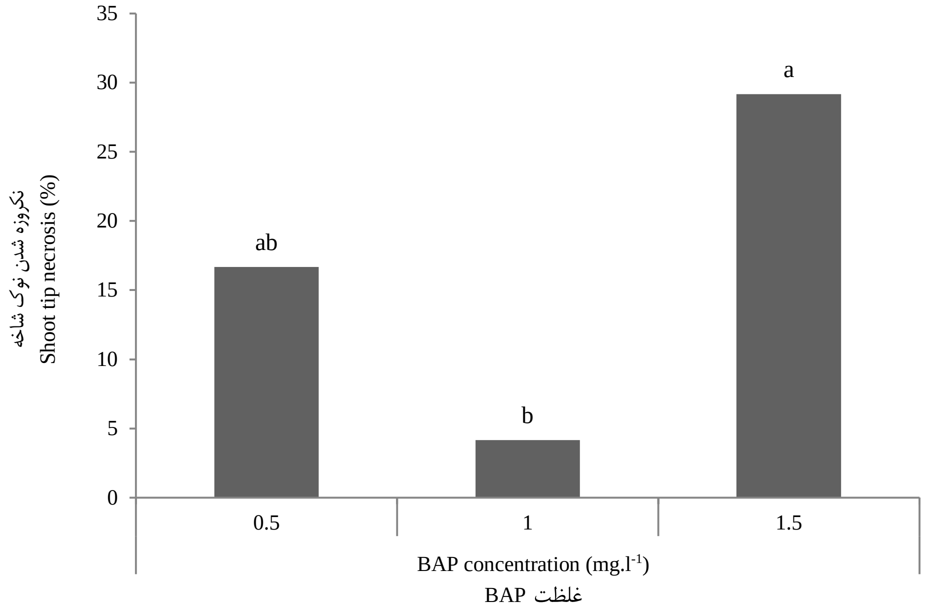
رشد رویشی

رشد رویشی به عنوان یک شاخص از قدرت محیط کشت در القای رشد رویشی (حاصل میانگین طول شاخه پرآوری شده ضرب‌در تعداد شاخه پرآوری شده+ طول شاخه اصلی) در این آزمایش تحت تاثیر سطوح مختلف BAP ($p \leq ۰/۰۱$)، Fe-EDDHA ($p \leq ۰/۰۵$) و اثر متقابل BAP×Fe-EDDHA ($p \leq ۰/۰۵$) قرار گرفت. بهترین ترکیب متقابل برای رشد رویشی در محیط کشت حاوی ۱ میلی‌گرم برلیتر BAP + ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA بدست آمد

(شکل ۶، a). طول شاخه اصلی تحت تاثیر فاکتورهای مورد بررسی قرار نگرفت. رشد شاخه‌های مقاوم به سرمای سیب (B.9، Otawa.3، P.2 و P.22) زمانی‌که Fe-EDDHA بجای Fe-EDTA به عنوان منبع آهن جایگزین شد مطلوب بود (۶۲). قدرت رشدی گیاه در شاخه‌های بلوبری رقم Blue Crop با کاربرد Fe-EDDHA افزایش یافت (۱۴).

کشت مریستم (آزمایش دوم)

غلظت BAP تاثیر معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) بر زنده‌مانی مریستم داشت درحالی‌که غلظت GA_3 بی‌تاثیر بود. مریستم‌ها بخوبی در محیط کشتی حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر BAP + ۰/۵ میلی‌گرم برلیتر GA_3 (۸۱ درصد) بصورت طبیعی استقرار یافتند. بعد از آن مریستم‌ها در محیط غنی شده با ۱ میلی‌گرم برلیتر BAP + ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر GA_3 نیز درصد خوبی از استقرار را نشان دادند (۶۳ درصد، جدول ۱). اریک و فورتس (۱۲) مریستم ارقام ‘Carrick’ ‘Garber’ گلابی را در ترکیب تنظیم کننده رشدی BAP (۱ میلی‌گرم بر لیتر)، NAA (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) و GA_3 (۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) بخوبی مستقر کردند.



شکل ۴- نکروزه شدن نوک شاخه در ریزشاخه‌های *Pyrus communis* cv. Natanz تحت تاثیر غلظت‌های BAP در شرایط درون شیشه‌ای

Figure 4- *Pyrus communis* cv. Natanz shoot tip necrosis affected by BAP concentrations *in vitro.* (LSD, $p \leq 0.05$)

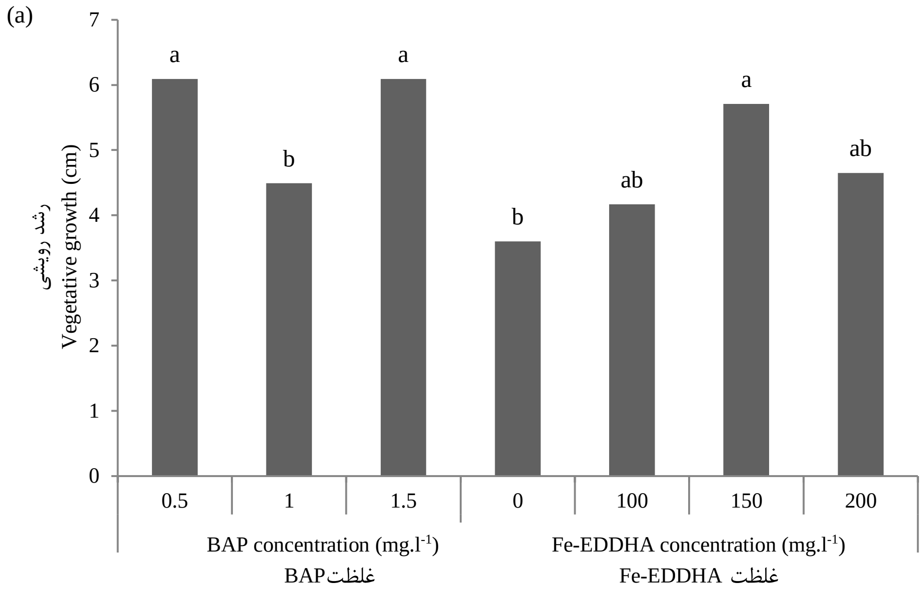
جدول ۱- اثرات ساده و متقابل غلظت BAP و GA_3 بر زنده‌مانی گیاهان (درصد) حاصل از کشت مریستم *Pyrus communis* cv. Natanz در شرایط درون‌شیشه‌ای

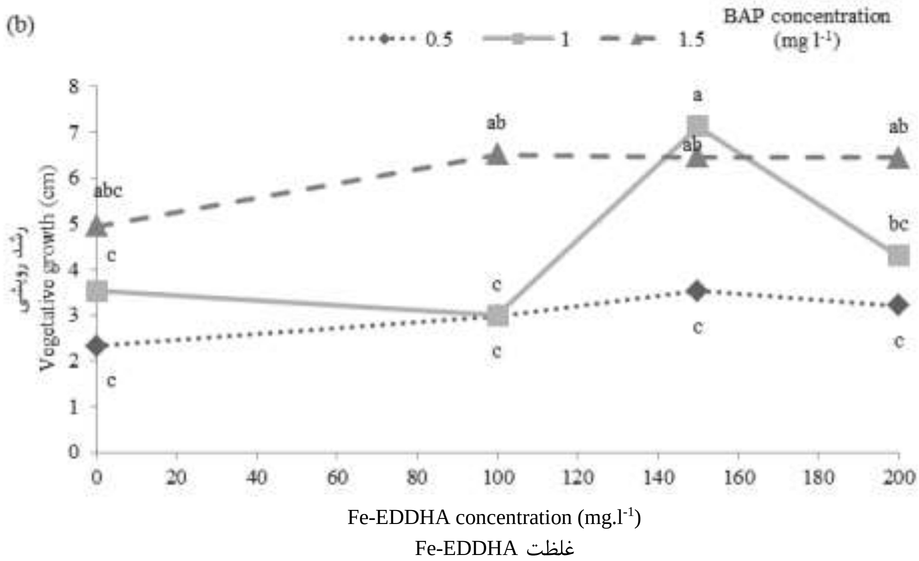
Table 1- The simple and interaction effects of BAP and GA_3 concentrations on survival plants (%) of *Pyrus communis* cv. Natanz meristems *in vitro*

		غلظت BAP BAP concentration (mg.l^{-1})			
		0.5	1	1.5	
غلظت GA_3 GA_3 concentration (mg.l^{-1})	0.1	36.00 ab	63.00 a	0.00 b	33.00 A
	0.5	81.00 a	0.00 b	0.00 b	27.00 A
		58.50 A	31.50 AB	0.00 B	

میانگین‌های دارای حروف مشترک (حروف بزرگ اثرات ساده و حروف کوچک اثرات متقابل) تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with similar letters (capital for simple and small for interaction effects) have no significant differences based on LSD test at $p \leq 0.05$.





شکل ۵- تاثیر غلظت‌های BAP و Fe-EDDHA (الف) و اثر متقابل BAP×Fe-EDDHA (ب) بر رشد رویشی ریزشاخه‌های *Pyrus communis* cv. Natanz در شرایط درون‌شیشه‌ای

Figure 5- The effect of BAP and Fe-EDDHA concentrations (a) and BAP×Fe-EDDHA interaction (b) on *in vitro* vegetative growth of *Pyrus communis* cv. Natanz. (LSD, $p≤0.05$)

ریشه دهی (آزمایش سوم)

اکسین تنها در مراحل اولیه فرآیند ریشه‌دهی برای القای ریشه‌های نابجا مورد نیاز است (۱ و ۱۹). در مراحل بعدی توسعه ریشه اکسین می‌تواند حتی توسعه ریشه را باز دارد (۹، ۱۱، ۲۲ و ۲۶). اغلب روش‌های ریشه‌دهی درون شیشه‌ای منتشر شده از روش دو مرحله‌ای ریشه‌دهی می‌باشد که القای ریشه در مرحله اول و طویل شدن ریشه در مرحله دوم رخ می‌دهد. انواع مختلف اکسین و غلظت‌های آن‌ها تاثیر معنی‌داری روی ریشه‌دهی ریزشاخه‌های گلابی نطنز داشت ($p≤۰/۰۵$). NAA ریشه‌دهی را در غلظت‌ها پایین‌تر القا کرد درحالی‌که تاثیر مثبت IBA در ریشه‌دهی در غلظت‌های بالاتر مشاهده شد (جدول ۲). ۱۰۰ درصد از ریزشاخه‌ها در غلظت‌های ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA و همچنین تیمار ترکیبی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از هر کدام از NAA و IBA ریشه دادند (شکل ۶ c). تاثیرات مختلف انواع اکسین بر ریشه‌دهی گلابی در گلابی وحشی (۴۸)، پایه *Pyrus betulaefolia* (۲۰)، برخی ارقام گلابی (۵۸) و *Pyrus elaeagrifolia* Pallas (۳) گزارش شده‌است.

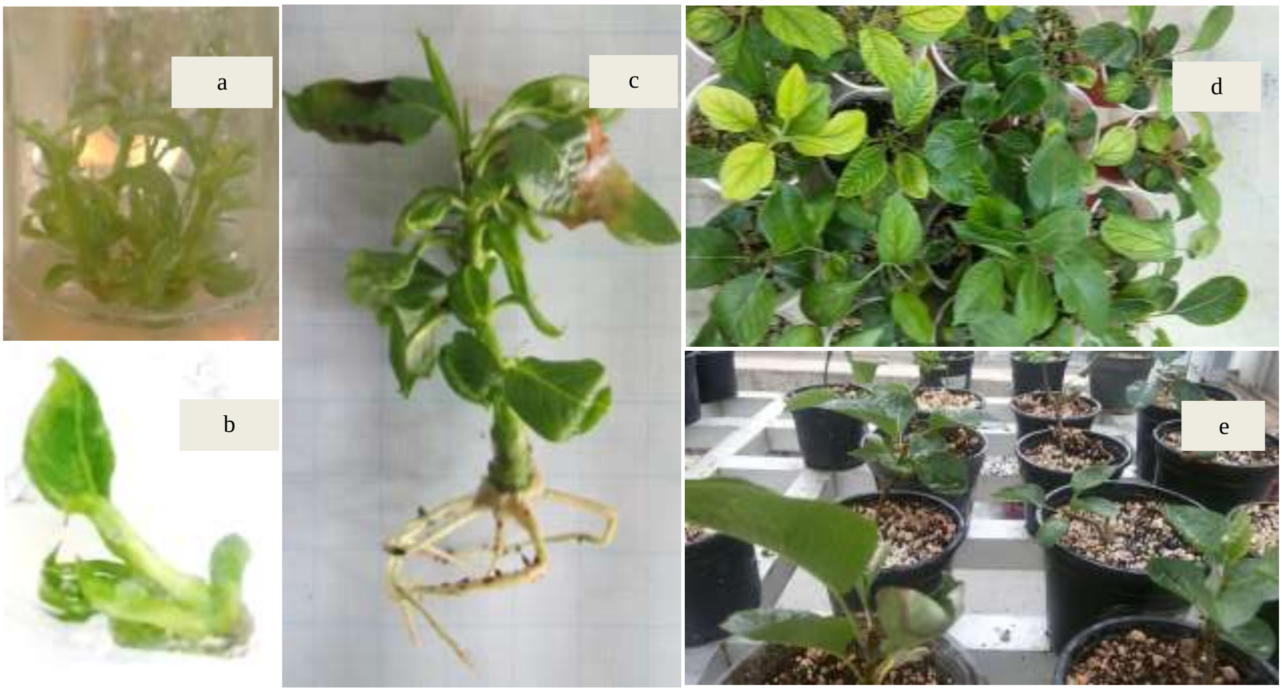
جدول ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر ریشه‌دهی درون‌شیشه‌ای ریزشاخه‌های *Pyrus communis* cv. Natanz

Table 2- The effect of different concentrations of IBA and NAA on rooting of *Pyrus communis* cv. Natanz micro-shoots *in vitro*

IBA (mg.l^{-1})	NAA (mg.l^{-1})	Rooting ریشه‌دهی (%)
1000	-	00.00 ^{b}
2000	-	33.34 ^{ab}
3000	-	66.67 ^{ab}
4000	-	66.67 ^{ab}
-	1000	66.67 ^{ab}
-	2000	100 ^{a}
-	3000	100 ^{a}
-	4000	100 ^{a}
1000	1000	100 ^{a}
2000	2000	100 ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with similar letters have no significant differences based on LSD test at $p\leq 0.05$.



شکل ۶- *Pyrus communis* cv. Natanz در مراحل مختلف ازدیاد درون شیشه‌ای: a) پرآوری شاخه در محیط کشت PMI حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Fe-EDDHA؛ b) مریستم استقرار یافته در محیط کشت MS حاوی ۰/۵میلی‌گرم بر لیتر BAP و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر GA_3 و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA بعد از ۴ هفته از کشت؛ c) شاخه‌های ریشه‌دار شده توسط فروبری سریع در محلول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیترNAA ؛ d و e) به ترتیب، گیاهچه‌های گلابی نطنز بعد از ۶ هفته (آزمایشگاه) و ۳ ماه (گلخانه) از سازگاری

Figure 6- *Pyrus communis* cv. Natanz in different stages of *in vitro* propagation: a) shoot proliferation in BAP at 1 mg.l^{-1} + Fe-EDDHA at 150 mg.l^{-1}, b) established meristem in medium containing BAP at 0.5 mg.l^{-1} + GA_3 at 0.5 mg.l^{-1} + IBA at 0.1 mg.l^{-1} after 4 weeks, c) Rooted shoot induced by 1000 mg.l^{-1} IBA+ 1000 mg.l^{-1} NAA, d and e) Natanz plantlets after 6 weeks (in the laboratory) and tree months (in the greenhouse) of adaptation, respectively.

رید و همکاران (۴۰) در پروتکل ریزازدیادی گلابی بیان کردند که اکثر ارقام گلابی با استفاده از روش فروبری سریع در محلول ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA یا NAA و سپس انتقال به محیط کشت بدون تنظیم کننده رشد ریشه می‌دهند. فروبری سریع شاخه‌های در محلول ۷۵۰ میکرومولار IBA ریشه‌دهی رقم 'Delicious' را از ۶۰ درصد به ۷۹ درصد افزایش داد (۵۱). منصوریار و همکاران (۲۸) ابتدا ریزشاخه‌های چند پایه گلابی را در محیط کشت QL حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر IBA در تاریکی به مدت ۸ روز قرار دادند سپس برای بیان ریشه در محیط کشت بدون هورمون منتقل کردند و به ۷۷ تا ۱۰۰ درصد ریشه‌دهی رسیدند. کریم‌پور و همکاران (۲۴) با کاربرد غلظت‌های IBA و NAA در محیط کشت القای ریشه نتوانستند گیاهچه ریشه‌دار گلابی نطنز تولید کنند اما در تیمار زخم‌زنی و ۲ میلی‌گرم بر لیتر IBA در محیط کشت القای ریشه، درصد پایینی ریشه‌دهی (۱۲/۵۶ درصد) مشاهده کردند. صفرنژاد و همکاران (۴۲) در ریشه‌زایی گلابی رقم نطنز با کاربرد ۱ تا ۳ میلی‌گرم بر لیتر IBA در محیط ریشه‌زایی توانستند حداکثر ۵۵ درصد ریشه‌زایی را مشاهده کنند. گیاهچه‌های تولید شده به خوبی به شرایط محیطی سازگار شدند (شکل ۶، d و e).

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جهت تأمین اعتبار این پژوهش سپاسگزاری نمایند.

منابع

1. Abel S., and Theologis A. 1996. Early genes and auxin action. Plant Physiology 111: 9-17.
2. Al-Maarri K., Arnaud Y., and Miginiac E. 1994. Micropropagation of *Pyrus communis* cultivar 'Passe Crassane' seedlings and cultivar 'Williams': factors affecting root formation *in vitro* and *ex vitro*. Scientia Horticulturae 58: 207-214.
3. Aygun A., and Dumanoglu H. 2015. *In vitro* shoot proliferation and *in vitro* and *ex vitro* root formation of *Pyrus elaeagrifolia* Pallas. Frontiers in Plant Science 6: 1-9.
4. Bairu M.W., Jain N., Stirk W.A., Dolezal K., and Staden J.V. 2009a. Solving the problem of shoot-tip necrosis in *Harpagophytum procumbens* bychanging the cytokinin types, calcium and boron concentrations in the medium. South African Journal of Botany 75: 122-127.
5. Bairu M.W., Stirk W.A., and Staden J.A. 2009b. Factors contributing to *in vitro* shoot-tip necrosis and their physiological interactions. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 98: 239-248.
6. Bell R.L., and Reed B.M. 2002. *In vitro* tissue culture of pear: advances in techniques for micropropagation and germplasm preservation. Proc.8th IS on Pear, Eds. L. Corelli-Grappadelli *et al*. Acta Horticulturae 596: 412-418.
7. Bhojwani S.S., Mullins K., and Cohen D. 1984. *In vitro* propagation of *Pyrus pyrifolia*. Scientia Horticulturae 23: 247-254.
8. Clapa D., Fira A., and Rusu T. 2007. The use of isubgol and sequestrene 138 for the *in vitro* propagation of the highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Journal of Food, Agriculture & Environment 6(1): 132-134.
9. De Klerk G.J., Van Der Krieken W., and De Jong J.C. 1999. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology-Plant 35:189-99.
10. Dong Y., Zhang Z., Zhamg S.H., Hong N., and Yu, J. 2002. Studies on elimination of apple and pear virus by combining tissue culture of top-stem with heat therapy. Northern Fruits 2.
11. Druart P. 1997. Optimization of culture media for *in vitro* rooting of *Malus domestica* Borkh. cv. Compact Spartan. Biologia Plantarum 39: 67-77.
12. Erig A.C., and Fortes G.R.L. 2002. *In vitro* establishment of pear (*Pyrus* spp.) starting from meristems and buds. Ciência Rural 32(4): 577-582.
13. Erturk U. 2013. The *in vitro* rooting performance of pear rootstock 'OHx×F 333' in different rooting Procedures. Journal of Food, Agriculture & Environment 11(3&4): 1424-1427.
14. Fira A., Clapa D., and Badescu C. 2008. Aspects regarding the *in vitro* propagation of highbush blueberry cultivar Blue crop. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary 65(1): 104-109.
15. Grigoriadou K., Leventakis N., Vasilakakis M. 2000. Effect of various culture conditions on proliferation and shoot-tip necrosis in the pear cultivars 'William's' and 'Highland' grown *in vitro*. Acta Horticulturae 520: 103-108.

16. Haghgou Tabalvandi M., Yadollahi A., Atashkar D., Kalatejari S. and Eftekhari M. 2014. Optimized root production during micropropagation of new Iranian apple hybrid rootstock (AZ×M9): effects of Fe-EDDHA and thiamine. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(10): 2659-2662.
17. Hakkaart F.A., and Versluijs J.M.A. 1988. Virus elimination by meristem-tip culture from a range of Alstroemeria cultivars. Netherlands Journal of Plant Pathology 94: 49-56.
18. Haq Z., and Kaloo Z.A. 2010. *In vitro* micro propagation of “sand pear” *Pyrus pyrifolia* (Burm.f.) Nakai. Frontiers of Agriculture in China 4(3): 358–361.
19. Harbage J.F., Stimart D.P., and Evert R.F. 1993. Anatomy of adventitious root formation in microcuttings of *Malus domestica* Borkh. ‘Gala’. Journal of the American Society for Horticultural Science 118: 680-8.
20. Hassanen S.A., and Gabr M.F. 2012. *In vitro* propagation of Pear *Pyrus betulaefolia* rootstock. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 12(4): 484-489.
21. Hong Z.H., Hong N., and Wang G. 2004. Pear meristem culture and its application in pear virus eliminations. Journal of Huazhong Agricultural 3.
22. James D.J., Thurbon I.J. 1979. Rapid *in vitro* rooting of the apple rootstock M.9. Journal of Horticultural Science 54: 309-11.
23. Karimpour S, Davarynejad G.H., Bagheri A., and Tehranifar A. 2013. *In vitro* establishment and clonal propagation of Sebri pear cultivar. Journal of Agricultural Science and Technology 15: 1209-1217.
24. Karimpour S., Davarynejad G.H., Bagheri A.,Tehranifar A., Ardakani E., and Vatandoost-Jartoode, S. 2012. IBA and wounding effect on *in vitro* rooting of Natanz pear cultivar. 3rd Iranian Agricultural Biotechnology Congress. p. 255. 3-5 September, Mashhad, Iran. (In Farsi with English abstract)
25. Kintzios S., Stravropoulous E.R., and Skamneli S. 2004. Accumulation of selected macronutrients and carbohydrates in melon tissue cultures: association with pathways of *in vitro* dedifferentiation and differentiation (organogenesis, somatic embryogenesis). Plant Science 167: 655-664.
26. Lane WD. 1978. Regeneration of apple plants from shoot meristem-tips. Plant Science Letters 13: 281-5.
27. Mackay W.A., Tipton J.L., and Thompson G.A. 1995. Micropropagation of Mexican redbud, *Cercis canadensis* var. mexicana. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 43: 295-299.
28. Mansouryar M., Erfani-Moghadam J., Abdollahi H., and Salami SA. 2016. Optimization of *in vitro* micropropagation protocol for some vigorous rootstocks of pear. Iranian Journal of Horticultural Science 47 (2): 361-370.
29. Marino G. 1988. The effect of paclobutrazol on *in vitro* rooting, transplant establishment and growth of fruit plants. Plant Growth Regulation 7: 237-247.
30. Niino T., and Sakai A. 1992. Cryopreservation of alginate-coated *in vitro*-grown shoot tips of apple, pear and mulberry. Plant Science 87: 199-206.
31. Ongaro V., and Leyser O. 2008. Hormonal control of shoot branching. Journal of Experimental Botany 59: 67–74.
32. Pardaz J.E., Ojagh S., and H.D. Kazemnia. 2015. Effect of polyvinylpyrrolidone (PVP) on meristem establishment and *in vitro* organogenesis of Iranian pear (*Pyrus glabra*). International Journal of Agriculture and Biosciences 4(5): 206-208.
33. Pierik R.L.M., Oosterkamp J., Manschot G.A.J., and Barth T. 1997. Basic factors affecting initiation and growth of adult *Quercus rubur* Fastigiata *in vitro*. COST 822: 4th Meeting of the working group 3 on ‘Identification and control of phase changes in rejuvenation’, Nitra, Slovak Republic, 15-19 October, (original not seen cited by Grigoriadou et al. [2000] Acta Horticulturae 520: 103-108).
34. Postman J. D. 1994. Elimination of viruses from clonal pear germplasm. Acta Horticulture 367: 72-75.
35. Postman J. D., and Hadidi, A. 1995. Elimination of apple scar skin viroid from pears by *in vitro* thermotherapy and apical meristem culture. Acta Horticulture 386: 536-543.
36. Postman J.D., and Sugar, D. 2002. Elimination of viruses from the USDA *Pyrus* germplasm collection. Proc.8th IS on Pear. Eds. L. Corelli-Grappadelli *et al*. Acta Horticulture 596: 529-530.
37. Reed B.M. 1990. Survival of *in vitro*-grown apical meristems of *Pyrus* following cryopreservation. HortScience 25(1): 111-113.
38. Reed M.B., De Noma J., Wada S., and Postman J. 2013. Micropropagation of Pear (*Pyrus* sp.). Maurizio Lambardi *et al*. (eds.), Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants, Methods in Molecular Biology 994: 3-18.
39. Rugini E., Jacoboni A., and Luppino M. 1992. Role of basal shoot darkening and exogenous putrescine treatments on *in vitro* rooting and on endogenous polyamine changes in difficult-to-root woody species. Scientia Horticuiturae

53: 63-72.

40. Saadat Y.A., Jokar L. and Sayyah Jahromi L. 2012. *In vitro* rooting of *Pyrus glabra* Boiss. Microshoots. Iranian Journal of Natural Resources Research 1: 46-51.
41. Sadeghi F., Yadollahi A., Jafarkhani Kermani M., and Eftekhari M. 2015. Optimizing culture media for *in vitro* proliferation and rooting of Tetra (*Prunus empyrean* 3) rootstock. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology 13(1): 19-23.
42. Safarnejad A., Bibi S., Alamdari L., Darroudi H., and Dalir M. 2016. The effect of growth regulators (BAP and IBA) on regeneration, proliferation and rooting of Natanz pears plant using *in vitro* technique. Iranian Journal of Plant Biology 8(29): 77-90. (In Persian with English abstract)
43. Sakakibara, H. 2004. Cytokinin biosynthesis and metabolism, In: Davies, P.J. (Ed.), Plant Hormones: Biosynthesis, Signal transduction, Action, 3rd ed. Kluwer Academic Publishers, London, 95–114.
44. SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6. 4th Edition, Volume 2. SAS Institute, Inc., Cary.
45. Scottez C., Chevreau E., Godard N., Arnaud, P., Duron M., and Dereuddre J. 1992. Cryopreservation of cold-acclimated shoot tips of pear *in vitro* cultures after encapsulation-dehydration. Cyrobiology 29: 691-700.
46. Sedlák J., and Paprštein F. 2015. *In vitro* propagation and rooting of pear cultivars. Proc. VIIIth IS on *In vitro* Culture and Horticultural Breeding. Acta Horticulture 1083: 157-162.
47. Sedlak J., Paprstein F., Bilavcik A., and Zamecnik J. 2004. *In vitro* cultures and cryoperservation as a tool for conserving of fruit species. Bulletin of Botanical Gardens 13: 65–67.
48. Shibli R.A., Ajlouni M.M., Jaradat A., Aljanabi S., and Shatnawi M. 1997. Micropropagation in wild pear (*Pyrus syrica*). Scientia Horticulturae 68: 237-242.
49. Sotiropoulos T.E., Almaliotis D., Papadakis I., Dimassi K.N. and Therios I.N. 2006. Effects of different iron sources and concentrations on *in vitro* multiplication, rooting and nutritional status of the pear rootstock 'OHF 333'. European Journal of Horticultural Science 71(5): 222-226.
50. Spornberger A., Brunmayer R., Fischer G., Kaufmann C., and Osterc G. 2008. Testing of pear trees on their own roots in comparison with important used rootstocks under organic farming conditions with special regard to fire blight. 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, Weinsberg, 18-20.
51. Sriskandarajah S., Mullins M.G., and Nair Y. 1982. Induction of adventitious rooting in vitro in difficult-to-propagate cultivars of apple. Plant Science Letters, 24:1–9.
52. Stanica F., Dumitrascu M., and Peticila A. 2000. Behavior of three pear varieties propagated "*in vitro*" and self-rooted on *Tatura trellis* canopy. Proceedings of the ISHS- 8th International Pear Symposium, Ferrara-Bologna, Italy 4.-9.9.2000, 202-203.
53. Sun Q., Sun H., Bell R., and Xin L. 2009. Effect of polyvinyl alcohol on *in vitro* rooting capacity of shoots in pear clones (*Pyrus communis* L.) of different ploidy. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 99: 299–304.
54. Taiz L., and Zeiger E. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publ. Co., Inc. Redwood City, Calif., USA. 565 p.
55. Tan R., Wang L., Hong N., and Wang G. 2010. Enhanced efficiency of virus eradication following thermotherapy of shoot-tip cultures of pear. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 101: 229–235.
56. Thakur A., and Kanwar J.S. 2011. Effect of phase of medium, growth regulators and nutrient supplementations on *in vitro* shoot-tip necrosis in pear. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 39(2): 131-140.
57. Thakur A., and Kanwar J.S. 2008. Micropropagation of 'wild pear' *Pyrus pyrifolia* (Burm F.) Nakai.I. explant establishment and shoot multiplication. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 36(1): 103-108.
58. Tsao W.V., and Reed B.M. 2002. Gelling agents, silver nitrate, and sequestrene iron influence adventitious shoot and callus formation from Rubus leaves. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology-Plant 38: 29-32.
59. Vatandoost Jartodeh S., Davarynejad G.H., Tehranifar A., and Kaveh H. 2011. Effect of Auxin Treatments and Cuttings on Rooting of Cuttings of Natanz, Sabri and Sugar Pears. Journal of Horticultural Science 25(1): 38-44.
60. Vescan L.A., Pamfil D., Clapa A., Fira C.R. Sisea I.F., Pop I.V., Petricele O. Ciuzan, and Pop R. 2012. Efficient micropropagation protocol for highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. 'Elliot'. Romanian Biotechnological Letters 17(1): 6893-6902.
61. Wang L., Wang G., Hong N., Tang R., and Deng X. 2006. Effect of thermotherapy on elimination of apple stem grooving virus and apple chlorotic leaf spot virus for *in vitro*-cultured pear shoot tips. Hortscience 41(3): 729-732.
62. Webster C.A, and Jones O.P. 1991. Micropropagation of some cold hardy dwarfing rootstocks for apple. Journal of

Horticultural Science 66: 1-6.
63. Zilka S., Faingersh E., Rotbaum A., and Malca N. 2002. *In vitro* Production of Virus-Free Pear Plants. Acta Horticulturae 596: 477-479.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 341-354
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۵۴-۳۴۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

In Vitro Production of Own-Root *Pyrus communis* L. cv. Natanz

G.H. Davarynejad[1*]– S. Karimpour[2]
Received: 17-06-2018
Accepted: 30-07-2019

Introduction: *Pyrus communis* L. cv. Natanz is a popular pear cultivar in Iran because of its customer-friendly attribute due to its excellent characteristics. Pear own-rooted plants has better traits such as high vigorous in growth, low levels on tree losses and damaging by insects rather than grafted plants. Meristem culture widely used for micropropagation, *in vitro* germplasm preservation, and virus eradication purposes in pear. As pear is belonged to difficult-to-root fruit tree cultivars perhaps the rooting stage is the most important stage in propagation process, yet most difficult phase during the *in vitro* propagation procedure. *In vitro* rooting of micro-cuts was varied by genotypes (cultivars), type and concentration of auxin, the method of root induction and formation, different additional materials such as PVP, polyamines, and so on. This study was aimed to investigate the effect of different levels of BAP and Fe-EDDHA on shoot proliferation, BAP and GA_3 on meristem establishment, and IBA and NAA on micro-cut rooting of pear cv. Natanz in *in vitro* condition.

Materials and Methods: Vegetative buds were taken from current growth shoots of *Pyrus communis* cv. Natanz from Pear collection orchard (25.36 E, 58.54 N, and ASL altitude 1380 m) of Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre of Semnan Province (Shahrood city). In the first experiment, new shoots of active buds after 4 weeks grown in PMI medium (MS ×1.5 $CaCl_2$. $2H_2O$, KH_2PO_4 and $MgSO_4$. $7H_2O$) + 1 mg.l^{-1} BAP were transferred to PMI medium containing different levels of BAP (0.5, 1, 1.5 mg.l^{-1}) and Fe-EDDHA (0, 100, 150 and 200 mg.l^{-1}). In the second experiment, meristems (containing two newest leaf primordia) was excited from *in vitro* shoots and incubation on MS media containing BAP (0.5, 1, and 1.5 mg.l^{-1}) and GA_3 (0.1 and 0.5 mg.l^{-1}) + 0.1 mg.l^{-1} IBA. Meristems were kept in dark for 4 days then were transferred to growth chamber with photoperiod 16/8 hrs. light/dark. Different concentrations and combinations of two auxins were used for root induction of micro-cuts in third experiment. 1000, 2000, 3000, and 4000 mg.l^{-1} of IBA or NAA and two combination solutions of them (1000 IBA+1000 NAA, and 2000 IBA+2000 NAA, mg.l^{-1}). Shoots were immersing dip in solutions for 5 seconds then transfer to PGRs-free PMI medium and kept them to growth chamber. Data of all experiments were analyzed according by completely randomized design (CRD) with five replications. BAP (3 levels) and Fe-EDDHA (4 levels) for experiment 1; BAP (3 levels) and GA_3 (2 levels) for experiment 2 were considered as factorial. SAS (v. 9.1) was used for analysis and means were compared with LSD test at 5% of probability level.

Results and Discussion: Proliferated shoot number was affected by BAP ($p\leq0.01$) and Fe-EDDHA ($p\leq0.05$) concentrations and also interaction of them ($p\leq0.05$), while BAP ($p\leq0.01$) was caused elongation of proliferated shoots and Fe-EDDHA had no effect. BAP ($p\leq0.05$), Fe-EDDHA ($p\leq0.01$) concentrations and BAP×Fe-EDDHA ($p\leq0.01$) interaction had significant effect on leaf production. Shoot tip necrosis was shown in shoots grown in all media based on BAP concentration with different intensities ($p\leq0.05$). Vegetative growth was counted as a power index of medium that in our experiment was under influence of BAP concentrations ($p\leq0.01$), Fe-EDDHA ($p\leq0.05$) and BAP×Fe-EDDHA interaction ($p\leq0.05$). Shoots were proliferated (5.50 shoot.explant^{-1}) and elongated in PMI medium containing 1.5 mg.l^{-1} BAP with no Fe-NaEDDHA while the lower concentrations of both BAP and Fe-NaEDDHA caused the higher mature leaf production. PMI media containing 1 mg.l^{-1} BAP + 150 mg.l^{-1} Fe-NaEDDHA is recommended for Natanz shoot proliferation because of the highest vegetative growth and highest quality in proliferated shoots. MS medium with 0.5 mg.l^{-1} BAP+ 0.5 mg.l^{-1} GA_3 (81%) and 1 mg.l^{-1} BAP + 0.1 mg.l^{-1} GA_3 (63%) had the highest meristem establishment, respectively. The established meristems naturally grown in medium supplement with 0.5 mg.l^{-1} BAP + 0.5 mg.l^{-1} GA_3+0.1 mg.l^{-1} IBA. Different types of auxin and their concentrations had significantly effect on Natanz pear cultivar micro-cut rooting ($p\leq0.05$). NAA induced rooting in lower concentrations while IBA had positive effect on rooting with concentration increasing. Micro-cuts were rooted via quick dip in 1000+1000 mg.l^{-1} (IBA+NAA) solution followed by incubation in PMI medium. The rooted shoots well adapted to environmental condition.

Conclusion: Important steps of *in vitro* propagation of pear is optimized in this experiment. MS medium containing 0.5 mg.l^{-1} BAP+0.5 mg.l^{-1} GA_3+0.1 mg.l^{-1} IBA had suitable for meristem establishment. To produce *in vitro* healthy proliferated shoots of pear cv. Natanz using PMI medium supplement with 1 mg.l^{-1} BAP+150 mg.l^{-1}

1 and 2- Professor and Ph.D. Graduate, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: davarynej@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.60797.0

Fe-NaEDDHA is recommended. Micro-cuts were rooted easily by quick immersion of the end of micro-cuts in 1000+1000 $mg.l^{-1}$ (IBA+NAA) solution for 5 seconds then incubation in PGRs-free medium.

Keywords: *In vitro* rooting, *In vitro* propagation, Meristem culture, Pear

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 355-365
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۶۵-۳۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

غربال شش رقم انار (*Punica granatum* L.) تجاری ایرانی برای تحمل به تنش خشکی بر اساس برخی عناصر غذایی برگ

محمود اثنی عشری[1*]- اسفندیار حسنی مقدم[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۱

چکیده

به منظور بررسی پاسخ شش رقم انار تجاری ایران به تنش خشکی آزمایشی بر اساس میزان برخی از عناصر غذایی برگ انجام شد. این مطالعه بصورت یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- رقم انار درشش سطح (رباب نی‌ریز، نادری‌بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات، ملس‌یزدی و شیرین‌شهوار) و ۲- تنش خشکی در سه سطح شامل بدون تنش خشکی (۸۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، شاهد)، خشکی متوسط، (۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و خشکی شدید (۴۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در گلخانه اجرا گردید. نتایج این مطالعه نشان داد میزان عناصر غذایی در تمامی ارقام مورد مطالعه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت، اما پاسخ آن به تنش متفاوت بود. میزان عناصر غذایی آهن، روی، مس، منگنز، سدیم و فسفر بر مبنای وزن خشک در شرایط تنش خشکی کاهش یافت در حالی‌که غلظت عنصر پتاسیم تحت تنش خشکی روند افزایشی داشت. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش به ترتیب ارقام رباب نی ریز و ملس یزد از نظر جذب عناصر غذایی در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه دارای تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی بودند. بالاترین میزان آهن (۱۲۶/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، روی (۳۹/۹ میلی‌گرم در گرم)، مس (۱۳ میلی‌گرم در گرم)، منگنز (۵۱/۸ میلی‌گرم در گرم) و پتاسیم (۲/۱۱ درصد) در رقم رباب نی‌ریز حاصل شد. بنابراین استفاده از این رقم در شرایط تنش خشکی مشابه پیشنهاد می‌گردد. در بین ارقام مورد بررسی ارقام نادری بادرود و اردستانی مه ولات بیشترین حساسیت را به تنش خشکی داشتند و ارقام شیرین شهوار یزد و شیشه‌کپ فردوس از این نظر مقاومت متوسطی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: آهن، روی و پتاسیم، ظرفیت زراعی، وزن خشک

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از مهمترین محصولات باغی ایران است که به دلایل متعدد از جمله ویژگی‌های کم‌نظیر دارویی (۱۷) و همچنین مطرح بودن آن به عنوان محصول پاک (مصرف حداقل سم و کود شیمیایی در باغ‌های انار) از جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات باغی و به خصوص در طب سنتی برخوردار است. انار از جمله گیاهانی است که قسمت‌های مختلف آن از قبیل میوه، برگ، گل، پوست، شاخه و ریشه دارای خواص دارویی متعددی است (۲۲). ایران دارای متنوع‌ترین و غنی‌ترین مخزن ژنی ارقام انار دنیا می‌باشد، بطوری‌که تاکنون بیش از ۷۶۰ رقم انار از استان‌های مختلف کشور جمع‌آوری شده است (۸). ایران با داشتن حدود ۶۸ هزار هکتار سطح زیر کشت و تولید سالیانه حدود ۹۹۰ هزار تن انار مقام اول سطح زیر کشت و تولید را در جهان دارد (۱).

خشکی شایع‌ترین تنش محیطی و مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در جهان است و تقریباً تولید را در ۲۵ درصد زمین‌های کشاورزی جهان محدود می‌کند. ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان)، در زمره مناطق خشک دنیا طبقه‌بندی می‌شود (۵). یکی از

۱- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.esnaashari@basu.ac.ir)
۲- دانش آموختهٔ دکتری دانشگاه بوعلی سینا و استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
DOI: 10.22067/jhs.2021.60222.0

راه‌کارهای مطمئن برای جلوگیری از مصرف نامناسب آب و صرفه‌جویی در منابع موجود آب در کشاورزی، استفاده از ارقام و گونه‌های گیاهی مقاوم و یا متحمل به کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (۱۶).

تنش کم‌آبی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها، مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. یکی از زیان‌بارترین اثرات تنش کم آبی اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است (۷). مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت موجود، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دست‌خوش تغییر و تحول می‌شود. اگرچه برخی از سیستم‌های انتقالی عناصر، نظیر انتشار، به مقدار رطوبت کم‌تری جهت انتقال عناصر غذایی نیازمند است، اما برخی دیگر از سیستم‌های انتقال، همانند جریان توده‌ای، وابستگی زیادی به مقدار رطوبت خاک داشته و در صورت کاهش رطوبت، عناصری که به وسیله این جریان انتقال می‌یابند، روند جذب منفی خواهند داشت (۲۷). عناصر معدنی در خاک‌های خشک قابلیت تحرک کمتری دارند زیرا منافذ موجود بین ذرات خاک با هوا پر شده و مسیر جریان عناصر از خاک به طرف ریشه‌طولانی‌تر می‌شود. چون میزان انتشار یون‌ها به طرف ریشه در بیشتر مواقع عامل محدود کننده جذب عناصر معدنی است، کاهش مقدار آب در دسترس عامل موثرتری در کاهش رشد گیاه نسبت به کمبود جذب عناصر می‌باشد (۲۵). از طرفی کاهش میزان تعرق که به دنبال بسته شدن روزنه‌ها پدید می‌آید، هم میزان جذب عناصر معدنی توسط ریشه و هم سرعت انتقال مواد به سمت شاخه را کاهش می‌دهد (۹). طی دوره خشکی، سرعت رشد و جذب مواد معدنی تواماً ممکن است کاهش پیدا کنند و درنتیجه غلظت مواد معدنی در گیاه ثابت بماند (۱۶).

به نظر می‌رسد که تنش خشکی فعالیت ریشه‌های پیرتر را متوقف می‌کند. فقط نوک ریشه‌ها در منطقه تارهای کشنده، جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند و در طول تنش خشکی جذب آنیون‌ها بیشتر از کاتیون‌ها محدود می‌گردد و دلیل آن خاصیت اسمزی بیشتر آنهاست (۱۳). در میان عناصر غذایی، پتاسیم یکی از مهمترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که در مورد تجمع آن در هنگام تنش اسمزی نتایج زیادی گزارش شده است. نقش این کاتیون در تنظیم اسمزی و کنترل روزنه‌ای بیان شده است. سرعت بالای انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی موجب حفظ غلظت این یون در برگ‌ها می‌شود (۲۶). پتاسیم هم در تنظیم اسمزی و هم در تنظیم روابط آب در گیاه اهمیت دارد. از طرف دیگر، به دلیل غلظت بالای پتاسیم در سیتوپلاسم، این عنصر سبب خنثی شدن بار آنیون‌های درشت غیر محلول و محلول (نظیر آمینواسیدهای آلی و آنیون‌های معدنی) شده و pH سلول را در حدود مطلوب واکنش‌های آنزیمی ثابت نگه می‌دارد (۴). تنش خشکی باعث افزایش جذب پتاسیم گردید. گزارش‌های محققان مختلف نیز این مسئله را تایید می‌کنند که جذب پتاسیم در هنگام تنش خشکی افزایش می‌یابد. آن‌ها علت این امر را مکانیسم جذب فعال این یون دانسته‌اند. علت دیگری که محققین برای افزایش جذب پتاسیم در گیاه پیشنهاد نموده‌اند آن است که در شرایط تنش خشکی، تر و خشک شدن متوالی خاک باعث رها شدن پتاسیم از بین لایه‌های رسی شده و غلظت یون پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب پتاسیم را بیش‌تر می‌کند (۱۹). در مورد عناصر روی و مس نیز روندی مشابه عنصر پتاسیم در گیاه دیده می‌شود، اما تنش آبی باعث کاهش جذب عنصر منگنز گردیده است. منگنز و آهن از نظر جذب توسط گیاه رابطه عکس با یکدیگر دارند، به طوری‌که افزایش جذب منگنز باعث کاهش جذب آهن می‌گردد (۲۷). آهن یکی از عناصر کم‌مصرف بسیار مهم برای گیاهان به حساب می‌آید که کمبود آن منجر به بروز زردی، کاهش فتوسنتز و غلظت کلروفیل و تاثیر برغلظت سایر عناصر فلزی در بافت‌های گیاهی می‌شود. محققین بیان نموده‌اند که کاتیون‌های دو ظرفیتی نسبت به یک ظرفیتی بیش‌تر جذب می‌شوند و جذب آنیون‌ها نیز محدود می‌گردد (۲۱).

جوادی و ارزانی (۳) گزارش کردند که میزان برخی از عناصر غذایی مانند پتاسیم و فسفر برگ در تعدادی از ارقام گلابی تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت. ارجی و ارزانی (۲) در بررسی اثر کم‌آبی روی برخی ارقام زیتون گزارش کردند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ‌های ارقام تحت تنش کاهش پیدا نمود. خطاب و همکاران (۱۸) طی گزارشی تغییرات جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم را در درختان انار تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش غلظت این عناصر در برگ‌ها گردید.

با توجه به اینکه تنش خشکی از عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، بنابراین تحقیق روی مکانیسم مقاومت گیاهان به کم‌آبی حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش غربال شش رقم انار تجاری ایران در مقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر اساس روند تغییرات عناصر غذایی در برگ آن‌ها می‌باشد. نتیجه نهایی آزمایش‌ها منجر به معرفی متحمل‌ترین و حساس‌ترین رقم به تنش خشکی از بین ارقام انار مورد مطالعه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش

عملیات اجرایی این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد اجرا شد. آزمایش‌های مورد نظر به دلیل

شرایط اقلیمی مشابه دو استان لرستان و کرمانشاه در دو آزمایشگاه شامل آزمایشگاه تحقیقاتی بخش آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان و آزمایشگاه تحقیقاتی بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه انجام گردید.

مواد گیاهی

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق نهال‌های یک‌ساله ریشه دار شش رقم انار تجاری شامل: رباب‌نی‌ریز، نادری‌بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات، ملس‌یزدی و شیرین‌شهوار بودند که از لحاظ سن، قطر و اندازه نهال یکسان انتخاب شدند. رقم رباب نی ریز از نهالستان دارای مجوز از موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال کشور در استان فارس؛ ارقام نادری‌بادرود، شیشه‌کپ فردوس خراسان و اردستانی مه ولات از ایستگاه تحقیقات انار ساوه و ارقام ملس‌یزدی و شیرین‌شهوار یزد از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزدتهیه شدند.

طرح آزمایش و نحوه اعمال تیمارها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- رقم انار (شمال ارقام رباب نی ریز، نادری بادرود، شیشه کپ فردوس، اردستانی مه ولات، ملس یزدی و شیرین شهوار یزد) و ۲- تنش خشکی در ۳ سطح (رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی[1] "تیمار شاهد"، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی "خشکی متوسط" و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی "خشکی شدید") بود که در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل پنج نهال گلدانی بود. نهال‌ها در گلدان‌های پلاستیکی ۱۵ لیتری (ارتفاع ۳۴ و قطر دهانه ۳۲ سانتی‌متر) حاوی ترکیب کود حیوانی، ماسه و خاک به نسبت ۳:۱:۱ کاشته شدند. قبل از انتقال نهال‌ها به گلدان، ریشه آنها با مخلوط آب و کود حیوانی حاوی قارچ‌کش مانکوزب (۲ در هزار) ضد عفونی گردیدند. به منظور تهویه و بهبود زهکشی، در کف هر گلدان به میزان مساوی شن درشت ریخته شد. آزمایش‌های مربوط به تعیین میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایشگاه تحقیقاتی بخش آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان انجام گردید که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده
Table 1- Some of physicochemical properties of used soil

بافت خاک Soil texture			فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	آهن Iron (ppm)	روی Zinc (mg.kg^{-1})	مس Cupper (ppm)	منگنز Manganese (ppm)	پی-اچ pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)
شن Sand (49%)	سیلت Silt (31%)	رس Clay (20%)	19.7	790	15.9	2.3	1.4	10.5	7.4	0.713	1.72

محاسبات رطوبتی جهت اعمال تنش خشکی

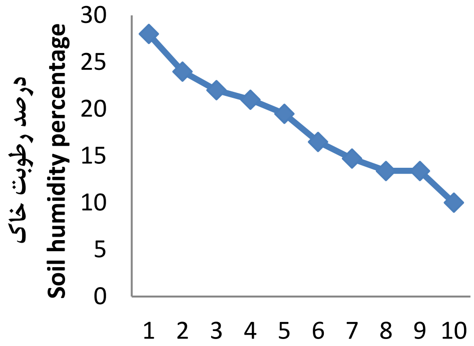
برای محاسبه میزان رطوبت خاک از میانگین رطوبت شش گلدان استفاده گردید. بدین منظور گلدان‌ها در روز اول آبیاری شدند تا آب زهکشی از آن‌ها خارج گردید. جهت ممانعت از تبخیر از گلدان‌ها، سطح فوقانی آن‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شد. بعد از ۲۴ ساعت نمونه برداری از خاک گلدان شروع گردید و به مدت ۱۰ روز، درصد رطوبت خاک طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد رطوبت خاک} = \frac{\text{وزن ثانویه خاک - وزن اولیه خاک}}{\text{وزن ثانویه خاک}} \times ۱۰۰$$

بدین ترتیب داده‌ها بر حسب روز حاصل شد و منحنی رطوبتی ترسیم گردید (شکل ۱). بر این منوال ۴۸ ساعت بعد از آبیاری گیاهان، رطوبت خاک به حد تیمار شاهد یعنی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی رسید. برای اعمال سطوح مختلف تنش، از روش وزنی استفاده گردید. بدین صورت که بعد از محاسبه ظرفیت زراعی، سایر سطوح تنش بصورت درصدی از رطوبت ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد و مقدار کاهش

1- Field capacity

رطوبت تا رسیدن به مقدار رطوبت مورد نظر بر حسب گرم محاسبه و به گلدان‌ها اضافه گردید. برای این منظور کرتی به ابعاد ۲×۲ متر مربع در منطقه تحت پوشش هر خاک ایجاد و آبیاری شد تا به رطوبت نزدیک به اشباع برسد سپس برای جلوگیری از تبخیر از سطح خاک و نفوذ باران سطح کرت با پلاستیک پوشیده شد. رطوبت حجمی و ارتفاع فشار آب خاک به صورت روزانه به ترتیب با استفاده از تانسیومتر و حسگرها در سه عمق اندازه گیری شدند و میزان ظرفیت زراعی تعیین شد. لازم به ذکر است که توزین و محاسبه میزان رطوبت مورد نظر در طول مدت تنش روزانه محاسبه شد. برای هر یک از سطوح تنش رطوبتی، وزن نهایی گلدان در سطح تنش مذکور محاسبه و جهت رسیدن وزن گلدان به مقدار مورد نظر به آن آب اضافه گردید تا به سطح تنش مورد نظر رسید و در همان روز در سطح تنش مد نظر حفظ گردید. نهال‌ها به مدت شش هفته (از ۱ خرداد تا ۱۲ تیر ماه) در معرض تنش خشکی قرار گرفتند و سپس میزان عناصر غذایی برگ، به شرح ذیل مورد اندازه‌گیری و ارزیابی واقع شدند.



شکل ۱- روند تغییرات رطوبت خاک مورد مطالعه طی ۱۲ ماه

Figure 1- The changes in soil humidity during 12 months

روش نمونه برداری از برگ

در آخرین روز اجرای آزمایش که نهال‌ها از نظر سنی دارای ارتفاع حدود ۸۰ سانتی‌متری بودند مربوط به هر یک از سطوح تنش خشکی، برگ‌های بالغ و سالم هر نهال از گره‌های سوم تا پنجم ساقه اصلی انتخاب و نمونه برداری شدند. نمونه‌های مورد نیاز برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در دمای اتاق و در سایه خشک گردیدند.

عناصر غذایی برگ

پس از اعمال تیمارهای خشکی بعد از شش هفته، میزان عناصر غذایی آهن، روی، مس، منگنز، سدیم، پتاسیم و فسفر به شرح ذیل مورد سنجش قرار گرفتند برای اندازه‌گیری عناصر غذایی فوق، از هر واحد آزمایشی یک گیاه و از هر گیاه چند برگ توسعه یافته انتخاب و به عنوان نمونه جهت ارزیابی مقدار این عناصر استفاده گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده بعد از شستشو با آب شهر و سپس با آب مقطر، در آون (مدل بیندر[1]) در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند و سپس توسط آسیاب (مدل فوس[2]) به صورت پودر درآمدند و نهایتاً از از غربال دارای منافذ ۴۰ میکرون عبور داده شدند. پودر مذکور در پاکت‌های کاغذی برای عصاره‌گیری نگهداری شد. انجام آزمایش شامل دو مرحله به شرح ذیل بود.

انجام آنالیزها

برای اندازه‌گیری فسفر کل از روش کالریمتری با ایجاد رنگ زرد وانادات و مولیبدات استفاده شد. بدین منظور مقدار مشخصی از عصاره حاصل با یون‌های وانادات و مولیبدات مخلوط گردید و میزان رنگ زرد با استفاده دستگاه اسپکتروفتومتر مدل تین وی[3] سنجش شد (۱۴). برای اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم روش نشر شعله‌ای[4]و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل کورنینگ[5] با طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر به کار گرفته شد. برای اندازه‌گیری چهار عنصر آهن، روی، مس و منگنز از دستگاه جذب اتمی[6] مدل پرکین المر[7] استفاده گردید. بدین منظور پس از رقیق و آماده شدن محلول توسط لامپ‌های مربوط غلظت هر عنصر مورد سنجش قرار گرفت (۱۰).

تجزیه داده‌ها

تمامی دادهای بدست آمده از آزمایش‌های این پژوهش توسط نرم‌افزار SAS-9.1 تجزیه آماری شدند و مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نیز توسط نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

میزان عناصر غذایی

اثر ساده رقم بر غلظت کلیه عناصر مورد بررسی بجز سدیم معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) گردید. هم چنین اثر ساده تنش خشکی بر غلظت

1- Binder
2- Foss
3- Tenway
4- Atomic emission spectrometry
5- Corning
6- Atomic absorbtion
7- Perkin elemer

عناصـر مورد بررسـی بجز منگنز و سدیم معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) شد. اثر متقابل تنش و رقم بر میزان عناصـــر آهن، روی و مس در ســـطح ۱ درصـد و بر عنصــر پتاسـیم در سـطح ۵ درصد معنی‌دار گردید، اما اثر متقابل این دو فاکتور بر غلظت عناصـر منگنز، سدیم و فسفر معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان برخی عناصر غذایی در برگ شش رقم انار

Table 2- ANOVA for the effect of cultivar and drought stress on some nutrient elements in six pomegranate cultivar leaves

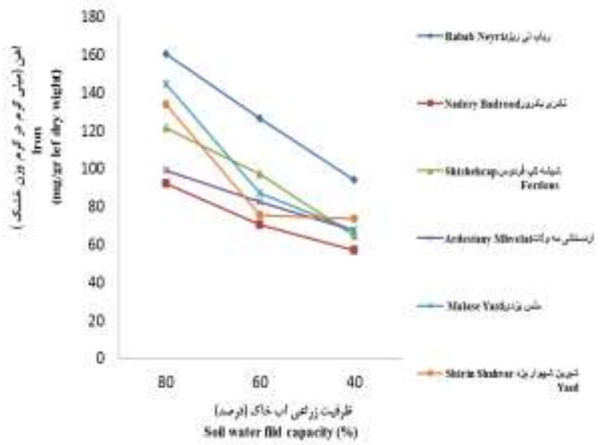
منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **df**	میانگین مربعات **Means of square**						
		آهن **Iron**	روی **Zinc**	مس **Cupper**	منگنز **Manganese**	سدیم **Sodium**	فسفر **Phosphorus**	پتاسیم **Potassium**
رقم Cultivar	5	4424^{**}	692^{**}	65^{**}	4730^{**}	0.047^{ns}	0.73^{**}	0.29^{**}
تنش خشکی Drought Stress	2	12256^{**}	1232^{**}	38^{**}	153^{ns}	0.003^{ns}	0.064^{**}	1.34^{**}
رقم×تنش خشکی Cultivar×Drought Stress	10	740^{**}	49^{**}	3.63^{**}	317^{ns}	0.026^{ns}	0.001^{ns}	0.02^{*}
خطا Error	36	35	13	0.1	2282	0.69	0.003	0.009
ضریب تغییرات C.V. (%)	−	6.24	12.93	3.67	1993	47.4	12.47	5.17

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

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

آهن

نتایج تجزیه واریانس اثرات رقم و تنش خشـکی بر میزان عنصـر آهن در جدول ۲ نشـان داده شـده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان آهن تفـاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) بـا یکدیگر نشـــان دادند. همچنین، اثر تنش خشـکی بر میزان آهن در سـطح ۱درصـد معنی‌دار بود. علاوه بر این اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر میزان این عنصر معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) گردید. بر اسـاس نتایج مقایسـه میانگین‌ها بطور کلی تنش خشـکی باعث کاهش غلظت عنصر آهن در برگ ارقام انار مورد آزمایش شــد (شــکل ۲). کمترین غلظت این عنصـــر در تنش خشـکی شـدید مشـاهده شـد و بین رژیم‌های مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصر آهن مشاهده گردید. در هر سه رژیم رطوبتی مورد مطـالعـه بالاترین میزان عنصـــر آهن در برگ‌های رقم رباب نی‌ریز با میانگین ۱۲۶/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشـــک برگ به دست آمد. بعد از رقم رباب نی ریز به ترتیب ارقام ملس یزدی، شیرین شـهوار یزد، شـیشـه کپ فردوس و ارستانی مه ولات دارای بیشترین غلظت عنصـــر آهن بودند. کمترین مقدار این عنصـــر در رقم نادری بادرود با ۵۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشـــک برگ و در تنش خشـــکی شدید مشاهده شد. حد بهینه آهن بین ۸۴ تا ۱۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).



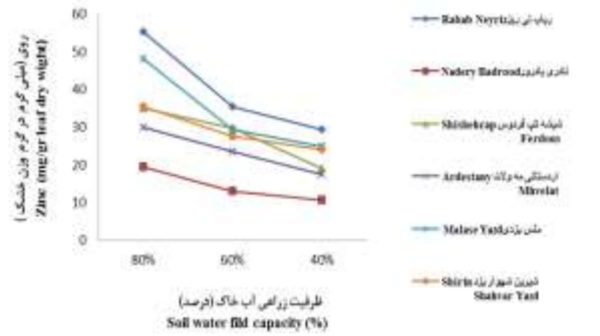
شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان آهن برگ شش رقم انار

Figure 2- The interaction effect of drought stress on iron leaf content in six pomegranate cultivars

روی

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان عنصر روی در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر غلظت روی تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشـان دادند. همچنین،

اثر تنش خشـکی بر میزان روی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این، اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر غلظت این عنصر معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) گردید. همانطور که شـکل ۳ نشان می‌دهد، در همه ارقام مورد بررسـی روند کاهش میزان عنصر روی برگ تحت تنش خشکی مشــاهده گردید. بر این اســاس کمترین غلظت این عناصــر در برگ نهال‌ها در تنش خشـکی شـدید مشـاهده شـد. بین رژیم‌های مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصر روی مشاهده گردید. بالاترین میزان عنصــر روی در دو رقم رباب نیریز) و رقم ملس یزدی به ترتیب ۳۹/۹ و ۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشـک به دست آمد. بعد از این ارقام به ترتیب ارقام شـیرین شـهوار یزد، شیشه کپ فردوس و ارستانی مه ولات دارای بیشترین غلظت عنصر روی بودند. رقم نادری بادرود با میانگین ۱۴/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تنش رطوبتی شـدید دارای کمترین مقدار عنصر روی بود. حد بهینه روی بین ۹ الی ۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).

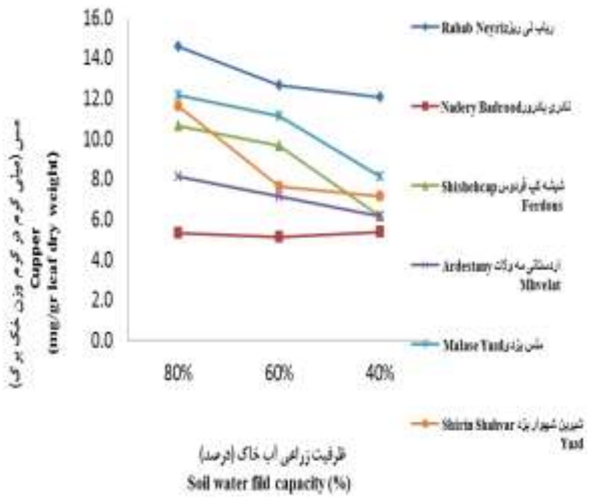


شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان روی برگ شش رقم انار

Figure 3- The interaction effect of drought stress on zinc leaf content in six pomegranate cultivars

مس

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشکی بر میزان عنصر مس در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان عنصــر مس تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشـــان دادند. همچنین، اثر تنش خشـکی بر مقدار عنصـر مس در سـطح ۱ درصـد معنی‌دار بود. علاوه بر این، اثر متقـابـل دو فـاکتور رقم و تنش بر این صـفت معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) شـد. بر اسـاس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تنش خشکی باعث کاهش غلظت عنصر مس در برگ‌ها شد و در همه ارقام با افزایش شـدت تنش خشـکی میزان عنصـر مس کاهش یافت (شـکل ۴). بیشـترین و کمترین غلظت این عنصر در برگ نهال‌ها به ترتیب در شـرایط بدون تنش (تیمار شـاهد) و تنش خشـکی شـدید مشـاهده شد. لازم به ذکر است که بین رژیم‌های مختلف رطوبتی هم تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصــر مس مشــاهده گردید. در هر سـه رژیم رطوبتی مورد مطـالعـه رقم ربـاب نی‌ریز و ملس یزدی به ترتیب با ۱۳ و ۱۰/۴ میلی‌گرم مس در گرم وزن خشـــک برگ دارای بالاترین غلظت عنصــر مس بودند. در رقم رباب نی‌ریز بین ســطوح تنش متوســط و تنش شــدید تفاوت معنی‌دار در جذب عنصــر مس مشــاهده نگردید. کمترین میزان جذب این عنصــر در هر ســه رژیم رطوبتی در رقم نادری بادرود و اردسـتانی مه ولات به ترتیب با ۵/۲ و ۷/۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ مشاهده گردید. دو رقم شیشه کپ فردوس و شـیرین شـهوار یزد بدون داشـتن تفاوت معنی‌دار حد واســط دو گروه فوق قرار گرفتنـد. حـد بهینـه مس بین ۹ الی ۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).



شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان مس برگ شش رقم انار

Figure 4- The interaction effect of drought stress on cupper leaf content in six pomegranate cultivars

منگنز

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشـــکی بر میزان عنصـــر منگنز در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر عنصرمنگنز تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشان دادند. ولی، اثر تنش خشـــکی بر میزان عنصـــر منگنز و همچنین، اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صـفت معنی‌دار نشـد. اگر چه تنش خشکی تاثیری بر غلظت عنصر منگنز در برگ ارقام انار مورد آزمایش نداشت، ولی بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده شد. ارقام انار رباب نیریز و ملس یزدی با میانگین ۵۱/۸ و ۵۲/۴ میلی‌گرم منگنز در گرم وزن خشک برگ بدون تفاوت معنی‌دار بیشترین میزان غلظت این عنصــر را به خود اختصـاص دادند. رقم شـیرین شهوار با میانگین ۴۴/۱ میلی‌گرم در رتبه بعدی قرارگرفت. کمترین میزان غلظت عنصر منگنز در رقم نـادری بـادرود بـا میانگین ۲۶/۶ میلی‌گرم در گرم وزن

خشـک برگ مشـاهده شـد. دو رقم اردسـتانی مه‌ولات و شـیشه کپ فردوس بدون تفاوت معنی‌دار از این نظر حد واســط دو گره فوق قرار گرفتند. حد بهینه منگنز بین ۴۴-۶۵ میلی گرم در کیلوگرم عنوان شده است (۱۲).

سدیم

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشــکی بر میزان عنصـــر سدیم در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان سدیم موجود در برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. علاوه بر این، اثر تیمارهای تنش خشـکی بر غلظت سدیم و هم‌چنین اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صفت معنی‌دار نگردید.

فسفر

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشــکی بر میزان عنصـــر فسـفر در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر فسـفر تفاوت معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) با یکدیگر نشان دادند. همچنین، اثر تنش خشکی بر فسفر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش بر این صـفت معنی‌دار نگردید. بر اسـاس نتایج مقایســه میانگین‌ها تنش باعث کاهش غلظت عنصــر فسفر در برگ‌ها شـد و کمترین غلظت این عنصــر در برگ نهال‌ها در خشــکی شــدید مشـــاهده گردید. بین رژیم‌های مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب عنصـر فسـفر دیده شد. غلظت فسفر در گیاه معمولا بین ۰/۲ تا ۰/۴ گزارش شده است (۲۴). در این مطالعه ارقام نادری بادرود با ۰/۳۴ درصــد و اردســتانی مه ولات با ۰/۴۶ درصــد دارای کمترین غلظت فســفر در برگ‌های خود بودند. بالاترین غلظت این عنصــر در برگ‌های رقم رباب نیریز با میانگین ۰/۶۱ درصد مشاهده گردید. ارقام شـیشـه کپ فردوس، ملس یزدی و شـیرین شـهوار یزد بدون داشتن تفاوت معنی‌دار از این نظر حد واسط بقیه قرار گرفتند (جدول ۳).

جدول ۳- اثرات رقم و تنش خشکی بر میزان برخی عناصر غذایی در برگ شش رقم انار

Table 3- The effect of cultivar and drought stress on some nutrient elements in the six pomegranate cultivar leaves

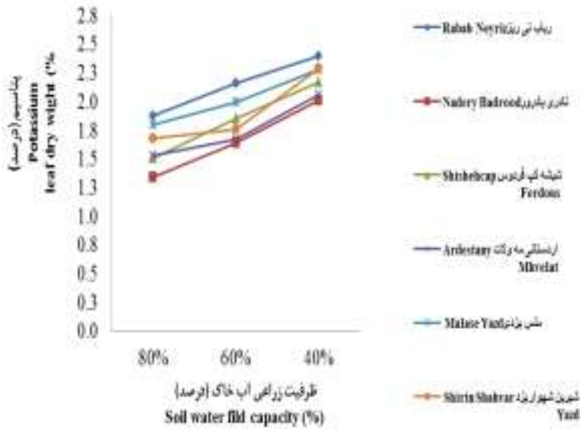
تیمار Treatment		آهن Iron (mg g^{-1} DW)	روی Zinc (mg. g^{-1} DW)	مس Cupper (mg. g^{-1} DW)	منگنز Manganese (mg. g^{-1} DW)	سدیم Sodium (mg .g^{-1} DW)	فسفر Phsporus (%)	پتاسیم Potassium (%)
رقم Cultivar	C1	126^{a}	39.9^{a}	13^{a}	51.8^{a}	0.41	0.61^{a}	2. 1^{a}
	C2	73^{e}	14.3^{e}	5.2^{e}	26.6^{d}	0.19	0.34^{d}	1.6^{d}
	C3	94^{d}	27.9^{c}	8.8^{c}	37.2^{c}	0.32	0.44^{b}	1.8^{b}
	C4	85^{d}	24.9^{d}	7.4^{d}	34.2^{c}	0.26	0.46^{c}	1.7^{c}
	C5	99^{b}	34^{b}	10.4^{b}	52.4^{a}	0.3	0.45^{b}	2.1^{a}
	C6	94^{c}	28.9^{c}	8.8^{c}	44.1^{b}	0.28	0.46^{b}	1.9^{b}
	MSE	1.8	1.09	0.56	0.22	0.32	0.32	0.22
تنش خشکی Drought stress	S1	125^{a}	37^{a}	10^{a}	41	0.31	0.52^{a}	1.6^{c}
	S2	89^{b}	26	9^{b}	42	0.29	0.44^{b}	1.8^{b}
	S3	70^{c}	21^{c}	7^{c}	38	0.29	0.4^{c}	2.1^{a}
	MSE	1.3	1.09	0.67	0.27	0.29	0.29	0.2

حروف مشابه در کنار اعداد هر ستون از هر بخش نشان دهنده عدم اختلاف آماری معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال ۰/۰۱ با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشند. MSE بیانگر خطای استاندارد بین میانگین‌ها است. حروف C1 تا C6 به ترتیب نشان دهنده ارقام انار رباب نیریز، نادری بادرود، شیشه‌کپ فردوس، اردستانی مه‌ولات، ملس یزد و شیرین شهوار یزد می‌باشند و حروف S1، S2 و S3 به ترتیب بیانگر رطوبت خاک به ترتیب شامل شاهد یا بدون تنش خشکی (۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک)، خشکی متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) و خشکی شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) هستند. میانگین تیمارهای که دارای حرف مشتر هستند از نظر آماری نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال ۱ درصد است.

The means of treatments with the same letters have no significant differences statistically at 1% probability level based on DMRT. MSE shows standard error between the averages. C1 to C6 show the cultivars including: RababNeyriz, NaderyBadrood, ShishehcapFerdous, ArdestanyMahvelat, Malase Yazd and ShirinShavar Yazd respectively. S1, S2 and S3 show irrigation levels comprising of 80% field capacity (control), 60% field capacity (moderate drought) and 40% field capacity (severe drought), respectively.

پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تنش خشـــکی بر میزان عنصـــر پتاسیم برگ در جدول ۲ نشان داده شده است. ارقام انار مورد بررسی از نظر میزان پتاســـیم برگ تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) با یکدیگر نشـان دادند. همچنین، اثر تنش خشـکی بر پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل دو فاکتور رقم و تنش خشکی بر این صفت در سـطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. همانطورکه شکل ۵ نشان می‌دهد در ارقام انار مورد بررســی، روند افزایش غلظت عنصــر پتاســیم تحت تنش مشـاهده شد. بیشترین میزان جذب این عنصر (۲/۱۱ درصد) در رقم رباب نیریز و و پس از آن (۲/۱ درصد) ملس یزدی و بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در تنش خشـکی شـدید مشـاهده گردید. کمترین جذب پتاســیم مربط به رقم نادری بادرود با میانگین ۱/۶ درصـــد بود (شـکل ۵). بین رقم شیشه کپ فردوس و شیرین شهوار تفاوت معنی از این نظر مشـــاهـده نشـــد و ارقام اخیر بین دو گروه فوق‌الذکر قرار گرفتند. حد بهینه پتاسیم بین ۳ تا ۶/۶ درصد عنوان شده است (۱۲).



شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان پتاسیم برگ شش رقم انار

Figure 5- The interaction effect of drought stress on potassium leaf content in six pomegranate cultivars

نتیجه‌گیری و بحث

در تحقیق حاضـــر همانطور که شـــکل‌های ۲،۳،۴، و ۵ نشـــان می‌دهند، در همه ارقام مورد مطالعه تغییرات میزان عناصــر آهن، روی و مس با توجه به وجود تنش رطوبتی روند نزولی داشت و رابطه عکس بین شـدت تنش خشـکی و غلظت این عناصر دیده شد، بطوری‌که با افزایش شـدت تنش خشـکی میزان عناصر مذکور بطور مرتب کاهش یافت. ولی برای عنصـر پتاسـیم در همه ارقام تغییرات این عنصر روند صـعودی داشـت و رابطه مسـتقیمی بین شدت تنش خشکی و میزان عنصر پتاسیم مشاهده گردید، بطوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی غلظت عنصــر پتاسیم بطور مرتب افزایش یافت. بطور کلی با توجه به نتایج حاصــل از این تحقیق می‌توان گفت که میزان عناصــر در برگ درخت انار بســتگی به رقم دارد و تحت شــرایط تنش خشـــکی نیز تغییراتی در غلظت عناصـــر کم مصـــرف رخ می‌دهد. در این آزمایش تنش خشکی موجب کاهش غلظت فسفر، آهن، مس، روی و منگنز و افزایش غلظت پتاسیم در برگ شد. میزان کاهش عناصر آهن، مس و منگنز در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی در این مطالعه به ترتیب ۴۴، ۳۰ و ۴۳ درصـــد بود که این کاهش می تواند بر فعـالیـت‌هـای فیزیولوژیکی گیـاهی مرتبط بـا تـأمین انرژی یـا تولید متابولیت های ثانویه اثرگذار بوده و کاهش آنها را به دنبال داشته باشد و در نتیجه گیاه در برابر شـرایط نامساعد ضعیف گردد. کاهش مقادیر عناصر در اندام‌های گیاهی در شرایط خشکی، مربوط به پیری زودرس و زوال برگ‌ها و سایر اندام‌های گیاهی تحت تنش می‌باشد. همچنین گزارش شده است که علـــت کـــاهش جـــذب عناصـــر کم‌مصرف از جمله مس در شرایط شور می‌تواند ناشی از جذب بیـــشتر عناصـــری ماننـد سـدیم، منیـزیم و کلـسیم باشـد (۱۱).

لازم به ذکر اسـت پویایی جذب عناصـر غذایی توسـط بافت‌های گیاهی بسیار وابسته به شدت و مدت تنش خشکی و مرحله رشد گیاه می‌باشـد و به طور کلی تنش خشـکی، موجب کاهش سرعت جذب و انتقال عناصـر غذایی به سـمت اندام‌های هوایی گیاهان می‌شـود (۷). عنصر روی از عناصر ریز مغزی ضروری در ساخت پروتئین است و به عنوان کاتالیسـت در واکنش‌های اکسـیداسـیون و احیا در بسـیاری از سـیستم‌های آنزیمی نقش دارد که در این مطالعه تنش خشکی میزان جـذب آن در گیـاه را کـاهش داده که به دنبال آن فرآیندهای گیاهی وابسته به این عنصر کاهش یافته و متناظر با آن عملکرد کمی و بعضا کیفی نیز کاهش می‌یابد. کاهش عنصر روی بر اثر تنش خشکی باعث کاهش میزان تولید هورمون رشـد اکسـین شده و از انتقال ایندول ۳- اسـتیک اسید جلوگیری می‌کند (۱۶) که کاهش رشد نهایی گیاه را در پی دارد. اگرچه جذب عنصـر روی در گیاه از طریق جذب فعال اسـت اما بر اثر تنش خشکی، روی به‌علت درگیری بین طبقات خاک، عملا" از دسترس گیاه دور مانده و مقدار آن به شدت کاهش می‌یابد (۲۰). در میان عناصـــر غذایی، پتاســـیم یکی از مهمترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که درباره افزایش آن در هنگام تنش اسمزی گزارش‌های زیـادی وجود دارد و به نقش این کاتیون در تنظیم اســـمزی و کنترل روزنه‌ای تاکید شده است (۲۶). در این مطالعه خشکی منجر به کاهش میزان پتاسیم از ۲/۱ تا ۱/۶ درصد شده که میزان کاهش آن در شرایط خشکی نسبت به شرایط نرمال حدود ۲۴ درصد بوده که قابل ملاحظه می‌باشـد. لوگان و همکاران (۱۹) بر این عقیده‌اند که در شـرایط تنش کم آبی، تر و خشک شدن متوالی خاک باعث رها شدن پتاسیم از بین

لایه‌های رسی شده و غلظت یون پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد که این پدیده جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد. افزایش محتوای پتاسیم برگ در اثر تنش خشکی در بادام (۲۳) نیز گزارش شده است. فسفر دارای نقش‌های متعددی در گیاهان از جمله دخالت در انتقال انرژی در داخل سلول‌ها بوده و به‌عنوان تشکیل دهنده جزئی از اسیدهای نوکلئیک، کوآنزیم‌ها، فسفولیپیدها و اسید فیتیک عمل می کند (۶). با توجه به اینکه جذب فسفر از خاک ناشی از انتشار است لذا تنش خشکی با اختلال در این مکانیزم موجب کاهش شدید جذب این عنصر می‌گردد (۲۰). در این مطالعه نیز میزان جذب فسفر در شرایط خشکی نسبت به شرایط عدم وجود تنش خشکی حدود ۲۳ درصد کاهش یافته است که از نظر آماری قابل ملاحظه می‌باشد. کاهش محتویات فسفر در اندام‌های گیاهی تحت تنش خشکی توسط جی و همکاران (۱۵) گزارش شده است. خطاب و همکاران (۱۸) گزارش دادند که افزایش میزان آب آبیاری از ۷ متر مکعب به ۱۵ متر مکعب برای هر درخت طی فصل رشد باعث افزایش میزان نیتروژن از ۱/۸ به ۲/۸درصد، فسفر از ۰/۲۲ به ۰/۲۷ درصد، پتاسیم از ۱/۴۵ به ۱/۶۶ درصد و کلسیم از ۱/۳ به ۱/۶۳ درصد گردید. بنابراین کاهش میزان آب آبیاری باعث کاهش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم درختان انار می‌شود. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با یافته‌های آنان در خصوص جذب عناصر یاد شده به غیر از فسفر مطابقت دارد.

میزان عناصر غذایی تحت تاثیر تنش خشکی و رقم قرار گرفت. میزان عناصر آهن، روی، مس و فسفر برگ در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری نشان داد، اما میزان عنصر پتاسیم برگ تحت شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. بین عناصر منگنز و سدیم تفاوت معنی‌داری در شرایط تنش خشکی مشاهده نگردید. در مجموع به نظر می رسد که در بین ارقامی که در این تحقیق مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند، ارقام رباب نیریز و ملس یزدی از نظر جذب عناصر غذایی بررسی شده توانایی بیشتری برای تحمل به تنش خشکی داشتند و ارقام نادری بادرود و اردستانی مه‌ولات از این نظر نتوانستند به خوبی استفاده کنند، لذا به عنوان ارقام با تحمل پایین تر یا ارقام حساس به تنش خشکی نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه اعلام می‌گردند. علاوه بر این دو رقم شیشه کپ فردوس و شیرین شهوار حد واسط دو گروه فوق قرار گرفتند.

منابع

1- Anonymus. 2011. Horticulture Crop Results Statistics Vezarah Jihad Press, P: 95. (In Persian)
2- Arji I., and Arzani K. 2002. Evaluation of the Growth Response and Prolin Accumulation of Three Iranian Native Olive Cultivars under Drought Stress. Journal of Agricultural Science and Natural Resurce 91-101. (In Persian with English abstract)
3- Arzani K. 2000. Study on the adaptation of some Asian pear cultivars (Pyrus serotinaRehd. in Iran. VIII International Symposium on pear, 5- 10 September. Bologna, Itaky. P. 79. (In Persian)
4- Ashly M.K., Grant M., and Grabov A. 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. Experimental Botany 57: 425-436.
5- Avaz K., and Nasyreimhalatei M. 1994. Agronomy Plant Ecology, Jehad Daneshgahi Press pp: 291. (In Persian)
6- Babalar M., and Pirmoradian M. 1999. Fruits Tree Nutrition, Tehran University Press. Pp; 361. (In Persian)
7- Banziger M., Edmeades GO., and Lafitte HR. 1999. Selection for drought tolerance increase maize yields over of N level. Crop Science 39: 1035-1040.
8- Behzadeishrbabahei H. 1998. Diversity Of Pomegranate Cultivars Bof Iran Karaj Agricultur Education, PP: 265. (In Persian)
9- Bradford K.J., and Hsiao TC. 1982. Physiological responses to moderate water stress. Physiological Plant Ecology 263-324.
10- Chapman H.I., and Pratt P.F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. The University of California's Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA.
11- El-Fouly M., Mobarak Z.M., and Salama Z.A. 2001. Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. Proc. of XIV Intl. Plant Nutrition Colloquium, 28 July- 4 Aug., 2001, Hanover, Germany, pp. 422-423
12- Faizizadeh M., And Samadi A. 2016. Estimation of reference figures of the integrated system of diagnosis and recommendation for evaluating the nutritional status of onions. Iranian Soil and Water Research 47(4): 785-797.
13- Graham RD. 1993. Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to trace elements. Advances in Botanical Research 10: 221-276.
14- Hassibi P. 2007. Physiological study of the effect of cold stress on seedling stage of different rice genotypes. Doctoral dissertation of Shahid Chamran University of Ahvaz. P.145.
15- Ji K., Wang Y., Sun W., Lou Q., Mei H., Shen S., and Chen H. 1012. Drought-responsive mechanisms in rice genotypes with contrasting drought tolerance during reproductive stage. Plant Physiology 169: 336-344.
16- Kafei M., and Mahdavei Damghanei A.M. 2009. Mechanisms of environmental stress resistance in plants, Ferdousi Mashhad University press pp 476. (In Persian)

17- Kaur G., Jabbar Z., Athar M., and Alam M.S. 2006. *Punica granatum* (pomegranate) flower extract possesses potent antioxidant activity and abrogates FeNTA induced hepatotoxicity in mice. Food Chemistry and Toxicology 44: 984-993.
18- Khattab M.M., Shaban A.E., El-shrief A.H., and El-deen Mohamad A.S. 2011. Growth and Productivity of Pomegranate Trees under Different Irrigation Levels. III: Leaf Pigments, Proline and Mineral Content. Horticultural Science and Ornamental Plants 3: 265-269.
19- Logan T.J., Goins L.E., and Jlidsay B. 1997. Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. Water Environmental Research 69: 28-33.
20- Marchner H. 1995. Mineral nutrition of higher plant, Second Reprint Academic press. pp: 6-73.
21- Martinez X.D. 2010. Effects of irrigation and nitrogen application on vegetative growth yield and fruit quality in peaches (*Prunus persica* L. Batsch cv. Andross) for processing, PhD thesis Lleida University Spain, 136 p.
22- Miguel M.G., Neves M.A., and Antunes M.D. 2010. Pomegranate (*Punica granatum* L.): A medicinal plant with myriad biological properties - A short review. Journal of Medicinal Plants Research 4(25): 2836-2847.
23- Mosavei S.A., Ttarie M., Mehnatkesh M., and Hagegei B. 2003. Vegetative Growth Response of Young Seedlings of Five Almond Cultivars toWater Deficit Quarterly. Seed and Plant Improvement Journal P: 551-567. (In Persian)
24- Mostashari M., Behnami A., and Khosravinejad A. 2011. Investigation of nutrition disorders in Saadat Abad orchard in Qazvin. 3th national conference on green area. Qazvin. 10pp.
25- Pugnine F.I., Endols N.S., and Pardos G. 1994. Constraints by water stress on plant growth, Handbook of Plant and Crop Stress. New York. P: 445.
26- Serraj R., Krishanamurthy L., Kashiwagi J., Kumar J., Chandra S., and Crouch J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum*) grown under terminal drought. Field Crops Research 88: 115-127.
27- Tabatabaee S.S., Razazi A., Khoshgoftarmanesh A.H., Khodaeian N., Mehrabi Z., Asgari E., Fathian Sh., and Ramezanzadeh F. 2011. Effect of Fe-Deficiency on Uptake, Concentaration and Translocation of Fe, Zn, Mn in Some Plants with Different Fe-efficiency in Hydroponics Culture Journal of Water and Soil 25(4): 728-735. (In Persian with English abstract)
28- Taiz L., and Zeiger E. 2006. Plant physiologh. Fourth Edition Sinauer Associates Inc: Publishers Sunderland Massachusetts. P: 738.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 355-365
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۶۵-۳۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Selection of Six Commercial Iranian Pomegranates (*Punica granatum* L.) Cultivars for Drought Stress Tolerance Based On Some Leaf Nutrient Elements

M. Esna-Ashari[1*]- E. Hassani Moghaddam[2]
Received: 28-07-2019
Accepted: 01-05-2021

Introduction: Iran has the most diverse and richest gene pool of pomegranate cultivars in the world. Drought is the most common environmental stress and the most important limiting factor of agricultural production in the world and limits production in almost 25% of the world's agricultural lands. One of the most harmful effects of dehydration stress is disruption of the process of absorption and accumulation of nutrients. Among nutrients, potassium is one of the most important cations required by plants, which has been reported to accumulate during osmotic stress. The role of this cation in osmotic regulation and stomatal control has been described. Due to the fact that drought stress is one of the limiting factors for agricultural production, therefore, research on the mechanism of plant resistance to water scarcity is important. Therefore, this study was conducted to investigate the response of six Iranian commercial pomegranate cultivars to drought stress based on the amount of some leaf nutrients.

Materials and Methods: The executive operations of this research were carried out in the research greenhouse of Lorestan Agricultural and Natural Resources Research Center with a temperature of 25 °C and a relative humidity of 70%. The experiments were performed due to similar climatic conditions of Lorestan and Kermanshah provinces. The plant materials used in this study were annual rooted seedlings of six pomegranate cultivars. This study is a factorial experiment with two factors: 1- Pomegranate cultivar in six levels (RababNeyriz, NaderyBadrood, ShishehcapFerdous, ArdestanyMahvelat, Malase Yazd and ShirinShavar Yazd) and 2- Drought stress in three levels including non-stress drought (80% of field moisture, control), moderate drought (60% of field moisture) and severe drought (40% of field moisture) were screened in a completely randomized design with three replications in the greenhouse. All data obtained from the experiments of this study were statistically analyzed by SAS-9.1 software and the comparison of the mean of the simple effect of the treatments was performed using Duncan's multiple range test. The comparison of the mean interaction of the treatments was performed by SAS and MSTAT-C software using Duncan's multiple range test. Graphs were drawn using Excel software.

Results and Discussion: The results of this study showed that the amount of nutrients in all studied cultivars was affected by drought stress, but the response to stress was different. The amount of nutrients of iron, zinc, copper, manganese, sodium and phosphorus based on dry weight decreased under drought stress conditions while the concentration of potassium under drought stress increased. Based on the results of this study, Rabab Neyriz and Malase Yazd cultivars had more tolerance to drought stress in terms of nutrient uptake compared to other cultivars, respectively. Highest levels of iron (126.9 $mg.g^{-1}$), zinc (39.9 $mg.g^{-1}$), copper (13 $mg.g^{-1}$), manganese (51.8 $mg.g^{-1}$) and potassium (2.11% was obtained from Rabab Neyriz cultivar. Therefore, the use of this cultivar in drought stress conditions is recommended. Among the studied cultivars, Naderi Badroud and Ardestani Mehvalat had the highest sensitivity to drought stress and Shirin Shahvar Yazd and Shishecap Ferdows cultivars showed moderate resistance in this regard.

Conclusion: Based on the results of this study, it showed that Rabab Neyriz and Malase Yazd cultivars have high tolerance to drought stress and are also able to show a better response to nutrient uptake under drought stress conditions. Between these two cultivars, Rabab Neyriz cultivar had higher absorption of iron, zinc, copper, manganese and potassium and was considered the superior cultivar in this regard.

Keywords: Dry weight, Field capacity, Iron, Zinc and Potassium

1- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.esnaashari@basu.ac.ir)
2- Ph.D. Graduate of Bu-Ali Sina University and Research Assistant of the Seed and Plant Certification Research Institute (SPCRI), Agricultural Research Education & extension organization (AREEO), Karaj, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.60222.0

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۸۱-۳۶۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 367-381
ISSN: 2008 - 4730

مقاله پژوهشی

تأثیر محلول‌پاشی براسینواستروئید بر گیاهچه فلفل دلمه‌ای(*Capsicum annuum* L.) تحت تنش خشکی

سعید خسروی[1]* - مریم حقیقی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۲

چکیده

هورمون‌های گیاهی نقش موثری بر رشد و توسعه گیاهان و افزایش مقاومت به تنش‌ها دارند، براسینواستروئیدها از هورمون‌های گیاهی می‌باشند که به صورت موثری مقاومت به تنش خشکی را در محصولات زراعی و باغی افزایش می‌دهند. بنابراین در پژوهشی، تأثیر براسینواستروئید (BR) بر غلظت پرولین، آمینواسید، پروتئین، محتوای آبسیزیک‌اسید در گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.) رقم 'Castello' چهار تیمار خشکی با استفاده از محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در چهار سطح صفر، ۶-، ۷-و ۸- بار اعمال شد. براسینواستروئید در دو سطح شاهد و ۱ میکرومولار به حالت محلول‌پاشی استفاده شد. نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی وزن تر (۴۱ درصد) و خشک ساقه (۶۶ درصد) کاهش یافت و شدت اثر مخرب تنش در ساقه با کاربرد براسینواستروئید، در تنش ملایم بیشتر بود اما در ریشه در همه سطوح تنش با روند یکسانی کاهش اثرات مخرب را نشان داد. کاربرد براسینواستروئید باعث کاهش شاخص‌های تنش ازجمله پرولین (۷ درصد) و آبسزیک‌اسید (۵۰ درصد) شد و این کاهش در میزان پرولین بخصوص در سطوح بالاتر تنش بیشتر بود. میزان اسیدآمینه و پروتئین با تنش خشکی کاهش یافت و کاربرد براسینواستروئید نتوانست به طور موثری از این کاهش خصوصاً در مورد ترکیبات و میزان آمینواسید موثر باشد. به طور کلی به نظر می‌رسد کاربرد براسینواستروئید در غلظت ۱ میکرومولار موجب کاهش اثرات منفی تنش و حفظ خصوصیات رویشی گیاهچه‌های فلفل دلمه‌ای تحت تنش خشکی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسیدآبسیزیک، آمینواسید، تنظیم‌کننده‌های رشد، فلورسانس کلروفیل

مقدمه

هورمون‌های طبیعی و مصنوعی، تنظیم‌کننده‌های رشد محسوب می‌شوند که در تنظیم و کنترل فرایندهای رشد و فیزیولوژی، افزایش مقاومت به تنش‌ها، بهبود عملکرد و کیفیت گیاه نقش موثر دارد (۲۹). تنظیم‌کننده‌های رشد به گروه اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها، اسیدآبسیزیک و اتیلن طبقه‌بندی می‌شوند اما ترکیباتی مانند جاسمونات‌ها، سالیسیلیک‌اسید و براسینواستروئیدها هم در گروه هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند (۲۹). براسینواستروئیدها، ششمین گروه از هورمون‌های گیاهی بوده که دارای تأثیرات بیولوژیکی منحصر بفردی در رشد و توسعه گیاهان از جمله طویل شدن سلول، توسعه آوندی، پیری، کنترل گلدهی و پاسخ به تنش می‌باشند (۱۵). براسینواستروئیدها ترکیبات استروئیدی گیاهی با فعالیت گسترده بیولوژیکی هستند که توانایی افزایش عملکرد گیاهان را از طریق تغییرات متابولیسمی گیاه و حفاظت آنها در برابر تنش‌های محیطی دارند. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که این هورمون اثر ضد تنشی در کاربرد برون‌زاد برای گیاهان دارد (۱۵). براسینواستروئیدها رشد و توسعه گیاه را به روش‌های مختلفی تحت تأثیر قرار داده و موجب بهبود تحمل تنش در گیاه می‌شوند (۴).

براسینولید رشد گیاهان را از طریق افزایش برخی از فعالیتهای متابولیکی مانند فتوسنتز، بیوسنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها افزایش می‌دهند بنابراین افزایش عملکرد و شاخص‌های کیفی محصولات غذایی با مصرف مناسب و به موقع تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی قابل حصول است (۳۳). لی و فنگ نشان

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: saeedkhosravi0938@gmail.com)

DOI: 10.22067/jhs.2021.61838.0

دادند (۲۰) که مصـرف براسـینولید می‌تواند از طریق افزایش محتوای آب نسـبی، قندهای محلول، پروتئین، پرولین، کاتالاز، پراکسـیداز و سوپراکسیددیسموتاز اثرات تنش رطوبتی را در گیاهچه‌های یک گیاه زینتی (*Xanthoceras sorbifolia*) کـاهش داده و مقاومت آن را به تنش خشکی افزایش دهد (۳۷). در گزارشی اعلام کردند که مصرف براسینواستروئید در گلخانه و مزرعه عملکرد گندم، سیب‌زمینی، برنج و کلزا را به میزان زیادی افزایش داد و همچنین کیفیت دانه حاصـل از گیاه بادام زمینی که با این هورمون تیمار شـده بود نیز افزایش یافت (۳). گزارش‌هـایی مبنی بر افزایش عملکرد کاهو، تربچه، لوبیا و فلفل در اثر کاربرد هورمون ۲۴- اپی‌براسینولید وجود دارد و کاربرد این ماده در غلظت ۱ میکرومولار موجب افزایش عملکرد و کاهش ریزش میوه شده است (۲۳ و ۲۴).

تنش کم‌آبی بـا تـأثیر نـامناسـبی که بر ورود دی‌اکسـیدکربن می‌گذارد، ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون را کاهش داده و در نتیجه سیستم به سرعت به فلورسانس حداکثر می‌رسد؛ که منجر به افت فلورسانس متغیر خواهد شد. از طرفی با افزایش شدت نور سیستم فتوسنتزی با یک روش تنظیمی برای کاهش انرژی القا شده تحریکی، انرژی مازاد را به طریق افزایش خاموشی غیرفتوشیمیایی به صورت فرایند غیرتشعشعی از دست می‌دهد. با این سازوکار تنظیم، ضمن حفاظت از مرکز واکنش، موجب حداقل شـدن صـدمه به این مرکز می‌گردد (۴). برای تحمل تنش کم‌آبی سازوکارهای مقاومت و تحمل در گیاهان توسعه یافته است. یکی از راه‌های مقابله و تطابق، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است (۳۰). اولین بار براسینواستروئیدها از دانه گرده گیاه شلغم (*Brassica napus*) استخراج (۱۰) و به عنوان ششمین گروه از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در نظر گرفته شد (۳۰). این ترکیبات موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی شده (۳۵) و بر خصوصیات الکتریکی، نفوذپذیری غشا، پایداری و فعالیت آنزیم‌های غشا اثر می‌گذارند. امروزه براسینواستروئید از گیاهان مختلف استخراج و ساختمان و عملکرد آنها شناسایی شده است (۱۵). براسینواستروئیدها تحمل گیاهان را در محدوده وسیعی از استرس‌های محیطی افزایش داده‌اند و این افزایش عموماً وابسته به تولید و رونویسی ژن‌های ضد تنش از جمله پروتئین‌های شـوک گرمایی بوده که نشـانگر افزایش رونویسی ژن‌های مسئول پاسخ به استرس برای بالا بردن تحمل به استرس در درون گیاهان تیمار شده به وسیله براسینواستروئید بوده است (۱۷). لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر براسینواستروئید در کاهش احتمالی اثرات تنش خشـکی بر گیاه فلفل دلمه‌ای و بررسـی خصوصیات کمی و کیفی آن بود.

مواد و روش‌ها

نحوه آماده‌سازی مواد آزمایشی و اعمال تیمار

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.) رقم 'Castello' تحت شرایط دمای متوسط روزانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شبانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (عرض جغرافیایی ″۱۸ ′۷ °۳۲ شمالی، عرض جغرافیایی ″۲ ′۵۳ °۵۱ شرقی) با تیمارهای خشکی در چهار سطح صفر، ۶-، ۷- و ۸- بار و تیمار براسینواستروئید در دو سطح شاهد و ۱ میکرومولار به حالت محلول‌پاشی با ۵ تکرار انجام شد.

بذرهای فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello' در سینی نشا حاوی بستر پرلایت و ورمی‌کولایت با نسبت حجمی ۱ به ۲ کشت گردید. پس از چهار هفته و هنگامی که برگ حقیقی نهال‌ها ظاهر شد، با شستشوی کامل ریشه به کمک آب مقطر به ظروف پلاستیکی سیاه رنگ با قطر ۱۶ و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر و حجم ۱ لیتر حاوی محلول غذایی جانسون (حاوی هر یک از چهار تیمار خشکی انتقال یافت. لازم به ذکر است تنش خشکی به‌وسیله پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ مطابق با روش میچل و کافمن در دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد در شرایط گلخانه‌ای اعمال گردید (۲۶) و در تیمار شـاهد هر ۱۵ دقیقه، به مدت ۵ دقیقه هوادهی گردید.

فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده

جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک، در پایان آزمایش پس از خارج کردن گیاهان از ظروف پلاستیکی ریشه آن‌ها توسط آب مقطر شسته شد و توسط چاقو اندام هوایی و ریشه جدا گردید و به کمک ترازویی دیجیتال وزن تر توزین شد. سپس شاخساره و ریشه بطور جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و سپس با ترازوی دیجیتال توزین شدند.

به منظور اندازه‌گیری کارآیی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)، به مدت ۲۰ دقیقه برگ گره‌های میانی به وسیله گیره‌های مخصوص در تاریکی قرار داده شدند و پس از آن Fv/Fm با استفاده از دستگاه فلورسانس‌سنج (مدل OS- 30 ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری میزان سبزینگی برگ از جوان‌ترین برگ‌های بالغ بوته استفاده شد به طوری‌که از هر گیاه سه قرائت بر روی سه برگ مجزا (درمجموع ۹ قرائت در هر تکرار) توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502 plus, Minolta, Japan) انجام و سپس میانگین آن ثبت شد.

برای اندازه‌گیری پروتئین از روش بردفورد استفاده شد. پس از تهیه نمونه‌ها از برگ گیاهان فلفل عصاره گیاهی استخراج و معرف بردفورد به آن اضافه گردید و پس از گذشت ۲۰ دقیقه میزان جذب در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (-UV 160A

Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) قرائت شد و براساس مقایسه با منحنی استاندارد، غلظت پروتئین برحسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به دست آمد (۸).

اندازه‌گیری غلظت پرولین به این شکل انجام شد که برای تهیه محلول‌های پرولین استاندارد از پرولین خالص استفاده گردید. جهت کالیبره کردن دستگاه اسپکتروفتومتر از غلظت‌های مختلف پرولین و از تولوئن خالص به عنوان شاهد استفاده شد و منحنی استاندارد رسم گردید. میزان جذب در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV 160A- Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) پس از تهیه نمونه‌ها انجام شد و غلظت پرولین نمونه‌ها برحسب میکرومول در گرم وزن‌تر نمونه محاسبه و بیان گردید (۶).

اندازه‌گیری محتوای آبسیزیک اسید یک گرم بافت برگ تازه، با متانول ۸۰ درصد و ۰/۱ گرم پلی‌وینیل پیرولیدون در ۴۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ و محلول رویی جدا شد و متانول توسط خلاء تبخیر و به آن اتیل‌استات اضافه و اسیداستیک اضافه و به ستون فازمعکوس (Diamonsic, C_{18}, 5µm) به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر در دستگاه HPLC (Unicam-Crystal-200, UK) تزریق شد. فاز متحرک گرادیان متانول–اسیداستیک (۳– ۹۷ درصد) با سرعت چهار میلی‌لیتر در دقیقه به همراه دتکتور diode array استفاده شد (۱۱).

برای سنجش اسیدهای‌آمینه، مقدار ۰/۳ گرم بافت تر با اتانول ۸۰ درصد دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. سپس محلول رویی درون دستگاه تغلیظ کننده درجه قرار داده و سپس۲۰۰ میکرولیتر بافر بورات و در نهایت ۱۰۰ میکرولیتر OPA اضافه گردید و با سرنگ مخصوص، به دستگاهHPLC با ستونHALO، C18 ۵ سانتی‌متری (دمای ستون ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و فازهای متحرک (حلال‌ها) با شدت جریان ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه، تزریق شد. و با تعیین رابطه غلظت و سطح زیر منحنی، منحنی استاندارد رسم شده و مقادیر کمی هر اسیدهای‌آمینه محاسبه شد (۱۹). داده‌ها در نرم‌افزار اکسل طبقه‌بندی و با برنامه آماری Statestix 8 آنالیز شدند و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز تجزیه واریانس و اثرات اصلی کاربرد براسینواستروئید و تنش خشکی در فلفل دلمه‌ای

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که براسینواستروئید بر همه صفات رویشی به جز حجم و وزن ریشه و کلیه صفات فیزیولوژیک به جز فلورسانس کلروفیل اثر معنی‌داری نداشت و صفات ذکر شده با کاربرد یک میلی‌مولار براسینواستروئید افزایش نشان داد در حالی‌که اثرات اصلی خشکی به جز اسیدآمینه و اثرات متقابل خشکی و براسینواستروئید بر کلیه صفات معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲).

نتایج اثرات اصلی خشکی نشان داد که براسینواستروئید ۱ میکرومولار به‌ترتیب به میزان ۷/۰۱ و ۱۳/۰۵درصد وزن تر و حجم ریشه بیشتری نسبت به شاهد را موجب شد در حالی‌که بر سایر صفات رویشی تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). وزن تر ریشه در تنش شدید ۸- بار (۲۶/۸۷ درصد کاهش نسبت به شاهد) و وزن خشک با تنش ۷- بار (۲۹/۶۲ درصد کاهش نسبت به شاهد) شروع به کاهش معنی‌دار کرد در حالی‌که وزن تر و خشک قسمت هوایی بوته از تنش‌های کمتر یعنی از ۶- بار شروع به کاهش نشان داد از طرفی به نظر می‌رسد طول و حجم ریشه با شروع تنش از ۶- بار و طول بوته نیز با اولین سطح تنش کاهش یافت. وزن خشک بوته در ۸- بار با ۱۸۶/۴۸ درصد، حجم ریشه با ۳۰/۱۸ درصد، طول ریشه با ۱۶/۰۶ درصد بیشترین میزان کاهش را نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۳).

براسینواستروئید ۱ میکرومولارموجب افزایش ۷/۰۶ درصدی میزان کلروفیل فلورسانس نسبت به تیمارشاهد گردید در حالیکه بر سایر شاخص‌های تنش خشکی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). تنش خشکی در سطح ۶- بار باعث کاهش کلروفیل فلورسانس، شاخص کلروفیل و افزایش اسیدآبسیزیک شد در حالی‌که از سطح ۷- بار باعث کاهش پروتئین و افزایش پرولین شد (جدول ۴).

میزان اسیدآمینه‌های سولفوردار، ضروری، غیرضروری با اعمال تنش خشکی به شدت کاهش یافت و کاربرد براسینواستروئید اثری بر آن نداشت. میزان آمینواسید کل با تنش خشکی کاهش یافت اما با کاربرد براسینواستروئید تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۵).

تغییرات رشدی گیاه فلفل با کاربرد براسینواستروئید در تنش خشکی

با افزایش سطح تنش طول ریشه و طول بوته کاهش یافت و کاربرد براسینواستروئید به حفظ طول ریشه در کلیه سطوح تنش خشکی و حفظ طول بوته در سطوح پایین‌تر تنش کمک کرد (شکل ۱ a، b).

وزن تر ریشه و ساقه با افزایش شدت تنش کاهش یافت با کاربرد براسینواستروئید در سطوح ۶- بار در شرایط تنش بهتری حفظ شد اما در شدت بالای تنش (۸- و ۷- بار) اثری بر وزن تر بوته نداشت (شکل ۲ a، b). روند مشابهی در وزن خشک ریشه و ساقه مشاهده شد به این شکل که با کاربرد براسینواستروئید تغییر محسوسی در وزن خشک ریشه دیده نشد اما به حفظ وزن تر ساقه خصوصاً در سطوح ملایم تنش خشکی (۶- بار) پرداخت (شکل ۲ c و d).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرتیمارهای براسینواستروئید و خشکی بر صفات رویشی گیاه فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'

Table 1- ANOVA for the effect of brassinosteroid and drought treatments on vegetative traits of sweet pepper cv. 'Castello'

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک بوته Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر بوته Shoot fresh weight	حجم ریشه Volume root	طول ریشه Length root	طول بوته Length shoot
براسینواستروئید Brasinosteroid	1	0.00002^{ns}	0.015^{ns}	0.236**	0.000.70^{ns}	0.8437**	1.401^{ns}	1.306^{ns}
خشکی Drought	3	0.207**	0.259**	0.220**	0.235**	0.232**	2.606**	8.854**
براسینواستروئید× خشکی Brasinosteroid×Drought	3	0.229**	0.263**	0.268**	0.288**	0.293**	2.752**	8.514**
خطا Error	32	0.143	0.194	0.139	0.154	0.117	0.994	4.158
ضریب تغییرات C.V (%)		28.67	23.50	6.75	12.91	11.05	10.32	12.71

^{ns} غیرمعنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

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

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای براسینواستروئید و خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'

Table 2- Analysis of variance of the effects of brassinosteroid and drought treatments on physiological traits of sweet pepper cv. 'Castello'

منابع تغییرات Sources of variation	df	اسیدآبسیزیک ABA	پروتئین Protein	امینو اسید Amino acid	پرولین Proline	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence
براسینواستروئید Brasinosteroid	1	1.306^{ns}	10.96^{ns}	0.135^{ns}	1.368^{ns}	1.500^{ns}	0.019**
خشکی Drought	3	18.563**	3039**	0.176^{ns}	5.511**	7.338**	0.008**
براسینواستروئید× خشکی Brasinosteroid×Drought	3	14.514**	33588**	0.164**	5.943**	8.250**	0.004**
خطا Error	32	7.158	18197	0.072	2.657	4.334	0.002
ضریب تغییرات C.V (%)		12.71	6.44	6.75	40.21	3.62	6.45

n.s غیرمعنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و * در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است.

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

جدول ۳- اثر براسینواستروئید و خشکی بر صفات رویشی گیاه فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'

Table 3- The effect of Brassinosteroid and drought on vegetative traits of sweet pepper cv. 'Castello'

براسینواستروئید Brasinosteroid (µM)	طول بوته Length shoot (cm)	طول ریشه Length root (cm)	حجم ریشه Volume root (ml)	وزن خشک بوته Shoot dry weight (g)	وزن تربوته Shoot fresh (g) weight	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)
0	16.28a	9.90a	2.91b	0.58a	3.04a	0.30a	2.85b
1	15.81a	9.41a	3.29a	0.63a	3.05a	0.30a	3.05a
خشکی Drought (Bar)							
0	19.16a	10.33a	3.58a	1.06a	4.27a	0.35a	3.21a
-6	14.45b	10.1ab	3.08b	0.52b	2.69b	0.32a	3.03a
-7	16.00b	9.33ab	3.00b	0.48b	2.69b	0.28b	3.02a
-8	14.58b	8.90b	2.75b	0.37b	2.52b	0.27b	2.53b

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

Means with common letters in each column are no significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۴- اثر براسینواستروئید و خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'

Table 4- The effect of Brassinosteroid and drought on physiological traits of sweet pepper cv. 'Castello'

براسینواستروئید Brasinosteroid (µM)	اسیدآبسیزیک ABA (ng.g RFW^{-1})	پرولین Proline (µmol.g^{-1})	پروتئین Protein (mg.g^{-1})	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index (Spad)	کلروفیل فلورسانس Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)
0	15.81a	0.012a	2003.7a	57.308a	0.7448b
1	16.28a	0.013a	2182a	57.808a	0.8014a
خشکی Drought (Bar)					
0	14.16c	0.018b	2125a	65.550a	0.8067a
-6	16.45b	0.0129b	2111a	60.700b	0.7813ab
-7	16b	0.020a	2071b	56.433c	0.7643ab
-8	19.58a	0.029a	2065b	47.550d	0.7402b

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

Means with common letters in each column are no significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

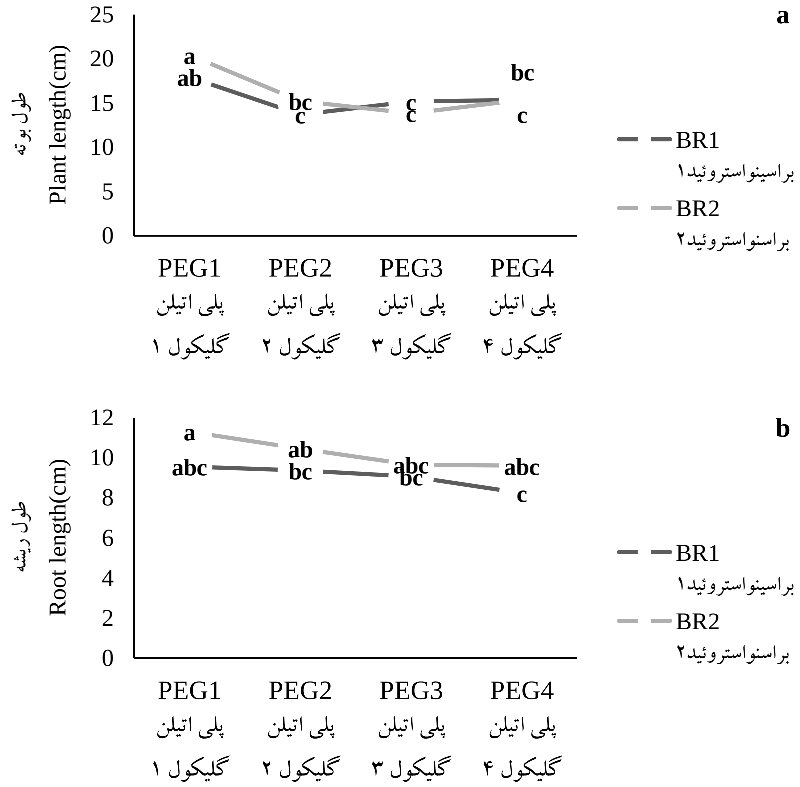
جدول ۵- اثرمتقابل کاربرد براسینواستروئید ×تنش خشکی بر ترکیبات آمینواسیدهای فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello' (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)

Table 5- Interaction effect of brassinosteroids ×drought stress on sweet pepper amino acids cv. 'Castello' (mg .100 g^{-1})

آمینواسید Amino acid	خشکی Drought		شاهد Control	
	Br2	Br1	Br2	Br1
آمینواسیدهای سولفوردار Sulfuric amino acids	164.45b	153.52b	263.44a	247.84a
آمینواسیدهای ضروری Essential amino acids	359.32b	326.56b	651.04a	663.03a
آمینواسیدهای غیرضروری Unnecessary amino acids	3281.21b	3126.40b	3618.64a	3161.45a
آمینواسید کل Total amino acid	4942.80ab	4507.36b	5515.84a	5028.64a

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

Means with common letters in each column are no significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

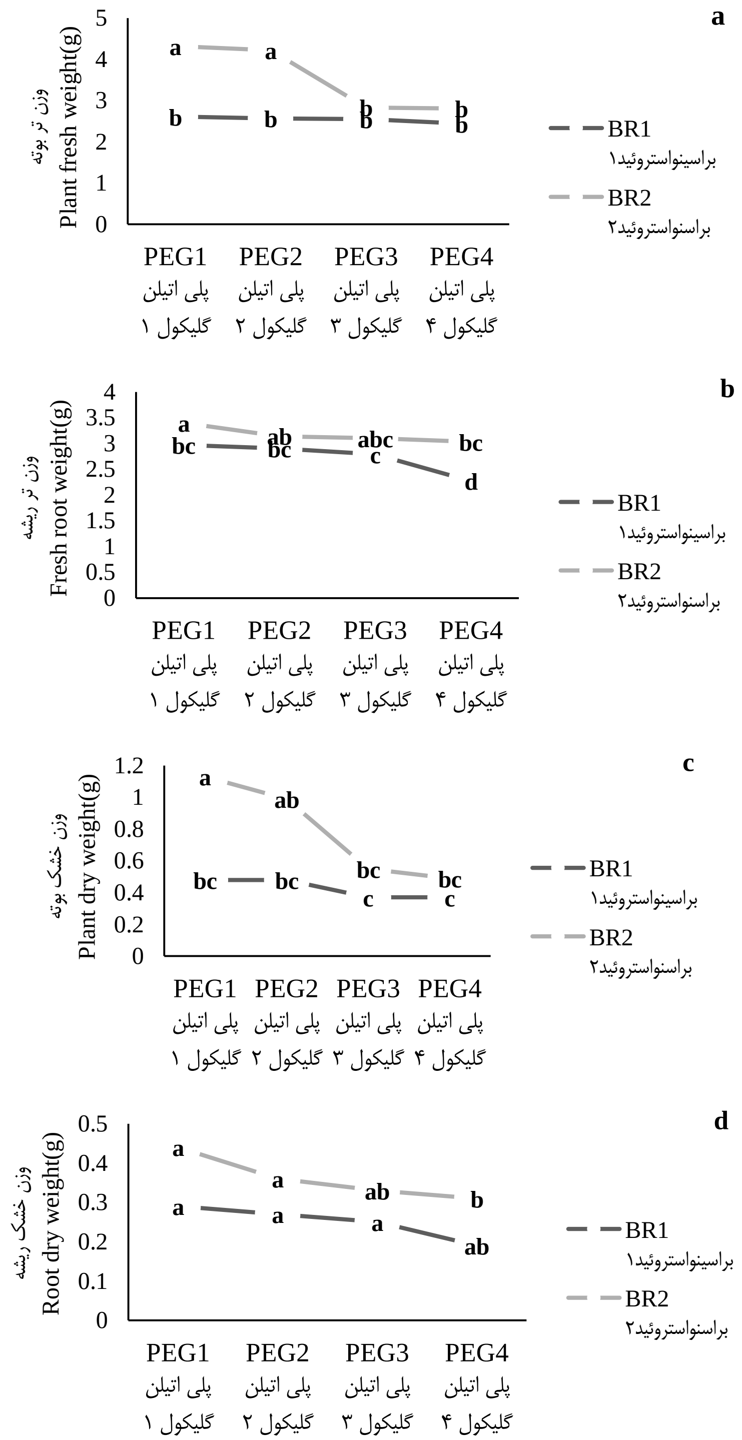


شکل ۱- اثرمتقابل کاربرد براسینواستروئید × تنش خشکی بر طول بوته (a) و طول ریشه (b) فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'. Br1: صفر، Br2: ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید، PEG1: صفر، PEG2: ۶- ، PEG3: ۷-، PEG4: ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول

Figure 2- Interaction effect of brassinosteroids ×drought stress on shoot length (a) and root length (b) of sweet pepper cv. 'Castello'. Br1: Zero, Br2: 1 mgl^{-1} of brassinosteroid, PEG1: Zero, PEG2: -6, PEG3: -7, PEG4: -8 Bar polyethylene glycol. (LSD, *p≤0.05*)

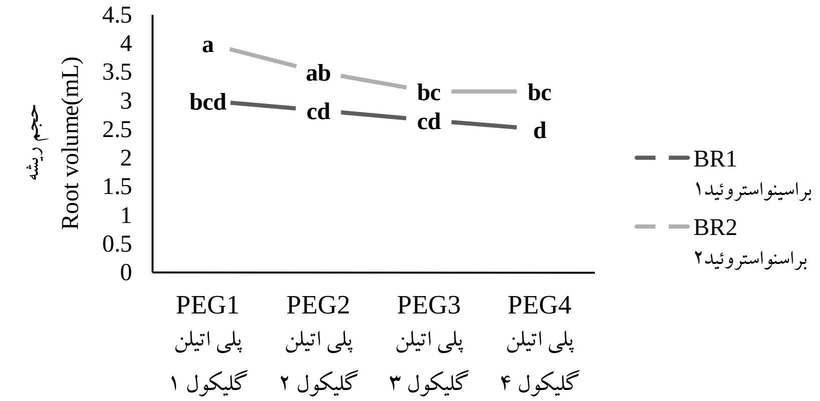
حجم ریشه روند مشابهی با وزن خشک ریشه و وزن تر آن نشان داد و با کاربرد براسینواستروئید در کلیه سطوح تنش حجم ریشه بیشتر از عدم کاربرد براسینواستروئید بود (شکل ۳).

کاهش تولید ماده خشک یکی از نتایج تنش شوری می‌باشد که به دلیل تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز به وجود می‌آید. حیات و همکاران (۱۴) بیان کردند که براسینواستروئیدها تأثیر مثبتی را بر رشد گیاهان تحت تنش و شوری دارند. بهنام‌نیا و همکاران (۷) با بررسی اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید را بر وزن تر و خشک گیاهان اسپرس نشان دادند که کمبود آب، باعث کاهش وزن تازه و خشک ساقه می‌گردد. کاربرد ۰/۰۱ و ۱ میکرومولار از ۲۴-اپی براسینولید بطور معنی‌داری وزن تازه ساقه‌ها و ماده خشک گیاه را تحت شرایط تنش و شاهد افزایش داد. وزن ماده خشک گیاه تحت شرایط تنش متوسط ۲۷ ٪ و تحت شرایط تنش شدید ۷۰ ٪ در تیمار ۱ میکرومولار از ۲۴-اپی براسینولید افزایش نشان داد. نتایج همتی و همکاران (۱۶) نشان داد که اثرمتقابل تنش خشکی و براسینواستروئید در مورد وزن خشک بوته معنی‌دار بود. وزن خشک بوته با افزایش شدت تنش کاهش یافت اما کاربرد براسینواستروئید موجب افزایش آن گردید به طوری‌که در شرایط بدون تنش و کاربرد ۷-۱۰ مولار براسینواستروئید بیشترین میزان ماده خشک بوته مشاهده شد و کمترین میزان آن به شرایط تنش و عدم کاربرد براسینواستروئید تعلق گرفت. ترکیباتی مانند براسینواستروئید که خواص آنتی‌اکسیدانی دارند (۱۳). با افزایش توانایی آنتی‌اکسیدانی گیاه توانایی کم کردن خسارت تنش خشکی را دارند، مقداری ازخسارات تنش خشکی در غشای سلول یک سدی برای تولید رادیکال‌های آزاد است. توانایی براسینواستروئید در افزایش تحمل به تنش خشکی، پایداری غشا، افزایش بیوماس، عملکرد و اجزای عملکرد توسط سایر پژوهشگران مشخص شده است (۳۱). افزایش در رشد ریشه در گیاهان تیمار شده بوسیله براسینواستروئید در مقایسه با گیاهان تیمار نشده در شرایط تنش دیده شده است (۳۲). احتمالا براسینواستروئید به دلیل تولید تنظیم‌کننده‌های اسمزی موجب دوام جذب آب از خاک به ریشه و در نتیجه حفظ آماس سلولی گردیده و درنتیجه منجر به تحریک رشد و تقسیم سلولی می‌شود زیرا لازمه تقسیم و خصوصا بزرگ شدن سلول‌ها آماس سلول است. نتایج مشابهی توسط احمدی موسوی (۱) گزارش شده است.



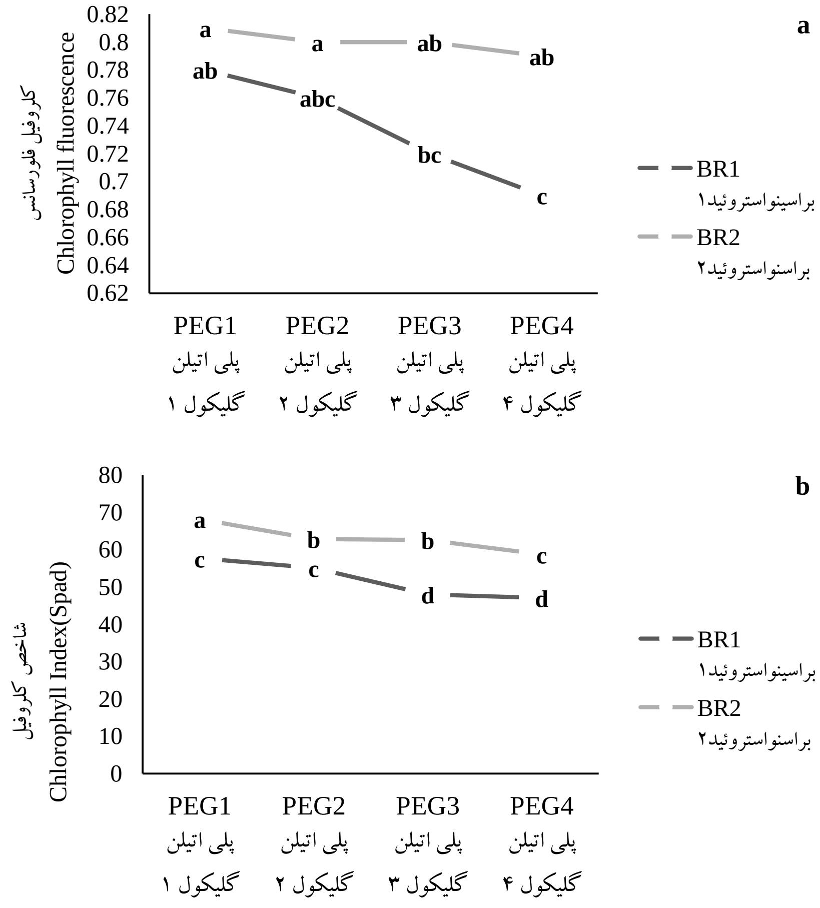
شکل ۲- اثرمتقابل کاربرد براسینواستروئید ×تنش خشکی بر وزن تر بوته (a)، وزن تر ریشه (b)، وزن خشک بوته (c) و وزن خشک ریشه (d) فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'. Br1: صفر، Br2: ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید، PEG1: صفر، PEG2: ۶- ، PEG3: ۷-، PEG4: ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول

Figure 2- Interaction effect of brassinosteroids ×drought stress on shoot fresh weight (a), root weight (b), shoot dry weight (c), and root dry weight (d) of sweet pepper cv. 'Castello'. Br1: Zero, Br2: 1 mgl^{-1} of brassinosteroid, PEG1: Zero, PEG2: -6, PEG3: -7, PEG4: -8 Bar polyethylene glycol. (LSD, *p≤0.05*)



شکل ۳- اثرمتقابل کاربرد براسینواستروئید ×تنش خشکی بر حجم ریشه فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'.Br1: صفر، Br2: ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید، PEG1: صفر، PEG2: ۶- ، PEG3: ۷-، PEG4: ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول

Figure 3- Interaction effect of brassinosteroids ×drought stress on root volume of sweet pepper cv. 'Castello'. Br1: Zero, Br2: 1 mgl^{-1} of brassinosteroid, PEG1: Zero, PEG2: -6, PEG3: -7, PEG4: -8 Bar polyethylene glycol. (LSD, *p≤0.05*)



شکل ۴- اثرمتقابل کاربرد براسینواستروئید ×تنش خشکی بر فلورسانس کلروفیل (a) و شاخص کلروفیل (b) فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'. Br1: صفر، Br2: ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید، PEG1: صفر، PEG2: ۶- ، PEG3: ۷-، PEG4: ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول

Figure 4- Interaction effect of brassinosteroids ×drought stress on Chlorophyll fluorescence (a) and chlorophyll index (b) of sweet pepper cv. 'Castello'. Br1: Zero, Br2: 1 mgl^{-1} of brassinosteroid, PEG1: Zero, PEG2: -6, PEG3: -7, PEG4: -8 Bar polyethylene glycol. (LSD, *p≤0.05*)

تغییرات رنگیزه‌ای و فلورســانس کلروفیـل گیـاه فلفـل با کاربرد براسینواستروئید در تنش خشکی

شـاخص کلروفیل و فلورسـانس کلروفیل با افزایش شـدت تنش کـاهش یافت و این کاهش در فلورســانس کلروفیل با شــدت تنش کاهش یافت و این کاهش در فلورسانس کلروفیل با شدت بیشتری در ۷- و ۸- بار دیده شـد و کاربرد براسـینواستروئید شاخص کلروفیل در کلیه سـطوح تنش و بهبود فلورسـانس کلروفیل در شـدت‌های بالای تنش (۷- و ۸- بار) پرداخت (شکل ۴ a و b).

Fv/Fm با افزایش سطح تنش خشکی در یونجه (۳۸)، ارقام لوبیا (۵)، سیب‌زمینی (۱۲) گزارش شده است. براساس گزارش وزان (۳۶) و محمـدیـان (۳۵) تنش خشــکی موجب کاهش عملکرد کوانتومی در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند شـد. افزایش عملکرد کوانتومی نشانگر این اســت کـه تنش‌های محیطی تأثیری بر کارایی فتوســنتز ندارد. کاهش عملکرد فتوسـیسـتم دو و ماکزیمم عملکرد فتوسـیستم دو در نتیجه یک اثر سـاختمانی بر فتوسیستم دو و یکی از فاکتورهای اصلی مسـئول برای کاهش تدریجی در سـرعت فتوسـنتز از طریق تأثیر بر کاهش در سرعت انتقال الکترون می‌باشد (۲۹). بنابراین می‌توان چنین اســتنبـاط نمود کـه کاهش عملکرد کوانتومی به طور عمده به خاطر وجود آشـفتگی در کلروپلاست بوده و کاهش میزان محتوای کلروفیل نیز این مطلـب را تـأییـد می‌کند. روند کاهشـــی Fv/Fm مربوط به افزایش Fm می‌باشد که با عملکرد کوانتوم فتوسنتز خالص همبستگی دارد. فلورسانس کلروفیل به طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مراکز واکنش فتوسـیسـتم‌ها ارتباط دارد و وجود هرگونه آشـفتگی منجر به کـاهش حداکثر عملکرد کوانتومی فتوســیســتم می‌گردد (۱۵). تأثیر براسینواستروئید بر مؤلفه‌های فلورسانس به احتمال زیاد به تأثیر آن بر کلروفیل مربوط باشد. به طوری‌که با اعمال براسینواستروئید با افزایش کلروفیل منجر به کاهش F0، Fm و افزایش Fv/Fm گردیده است.

علـت کـاهش محتوای کلروفیـل با افزایش ســطح تنش کم‌آبی احتمـالا می‌توانـد بـه دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشــد. از دلایـل دیگر می‌توان بـه کـاهش غلظـت کلروفیل برخی ارقام تحت تنش کم‌آبی، به علت مشــترک بودن مســیر بیوســنتزی کلروفیل و آلفاتوکوفرول اشاره کرد، که گیاه در این شرایط تنش می‌تواند با توقف بیوسنتز کلروفیل، مسیر بیوسنتزی آنتی‌اکسیدان آلفا توکوفرول را فعال نماید و همچنین به دلیل تغییر مسـیر متابولیسـم نیتروژن در سـاخت ترکیب‌هایی مانند پرولین باشـد که برای تنظیم اسمزی به کار می‌رود (۱۹). بنابراین می‌توان بیان نمود که گیاهانی که تحت شــرایط تنش قرار می‌گیرنـد، محتوای کلروفیـل آنهـا تحت تأثیر قرار می‌گیرند و در بیشتر آنها محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد. در این میان، آن دسته از گیاهانی که به کم‌آبی متحمل هســتند؛ می‌توانند این کاهش محتوای کلروفیـل را تعـدیل کنند.گزارش مشــابهی مبنی بر کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی در یونجه وجود دارد (۳۸) که علت عمده آن علاوه بر موارد ذکر شده می‌تواند به دلیل پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلالات هورمونی ناشی از تنش کم‌آبی باشد (۱۸).

نتایج احمدی موســوی و همکاران (۲) نیز نشــان دهنده افزایش میزان کلروفیل با کاربرد براسـینواستروئید در شرایط تنش خشکی بود. به نظر می‌رسد علت افزایش کلروفیل‌ها در اثر کاربرد براسینواستروئید، افزایش مقاومت در برابر تنش اکسـیداتیو باشـد زیرا براسـینواستروئید دارای خاصـیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. به طوری‌که ازدمیر و همکاران (۲۷) بیان کردند براسـینواسـتروئید می‌تواند از خسـارت به غشــاها و ماکرومولکول‌ها جلوگیری کند.

تغییرات بیوشــیمیایی وفیزیولوژیکی گیاه فلفل با کاربرد براسینواستروئید در تنش خشکی

میزان پروتئین در بین سـطوح مختلف تنش و براسـینواسـتروئید تفاوت چشمگیری نداشت و بیشترین مقدار آن در شرایط بدون تنش و حضـور براسینواستروئید بود اما پرولین با افزایش تنش به سطح ۷- و ۸- بار به شــدت افزایش یافت اما بین ســطوح دیگر تنش و حضــور براسـینواسـتروئید تفاوت معنی‌داری مشـاهده نشـد و میزان هورمون اسـیدآبسیزیک با شروع تنش افزایش یافت و بین سطوح ۷- و ۸- بار تفاوت معنی‌داری دیده نشــد. کاربرد براســینواســتروئید باعث کاهش سطح اسیدآبسیزیک در سطح ۶- بار و سطح تنش ملایم شد اما باعث افزایش سطح اسیدآبسیزیک خصوصا در تنش ۷- بار شد (شکل ۵ a و b).

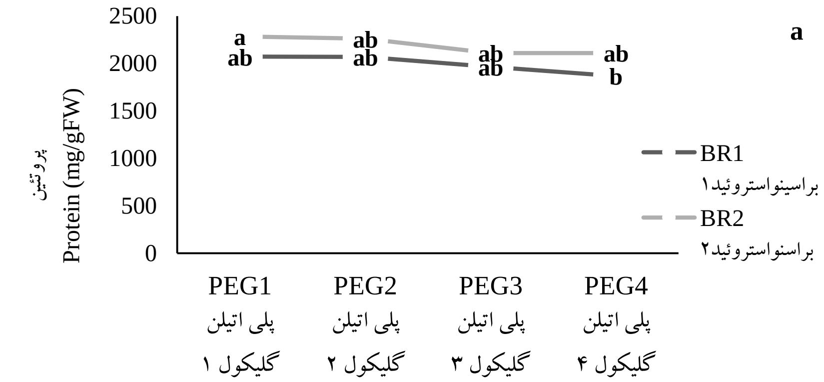
افزایش پرولین بـا تنش کم‌آبی ممکن اســت در نتیجـه کـاهش کلروفیل باشــد، چرا که پیش ماده هر دو گلوتامات اسـت این احتمال وجود دارد که گیاه برای دوام جذب آب با تخریب کلروفیل و آزادسازی پیش ماده پرولین به بقای گیاه کمک کند؛ زیرا در شرایط تنش، بقای گیاه از اهمیت بیشـتری نسبت به رشد گیاه برخوردار است. مشابه این اسـتدلال توسط متوس و اندرسوننیز گزارش شده است (۲۲). افزایش پرولین با اعمال براسـینواسـتروئید توسـط احمدی موسوی (۲) نیز، در شـرایط تنش خشکی مشاهده شده است. در نتایج آزمایش‌هایی که در آنها براسـینواسـتروئید اسـتفاده شـده، افزایش تولید پرولین در تنش شـوری گزارش شده است (۳۴). افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسـارت غشاء در گیاهان می‌شود، بدین ترتیب با روش تنظیم اســمزی تحمل به تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد(۲۸). کاهش پروتئین محلول در اثر تنش کم‌آبی در یونجه نیز گزارش شــده اســت (۳۸). با توجه به اینکه روبیســکو مهمترین و فراوان‌ترین پروتئین برگ اسـت، هر گونه کاهش در غلظت پروتئین‌های محلول منجر به کاهش غلظت

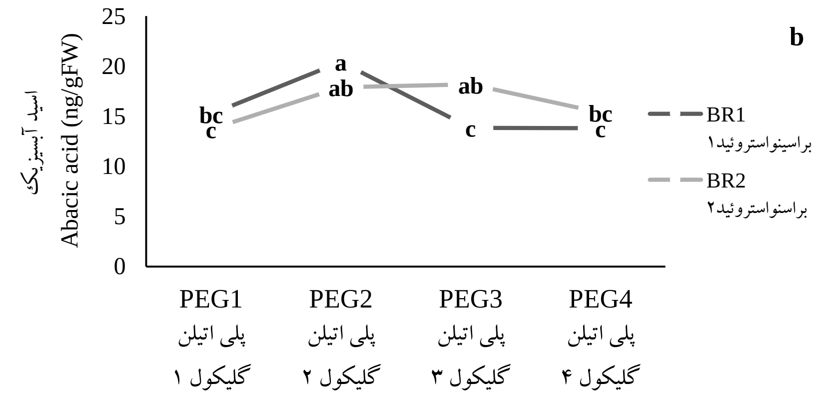
روبیسکو شده و این امر کاهش میزان فتوسنتز را در پی خواهد داشت. تأثیر اختلاف اعمال و عدم اعمال براسینواستروئید در کلروفیل نیز احتمالاً ناشی از افزایش پروتئین محلول می‌باشد و افزایش پروتئین محلول شاید ناشی از جذب آب توسط تولید پرولین باشد که با حفظ آماس سلولی و جذب آب منجر به تقسیم سلولی و حفظ کلروفیل می‌شود. از طرف دیگر همراه با جذب آب، مواد غذایی از جمله نیتروژن نیز می‌توانند جذب گیاه شده و باعث تولید پروتئین محلول شود. خشکی با ایجاد تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه، موجب اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی شده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۹).

بای‌پلات: نتایج آنالیز بای پلات داده‌ها نشان داد که در شرایط عدم تنش در حضور و عدم حضور براسینواستروئید صفات رویشی و پروتئین از میانگین بهتری برخوردار بود و در شدت تنش بالا و کاربرد براسینواستروئید وزن تر ریشه و میزان اسیدآبسیزیک را بیش از سایر صفات تحت تاثیر قرار داد در حالی‌که در تنش ملایم به نظر می‌رسد براسینواستروئید کاراتر عمل کرد و بیشتر صفات رویشی و فیزیولوژیک همانند حالت شاهد در وضعیت بهتری بود (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

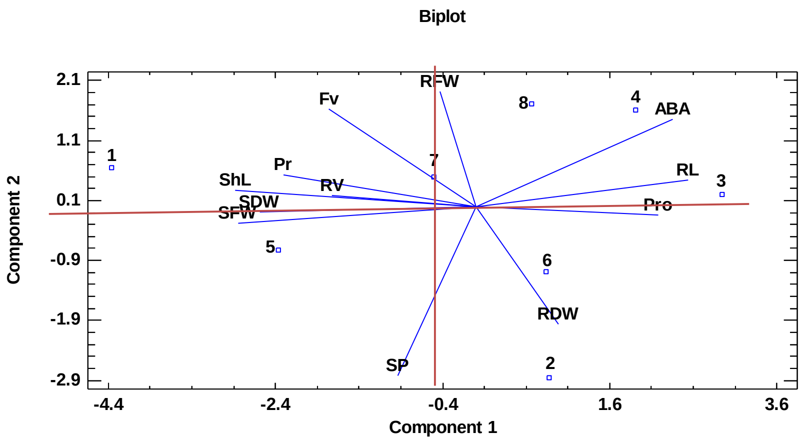
فلفل از گیاهان حساس به تنش خشکی است از طرفی با توجه به نقش موثر براسینواستروئیدها بر بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان و افزایش مقاومت به تنش‌ها و نتایج حاصل از این آزمایش به نظر می‌رسد کاربرد براسینواستروئید باعث بهبود اثرات منفی تنش خشکی ملایم در صفات رویشی خصوصاً ریشه می‌شود و با افزایش شدت تنش این هورمون بر صفات فیزیولوژیک موثرتر است میزان پرولین و هورمون آبسیزیک‌اسید به عنوان شاخص‌های تنش در میزان تنش شدید خشکی تغییرات چشم‌گیری دارد.





شکل ۵- اثرمتقابل کاربرد براسینواستروئید ×تنش خشکی بر پرولین (a)، پروتئین (b)، واسیدآبسیزیک (c) فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello'. Br1: صفر، Br2: ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینواستروئید، PEG1: صفر، PEG2: ۶- ، PEG3: ۷-، PEG4: ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول

Figure 5- Interaction effect of brassinosteroids ×drought stress on proline (a), protein (b), and Abscisic acid (c) of sweet pepper cv. 'Castello'. Br1: Zero, Br2: 1 mgl[-1] of brassinosteroid, PEG1: Zero, PEG2: -6, PEG3: -7, PEG4: -8 Bar polyethylene glycol. (LSD, *p≤0.05*)



شکل ۶- نمودار بای‌پلات در ۸ تیمار آزمایش براساس صفات مورد مطالعه فلفل دلمه‌ای رقم 'Castello' تحت تنش شوری

۱: صفر میلی‌گرم براسینواستروئید و صفر بار پلی‌اتیل گلایکول (شاهد)، ۲: صفر میلی‌گرم براسینواستروئید و ۶- بار پلی‌اتیلن گلایکول (خشکی ملایم)، ۳: صفر میلی‌گرم براسینواستروئید و ۷- بار پلی‌اتیلن گلایکول (خشکی متوسط)، ۴: صفر میلی‌گرم براسینواستروئید و ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول (خشکی شدید)، ۵: یک میلی‌گرم براسینواستروئید و صفر بار پلی‌اتیلن گلایکول (براسینواستروئید)، ۶: یک میلی‌گرم براسینواستروئید و ۶- بار پلی‌اتیلن گلایکول (خشکی ملایم همراه براسینواستروئید)، ۷: یک میلی‌گرم براسینواستروئید و ۷- بار پلی‌اتیل گلایکول، ۸: یک میلی‌گرم براسینواستروئید (خشکی متوسط همراه با براسینواستروئید) و ۸- بار پلی‌اتیلن گلایکول (خشکی شدید همراه با براسینواستروئید).

ShL: طول بوته، RL: طول ریشه، RV: حجم ریشه، SFW: وزن تر شاخساره، RFW: وزن تر ریشه، SDW: وزن خشک شاخساره،RDW: وزن خشک ریشه، Fv: کلروفیل فلورسانس، SP: شاخص سبزینگی، Pr: پرولین، Pro: پروتئین، ABA: اسیدآبسیزیک

Figure 6 - Biplot plot in 8 treatments based on traits of sweet pepper cv. 'Castello' under salinity stress

ShL: Plant length, RL: Root length, RV: Root volume, SFW: Shoot fresh weight, RFW: Root fresh weight, SDW: Shoot dry weight, RDW: Root dry weight, Fv: Chlorophyll fluorescence, SP: vVgetative index, Pr : Proline, Pro: Protein, ABA: Abscisic acid

منابع

1- Ahmadi Mousavi E., Kalanti KH., and Torkzadeh M. 2005. Effects of epibrassinolide on lipid peroxidation, prolin, sugar and photosynthesis pigments content of canola (*Brassica napus* L.) under water stress. Iranian Journal of Biology 18(4): 295-306. (In Persian with English abstract)

2- Ahmadi Mousavi E., Manoukhehri Kalantari KH., and Torkzadeh M. 2005. Effects of 24-epibrassinolide on lipid peroxidation, prolin, sugar and photosynthesis pigments content of colza (*Brassica napus* L.) under water stress. Iranian Journal of Botany 18(4):295-306. (In Persian with English abstract)

3- Ananthi M., Sasthri G., and Srimathi P. 2013. Integrated seed and crop management techniques for increasing productivity of greengram cv. CO_6. International Journal of Scientific Research 2(11): 37-38.

4- Bajgaz A., and Hayat S.H. 2009. Effect of brassinosteroids on the plant responses to environmental stress. Plant Physiology and Biochemistry 47: 1-8.

5- Basu P., Ashoo S., and Sukumaran N. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress. Photosynthetic 19: 13-35.

6- Bates L.S., Waldarn R.P., and Teare I.P. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil 39:205-208.

7- Behnamnia M., Kalantari K.M., and Rezanejad F. 2009. Exogenous application of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidativestress in *Lycopersicon esculentum* L. General and Applied Plant Physiology 35(1–2): 22–34.

8- 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 Biochemistr 72: 248-254.

9- Chogan R. 2004. Modified corn for tolerance of drought and nitrogen stresses. Agriculture department publication p. 95. (In Persian with English abstract)

10- Clous Steven D. and Sasse M. 1998. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. Annual Reviews 49: 427-451.

11- Flexas J., Ribas-Carbo M., Hanson D.T., Bota J., Otto B., Cifre J., McDowell N., Medrano H., and Kaldenhoff R.

2006. Tobacco aquaporin NtAQP1 is involved in mesophyll conductance to CO_2 in vivo. Plant Journal 48: 427-439.
12- Ghanbari A.A., Shakiba M.R., Toorchi M., and Choukan R. 2013. Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit stress. European journal of experimental biology 3(1): 487-492.
13- Haubrick L.L., Torsethaugen G., and Assmann S.M. 2006. Effect of brassinolide, alone and in concert with abscisic acid, on control of stomatal aperture and potassium currents of *Vicia faba* guard cell protoplasts. Plant Physiology 128: 134–143.
14- Hayat S., Hasan S.A., Yusuf M., Hayat Q., and Ahmad A. 2010. Effect of homobrassinolide on photosynthesis, fluorescence and antioxidant system in the presence or absence of salinity and temperature in *Vignaradiata*. Environmental and Experimental Botany 69: 105–112.
15- Hayat S.H., and Aqil A. 2011. Brassinosteroids: a class of plant hormone. In: P. Krishna, editor, UK Divi.
16- Hemmati K., Ebadi A., Khamari S., and Sedghi M. 2018. Response of evergreen plant (*Calendula officinalis* L.) to ascorbic acid and brassinosteroids under drought stress. Journal of Crop Ecophysiology 12(2): 191-210. (In Persian with English abstract)
17- Hmida-Sayari A., Gargouri-Bouzid R., Bidani A., Jaoua L., Savoure A., and Jaoua S. 2005. Overexpression of D1-pyrroline-5-carboxylate synthetase increases proline production and confers salt tolerance in transgenic potato plants. Plant Science 169:746-752.
18- Kafi M. 2000. Mechanisms of resistance to environmental stresses in plants. Publishers of Mashhad Ferdowsi University, p. 309. (Translated in Persian)
19- Kaya C., Higgs D., and Kernak H. 2001. The effects of high salinity (NACL) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of Spanish. Plant Physiology Journal 27: 47-59.
20- Li K., and Feng C.H. 2011. Effects of brassinolide on drought resistance of Xanthoceras sorbifolia seedlings under water stress. Acta Physiologiae Plantarum 33(4): 1293-1300.
21- Manivannan P., Jaleel C.A., Somasundaram R., and Panneerselvam R. 2008. Osmoregu-lation and antioxidant metabolism in drought-stressed Helianthus annuus undertriadimefon drenching. Comptes Rendus Biologies 331: 418-425.
22- Matthews M.A., and Anderson M.M. 1988. Fruit ripening in *Vitisvinifera* L.: Responses to seasonal water dificits. American Journal of Enology and Viticulture 39(4): 313-320.
23- Meudt W.J., Thompson M.J., and Bennett H.W. 1983. Investigations on the mechanism of brassinosteroides response. Plant Growth Regulators Society of American 10: 312-318.
24- Meudt W.J., Thompson M.J., Mandava, N.B., and Worley, J.F. 1984. Method for promoting plant growth. USA: Can Patent Press.
25- Mohammadian R., Rahimian H., Moghaddam M., and Sadeghian S.Y. 2003. Effect of early drought stress on sugar beets chlorophyll fluorescence. Pakistan Journal ofBiological Sciences 6(20): 1763-1769.
26- Nahar Sh., Sahoo L., and Tanti B. 2018. Screening of drought tolerant rice through morphophysiological and biochemical approaches. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 15: 150-159.
27- Ozdamir F., Bor M., Demiral T., and Turkan I. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oriza sativa* L.) under salinity stress. Plant Growth Regulation 42: 203-211.
28- Pandey R., and Agarwal R.M. 1998. Water stress-induced change in proline contents and nitrat reductase activity in rise light and dark condition. Physiology and Molecular Biology of Plants 4: 53-57.
29- Prins C.S., Vieira I.J.C., and Freitas S.P. 2010. Growth regulators and essential oil Production. Brazilian Socity of Plant Physiology 22(2): 91-102.
30- Rahnama H., Vakilian H., Fahimi H., and Ghareyazie B. 2011. Enhanced salt stress tolerance in transgenic potato plants (*Solanum tuberosum* L.) expressing a bacterial mtlD gene. Acta Physiology Plant 33: 1521–1532.
31- Sairam R.K. 1994. Effects of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture-stress conditions of two wheat varieties. Plant Growth Regulation 14: 173-181.
32- Schilling G., Schiller C., and Otto S. 1991. Influence of brassinosteroids on organ relations and enzyme activities of sugar-beet plants Brassinosteroids. Chemistry, Bioactivity and Applications 474: 208-219.
33- Sengupta K., Banik N.C., Bhui S., and Mitra S. 2011. Effect of brassinolide on growth and yield of summer green gram crop. Journal of Crop and Weed 7(2): 152-154.
34- Shahid M.A., Pervaz M.A., Balal R.M., Mattson N.S., Rashid A., Ahmad R., Ayyub C.M., and Abbas T. 2011. Brassinosteroid (24-epibrassinolide) enhances growth and alleviates the deleterious effects induced by salt stress in pea (*Pisum sativum* L.). AJCS 5(5): 500-510.
35- Tang L., Kim M.D., Yang K.S., Kwon S.Y., Kim SH., Kim J.S., Yun D.J., Kwak S.S., and Lee H.S. 2008. Enhanced tolerance of transgenic potato plants overexpressing nucleoside diphosphate kinase 2 against multiple environmental stresses. Transgenic Research 17: 705–715.

36- Vazan S., Ranji Z., Tehrani M., Ghalavand A., and Saaneyi M. 2002. Drought stress effects of on ABA accumulation and stomatal conductivity of sugar beet, Journal of Agriculture 3: 176-180. (In Persian with English abstract)
37- Zullo M., and Adam A.T. 2002. Brassino-steroid phytohormones, structure, bioactivity and applications. Journal of Plant Physiology 14: 83-121.
38- Zafari M., Ebadi A., and Jahanbakhsh S. 2012. Effect of mycorrhiza on water deficit resistance in alfalfa. Master thesis. University of Mohaghegh Ardabili 99 p. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 367-381
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۸۱-۳۶۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Foliar Spray of Brassinosteroid on Sweet Pepper (C*apsicum annuum* L.) Seedling under Drought Stress

S. Khosravi[1]*- M. Haghighi[2]
Received: 25-04-2020
Accepted: 13-10-2020

Introduction: Brassinosteroids promote plant growth by enhancing some metabolic activities such as photosynthesis, nucleic acid biosynthesis, proteins and carbohydrates. Mechanisms of resistance and tolerance in plants have been developed to tolerate water deficit stress. One way to deal with drought is to use plant growth regulators. Brassinosteroids were first extracted from the pollen of turnip (*Brassica napus*) and were considered as the sixth group of plant growth regulators. These compounds stimulate growth and cell division and affect electrical properties, membrane permeability, stability and activity of membrane enzymes. Nowadays, brassinosteroids have been extracted from various plants and their structure and function have been identified.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a factorial experiment based on a completely randomized design on *Capsicum annuum* L. Castello cultivar under the average daily temperature of 25 °C and 18 °C at 75% relative humidity in greenhouses. Research conducted by the College of Agriculture, Isfahan University of Technology, with four drought treatments using polyethylene glycol 6000 solutions at four levels of 0, -6, -7, and -8 bar. Brassinosteroids were sprayed in two 1 μM control levels. Pepper seeds planted in transplanting trays containing 1 to 2 volumes perlite and vermiculite substrate. When the actual leaf of seedlings appeared, the root thoroughly rinsed with distilled water and then were transferred to black plastic containers with a diameter of 16 and height 13cm and 1L volume containing Johnson's nutrient solution including four dry treatments using 6000 polyethylene glycol solution and aerated in control for 15 minutes every 5 minutes. At the end of the experiment, vegetative factors such as fresh and dry weight of different parts of the plant, plant length, and volume, and physiological factors such as proline and abscisic acid content and chlorophyll fluorescence changes were measured.

Results: The results of the analysis of variance table showed that brassinosteroid had no significant effect on most vegetative traits except root volume and weight and all physiological traits except chlorophyll fluorescence and the mentioned traits increased with the application of 1 mM brassinosteroid. However, the main effects of drought except for amino acid and the interaction of drought and brassinosteroids were significant on all traits. The results of the main drought effects showed that the root fresh weight at -8 bar and dry weight at -7 bar significantly decreased, whereas fresh and dry weight of the shoots at lower than -6 bar. The onset of decline showed that the root length and volume appeared to decrease with the onset of stress by -6 bar and the plant length also reduced with the first stress level. Drought stress at -6 bar level decreased chlorophyll fluorescence, chlorophyll index and Abscisic acid while at -7 bar decreased protein and increased proline. The results also showed that the amount of sulfuric, essential and unnecessary amino acids were significantly reduced by drought stress and brassinosteroid had no effect. Total amino acid content decreased with drought stress but there was no significant difference with control. With increasing drought stress, the fresh and dry weights of shoots decreased and the intensity of shoots decreased. The intensity of shoot growth decreased with the use of brassinosteroids at moderate stress but the mentioned trait showed the same adverse effects at all levels of stress. Brasinosteroid application decreased stress indices such as proline (7%) and abscisic acid (50%) and this decrease was more pronounced in proline, especially in more severe treatments. Amino acid and protein levels decreased with drought stress, and the use of brassinosteroids could not be effectively affected by this reduction, especially for the compounds and the amount of amino acids.

The results of biplot analysis showed that the vegetative and protein traits had better mean in stress condition in the presence and absence of stress and in higher stress severity and application of brassinosteroid affected root fresh weight and abscisic acid content more than the other traits. While in mild stress it seemed to be more effectively on the steroid and most of the vegetative and physiological traits than the control.

Conclusion: It seems that the application of brassinosteroids on pepper seedling in drought stress at a

1 and 2- Former M.Sc. Student and Associate Professor Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, respectively.
(*- Corresponding Author Email: saeedkhosravi0938@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61838.0

concentration of 1 μM is effective in maintaining vegetative properties and reducing negative effects of stress and reducing stress indices.

Keywords: Abscisic acid, Amino acid, Chlorophyll fluorescence, Growth regulators

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 383-398
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۹۸-۳۸۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

معرفی نارنگی جدید جهانگیر بر اساس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیک برتر میوه

جواد فتاحی مقدم[1]* - سیده الهام سیدقاسمی[2] - طاهره رییسی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴

چکیده

در ایران که مصرف سرانه مرکبات به صورت تازه‌خوری بالا است (متوسط ۴۵ کیلوگرم) نیاز به ایجاد و معرفی ارقام جدید با ویژگی‌های کیفی مطلوب به صورت مستمر است. در این پژوهش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیک میوه‌ی نارنگی جهانگیر حاصل تلاقی نارنگی کلمانتین (والد ماده) و پرتقال سالوستیانا (والد نر) (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka × *C. sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana) در مقایسه با نارنگی کلمانتین (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka) به عنوان شاهد روی پایه نارنج طی دو سال آخر منتج به معرفی رقم در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مطالعه شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیک میوه‌ها در زمان برداشت و به فواصل زمانی ۲۰ و ۴۰ روز از سردخانه (دمای ۵ درجه سلسیوس، رطوبت ۸۵ درصد) ارزیابی شدند. نتایج نشان داد اندازه میوه (طول و دو قطر)، وزن، میانگین قطرهای حسابی، هندسی، معادل و هم‌ساز، مساحت رویه، حجم واقعی، ضریب کرویت و سطح جانبی نارنگی جهانگیر به طور معنی‌داری بیش‌تر از کلمانتین بود. نارنگی جهانگیر مقادیر بالاتری L^*، a^*، b^*، hue و C نسبت به شاهد کلمانتین داشت لیکن شاخص‌های a^* و CCI جهانگیر کم‌تر بود. نارنگی جهانگیر پوست‌گیری آسان‌تر و تعداد بذر مشابه کلمانتین داشت. کاهش وزن میوه جهانگیر طی نگهداری کم‌تر از کلمانتین بود. میزان مواد جامد محلول (TSS) میوه جهانگیر در زمان برداشت و طی نگهداری بالاتر از کلمانتین بود. بعلاوه میزان اسیدیته کل (TA) (۰/۳۴ درصد) میوه جهانگیر نیز کم‌تر از میوه کلمانتین (۰/۴۵ درصد) بود. نسبت TSS به TA در نارنگی جهانگیر خیلی بالاتر (۴۴/۲۵) از کلمانتین (۲۶/۱۶) مشاهده شد. درصد عصاره میوه جهانگیر با ۴۴/۸۷ درصد بالاتر از کلمانتین با ۴۰/۱۲ و شاخص تکنولوژی نیز به ترتیب ۶/۴۵ و ۴/۶۷ بود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه طی نگهداری کاهش یافت. میزان آسکوربیک‌اسید در جهانگیرکم‌تر از شاهد ولی میزان فنل گوشت بالاتر (۰/۴۳ میلی‌گرم در گرم) از کلمانتین (۰/۴ میلی‌گرم در گرم) بود. آنالیز مولفه اصلی نشان داد عمده نمونه‌های جهانگیر در قسمت چپ نمودار بودند که ویژگی‌هایی چون طعم، شیرینی، ظاهر خوب پوست و گوشت و پذیرش کلی میوه در این ناحیه غالب بود و مورد پذیرش بیش‌تری از سوی ارزیابان حسی واقع شد.

واژه‌های کلیدی: آزادسازی رقم، ارزش غذایی، انبارمانی، کیفیت میوه

مقدمه

کشور ایران در زمینه مرکبات با ۵۲۴۳۳۱۶ تن تولید، دارای سهم ۳/۷ درصدی از تولید مرکبات جهان و رتبه هفتم تولید در جهان را دارد. از لحاظ سطح زیرکشت با ۳۰۳ هزار هکتار، دارای سهم ۳/۳ درصدی با رتبه هشتم سطح زیر کشت است و به طور خاص از نظر تولید نارنگی در رتبه دهم قرار دارد. از نظر مقدار صادرات مرکبات در رده ۳۱ و از نظر ارزش صادرات در رتبه ۳۸ قرار دارد و سهم ایران از صادرات جهانی مرکبات ۰/۲۵ درصد می‌باشد (۱۰). علاوه بر رقابت کشورهای تولیدکننده مرکبات جهت در اختیار قرار گرفتن بازار این محصول، بازارهای مصرف داخل و خارج نیز متقاضی تنوع در ارقام و به‌ویژه ارقام جدید مرکبات با عملکرد و کیفیت مناسب هستند.

تقریباً یک سوم کل تولید مرکبات برای فرآوری استفاده می‌شود. این نسبت در مورد پرتقال‌ها بیشتر است زیرا بیش از ۴۰ درصد از پرتقال‌های تولید شده در سطح جهان به صورت فرآوری مصرف می‌شود. علاوه بر این، پرتقال بیش از ۸۰ درصد کل مصرف مرکبات را برای فرآوری تشکیل می دهد. مرکبات و آب‌میوه مرکبات دارای خواص مفیدی برای سلامتی و تغذیه هستند. بسیاری از مطالعه‌ها نقش مواد مغذی منحصر به فرد موجود در گونه های مختلف مرکبات من‌جمله نارنگی‌ها را ارزیابی کرده‌اند. به طورکلی، گزارش‌ها حاکی از اثر محافظتی میوه مرکبات در برابر بسیاری از بیماری‌های مزمن است

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار، کارشناس‌ارشد فیزیولوژی گیاهی و استادیار پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: j.fattahi@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2021.61812.0

که تا حدودی با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین C، کاروتنوئیدها، فیتوشیمیایی‌ها و هم‌چنین مواد مغذی آنها مانند اسید فولیک و پتاسیم مرتبط است (۱۶).

در حال حاضر، چرخه تولید مرکبات باید شرایط مصرف کننده و بازار جهانی را که خواهان کیفیت بیشتر میوه هستند را در نظر بگیرد. این مشخصات براساس کیفیت خارجی و داخلی میوه از زمان برداشت تا رسیدن میوه به مصرف کننده است (۲۴). کیفیت داخلی میوه نیز همانند کیفیت ظاهری میوه مهم است. کیفیت ارگانولپتیک عمدتاً به محتوای قند و اسید و به وجود مواد فرار در آب‌میوه مرتبط است (۴).

ویژگی های فیزیکی میوه ارقام تازه معرفی شده نیز به ویژه از جنبه فرآوری مهم هستند. در پژوهشی روی نارنگی های نوشین و شاهین گزارش شد که بین میزان کرویت میوه و میانگین قطرهای حسابی و هندسی و معادل همبستگی مثبت وجود داشت. میوه‌ی شاهین ضریب رعنایی بالا (پخ‌تر)، کرویت کم‌تر و چگالی کم‌تر از یک داشت. دانسیته میوه نسبت به طی زمان‌های مختلف برداشت روند افزایشی داشت (۱۴).

مطابق با استانداردهای بین‌المللی، میوه می‌بایست معیارهای کیفی را در مورد ویژگی‌های ظاهری (رنگ، بافت، اندازه و غیره) و ویژگی های داخلی (قندها، اسیدیته، آب‌میوه و غیره) ارائه دهد. در مورد کلمانتین، بلوغ تجاری میوه توسط کمیسیون اقتصادی سازمان ملل متحد برای اروپا تعریف شده است. بر این اساس، رنگ نارنجی پوست حداقل در یک سوم سطح، حداقل مقدار آب ۴۰ درصد و حداقل نسبت قند به اسید ۷ از مهم‌ترین معیارهای کیفی است. میوه کلمانتین فقط در صورت رعایت هر سه معیار قابل فروش است. با این حال، در مرکبات، بلوغ داخلی و خارجی همیشه به طور هم‌زمان به دست نمی‌آیند. در بسیاری از موارد، بلوغ داخلی مرکبات قبل از بلوغ خارجی حاصل می‌شود (۲۰).

در پژوهشی قابلیت انبارداری نارنگی تازه معرفی شده یاشار روی پنج پایه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر حسی، میوه‌ها تا روز ۲۰ انبارداری رضایت‌بخش بودند اما در نمونه‌برداری روزهای ۴۰ و ۶۰ انبارداری، میوه روی پایه نارنج امتیاز کم تری (به‌ترتیب ۴/۶۷ و ۳/۶۷) داشت. به‌طورکلی، یاشار روی پایه پونسیروس ارزش غذایی و درصد آب مناسبی در دوره انبارداری داشت (۱۳). درصد آب میوه از ویژگی‌های کیفی مهم میوه در نارنگی‌ها است. بر اساس یافته‌های اقبال و همکاران (۱۷)، محتوای آب میوه بسته به نوع، سطح بلوغ و شرایط آب و هوایی ممکن است متفاوت باشد. در کشوری مانند مراکش، میوه مرکبات که برای صادرات در نظر گرفته‌اند باید حداقل ۳۵ تا ۴۰ درصد آب میوه بسته به نوع رقم داشته باشند.

یکی ار مولفه‌های مهم شاخص رسیدگی و طعم میوه مرکبات علاوه بر میزان مواد جامد محلول، میزان اسیدهای آلی است. میوه‌های نارنگی کلمانتین با اسیدیته کمتر از ۰/۸ درصد کیفیت کم‌تری داشته زیرا طعم شیرین آنها بر طعم ترش غالب است و مستعد پوسیدگی بعد از برداشت نیز هستند (۳۳).

معمولا ویژگی‌های کیفی ارقام جدید روی پایه‌های مختلف نیز ارزیابی می‌شوند. میوه‌ی نارنگی جدید یاشار روی پنج پایه از نظر طول، عرض و ضخامت پوست تفاوت معنی داری با هم نداشتند. دانسیته میوه طی زمان برداشت روند افزایشی داشت؛ لیکن روی پایه نارنج کم تر از سایر پایه ها بود. قطرهای حسابی و هندسی میوه یاشار روی همه پایه ها به قطر معادل نزدیک بود. ضریب رعنایی و کرویت (مقدار ۱/۱۶)، مساحت رویه، حجم واقعی و حجم ظاهری میوه روی پایه فلائینگ‌دراگون بیش‌تر از سایر پایه‌ها بود (۱۲).

از آنجا که میوه نارنگی‌ها از نظر الگوی تنفسی نافرازگرا و مستعد پوسیدگی هستند بنابراین در مقایسه با سایر مرکبات چون پرتقال‌ها قابلیت حمل و نقل و نگهداری بیش از دوماه ندارند و کیفیت ظاهری و درونی میوه کاهش می یابد (۳۱). در واقع، کیفیت یک میوه ترکیبی پیچیده از اندازه، استحکام، طعم، بافت، عطرهای مطلوب ناشی از یک ترکیب شیمیایی متعادل (محتوای عصاره محلول، قندها، اسیدهای آلی، معطرها) و ویژگی‌های غذایی است (۷). طعم در حقیقت واکنش گیرنده‌های زبان و دهان به اجزای محلول است و ویژگی‌های شیرین، ترش، تلخ و شور را توصیف می‌کند. سایر ترکیب‌های غیر فرار مانند فنولیک، برخی لیمونوئیدهای مرکبات یا ماکرومولکول‌هایی مانند پکتین نیز ایجاد نوعی احساس خاص و یا گسی می‌کنند (۳۵). بنابراین در نظر گرفتن این شاخص‌ها برای توصیف یک رقم جدید اهمیت زیادی دارد.

در این راستا، پژوهشکده مرکبات و میوه های نیمه گرمسیری در ایجاد ارقام جدید به بهبود کیفیت ظاهری، داخلی و ارگانولپتیک میوه‌های نارنگی معرفی شده جهانگیر نسبت به شاهد کلمانتین توجه نموده است. رقم جهانگیر حاصل از پروژه ای در پنج فاز به مدت ۲۵ سال است که در فاز اول دورگ گیری دستی و تهیه توده F1 (۳۹۶ نهال میوه‌دار دورگ) و فازهای بعدی جهت ارزیابی نتاج تولیدی بوده است که طی سال های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۸ انجام گرفته است (۱۸). از میان ۶۸ ژنوتیپ انتخابی، تعداد ۲۰ ژنوتیپ انتخاب و با مطالعه دقیق و تکمیلی نارنگی جهانگیر نیز به عنوان یک رقم ممتاز با ارزیابی های مربوط به زمان برداشت و انبارداری که شرح آن در این مقاله می‌آید معرفی شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در این پژوهش از میوه‌های نارنگی جهانگیر (درختان ۲۳ ساله، واقع در ایستگاه تحقیقات مرکبات خرم‌آباد تنکابن متعلق به پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر)) که

دورگ بین نارنگی کلمانتین (والد ماده) و پرتقال سالوستیانا (والد نر) (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka × *C. sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana) است و کلمانتین (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka) روی پایه نارنج (شکل ۱) طی دو سال آخر (۹۴ و ۹۵) منتج به معرفی رقم استفاده شد.

میوه‌ها از جهات مختلف درخت (سه درخت) به‌صورت تصادفی انتخاب و بعد از ارزیابی زمان برداشت (نقطه صفر انبارداری) میوه‌ها به تعداد ۳۰ عدد در هر جعبه (سه جعبه پلاستیکی برای هر رقم معادل سه تکرار) با هدف ارزیابی انبارمانی این ارقام به سردخانه (دمای ۵ درجه سلسیوس، رطوبت ۸۵ درصد) منتقل شدند. به فواصل زمانی صفر، ۲۰ و ۴۰ روز ویژگی‌های مختلف فیزیکوشیمیایی و حسی میوه مورد ارزیابی قرار گرفت.

طول، دو قطر میوه و صفات مرتبط: برای اندازه‌گیری طول میوه (L) (فاصله گلگاه تا دم میوه) و قطر کوچک (W) و ضخامت میوه (T) (شکل ۱) بر حسب میلی‌متر از دستگاه کولیس مدل Digit-Cal ساخت سوئیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد. سپس مقادیر میانگین قطر حسابی (D_a)، میانگین قطر هندسی (D_g)، قطر معادل (D_{eq}) و قطر هم‌ساز (D_h)، نسبت جانبی یا ضریب رعنایی[۱] (%Ra)، کرویت میوه، مساحت رویه (S) با استفاده از معادله‌های

$$D_g = (LWT)^{1/3}،\quad D_a = \frac{(L+W+T)}{3}،$$

$$D_p = [L \times \frac{(W+T)^2}{4}]^{1/3}،$$

$$D_h = \frac{3}{\left(\frac{1}{\text{طول}}\right)+\left(\frac{1}{\text{قطر کوچک}}\right)+\left(\frac{1}{\text{قطر بزرگ}}\right)}،$$

$$S = \pi {D_g}^2 \quad \text{و} \quad \emptyset = \frac{(LWT)^{1/3}}{L}،\quad \%R_a = \left(\frac{W}{L}\right) \times 100$$

محاسبه شدند (۱).

حجم واقعی[۲] (V_t)، حجم ظاهری[۳] (V_a)، و خطای دو حجم: مقدار حجم واقعی با استفاده از اصل جابجایی آب اندازه‌گیری شد. برای این منظور، تک‌تک میوه‌ها در بشر یک لیتری لبریز از آب فرو برده شد و با اندازه‌گیری حجم آب خارج شده با استفاده از استوانه مدرج، حجم میوه بر حسب سانتی‌متر مکعب بدست آمد. حجم ظاهری با استفاده از معادله $V_a = \frac{\pi}{6} LWT$ محاسبه شد و با استفاده از معادله $\%e_v = \frac{V_a - V_t}{V_t} \times 100$ درصد خطای حجم ظاهری به واقعی مشخص شد (۱).

چگالی واقعی: چگالی واقعی با استفاده از رابطه‌ی $\rho_t = \frac{M_a}{V_t}$ تعیین شد. در این رابطه M_a جرم میوه و V_t حجم واقعی میوه است (۱).

ضخامت پوست میوه: ضخامت پوست میوه با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتال مدل Digit-Cal ساخت سوئیس بر حسب میلی‌متر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

کاهش وزن میوه: تعداد ۵ عدد میوه از هر تکرار به‌صورت ثابت در نظر گرفته شد و در روزهای صفر، ۲۰ و ۴۰ انبارداری وزن شد. درصد کاهش وزن از رابطه‌ی (۱۰۰ × (وزن اولیه/(وزن ثانویه – وزن اولیه))= درصد کاهش وزن) محاسبه شد (۱۳).

درصد عصاره: عصاره میوه با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی استخراج شد. با محاسبه درصد نسبت وزن عصاره به وزن میوه، محاسبه شد (۳۷).

تعداد بذر: با یک برش عرضی در ناحیه قطر میوه، بذرها از داخل گوشت خارج و سپس شمارش شدند.

سهولت پوست‌گیری: به این منظور پوست میوه‌ها با دست جدا و از نظر سهولت پوست‌گیری به‌صورت ۱: آسان، ۲: متوسط، ۳: سخت رتبه‌بندی شد.

رنگ پوست میوه: رنگ پوست در نقطه میانی میوه‌ها توسط دستگاه کرومومتر مدل Minolta – CR400 ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر *L*، *a** و *b**، زاویه رنگ (Hue angle) و کروما (Chroma) قرائت وسپس با فرمول CCI= 1000 *a*/L*.b** شاخص رنگ برون‌بر میوه مرکبات به روش جیمز و همکاران (۱۹) محاسبه شد.

مواد جامد محلول[۴]، اسیدیته قابل تیتراسیون[۵] و TSS/TA: مقدار TSS با استفاده از دستگاه رفرکتومتر چشمی مدل Atago-ATC-20E ساخت ژاپن با دامنه ۲۰- ۰ درصد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری TA، از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. میزان TA از حاصل‌ضرب حجم سود مصرفی در عدد ۰/۰۶۴ و بر حسب درصد اسید سیتریک به‌دست آمد. پس از اندازه‌گیری TSS و TA، نسبت TSS:TA محاسبه شد (۳۷).

شاخص تکنولوژی[۶]: مقدار TI از حاصل‌ضرب درصد عصاره در مواد جامد محلول تقسیم بر ۱۰۰ به دست آمد (۲۳).

پ-اچ (pH) و هدایت الکتریکی (EC) عصاره: میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر مدل inoLab WTW ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. جهت تعیین EC آب‌میوه نیز از دستگاه EC سنج مدل Easy Mettler Toledo ساخت چین، بر اساس واحد میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر استفاده شد.

1- Aspect ratio
2- True volume
3- Apparent volume
4- Total soluble solid (TSS)
5- Total acid (TA)
6- Technology Index (TI)

شکل ۱- ویژگی‌های میوه‌های نارنگی جهانگیر (a)، کلمانتین (b) و ابعاد میوه نارنگی جهانگیر (c)

Figure 1- The characteristics of Jahangir (a), Clementine (b) mandarins and dimensions of Jahangir fruit (C)

درصد ضایعات، درصد و شدت لکه‌های پوست میوه: با شمارش میوه‌های پوسیده طی نگهداری، درصد ضایعات در پایان انبارداری محاسبه شد. به‌منظور تعیین درصد لکه‌های پوستی، تعداد کل میوه‌هایی که لکه ظاهری نشان داده بودند (لکه پوستی) بر کل میوه در هر تیمار تقسیم و به‌صورت درصد بیان شد. نمره لکه پوستی به‌صورت صفر (بدون صدمه)، ۱ (ملایم، با تعداد لکه پوستی کم)، ۲ (متوسط) و ۳ (شدید) گروه‌بندی شد و میزان شاخص طبق فرمول (کل میوه‌های بررسی شده/(تعداد میوه‌ی هر گروه × نمره لکه‌ی هر گروه) =شاخص لکه‌ی پوستی) محاسبه شد (۳).

عصاره‌گیری از پوست و گوشت میوه: پوست و گوشت میوه پس از جدا شدن، با استفاده از حلال متانول (به‌نسبت ۱:۲) عصاره‌گیری شد. عصاره‌ها برای انجام آزمایش‌های بعدی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

میزان فنل‌کل پوست و گوشت: اندازه‌گیری میزان فنل کل با روش Folin-ciocalteu و اسپکتروفوتومتری به روش میرز و همکاران (۲۷) با اندکی تغییر انجام شد. میزان فنل‌کل با استفاده از معادله خط استاندارد ($y= 0.0013x + 0.04$) به‌صورت میلی‌گرم در گرم ($mg\ GAE.g^{-1}$) به دست آمد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت: برای این منظور ابتدا نمونه‌ها به نسبت ۱:۱۰ رقیق شدند. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه از روش خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (۶). فعالیت مهار رادیکال DPPH از فرمول درصد خنثی‌کنندگی رادیکال $DPPH=100\ (1-As/Ac)$ محاسبه شد. در این معادله Ac جذب رادیکال DPPH بدون عصاره به‌عنوان کنترل، As جذب DPPH به‌علاوه نمونه است.

آسکوربیک اسید: غلظت آسکوربیک اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب DCPIP (۶،۲- دی کلروفنل ایندوفنل) توسط آسکوربیک‌اسید در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر (نانودراپ مدل ND -۱۰۰۰ ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد (۵). با استفاده از معادله به دست آمده از خط استاندارد $y = -0.0006x + 0.16$ میزان آسکوربیک اسید محاسبه شد.

آنالیز حسی: جهت آزمون حسی در پایان دوره‌ی انبارداری، تعداد ۹ ارزیاب به‌صورت تصادفی از مجموع کارکنان زن و مرد با رده‌های سنی و شغلی مختلف انتخاب شدند و به ویژگی‌هایی چون ویژگی‌های ظاهری پوست و گوشت، عطر، طعم، شیرینی، ترشی، تلخی و پذیرش کلی میوه نمره دادند. رقم جهانگیر با حروف اختصاری J1-J9 و رقم کلمانتین C1-C9 تعریف شده‌اند. حدود نمره‌ها در دامنه‌ی ۱ تا ۱۰ و به‌صورت ۱= ضعیف، ۵= رضایت‌بخش و ۱۰= عالی بود.

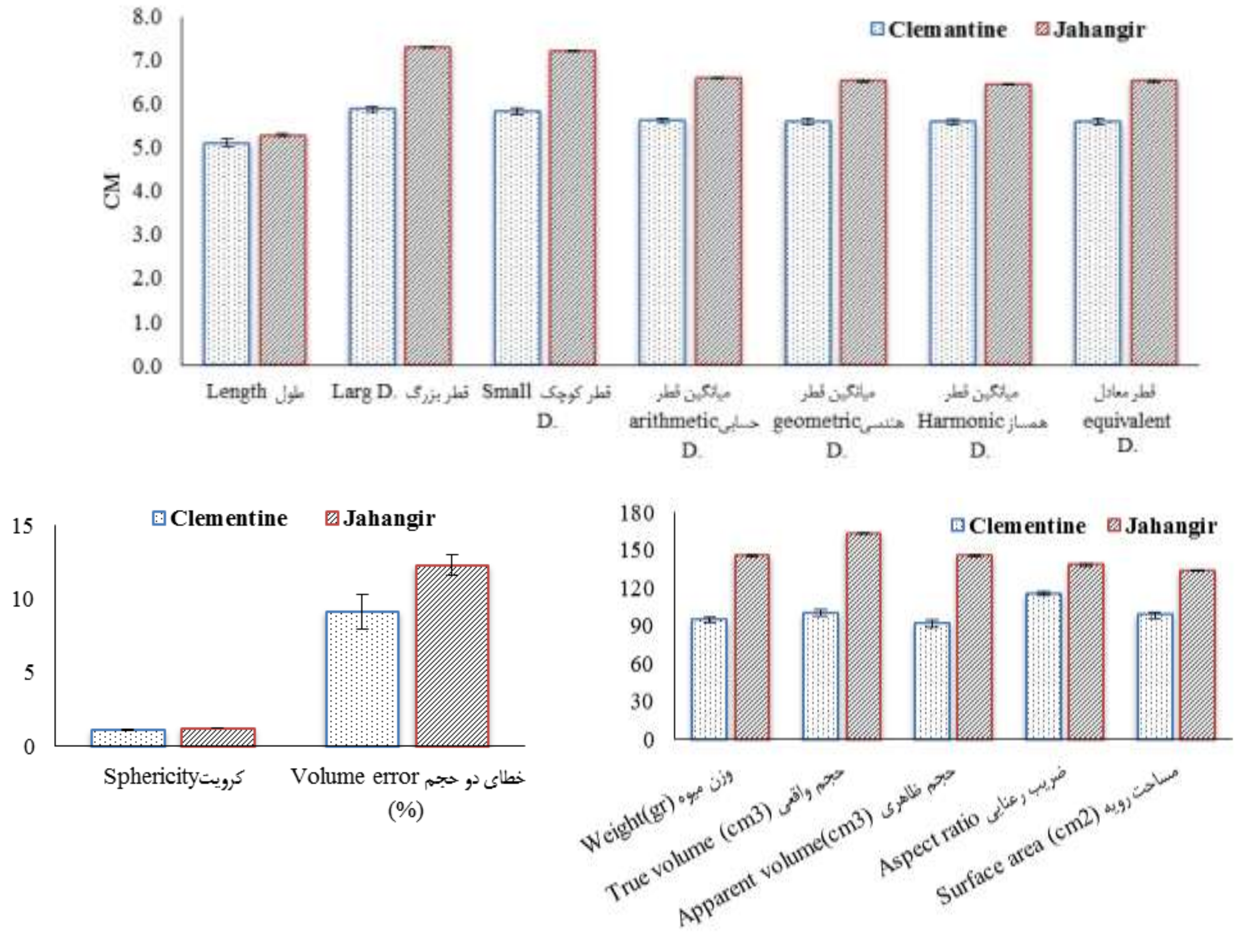
تجزیه‌ی آماری داده‌ها: پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با انجام آزمون کشیدگی و چولگی، تجزیه واریانس داده‌های کمی با آنالیز مرکب دوساله در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال معنی‌داری متناظر انجام شد. داده‌های ابعاد میوه، تعداد بذر و سهولت پوست‌گیری بر اساس خطای استاندارد در برنامه SPSS نسخه ۱۹ مقایسه میانگین شد. داده‌های ارزیابی حسی با روش تجزیه به مولفه اصلی با برنامه Minitab نسخه ۱۷ انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی میوه

اندازه میوه (طول و دو قطر)، وزن، میانگین قطرهای حسابی، هندسی، معادل و هم‌ساز، مساحت رویه و حجم واقعی نارنگی جهانگیر به طور معنی‌داری بیش‌تر از کلمانتین بود. میانگین قطرهای هر رقم نیز همانند میانگین معادل همان رقم بودکه واقعی‌ترین میانگین قطر میوه است. بالا بودن ضریب کرویت بیش‌تر از یک

جهانگیر نیز نشان‌دهنده کشیده بودن میوه آن نسبت به شاهد است (شکل ۲). کرویت سایر مرکبات چون نارنگی انشو به میزان ۷۲ درصد و پیج ۹۱ درصد گزارش شده است که با مقایسه داده‌ها مشخص شد که کرویت نارنگی جهانگیر بیش‌تر از نارنگی‌های تجاری موجود در کشور بود (۲ و ۱۴). به همین دلیل ضریب رعنایی جهانگیر نیز بیش‌تر از کلمانتین بود که به معنای کشیده بودن میوه جهانگیر است.



شکل ۲- ویژگی‌های فیزیکی میوه نارنگی‌های جهانگیر و کلمانتین

Figure 2- Physical characteristics of Jahangir and Clementine mandarins

خواص فیزیکی و مکانیکی میوه‌ها نقش مهمی در طراحی سیستم‌های حمل و نقل، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی دارد. به دلیل این‌که انتقال نارنگی‌ها طی مراحل مختلف سورتینگ در سطح نوارهای نقاله صورت می‌گیرد لذا میزان کرویت و ابعاد میوه تعیین‌کننده سرعت تخلیه میوه است. هم‌چنین میزان چگالی در حالت استفاده از نیروی هیدرولیک برای جابجایی میوه‌ها اهمیت می‌یابد (۲). میزان خطای حجم در میوه جهانگیر بالاتر بود که مشخص شد پوست میوه جهانگیر نسبت به کلمانتین پفی بوده و بین پوست و گوشت و یا در حفره مرکزی گوشت میوه فضای خالی وجود دارد. وجود این حالت، سبب شناور شدن میوه در حوضچه‌های شستشو و یا کانال انتقال با آب قبل از تیماردهی و یا بسته‌بندی میوه در انبارها یا واحدهای سورتینگ می‌شود.

شاخص‌های رنگ پوست میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رنگ پوست میوه طی انبارداری تغییر معنی‌داری نکرد و فقط بسته به رقم میزان آنها متفاوت بود. بدین صورت که نارنگی جهانگیر دارای مقادیر بالاتر L^*، b^*، C و h نسبت به شاهد کلمانتین بود. در مقابل شاخص‌های a^* و CCI جهانگیر کم‌تر از کلمانتین بود (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که به جز مقدار L^* که کمی کم‌تر از استاندارد مرکبات (مقدار ۷۰-۶۵) است سایر شاخص‌ها در هر دو رقم در محدوده استاندارد مرکبات قرار دارند و بر اساس شاخص CCI (هرچند جهانگیر کم‌تر از

شاهد است) خیلی بالاتر از یک است و نیازی به سبززدایی در شـرایط آب و هوایی شمال کشور ندارند (۱۹). گزارش شده است که سبززدایی اثر منفی در کیفیت مزه مرکبات بـه ویـژه در کلمـانتین‌هـا دارد (۲۶). مطالعه‌ها مربوط به روابط بین رنگ و بلـوغ داخلـی میـوه بـا شـرایط پرورش میوه کم‌تر مورد توجه بـوده اسـت ولـی بـه صـورت جداگانـه بررسی شده‌اند. طبق یافته‌های تادئو و همکاران (۳۴)، بافت پوسـت و گوشت میوه مرکبات به عنوان اندام‌های مجزا رفتار می‌کنند و بنابراین ممکن است هر یـک فراینـدهای فیزیولـوژی ویـژه‌ی خـود را داشـته باشند. مطالعه‌های ژنتیکی انجام شده توسط سیمادا و همکـاران (۳۲) مبنی بر وجود تنظیم‌های مختلف ژنتیکی براساس نوع بافت میوه نیـز موید این مطلب است.

جدول ۱- شاخص‌های رنگ پوست میوه‌های نارنگی جهانگیر و کلمانتین

Table 1- Peel color indices of Jahangir and clementine mandarins

رقم Cultivar	روشنایی *L**	کروما Chroma	زاویه رنگ *Hue*	قرمز-سبز *a**	زرد-قهوه‌ای *b**	شاخص رنگ CCI
کلمانتین Clementine	56.92b	69.64b	63.11b	32.66a	61.47b	9.39a
جهانگیر Jahangir	62.27a	73.83a	71.89a	22.92b	70.16a	5.27b
Mean Square	128.96**	79.00**	346.99**	427.01**	340.43**	76.34**

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) با استفاده از آزمون توکی نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's Test ($p<0.05$)

** معنی داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at 0.01, *Significant at 0.05, ns Non-significant

تعداد بذر و سهولت پوست‌گیری

تعداد بذر نارنگی جهانگیر بیش‌تر از شـاهد بـود لـیکن هـر دو در گروه مرکبات متوسـط بـذر (۱۵-۹ بـذر) قـرار داشـتند (شـکل ۳). در مصرف تازه‌خوری مرکبات، پر بذری یک خصوصیت منفـی محسـوب می‌شود. در اصلاح رقم مرکبات همیشه سعی بر این بوده که محصول جدید دارای تعداد بذر کم‌تری باشد (۲۲).

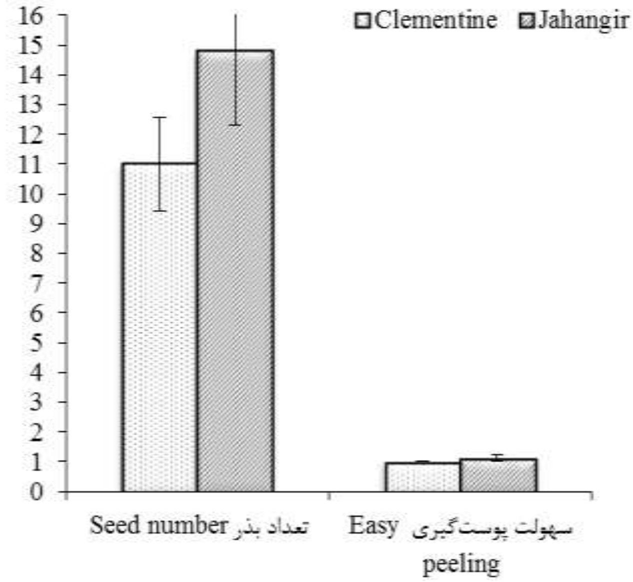
پوست نارنگی جهانگیر نیز نسبت به شاهد با سهولت کـم‌تـری از گوشت جدا شد (شکل ۳). در پژوهشی نارنگی یاشار روی پایه نارنج و سـیترنج نسـبت بـه سـه پایـه دیگـر (پونسـیروس، سـیتروملو و فلائینگ‌دراگون) دارای پوست‌گیری آسان‌تری بودند (۱۲). نارنگی‌ها و سایر ارقامی که به‌صورت تازه مصـرف مـی‌شـوند عـلاوه بـر داشـتن ویژگی های ظاهری و کیفـی مطلـوب، بایـد دارای پوسـتی نـازک بـا قابلیت جدا شدن راحت از گوشت میوه باشند (۸).

کاهش وزن میوه

بر اساس داده‌هـای جـدول ۲ میـزان کـاهش وزن میـوه نـارنگی جهانگیر به طور معنی‌داری در مقایسه با کلمانتین در هر مرحله کم‌تـر (تقریبا نصف) بود لیکن طی نگهداری روند افزایشی داشت. با توجه به داده‌های سهولت پوست‌گیری مشخص شـد کـه بافـت پوسـت میـوه جهانگیر متراکم‌تر و چسبیده‌تر به گوشت نسبت به کلمانتین است و تا حدودی مانع آب از دست‌دهی میوه می‌شود. کاهش وزن میوه نشانگر تمایل به از دست دادن آب میوه‌ها است که در طـی ذخیـره میـوه‌هـا اتفاق می افتد. کـاهش وزن میـوه بـه دلیـل فرآینـد تنفسـی، انتقـال رطوبت، برخی فرآینـدهای اکسیداسـیون و تبخیـر رطوبـت در داخـل میوه‌ها طی فرایند رسیدن نیز است. میوه‌ها معمولا در نگهـداری بلنـد مدت آب از دست‌دهی بیش‌تری دارند. وجود پوشش روی میـوه رونـد کاهش وزن را کاهش می دهد. به طور متوسط سه تا هفت روز طـول می‌کشد تا وزن میوه مرکبات حدود ۳ درصد کاهش یابد (۱۵).

میزان ضایعات و لکه‌پوستی

بررسی میزان ضایعات و شاخص لکه پوستی طی انبارداری نشان داد که میزان ضـایعات رقـم جهـانگیر، ۱۲/۹۵ درصـد و شـدت لکـه پوستی ۰/۱۷ درصد بود در حالی‌که نمونه شاهد ۳۵/۰۴ درصد ضایعات داشته و شاخص پیتینگ (Pitting) که بیان‌گر شدت لکـه‌هـای روی پوست میوه است ۰/۸ بود. حساسیت میوه جهانگیر به لکه‌های پوستی و میزان ضایعات آن نسبت به کلمانتین بسیار کم‌تر بود (شکل ۴). این امر می‌تواند به‌دلیل ساختار پوسـت میـوه جهـانگیر در حفـظ رطوبـت پوست طی انبارداری باشد که مانع از بروز لکه‌های پوسـتی مـی‌شـود (۳).



شکل ۳- میزان تعداد بذر و سهولت پوست‌گیری میوه نارنگی‌های جهانگیر و کلمانتین
Figure 3- Amount of seed number and easy peeling of Jahangir and Clementine mandarins

شکل ۴- علایم لکه پوستی در نارنگی جهانگیر (a) و کلمانتین (b) در پایان انبارداری
Figure 4- Skin symptoms of Jahangir (a) and Clementine (b) mandarins at the end of storage

ضخامت پوست میوه

متوسط ضخامت پوست نارنگی جهانگیر بیش تر از کلمانتین بـود. با این‌حال ضخامت پوست هر دو رقم طی نگهداری تغییرات عمده‌ای نداشت و بین ۱/۸۳ تا ۳/۵۹ میلی‌متر بود (جدول ۲). بـه طـور مشـابه آقاجانپور و همکاران (۲) ضخامت پوسـت را در برخـی ارقـام نـارنگی (انشو، کلمانتین، بم، دنسی و مینئولاتانجلو) مورد بررسی قرار دادند که نتایج حاصل نشان داد میزان این شاخص در انواع نارنگی هـای مـورد بررسی حدوداً ۳/۸– ۲/۵ میلی متر بود. هم‌چنین طی پژوهشی متوسط ضخامت پوست نارنگی‌های نوشین و شاهین به‌ترتیب ۳ و ۲ میلی‌متر بود (۱۴). ضخامت پوست میوه از ویژگی هـای مهـم میـوه اسـت کـه تحت تأثیر ژنوتیـپ، شـرایط محیطـی، نـوع پایـه، تغذیـه مرکبـات و تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد (۱۱). تفاوت‌های مشـاهده شـده بـین ارقام می‌تواند به نوع ژنوتیپ مرتبط باشد.

مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و نسبت آنها (TSS:TA)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، میزان TSS به طـور معنـی‌داری تحت تاثیر برهمکنش نوع رقم و مدت نگهداری، TA متاثر از رقـم و TSS/TA تحت تاثیر اثرات ساده رقم و مدت نگهداری قـرار گرفـت. بطـور کلـی میـزان TSS میـوه جهـانگیر در زمـان برداشـت و طـی نگهداری بالاتر از کلمانتین بود و در هر دو رقم طی نگهداری افزایش یافت (جدول‌های ۲، ۳، ۴). افزایش مواد جامد محلول در میـوه‌هـا بـه طور مستقیم با فعالیت‌های هیـدرولیتی موجـود در نشاسـته، افـزایش فعالیت آنزیم های مسئول هیـدرولیز نشاسـته بـه قنـدهای محلـول و تبدیل نشاسته به قند، ارتباط دارد که نشان می‌دهد میـوه‌هـا در حـال رسیدن هستند (۱۵). بعلاوه میزان TA (۰/۳۴ درصد) میـوه جهـانگیر نیز کم‌تر از میوه کلمانتین (۰/۴۵ درصد) بـود (جـدول ۳). بـه همـین دلیل نسبت TSS به TA در نارنگی جهانگیر خیلی بـالاتر (۴۴/۲۵) از کلمانتین (۲۶/۱۶) بود (جدول ۳). این نسبت طی نگهداری نیـز رونـد افزایشی در هر دو رقم داشت (جدول ۴).

نارنگی حاوی مقادیر قابل توجهی اسیدهای آلی است. اسـیدهای ارگانیک اصلی موجود در میوه ترکیب‌های اگزالیک، تارتاریک، مالیک، لاکتیک، سیتریک و آسـکوربیک هسـتند. از بـین ایـن شـش اسـید، اسیدهای سیتریک فراوان‌ترین اسید موجود در نارنگی‌هـا و بعـد از آن اسید مالیک است. با رسیدن میوه‌ها، کاهش اسیدیته قابل تیتراسـیون مشاهده می‌شود (۱۵). کاهش میزان اسید به دلیل استفاده از اسیدهای موجود در میوه به عنوان منبع انرژی و تبدیل اسیدهای آلی به شـکل قند ایجاد می‌شود (۹). نسبت TSS بـه TA در حقیقـت بیـان کننـده طعم میوه نارنگی است. به نظر می‌رسد این نسبت در نارنگی جهانگیر

در مدت کوتاهی بعد از برداشت با کاهش شدید اسیدهای آلی افزایش می‌یابد و حس تازه بودن میوه کاهش می‌یابد. بنابراین نیاز است که با هدف نگهداری، میوه‌های جهانگیر با نسبت قند و اسید کم‌تر (۷) برداشت شوند.

جدول ۲- میزان درصد کاهش وزن، ضخامت پوست و TSS نارنگی جهانگیر در مقایسه با نارنگی کلمانتین در زمان برداشت و طی نگهداری

Table 2- Amount of Weight loss, Peel thickness and TSS of Jahangir mandarin compared to clementine at harvesting time and during storage

مدت انبارداری Storage period (day)	رقم Cultivar	کاهش وزن Weight loss (%)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	مواد جامد محلول TSS (%)
0 (Harvesting time)	Clementine	0.00 d	3.02 a	10.67 c
	Jahangir	0.00 d	3.19 a	14.53 a
20	Clementine	8.36 b	2.79 a	12.37 b
	Jahangir	4.18 c	1.83 b	13.90 a
40	Clementine	17.71 a	2.82 a	11.93 bc
	Jahangir	8.19 b	3.59 a	14.80 a
میانگین مربعات Mean Square		34.13 **	1.15 *	2.06 *

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) با استفاده از آزمون توکی نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's Test ($p<0.05$)

** معنی داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at 0.01, *Significant at 0.05, ns Non-significant

درصد عصاره و شاخص تکنولوژی

درصد عصاره میوه فقط بر اساس نوع رقم متفاوت بود بطوریکه میوه جهانگیر با ۴۴/۸۷ درصد به طور معنی‌داری بالاتر از کلمانتین با ۴۰/۱۲ درصد بود (جدول ۳). بالا بودن درصد آب میوه جهانگیر نسبت به شاهد امتیازی مثبت برای این رقم است. متوسط درصد عصاره در برخی ارقام تجاری شامل تامسون، سیاورز، مورو، سانگینلو، تاراکو و پیج به‌ترتیب ۳۴/۵۲، ۳۳/۵۱، ۴۱/۶، ۳۸/۷۲، ۴۳/۳۵ و ۴۷/۳۱ درصد گزارش شده است (۱۱). درصد آب میوه جهانگیر در مقایسه با سایر ارقام گروه نارنگی‌ها و حتی پرتقال‌ها بسیار چشمگیر بوده و بازدهی بالایی جهت آب‌میوه‌گیری دارد.

شاخص تکنولوژی بسته به رقم و هم‌چنین طی نگهداری تغییر نمود. این شاخص در میوه جهانگیر بیش تر از کلمانتین به ترتیب با مقدار ۶/۴۵ و ۴/۶۷ بود (جدول‌های ۳، ۴). مقدار این شاخص نیز طی نگهداری افزایش یافت (جدول ۴) که به نظر می‌رسد مرتبط با افزایش میزان TSS میوه باشد. در تحقیقی متوسط این شاخص در زمان تجاری برداشت در نارنگی شاهین ۶/۰۳ و در نوشین ۴/۰۹ گزارش شد (۱۴). با توجه به کمبود ارقام مناسب برای آب‌میوه‌گیری در کشور، بالا بودن شاخص تکنولوژی در جهانگیر علاوه بر استفاده جهت تازه‌خوری، بیان‌گر مستعد بودن آن برای صنایع آب‌میوه‌گیری است.

هدایت الکتریکی[1] و اسیدیته (pH) عصاره

بر اساس تجزیه واریانس میزان EC بسته به رقم متفاوت بود طوریکه در میوه جهانگیر با مقدار ۱/۷۴ کم‌تر از کلمانتین با ۲/۸۱ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر مربع بود (جدول ۳). خاصیت هدایت الکتریکی برآوردی از میزان عناصر معدنی موجود در عصاره میوه و استحکام میوه است (۳۸). میوه رقم جهانگیر از این نظر نسبت به شاهد برتری داشت.

میزان pH عصاره نیز فقط تحت تاثیر اثر ساده مدت نگهداری قرار گرفت. این شاخص طی ۲۰ روز نگهداری ابتدا افزایش و سپس در پایان نگهداری کاهش یافت (جدول ۴). معمولاً اسیدهای آلی طی فرایند رسیدن کاهش می یابند زیرا از آنها به عنوان سوبسترای تنفسی استفاده می‌شود یا به قند تبدیل می‌شوند. افزایش کلی در pH نمونه‌ها طی ۲۰ روز اول نگهداری می تواند ناشی از تجزیه اسیدها با تنفس در حین ذخیره میوه باشد (۹).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت میوه

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه بر اساس نوع رقم متفاوت بود بطوریکه در پوست میوه جهانگیر کم‌تر (۳۴/۰۵

1- Electrical Conductivity (EC)

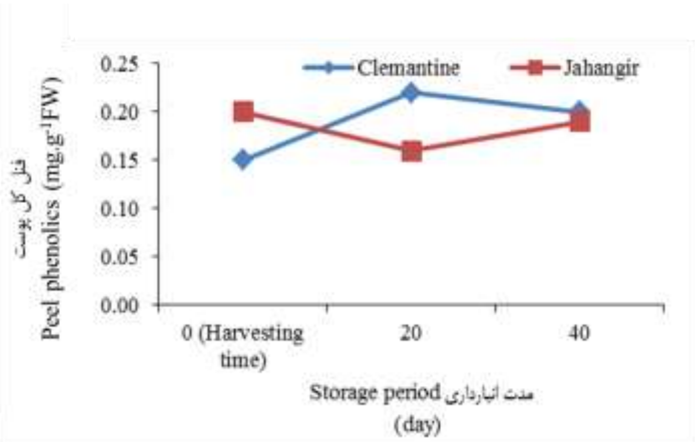
درصد)ولی در گوشت(۳۴/۷۱ درصد) بیش‌تر از شاهد بود. مدت نگهداری فقط روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه تاثیرمعنی‌داری داشت و طی نگهداری روند کاهشی نشان داد (جدول‌های ۳، ۴). ترکیب‌هایی چون آسکوربیک‌اسید و فنلی عامل اصلی بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هستند (۳۰). ممکن است میوه با فنل کل کم، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی داشته باشد که با سایر ترکیب‌های حلال در متانول چون رنگ‌دانه‌ها و متیل‌زانتین مرتبط هستند که با رادیکال‌های DPPH واکنش می‌دهند (۳۶). میزان فنل کل پوست نارنگی کلمانتین بیش‌تر از جهانگیر بود که طی نگهداری نیز این غالبیت را حفظ نمود (شکل ۸). بخشی از بالابودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست کلمانتین نیز به محتوای بالای آسکوربیک‌اسید در آن بستگی دارد.

میزان آسکوربیک‌اسید گوشت

میزان آسکوربیک‌اسید فقط تحت تاثیر رقم بود و در شاهد نسبت به رقم معرفی شده جهانگیر بالاتر بود (جدول ۳). میزان آسکوربیک اسید تحت تاثیر مدت انبارداری قرار نگرفت. سطح پایین‌تر آسکوربیک اسید در جهانگیر ممکن است به دلیل افزایش تنفس باشد که باعث از بین رفتن آسکوربیک‌اسید می‌شود. آسکوربیک‌اسید مستعد واکنش اکسیداتیو است و همچنین اکسیداسیون خفیف آسکوربیک‌اسید منجر به تشکیل اسید دهیدروسکوربیک می‌شود (۱۵). احتمالاً علت ثابت بودن آسکوربیک اسید طی نگهداری ناشی از سنتز باقیمانده ویتامین C توسط پیش سازهای ویتامین C قبل ازبرداشت باشد که میزان مشاهده شده به داخل انبار منتقل می شود. گزارش شده که میوه‌های پرتقال که در اوایل فصل برداشت می‌شوند آسکوربیک‌اسید بیشتری نسبت به میوه‌های با برداشت میان فصل و یا دیر هنگام طی نگهداری دارند (۱۵).

فنل‌کل گوشت و پوست میوه

میزان فنل‌کل گوشت میوه جهانگیر (۰/۴۳ میلی‌گرم در گرم) بالاتر از شاهد کلمانتین (۰/۴ میلی‌گرم در گرم) بود (جدول ۳). برهمکنش رقم در مدت نگهداری اثر معنی‌داری روی فنل‌کل پوست داشت. در زمان برداشت در میوه جهانگیر بالاتر از شاهد بود لیکن بعد از ۲۰ روز نگهداری مقدار آن کاهش ولی در پایان انبارداری با شاهد برابری نمود (شکل ۵). پوست میوه نارنگی‌ها در مقایسه با پوست پرتقال‌ها محتوای فنلی بیش‌تری دارند (۲۹). حفظ ترکیب‌های فنلی در پایان انبار سرد به ویژه در پوست میوه، به دلیل تولید بیش‌تر فنل در مواجهه با تنش دمایی انبار است. بدین‌صورت که ترکیب ال–فنیل آلانین توسط آنزیم PAL به ترانس–سینامیک اسید تبدیل شده که با هیدروکسیلاسیون و یا متیلاسیون این ماده سایر اسیدهای هیدروسینامیک تولید می‌شود (۲۸).



شکل ۵- تاثیر مدت انبارداری بر میزان فنل کل پوست میوه نارنگی‌های جهانگیر و کلمانتین

Figure 5- The effects of storage period on peel total phenolic compound in Jahangir and Clementine mandarins

جدول ۳- برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه نارنگی جهانگیر در مقایسه با نارنگی کلمانتین

Table 3- Some chemical characteristics of Jahangir mandarin compared to clementine mandarin

رقم Cultivar	اسیدیته TA	بریکس TSS/TA	درصد عصاره Juice percentage (%)	شاخص تکنولوژی TI (%)	هدایت الکتریکی EC ($ms.cm^{-1}$)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست Peel antioxidant capacity (%)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت Pulp antioxidant capacity (%)	فنل کل گوشت Pulp total phenol ($mg.gFW^{-1}$)	اسکوربیک‌اسید Pulp ascorbic acid ($mg.100g\ FW^{-1}$)
کلمانتین Clementine	0.45 a	26.16 b	40.12 b	4.67 b	2.81 a	43.90 a	32.35 b	0.40 b	71.05 a
جهانگیر Jahangir	0.34 b	44.25 a	44.87 a	6.45 a	1.74 b	34.05 b	34.71 a	0.43 a	20.05 b
میانگین مربعات Mean Square	0.06**	1472.44**	101.58*	14.28**	5.16**	436.70**	25.16**	0.005*	11704.50**

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) با استفاده از آزمون توکی نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's Test ($p<0.05$)

** معنی داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at 0.01, *Significant at 0.05, ns Non-significant

جدول ۴- تغییر برخی ویژگی‌های شیمیایی میوه نارنگی‌های جهانگیر و کلمانتین طی دوره نگهداری

Table 4- The changes of some chemical characteristics of Jahangir and clementine mandarins during storage period

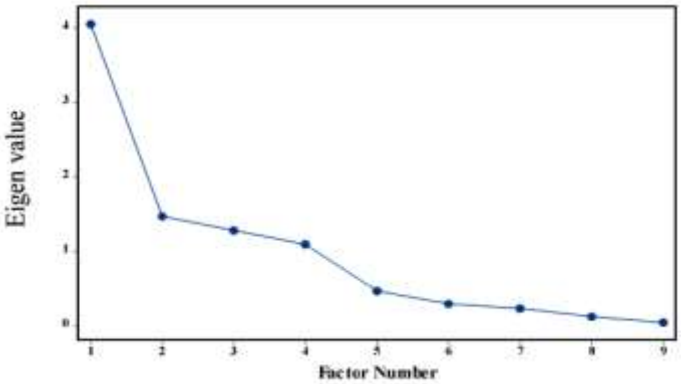
مدت انبارداری Storage period (day)	بریکس TSS/TA		شاخص تکنولوژی TI (%)		pH		ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت Pulp antioxidant capacity (%)	
0	30.93	b	5.06	b	5.03	b	39.98	a
20	38.97	a	5.95	a	5.25	a	31.18	b
40	35.7	ab	5.67	a	4.65	c	29.42	b
میانگین مربعات Mean Squares	98.12*		1.24*		0.55**		192.02**	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) با استفاده از آزمون توکی نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different based on Tukey's Test ($p<0.05$)

** معنی داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد، ns غیر معنی‌دار

** Significant at 0.01, *Significant at 0.05, ns Non-significant



شکل ۶- مقادیر ویژه برای هر یک از عامل‌های اصلی تجزیه

Figure 6- Eigenvalues for each principal component

ارزیابی حسی میوه

بر اساس داده‌های مقدار ویژه (شکل ۶) تعداد ۲ مولفه اصلی به عنوان مولفه‌های برتر که بیش از ۶۰ درصد واریانس تجمعی را شامل می‌شوند (حاوی بیش از ۶۰ درصد اطلاعات می‌باشند) انتخاب شدند.

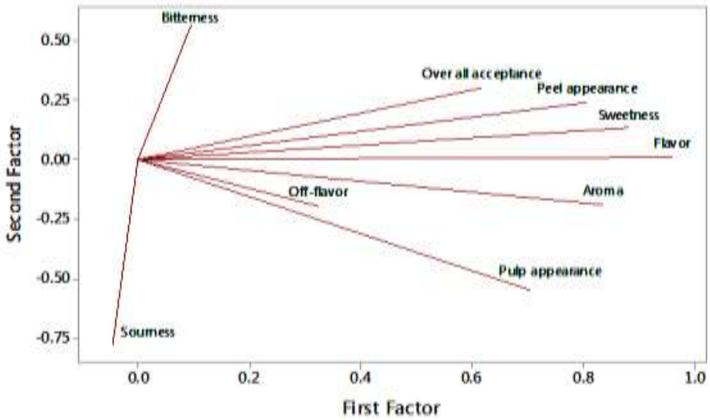
ارزیابی داده‌های حسی که با استفاده از روش تجزیه به مولفه اصلی انجام گرفت امکان بررسی ارتباط بین ویژگی‌های حسی تعریف شده را فراهم می‌کند به طوریکه در فضای PCA صفاتی‌که در کنار هم قرار می‌گیرند بیان‌گر همبستگی نزدیک آنها به هم است و صفاتی که در دو جهت عکس هم قرار می‌گیرند همبستگی منفی با هم دارند.

بر اساس محل قرارگیری صفات حسی اندازه‌گیری شده در شکل ۷ مشخص شد که همبستگی بالایی بین ویژگی‌های مطلوب میوه با پذیرش کلی میوه وجود دارد. از طرفی همبستگی منفی بین این صفات و تلخی و ترشی به طور واضح و تا حدودی با بدطعمی مشاهده شد. این ویژگی‌ها در کلمانتین و در نمونه‌هایی که مدت بیش‌تری در انبار باقی‌ماندند بیش‌تر مشاهده شد. مشکل اصلی در نگهداری نارنگی‌ها کاهش سریع اسیدیته است چون اسید سیتریک به عنوان سوبستره فرایند تنفسی درچرخه اسید تری‌کربوکسیلیک اکسید می‌شود و سبب کاهش طعم تازگی میوه می‌شود. ترکیب‌های آروما نیز در کاهش طعم و تجمع مواد بدطعم نیز نقش دارند. در پژوهشی مشخص شده که حداقل ۲۳ ترکیب آروما که در طعم مطلوب میوه نقش دارند مانند لینالول[1] و بتامیرسین[2] به میزان ۵۰ درصد طی نگهداری کاهش یافتند (۳۵).

نمودار PCA (شکل ۸) نشان داد که علاوه بر این که بیش‌تر نمونه‌های کلمانتین در قسمت میانه و چپ نمودار قرار دارند به شکل خاص نمونه‌های کلمانتین که مربوط به پایان انبارداری است (C7، C8 و C9) نیز در این ناحیه واقع شده‌اند که ویژگی‌های غالب آنها ترشی و تلخی میوه است. عمده نمونه‌های جهانگیر در قسمت چپ نمودار هستند که ویژگی‌هایی چون طعم، شیرینی، ظاهر خوب پوست و گوشت و پذیرش کلی میوه در این ناحیه غالب است و مورد پذیرش بیش‌تری از سوی ارزیابان حسی واقع شد. گزارش شده با انجام ارزیابی های حسی مشابه از هیبریدهای نارنگی جدید مشخص شد که همه گونه‌های جدیدی که امتیاز بالایی داشتند دارای عملکردهای

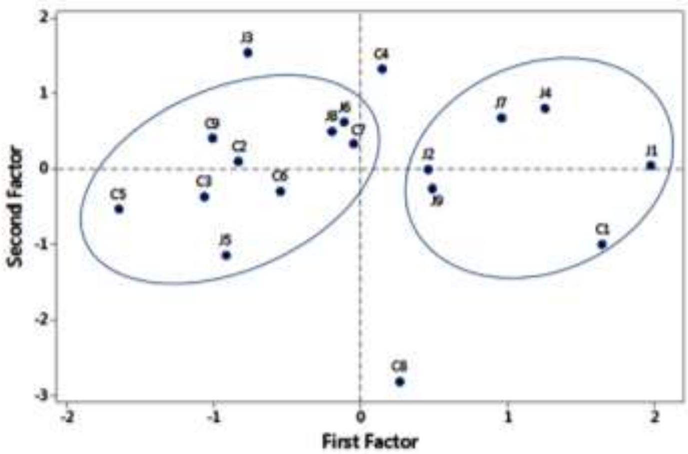
1- Lilalool
2- β-myrcene

حسی مشابه با نارنگی های تجاری مقبول بودند و برخی دیگر نیز متفاوت بودند (۲۱).نمونه C1 کلمانتین نیز که مربوط به زمان برداشت است و میوه معمولا تازه و با طعم مطلوب است هم در این گروه قرار گرفته است. به نظر می‌رسد کیفیت ظاهری و داخلی میوه نمونه‌های جهانگیر بهتر از کلمانتین طی نگهداری حفظ شده است. نارنگی‌ها عمر انباری کوتاهی دارند لذا نگهداری یا انتقال نسبتا بلند مدت تاثیر زیادی در ویژگی‌های حسی میوه می‌گذارد. مثلا نگهداری بلند مدت کلمن‌نولز سبب کاهش اسیدیته و طعم مطلوب نارنگی و تجمع ترکیب‌های بد طعم در میوه شد (۲۵).



شکل ۷- بردار ویژه (بار عاملی) متغیرها (صفات حسی) در عامل‌های اصلی

Figure 7- Eigenvector (loading weight) of variables (sensory attributes) in principal components



شکل ۸- تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات حسی رقم جهانگیر و رقم کلمانتین

Figure 8- Principal component analysis (PCA) scores plot for sensory attributes in Jahangir and Clementine

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ویژگی‌های کمی و کیفی مختلف میوه‌ی جهانگیر در مقایسه با کلمانتین که برای تولید کننده اهمیت دارند مشخص شد. بر این اساس میوه جهانگیر دارای ابعاد بزرگ‌تر ولی کمی پخ‌تر از میوه کلمانتین بود. شاخص‌های رنگ پوست میوه جهانگیر در دامنه استاندارد مرکبات قرار داشت. بعلاوه، از نظر سهولت پوست گیری، درصد آب میوه، شاخص تکنولوژی، ویتامین C، فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در جایگاه مطلوبی بین نارنگی‌های تجاری موجود قرار دارد. همچنین قابلیت انبارداری بهتری نسبت به کلمانتین به دلیل آب از دست‌دهی کم‌تر، ضایعات و لکه پوست کم‌تر و حفظ ویژگی‌های ارگانولپتیک داشت.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۹۱۱۰۸- ۰۷- ۱۷ پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) است که از حمایت مالی آن واحد سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abdullah M.H.R.O., Chng P.E., and Yunus N.A. 2012. Some physical properties of Musk Lime (*Citrus microcarpa*). International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering 6: 1122- 1125.
2. Aghajanpour S., Ghasemnejad M.A., and Faghih-Nasiri M. 2011. Hesperidin and naringin amounts of mandarin fruits affected by rootstock and variety, Master thesis, Saveh Azad University. (In Persian with English abstract)
3. Alferez F. 2005. Low relative humidity at harvest and before storage at high humidity influence the severity of postharvest peel pitting in citrus. Horticultural Science 130(2): 225–231.
4. Bons H.K., Kaur N., and Rattanpal H.S. 2015. Quality and quantity improvement of citrus: role of plant growth regulators. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 8(2): 433-447.
5. Bor J.Y., Chen H.Y., and Yen G.C. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry 54: 1680- 1686.
6. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebens Wissen and Technology 28: 25-30.
7. Chahidi B., El-Otmani M., Luro F., Srairi I., and Tijane M. 2007. Fruit quality characterization of seven clementine cultivars. Journal of Applied Horticulture 9(2):162-166.
8. Dou H., and Gmitter F. 2007. Postharvest quality and acceptance of LB8-9 mandarin as a new fresh fruit cultivar. HortTechnology 17(1): 72-77.
9. Faasema J., Abu J.O., and Alakali J.S. 2011. Effect of packaging and storage condition on the quality of sweet orange (*Citrus cinesis*). Journal of Agricultural Technology 7(3): 797-804.
10. FAO. 2017. Citrus fruit fresh and processed annual statistics. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome.
11. Fatahi J., Hamidoghli Y., Fotouhi R., Ghasemnejad M., and Bakhshi D. 2011. Assessment of fruit quality and antioxidant activity of three citrus species during ripening. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment 2(2): 113-128.
12. Fatahi Moghadam J., Seyed Ghasemi S.E., and Madani S. 2017. The effect of five rootstocks on physical, mechanical and chemical characteristics of 'Yashar' fruits -a new mandarin- during ripening stages. Journal of Plant Production Research 24(2): 109-123. (In Persian with English abstract)
13. Fatahi Moghadam J., Seyed Ghasemi S.E., and MohamadAlyan Y. 2017. Effect of rootstock on fruit quality of yashar mandarin at harvest time and during storage. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18(2): 177-194. (In Persian with English abstract)
14. 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): 77-91. (In Persian with English abstract)
15. Hassan Z.H., Lesmayati S., Qomariah R., and Hasbianto A. 2014. Effects of wax coating applications and storage temperatures on the quality of tangerine citrus (*Citrus reticulata*) var. Siam Banjar. International Food Research Journal 21(2): 641-648.
16. Herath H.M.D., Chadrajith V.G.G., and Ranaweera K.K.D.S. 2018. Evaluation and comparison of the physicochemical properties of different varieties of citrus species. International Journal of Food Science and Nutrition 3(3): 29-34.
17. Iqbal M., Khan M.N., Zafar M., and Munir M. 2012. Effect of harvesting date on fruit size, fruit weight and total soluble solids of feutrell’s early and kinnow cultivars of Mardan (*Citrus Reticulata*) on the economic conditions of farming community of Faisalabad. Sarhad Journal of Agriculture 28(1): 19-21.
18. Jahangirzadeh E., Rastegar H., Hayatbakhsh E., and Mohamad-Aliyan Y. 2009: Selection from F1 progenies hybrid of sweet orange × clementine and evaluation of their clematical adaptation in North and South of Iran (second stage). Final report of project. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran Citrus Research Institute 47-17-17-93103. (In Persian with English abstract)
19. Jimenez C.M., Cuquerella J., and Martinez-Javaga J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. Proceedings of the International Society of Citriculture 2: 750-753.
20. Julhia L., Belmin R., Meynard J.M., Pailly O., and Casabianca F. 2019. Acidity drop and coloration in clementine:

implications for fruit quality and harvesting practices. Front. Plant Science 10:754.
21. Kader A.A. 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88:1863–1868.
22. Khan I.A., and Kender W.J. 2007. Citrus breeding: Introduction and objectives. In: Khan IA (ed). Citrus genetics, breeding and biotechnology. CAB int. Oxf. Pp 1-8.
23. Kluge R.A., Luiza M., Jomori L., Jacomino A.P., Carolina M., Vitti D., and Padula M. 2003. Intermittent warming in 'Tahiti' lime treated with an ethylene Inhibitor. Postharvest Biology and Technology 29: 195-203.
24. Ladaniya M.S. 2008. Fruit quality control, evaluation, and analysis. Citrus Fruit 19: 475-499.
25. Marcilla A., Martinez M., Carot J.M., Palou L., and del Rio M.A. 2009. Relationship between sensory and physico-chemical quality parameters of cold stored 'Clemenules' mandarins coated with two commercial waxes. Spanish Journal Agriculture Research 7: 181–189.
26. Mayuoni L., Tietel Z., Patil B.S., and Porat R. 2011. Does ethylene degreening aff ect internal quality of citrus fruit? Postharvest Biology and Technology 62: 50–58.
27. Meyers K.J., Watkins C.B., Pritts M.P., and Liu R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 6887-6892.
28. Naczk M., and Shahidi F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 41: 1523-1542.
29. Ojha P., Bahadur Karki T., and Sitaula R. 2016. Physio-chemical and functional quality evaluation of mandarin peel powder, Journal of Agricultural Science and Technology 18: 575-582.
30. Phisut N., Rattanawedee M., and Aekkasak H. 2013. Effect of osmotic dehydration process on the physical, chemical and sensory properties of osmo-dried cantaloupe. International Food Research Journal 20(1): 189196.
31. Rokaya P.R., Baral D.R., Gautam D.M., Shrestha A.K., and Paudyal K.P. 2016. Effect of postharvest treatments on quality and shelf life of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). American Journal of Plant Sciences 7: 1098-1105.
32. Shimada T., Fuiii H., Endo T., Yazaki J., Kishimoto N., and Shimbo K. 2005. Toward comprehensive expression profiling by microarray analysis in citrus: monitoring the expression profiles of 2213 genes during fruit development. Plant Science 168: 1383–1385.
33. Stitou M., Fadli A., Chetto O., Talha A., Benkirane R., and Benyahia H. 2017. Fruit quality analysis in four new mandarin hybrids during maturation period. Annual Research & Review in Biology 18(6): 1-10.
34. Tadeo F.R., Cercós M., Colmenero-Flores J.M., Iglesias D.J., Naranjo M.A., and Ríos G. 2008. Molecular physiology of development and quality of citrus. Advances in Botanical Research, 47: 147–223.
35. Tietel Z., Plotto A., Fallik E., Lewinsohn E., and Porat R. 2010. Taste and aroma of fresh and stored mandarins. Journal of Science Food and Agriculture 91: 14-23.
36. Wern K.H., Haron H., and Keng C.B. 2016. Somparison of total phenolic contents (TPC) and antioxidant activities of fresh fruit juices, commercial 100% fruit juices and fruit drinks. Sains Malaysiana 45(9): 1319–1327.
37. Xu G., Liu D., Chen J., Ye X., Maa Y., and Shi J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. Food Chemistry 106(2): 545-551.
38. Zhang H. 2007. Electrical properties of foods. USA. 1:485.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 383-398
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۹۸-۳۸۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Introduction of Jahangir - a New Mandarin- Based on Elite Physicochemical and Organoleptic Properties of Fruits

J. Fatahi Moghadam[1]*- S.E. Seyedghasemi[2]- T. Raiesi[3]
Received: 25-04-2020
Accepted: 13-04-2021

Introduction: The foreign and domestic markets are demanding for high quality citrus varieties. The physical and chemical properties of the newly released cultivars are also important for fresh market or processing. The fruit quality is a complex combination of size, firmness, taste, texture, pleasant aromas caused by a chemical compounds (soluble solid content, sugars, organic acids, aromas) and bioactive properties. Therefore, it is important to consider these indices for the introduction of a new cultivar. In this regard, the Citrus and Subtropical fruits Research Center has focused on improving its appearance, internal and organoleptic quality in releasing the new Jahangir cultivar compared to the Clementine as control.

Materials and Methods: In this study, Jahangir fruits a hybrid between Clementine mandarin (female parent) and Salustiana orange (male parent) (*Citrus clementina* Hort. Ex Tanaka × *C. sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana) was used for comparison with Clementine (*Citrus clementina* Hort. Ex) Tanaka) as control during the last two years lead to the cultivar introduction. Fruits were randomly selected from different locatiosn on the tree (15 fruits from three trees) and evaluated at harvesting time (zero storage point). Then 30 fruits per box selected and placed in cold storage (5 °C, 85% RH). Different physico-biochemical and sensory characteristics of fruits were evaluated at 0, 20 and 40 days intervals during storage. Characteristics evaluation were including fruit lenght, width, thickness, arithmetic, geometric, equivalent and harmonic means, fruit aspect ratio, sphericity, surface area, true volume, apparent volume, volume error, density, peel and pulp firmness, peel thickness, weight, juice percentage, seed number, peel color indices (L^*, a^*, b^*, hue angle, chroma and CCI), total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), technological index (TI), pH, electrical conductivity (EC), total phenol, ascorbic acid and antioxidant capacity during experiment.

Results and Discussion: Results showed that fruit size (length and two diameters), weight, means of arithmetic, geometric, equivalent and harmonic diameters, surface area and true volume of Jahangir mandarin were significantly higher than Clementine. The different mean diameters of each cultivar was the same as that equivalent diameter that is the most real mean fruit diameter. The higher spherical coefficient (>1) also indicated that Jahangir fruit was longer than the control. Additionally, aspect ratio of Jahangir was also higher than Clementine, which means that Jahangir fruit was a few flat than control. Jahangir had higher levels of L^*, b^*, C and hue than the control of clementine. In contrast, Jahangir's a^* and CCI indices were lower than those of clementine. Therefore, except for L^* which is slightly lower than citrus standard (65-70), other indices in both cultivars were conformity within the citrus standard range. Seeds of Jahangir were more than control but both were in the mid seed group (9-15 seeds) of citrus. Jahangir peel was also less easily peeled than control. The weight loss of Jahangir fruit was significantly (almost half) lower than that of clementine at each sampling but increased during storage. It seems Jahangir has a peel with higher density and adhesion than to clementine, which partly prevents the fruit from dehydration. The amount of TSS of fruit juice was higher than that of clementine at harvest and storage but increased in both cultivars during storage. In addition, TA (0.34%) was lower in Jahangir fruit than Clementine (0.45%). Therefore, the ratio of TSS to TA was much higher in Jahangir mandarin (44.25) than clementine (26.16). Juice percentage of Jahangir fruit (44.87%) was significantly higher than Clementine (40.12%). The high percentage of Jahangir fruit juice is a positive trait for this cultivar. Technology index changed depending on cultivar and also during storage. This index was higher in Jahangir fruit than in Clementine with 6.45 and 4.67, respectively. The antioxidant capacity only affected significantly by storage time which showed a decreasing trend during storage. Ascorbic acid content was only affected by cultivar and was higher in control than Jahangir. Lower levels of ascorbic acid in the Jahangir may be due to increased respiration that results in the elimination of ascorbic acid. The phenolic content of Jahangir fruit was higher (0.43 mg/g) than clementine (0.4 mg/g). PCA analysis showed that most of the Jahangir samples placed in the left part of the PCA graph which were dominated by the traits such as taste, sweetness, good peel and pulp

1, 2 and 3- Associate Professor, Master Science of Plant Physiology and Assistant Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran. Respectively.
(*- Corresponding Author Email: j.fattahi@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61812.0

appearance and overall acceptance and were more accepted by the sensory evaluators.

Conclusion: In this study, different qualitative characteristics of Jahangir fruit compared to Clementine which are important for the producers. Accordingly, the Jahangir fruit was larger in size but slightly flatter than the Clementine fruit. Jahangir fruit peel color indices were within the standard range of citrus fruits. Jahangir fruit is favored among commercial available mandarins due to ease of peeling, high juice percentage, technology index, vitamin C, phenol and antioxidant capacity. It also had better storability than Clementine because of less water loss and decline of organoleptic properties.

Keywords: Cultivar release, Fruit quality, Nutrition value, Storability

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 399-411
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۱۱-۳۹۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

کاربرد برگی اسید هیومیک روی انباشت مواد مغذی در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی رقم ’سلوا‘ تحت بسترهای کشت مختلف

بهزاد کاویانی[1]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از اسید هیومیک برای ارتقای ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاهان زراعی و باغی عمومی شده است. یک آزمایش گلدانی برای بررسی اثر کاربرد برگی اسید هیومیک و بسترهای کشت مختلف روی جذب و انباشت مواد مغذی در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی رقم ’سلوا‘ (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. ‘Selva’) انجام شد. غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت اسپری برگی در دو زمان (اواخر فروردین و اواخر اردیبهشت) روی توت‌فرنگی کاشته‌شده در بسترهای مختلف (خاک معمولی حاوی خاک باغچه، کود گاوی خشک‌شده و ماسه بادی به‌نسبت مساوی و مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج، پرلیت و ضایعات چای) به‌کار گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم (۵۱۸ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفر (۴/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر) میوه در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۴۸/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در گیاهان تیمارشده با ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی و بیشترین مقدار فسفر برگ (۶/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر) در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین مقدار ازت (۵/۳۵ درصد) میوه در گیاهان کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای بدون کاربرد برگی اسید هیومیک به‌دست آمد. گیاهان رشدیافته در این بستر کشت همراه با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشترین مقدار ازت برگ (۵/۴۷ درصد) را داشتند. از آنجایی که مهم‌ترین عناصر برای افزایش کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی به‌ترتیب پتاسیم، فسفر و ازت است، استفاده از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، جذب مواد مغذی، کیفیت میوه، محصولات گلخانه‌ای

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria ×ananassa* Duch.) از خانواده‌ی گل‌سرخیان (Rosaceae) یک گونه‌ی دورگ از جنس *Fragaria* است که به‌طور وسیع در سراسر جهان برای استفاده از میوه‌ی آن کشت می‌شود. این میوه از میوه‌های ریز با ارزش اقتصادی بالا است که حاوی ترکیب‌های شیمیایی مفید از جمله انواع آنتی‌اکسیدانت‌ها، ویتامین‌ها و عناصر معدنی ضروری برای سلامتی و تغذیه انسان می‌باشد (۱۰ و ۳۳).

کودهای شیمیایی به‌عنوان راهی برای افزایش بازدهی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما مشکلاتی همانند تجمع نیترات، عمر گلدانی و کیفیت پایین و آلودگی محیط را به‌دنبال دارد. بنابراین، کودهای آلی به‌عنوان جایگزین‌ها و یا مکمل‌های مناسب، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از این مکمل‌های مهم، اسید هیومیک است. اسید هیومیک یک بخش عمده از ترکیبات هیومیکی است که از تجزیه‌ی زیستی مواد آلی حاوی کربوکسیل و فنولیک به‌دست می‌آید. در ساختار ملکولی یک اسید هیومیک، حلقه‌های آروماتیک ۶ کربنه‌ی پایه‌ی فنول‌های ۲- یا ۳-هیدروکسیل متصل‌شده توسط -O-، -NH-، -N-، -S- وجود دارد و شامل گروه OH- و کینون (-O-C6H4-O-) است. اسید هیومیک یک ترکیب آلی حلقوی با وزن ملکولی زیاد، زنجیره‌ی طویل و گروه هیدروکسیل و فنولیک فعال (آمفوتریک) است که در pHهای خاص به آنیون‌ها و کاتیون‌ها متصل

۱- دانشیار، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت
(*- نویسنده مسئول: Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhs.2021.61928.0

می‌شـود (۳۶). اسـید هیومیک با داشـتن خصـوصـیاتی از جمله فراهم‌آوردن عناصـر ضروری قابل‌دسترس‌تر به‌ویژه عناصر کم‌مصرف مـانند آهن و افزایش مقاومت گیاه به انواع تنش‌های زیسـتی و غیر زیستی می‌تواند تولید کمی و کیفی را اصلاح کند (۴۳). در حضور اسید هیومیـک، فعـالیـت و تراکم میکروارگانیزم‌های مفید افزایش می‌یابد. ظرفیت کلات‌کنندگی این اسـید و اثر آن روی غشـای پلاسـمایی می‌تواند جذب عناصر به درون سلول را افزایش دهد (۱۲ و ۴۲). اسید هیومیک با کلات‌کردن مواد مغذی گیاهی مانند سـدیم، پتاسیم، آهن، کلسـیم، منیزیم، روی، مس و منگنز از نشـت آنها جلوگیری می‌کند و مقدار جذب و انباشـت آنها را توسط ریشه افزایش می‌دهد (۶، ۱۵، ۲۴ و ۲۸). یکی از مهم‌ترین عملکردهای اسید هیومیک، نگهداری آب در خاک و کاهش نوسـانات دمایی اسـت (۶). اسید هیومیک یک ناقل و فعـال‌کننـده‌ی کود برگی ممتـاز اسـت کـه باعث افزایش سـاخت هیدرات‌های کربن می‌شود (۶ و ۴۲). از نقش‌های دیگر این اسید آلی می‌توان بـه تغییر در سـوخت و سـاز اولیه و ثانویه‌ی گیاه، افزایش ریشـه‌دهی، تبـادل و توازن کـاتیونی خـاک و کاهش pH خاک‌های قلیایی، اشاره کرد (۷، ۲۳، ۲۸ و ۳۰). این اسید به‌عنوان یک کاتالیست در تحریک فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک عمل می‌کند (۲۸). اسـید هیومیک منبع غنی پتاسـیم، فسفر و ازت است (۲۹). این اسید آلی دو نقش کلی؛ نقش مسـتقیم بـه‌عنوان یـک هورمون در گیـاه و نقش غیرمسـتقیم مانند اثر روی میکروارگانیزم‌ها، اثر روی دینامیک جذب عناصـر خاک، اثر روی شـرایط فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت از طریق اثر مثبت روی جوانه‌زنی بذر، رشـد دانه‌رست، رشد ریشه و نمو سرشاخه دارد (۲۸).

اسـید هیومیک یکی از اجزای اصـلی مواد هیومیک اسـت و از عصاره‌گیری مواد آلی خاک به‌دست می‌آید (۴۳). ترکیب‌های هیومیک خاک به سـه گروه؛ اسـیدهای هیومیک، اسیدهای فولویک و هیومین تقسیم می‌شوند. اسید هیومیک به دلیل عدم آسیب به محیط زیست و اصـلاح کیفیت و حاصـلخیزی برخی خاک‌ها، در کشـاورزی ارگانیک به‌طور گسـترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴۳ و ۲۵). روش کاربرد اسـیـد هیومیـک نقش مؤثری در ارتقـای ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان دارد. برخی پژوهش‌ها اثر مثبت اسـید هیومیک روی رشـد و بازدهی محصول در توت‌فرنگی را نشان داده‌اند (۱، ۱۵، ۱۹، ۳۴، ۳۵ و ۴۱).

ترکیب برخی بسـترهای کشـت مانند پرلیت، کمپوست‌ها و کودها مانند ضـایعات کشـاورزی (از جمله شـلتوک برنج و بقایای چای) به بسـترهـای کشـت خاکی، نقش مؤثری در ارتقای کمیت و کیفیت گیاهان دارند (۳۵). برخی از این بسـترها مانند کمپوسـت‌ها به‌دلیل سـبـک و ارزان‌بودن و تجزیه‌ی آسـان‌تر توسـط موجودات میکروبی، سـالهاسـت که در صـنعت باغبانی مورد اسـتفاده قرار می‌گیرند. این ترکیب‌ها، سـاختار مناسب با زهکشی و هوادهی خوب دارند. بنابراین، جسـتجو برای یـافتن ترکیب‌های بومی ارزان‌تر به‌عنوان ترکیب‌های جایگزین برای بسـترهای کشـت گران‌قیمت و با کیفیت پایین، حائز اهمیت اسـت. اثر مثبت این ضـایعات کشـاورزی روی افزایش رشد و بازدهی توت‌فرنگی گزارش شده است (۲، ۴، ۱۱، ۲۷ و ۳۸).

در حال حاضـر، یکی از پرکاربردترین اسـتفاده از ضـایعات چای، بـه‌کـار رفتن آن بـه‌عنوان کود گیـاهی اسـت که می‌تواند جایگزین کودهای تجاری شـود. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های کاربرد ضـایعات کشاورزی به‌صورت کمپوست‌شده، تقویت و اصلاح خاک است. از این ضـایعات به‌صورت خالص یا در ترکیب با سایر مواد آلی (مانند سبوس برنج) و یا معدنی (مانند پرلیت) اسـتفاده می‌شـود (۳۵). کمپوسـت ضایعات چای ظرفیت نگهداری آب بالایی دارد. کود مناسب برای رشد و نمو بهینه‌ی توت‌فرنگی کودی است که حاوی ازت، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسـیم، آهن، بر، مس، گوگرد، مولیبدن، منگنز، اسـیدهای آمینه و اسـیدهای هیومیک باشـد. بنابراین، انتخاب شـرایط مناسـب تغذیه‌ای مانند کودها و بسـترهای مناسـب کشـت برای دسـتیابی به افزایش عملکرد کمی و کیفی در توت‌فرنگی امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضـر، بررسـی کاربرد برگی غلظت‌های مختلف اسـید هیومیک و بسترهای کشت مختلف روی جذب و تجمع برخی عناصر ضروری در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط آزمایش

نشاهای یک‌اندازه و یک‌شکل توت‌فرنگی روز خنثی، رقم 'سلوا' (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. 'Selva') با قطر تقریبی ۱۰ میلی‌متر حـاوی ۳ تا ۵ برگ کامل در اواخر آبان ماه از گلخانه‌ای واقع در شـهرسـتان رشت (۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۷ متر ارتفاع از سطح دریا) خریداری شدند و در گلـدان‌هـای (بـا انـدازه ۱۹) حاوی خاک مخصـوص توت‌فرنگی (خریداری‌شده از همان گلخانه) کشت گردیدند. گلدان‌ها در فضای آزاد نگهداری گردیدند. آبیاری در ماه‌های سرد به‌دلیل عدم دفع زیاد آب از گیاه به‌صـورت تعرق و از خاک به‌صـورت تبخیر، هر ۴ روز یک‌بار با آب‌پاش دستی و به‌طور کامل انجام شد. برای جلوگیری از آسیب سرما و یخبندان روی نشـاهای کاشته‌شده در گلدان، پلاستیک کشیده شد. بعد از سپری شدن سرما، تعداد آبیاری به روزی یک‌بار افزایش یافت و با گرم‌تر شـدن هوا روکش‌های پلاسـتیکی برداشـته شـدند. به‌دلیل کم‌عمق‌بودن ریشـه‌ها، بسـترهای کشـت همواره مرطوب نگهداشـته شـدند. آب آبیاری، آب شـهری با مقدار کلسـیم بالا بود. آبیاری با محلول‌پاش دستی و در غروب انجام شد.

تیمارها

غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با نشان هیومیک پلاس (لئوناردیت فرآوری‌شده) به‌صورت اسپری برگی با محلول‌پاش دستی در دو زمان (اواخر فروردین و اواخر اردیبهشت) روی گیاهچه‌های توت‌فرنگی کاشته‌شده در بسترهای مختلف (خاک معمولی و مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج، پرلیت و ضایعات چای) به‌کار گرفته شدند. مواد تشکیل‌دهنده هیومیک پلاس عبارت است از: اسید هیومیک (۶۰ درصد)، اسید فولویک (۱۰ درصد)، پتاس کل (۱۰ درصد)، اسید آمینه آزاد (۱ درصد)، عصاره جلبک دریایی (۲ درصد) و آهن محلول (۰/۲ درصد). این محصول فاقد کلر و عناصر سنگین است. از آنجایی که این رقم در اوایل بهار از خواب بیدار می‌شود، بنابراین، در اواخر فروردین که رشد خود را آغاز کرده است و در اواخر اردیبهشت که در حال رشد و نمو فعال است، تیمار اسید هیومیک به‌کار برده شد. اسید هیومیک منبع غنی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم است. این اسید آلی دارای تعداد زیادی حلقه‌ی معطر است که با زنجیرهای آلیفاتیک به‌هم متصل شده‌اند. قطر ذرات محلول‌پاشی درشت بود و محلول‌پاشی در غروب انجام شد، بنابراین، مقداری از اسید هیومیک وارد خاک گردید. ترکیب بسترهای کشت عبارت بودند از: ترکیب بستر اول (مخلوط خاک معمولی + کود حیوانی (گاوی) + ماسه به نسبت مساوی)، ترکیب بستر دوم (۵۰ درصد ترکیب بستر اول + ۵۰ درصد سبوس برنج)، ترکیب بستر سوم (۵۰ درصد ترکیب بستر اول + ۵۰ درصد پرلیت) و ترکیب بستر چهارم (۵۰ درصد ترکیب بستر اول + ۵۰ درصد ضایعات چای). بنابراین فاکتورهای آزمایش؛ غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و بسترهای مختلف کشت بودند. آزمایش دارای ۱۶ تیمار بود و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. فواصل بین گلدان‌ها، ۲۰ سانتی‌متر در ۲۰ سانتی‌متر بود. برای کنترل و مبارزه با علف‌های هرز درون گلدان‌ها، آنها با روش وجین دستی از گلدان‌ها خارج شدند. این عمل هر یک روز در میان انجام گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده

ازت، فسفر و پتاسیم خاک، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک، ازت، فسفر و پتاسیم برگ و ازت، فسفر و پتاسیم میوه اندازه‌گیری شدند. برای عصاره‌گیری خاک به‌منظور اندازه‌گیری عناصر فسفر و پتاسیم، از محلول بیکربنات آمونیوم و DTPA استفاده شد (۱۳). نمونه‌ی خاک پس از اضافه‌کردن محلول عصاره‌گیری به آن به‌مدت ۱۵ دقیقه با شیکر رفت و برگشتی مدل GFL 3015 به‌هم زده شد و سپس با کاغذ صافی شماره‌ی ۴۲ واتمن صاف گردید. فسفر خاک پس از اضافه‌کردن معرف‌های لازم، به روش اسپکتروفتومتری (طیف‌سنجی) با اسپکتروفتومتر مدل PERKIN ELMAR LAMBDA 25 در طول موج ۸۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم خاک به‌روش فلیم‌فتومتری با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل JENWAY اندازه‌گیری شد (۱۳) و پس از رسم منحنی استاندارد، پتاسیم خاک اندازه‌گیری گردید. ازت خاک به‌روش کجلدال اندازه‌گیری شد (۱۳). یک گرم خاک با قرص کاتالیزور هضم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ و در داخل بالن هضم حرارت داده شد (مرحله هضم). پس از تقطیر نمونه‌ی هضم‌شده، محلول حاصل در مجاورت معرف متیل‌رد توسط اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال، تیتراسیون و مقدار ازت خاک از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۳).

$$\text{ازت(درصد)} = \frac{a-b}{S.M.1.4}$$

که در آن؛ a: اسید سولفوریک مصرفی برای نمونه، b: اسید سولفوریک مصرفی برای شاهد، S: وزن خاک خشک‌شده در هوای آزاد و M: نرمالیته‌ی اسید سولفوریک هستند.

برای اندازه‌گیری مقدار ازت، فسفر و پتاسیم نمونه‌های گیاهی، از روش هضم تر در مخلوط اسیدها استفاده شد (۱۴). به این منظور، نمونه‌های گیاهی در مخلوط اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک هضم شدند. برای حذف ماده‌ی آلی نیز از آب‌اکسیژنه و حرارت‌دادن استفاده شد. نمونه‌ها بعد از هضم، به حجم رسانده شدند و توسط کاغذ صافی شماره‌ی ۴۲ واتمن صاف گردیدند. ازت به روش کجلدال (۱۴)، فسفر به روش اسپکتروفتومتری (۱۴) و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری (۱۴) اندازه‌گیری شدند.

طرح آزمایش و تجزیه‌ی داده‌ها

آزمایش با دو فاکتور؛ شامل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و ۴ نوع بستر کشت به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان و هر گلدان محتوی یک گیاه توت‌فرنگی بود. در مجموع، ۶۴ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه‌ی داده‌ها به‌کمک نرم‌افزار SAS (شماره‌ی ۹/۴) و مقایسه‌ی میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

اثر تیمار اسید هیومیک و بستر کشت روی عناصر، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک

کاربرد اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) مقدار ازت و فسفر، همچنین pH و EC خاک را تحت تأثیر قرار داد. اسید هیومیک اثر معنی‌داری روی پتاسیم خاک نداشت (جدول ۱). جدول تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که فسفر، pH و EC تحت تأثیر بسترهای کشت قرار گرفتند ($p \leq 0.01$). نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان داد که برهمکنش اسید هیومیک و بسترهای کشت روی مقدار ازت و فسفر، همچنین pH و EC خاک در سطح یک درصد ($p \leq 0.01$)

معنی‌دار بود.

در ارتباط با اثر اصلی اسید هیومیک، استفاده از غلظت ۱۰۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک؛ مقدار ازت خاک (۳/۷۱ و ۳/۶۱ درصد) را نسبت به استفاده از غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد بیشتر افزایش داد (جدول ۲). بیشترین مقدار فسفر (۳۵/۷۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم خاک) در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد. این مقدار حدود ۲ برابر سایر تیمارها بود. بیشترین (۵/۱۴) و کمترین (۴/۳۵) pH خاک، به ترتیب مربوط به خاک تیمارشده با ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و شاهد بود. EC شاهد (۳/۹۴ دسی‌زیمنس بر متر)، بیشترین EC بود. در بقیه تیمارها، EC حدود ۲ بود (جدول ۲).

مقایسه‌ی میانگین اثر اصلی بستر کشت روی صفت‌های اندازه‌گیری‌شده‌ی خاک (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار فسفر (۲۶/۷۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم خاک) و EC (۳/۶۳ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر کشت ضایعات چای به‌دست آمد. pH بستر کشت خاک معمولی و پرلیت به‌ترتیب برابر با ۵/۴۱ و ۴/۲۱ بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه‌ی میانگین برهمکنش اسید هیومیک و بسترهای کشت (جدول ۴) روی عناصر خاک نشان داد که بیشترین مقدار ازت (۴/۴۷ درصد)، در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین مقدار فسفر (۴۴/۷۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای به‌دست آمد. کمترین فسفر (حدود ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک در تمام بسترهای کشت محاسبه گردید. بیشترین مقدار پتاسیم (۳۳۴ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای و کمترین آن (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در همین بستر و بدون اسید هیومیک به‌دست آمدند. بستر مخلوط خاک معمولی همراه با ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، دارای بالاترین pH (به ترتیب ۶/۴۴ و ۶/۴۰) بود. کمترین pH (حدود ۴) در تمام بسترها، بدون حضور اسید هیومیک اندازه‌گیری شد. به نظر می‌رسد با مصرف اسید هیومیک، جذب آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک تغییر می‌یابد و عناصر مؤثر در تغییر pH مانند کلسیم در خاک موجب تغییر در pH خاک می‌شود. بالاترین EC (۶/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج بدون اسید هیومیک به‌دست آمد. از طرف دیگر، پایین‌ترین EC (۱/۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در بستر کشت مخلوط خاک معمولی همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۴).

اثر تیمار اسید هیومیک و بستر کشت روی مقدار عناصر در برگ و میوه

اثر اسید هیومیک روی مقدار ازت، فسفر و پتاسیم برگ و میوه در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). بستر کشت روی مقدار ازت و فسفر برگ و میوه اثر معنی‌داری داشت اما روی مقدار پتاسیم برگ و میوه معنی‌دار نشد. نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان داد که برهمکنش اسید هیومیک و بسترهای کشت روی مقدار ازت و فسفر برگ و میوه در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) و روی پتاسیم میوه در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود. برهمکنش این دو فاکتور روی پتاسیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱).

مقایسه‌ی میانگین اثر ساده‌ی غلظت‌های مختلف اسید هیومیک روی مقدار عناصر برگ و میوه نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم (۱۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفر (۴/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر) میوه در گیاهان تیمارشده با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. مقدار فسفر در سایر تیمارها حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود (جدول ۲). بیشترین مقدار ازت برگ (۴/۲۴ درصد)، در گیاهان تیمارشده با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۴۶/۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) در گیاهان تیمارشده با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده شد. مقدار پتاسیم در برگ گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک (۴۱/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر) نیز بالا بود. کمترین مقدار پتاسیم (حدود ۲۷ میلی‌گرم بر لیتر) در برگ گیاهان شاهد و گیاهان تیمارشده با ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده گردید. بیشترین مقدار فسفر برگ (۵/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ازت میوه (۵/۰۰ درصد) در گیاهان شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). مقدار ازت میوه در سایر تیمارها حدود ۴ درصد بود. کمترین فسفر برگ (۲/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر) از برگ گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک استخراج گردید (جدول ۲).

جدول ۳ نشان داد که بیشترین مقدار ازت برگ (۴/۴۱ درصد)، در بستر ضایعات چای، بیشترین مقدار فسفر برگ (۴/۵۶ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر خاک معمولی، بیشترین مقدار ازت میوه (۴/۹۵ درصد) در بستر ضایعات چای و بیشترین مقدار پتاسیم میوه (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر سبوس برنج به‌دست آمد. بین مقادیر فسفر میوه در تیمارهای مختلف بستر کشت، تفاوت قابل‌توجهی مشاهده نشد. کمترین پتاسیم میوه (۹۱/۱۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر پرلیت به‌دست آمد. مقدار انباشت پتاسیم (۱۹۲ میلی‌گرم بر لیتر) در میوه‌ی گیاهان رشدیافته در بستر ضایعات چای نیز بالا بود (جدول ۳). تفاوت معنی‌داری بین این دو بستر کشت در ارتباط با مقدار انباشت پتاسیم وجود ندارد. مقدار ازت برگ در بسترهای دیگر غیر از بستر ضایعات چای، حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. کمترین میزان ازت میوه، در گیاهان رشدیافته در بستر خاک معمولی به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نوع بستر کشت بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 1– ANOVA for the effect of different concentrations of humic acid and types of culture beds on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

منابع تغیرات Source of variations	درجه آزادی df	پتاسیم میوه Fruit potassium	فسفر میوه Fruit phosphorus	ازت میوه Fruit nitrogen	پتاسیم برگ Leaf potassium	فسفر برگ Leaf phosphorus	ازت برگ Leaf nitrogen	هدایت الکتریکی خاک Soil EC	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium	فسفر خاک Soil phosphorus	ازت خاک Soil nitrogen
اسید هیومیک Humic acid	3	123443**	46380**	14.49**	747**	108269**	1.545**	13.81**	13.68**	2860ns	637**	1.388**
بستر کشت Culture bed	3	21176ns	1924**	23.93**	21.79ns	32341**	2.450**	1.621**	7.35**	866ns	35.6**	0.021ns
اسید هیومیک × بستر کشت Humic acid × culture bed	9	20677*	2221**	5.095**	28.45ns	12754**	1.560**	2.56**	0.903**	4306ns	35.3**	0.621**
خطا Error	48	7890.18	123.28	1.085	11.514	1021.17	0.041	0.013	0.028	3515.4	0.028	0.052
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	27.52	3.024	22.34	9.54	8.48	5.51	3.73	3.88	30.18	0.70	6.90

** و *: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد؛ ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

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

جدول ۳- اثر بسترهای کشت بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 3– The effect of culture beds on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

بستر کشت Cultivation bed	پتاسیم میوه Fruit potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر میوه Fruit phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت میوه Fruit nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر برگ Leaf phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت برگ Leaf nitrogen (%)	هدایت الکتریکی خاک Soil EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	فسفر خاک Soil phosphorus ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	ازت خاک Soil nitrogen (%)
پرلیت Perlite	91.10b	3.70a	3.00a	35.73a	3.98b	3.72b	2.59c	4.21d	185.00a	22.76c	3.30a
سبوس برنج Rice bran	200.00a	3.80a	4.09b	34.35a	3.31c	3.12d	2.83b	4.69b	198.00a	23.37b	3.25a
خاک معمولی Usual soil	134.00ab	3.44b	2.53c	34.28a	4.56a	3.42c	2.90b	5.41a	192.00a	21.90d	3.32a
ضایعات چای Tea wastes	192.00a	3.73a	4.95a	37.81a	3.19c	4.41a	3.63a	4.88c	209.00a	26.72a	3.37a

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

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

جدول ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 2– The effect of different concentrations of humic acid on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

اسید هیومیک Humic acid ($g.l^{-1}$)	پتاسیم میوه Fruit potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر میوه Fruit phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت میوه Fruit nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر برگ Leaf phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت برگ Leaf nitrogen (%)	هدایت الکتریکی خاک Soil EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	فسفر خاک Soil phosphorus ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	ازت خاک Soil nitrogen (%)
0	90.64b	3.42b	5.00a	26.56c	5.02a	3.30c	3.94a	4.35c	190.00a	24.31b	3.08b
300	86.25b	3.26c	4.02b	28.20c	4.35b	4.24a	2.20c	5.14a	183.00a	14.79d	2.84c
600	100.00b	3.19c	3.54b	46.20a	3.29c	3.78b	2.20c	4.94b	224.00a	19.92c	3.61a
1000	140.00a	4.80a	4.47b	41.21b	2.38d	3.34c	2.63b	4.97b	186.00a	35.74a	3.71a

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

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

جدول ٤- اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و بسترهای کشت بر غلظت عناصر در خاک، برگ و میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا'

Table 4– The effect of different concentrations of humic acid and culture beds on concentration of elements in soil, leaf and fruit of strawberry cv. 'Selva'

اسید هیومیک (A) × بستر کشت (B) Humic acid (A) × cultivation bed (B)	پتاسیم میوه Fruit potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر میوه Fruit phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت میوه Fruit nitrogen (%)	پتاسیم برگ Leaf potassium ($mg.l^{-1}$)	فسفر برگ Leaf phosphorus ($mg.l^{-1}$)	ازت برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	هدایت الکتریکی خاک Soil EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک Soil pH	پتاسیم خاک Soil potassium ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	فسفر خاک Soil phosphorus ($mg.100\ g^{-1}$ soil)	ازت خاک Soil nitrogen (%)
$A_0 \times B_1$	95.70d	3.40cd	5.25a	24.30e	4.90b	3.53de	3.28ef	4.02i	207.00ab	22.50h	2.75fg
$A_0 \times B_2$	87.00d	3.03ef	2.07e	28.57de	6.32a	3.13e	6.83a	4.25hi	195.00b	24.76f	3.62bcd
$A_0 \times B_3$	85.75d	3.77b	4.72bc	26.64e	4.68bc	2.36f	5.29b	4.10i	210.00ab	26.26e	2.53gh
$A_0 \times B_4$	94.05d	3.50c	5.35a	26.74e	4.18bc	4.18bc	4.36c	4.43h	150.00b	23.73g	3.45cde
$A_3 \times B_1$	88.75d	3.46c	4.10cde	30.08de	5.05b	4.64b	1.80jk	4.74f	179.00b	15.50j	3.22def
$A_3 \times B_2$	85.70d	2.82f	4.25cde	23.27e	3.46ef	4.42bc	1.50l	5.73b	198.00b	14.20l	2.17h
$A_3 \times B_3$	83.25d	3.03ef	3.69cde	24.31e	4.11cde	3.48de	2.00j	6.44a	196.00b	14.71k	3.11ef
$A_3 \times B_4$	87.30d	3.74b	4.07cde	35.14cd	4.80bc	4.42bc	3.50de	4.65d	160.00b	14.75k	2.87fg
$A_6 \times B_1$	106.00cd	3.17de	4.82cd	45.55ab	2.68gh	3.30de	2.31i	4.76f	162.00b	19.10k	3.66bcd
$A_6 \times B_2$	111.00cd	3.76b	3.36de	47.00ab	3.68def	3.52de	1.69kl	5.58bc	194.00b	22.50h	4.470a
$A_6 \times B_3$	72.55d	2.91f	2.35e	48.50a	4.62bc	4.74b	1.69kl	6.40a	207.00ab	18.73i	3.09ef
$A_6 \times B_4$	110.00cd	2.92f	3.64cde	45.75ab	2.19hi	3.58d	3.09fg	4.53ef	334.00a	23.73g	3.22def
$A_{10} \times B_1$	73.35d	4.77a	4.84ab	44.00ab	3.31fg	3.39de	2.97gh	4.61g	191.00b	38.35b	3.60bcd
$A_{10} \times B_2$	518.00a	4.84a	3.53de	40.50bc	2.05j	2.17f	2.85h	5.36c	188.00b	30.54c	3.83bc
$A_{10} \times B_3$	293.00bc	4.81a	2.01e	35.75cd	3.18fg	2.35f	1.10m	6.37a	172.00b	29.40d	3.45cde
$A_{10} \times B_4$	477.00ab	4.78a	5.01cd	44.60ab	2.19ij	5.47a	3.58d	4.73e	195.00b	44.70a	3.97b

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD را نشان می‌دهد. A_0، A_3، A_6 و A_{10}: به ترتیب غلظت‌های صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک؛ B_1: مخلوط خاک معمولی همراه با پرلیت، B_2: مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج، B_3: مخلوط خاک معمولی و B_4: مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probably level based on LSD test. A_0, A_3, A_6 and A_{10}: Concentrations of 0, 300, 600 and 1000 $mg\ l^{-1}$ humic acid, respectively; B_1: Mixture of usual soil and perlite, B_2: Mixture of usual soil and rice bran, B_3: Mixture of usual soil, and B_4: Mixture of usual soil and tea wastes

جدول ۴ آشکار کرد که بیشترین مقدار ازت برگ (۵/۴۷ درصد)، در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای به‌دست آمد. گیاهان تیمارشده با ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج و شاهد، کمترین میزان پتاسیم (به ترتیب با ۲۳/۲۷ و ۲۴/۳۰ درصد) را در برگ داشتند. بیشترین مقدار فسفر برگ (۶/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر)، در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج بدون اسید هیومیک به‌دست آمد. کمترین فسفر (حدود ۲ میلی‌گرم بر لیتر) در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک در دو بستر کشت مخلوط خاک معمولی و سبوس برنج و مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای محاسبه گردید. بیشترین مقدار پتاسیم برگ (۴۸/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، در تیمار ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر کشت مخلوط خاک معمولی به‌دست آمد. در تیمار حاوی ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک همراه با همه بسترهای کشت بیش از ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم (به ترتیب ۴۷، ۴۸/۵۰ و ۴۵/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم) وجود داشت (جدول ۴).

در میوه‌ی گیاهان توت‌فرنگی رشدیافته در بستر کشت مخلوط خاک معمولی و ضایعات چای و بستر کشت مخلوط خاک معمولی و پرلیت بدون کاربرد اسید هیومیک، بیشترین ازت (به‌ترتیب ۵/۳۵ و ۵/۲۵ درصد)، اندازه‌گیری شد. تیمار بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، دارای کمترین مقدار ازت بودند. در ارتباط با مقدار اندازه‌گیری شده‌ی فسفر و پتاسیم میوه باید بیان کرد که بی‌تردید استفاده از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بسیار مناسب است. به این ترتیب، در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک همراه با هر ۴ بستر کشت، بیشترین مقدار فسفر (حدود ۵ میلی‌گرم بر لیتر) اندازه‌گیری شد. از طرف دیگر، در بقیه‌ی تیمارها، مقدار فسفر میوه حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. در نهایت، بیشترین مقدار پتاسیم میوه (حدود ۵۱۸ و ۴۷۷ میلی‌گرم بر لیتر)، به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک همراه با دو بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج و مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای به‌دست آمد.

بحث

ارتباط مثبت بین استفاده از اسید هیومیک و افزایش رشد، بازدهی و کیفیت محصول در توت‌فرنگی و گیاهان دیگر گزارش شده است (۱، ۶، ۹، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۵ و ۳۲). یک اثر تحریکی اسید هیومیک روی تولید بیوماس و رشد گیاه، افزایش جذب ازت، فسفر و پتاسیم است (۱، ۲۸ و ۴۲). از طرف دیگر، خود اسید هیومیک منبع غنی از این سه عنصر است که با تاثیر روی غشای پلاسمایی باعث بالابردن جذب و انتقال مواد معدنی از بستر کشت می‌شود (۳۴). تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های فلزی، کاتالیز اسید هیومیک توسط آنزیم‌ها، تأثیر روی فتوسنتز و تنفس، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و فعالیت هورمونی اسید هیومیک از علل اثر مثبت اسید هیومیک روی افزایش رشد و بازدهی گیاهان هستند (۲۵ و ۳۹). اسید هیومیک می‌تواند با افزایش جذب ازت، باعث افزایش پروتیین‌ها به‌ویژه آنزیم‌ها شود. این اسید به عنوان یک بافر هم عمل می‌کند. اسید هیومیک روی pH خاک، EC و تبادل کاتیونی آن تأثیر دارد. این تغییر خواص خاک، قابلیت دسترسی به مواد غذایی توسط گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۷ و ۳۶).

در تحقیق حاضر، افزایش مقدار ازت در برگ و میوه‌ی توت‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف اسید هیومیک مشاهده نشد. در میوه‌ی توت‌فرنگی، به‌ترتیب حضور پتاسیم، فسفر و ازت، حائز اهمیت است. حضور اسید هیومیک، نیاز گیاه به این کودها را کاهش می‌دهد. در توت‌فرنگی رقم سابرینا، با افزایش غلظت اسید هیومیک به‌صورت کاربرد برگی، مقدار پتاسیم برگ افزایش یافت (۲۱). این نتیجه در پژوهش حاضر نیز به‌دست آمد، اگرچه بیشترین مقدار ازت میوه در میوه‌ی گیاهان شاهد به‌دست آمد. به نظر می‌رسد مهاجرت مقدار قابل‌توجهی ازت از برگ‌ها به میوه‌ها طی میوه‌دهی اتفاق نیفتاد، به‌طوری‌که بیشترین ازت در برگ و میوه‌ی گیاهان شاهد مشاهده گردید. پژوهش عشقی و گاراژیان (۱۵) نشان داد که کاربرد برگی اسید هیومیک، باعث تولید بیشترین وزن خشک شاخه و ریشه در توت‌فرنگی شد. علت اصلی این تولید بیشتر زیست‌توده، افزایش حضور ازت، فسفر و پتاسیم است. حسینی فرهی و همکاران (۱۹)، افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی را با کاربرد برگی اسید هیومیک در کشت هایدروپونیک نشان دادند.

در طی نمو میوه، قوی‌ترین مقصد هیدرات‌های کربن و سایر مواد مغذی موجود در برگ‌ها، میوه‌ها می‌باشد و ریشه‌ها نقش کم‌رنگ‌تری در جذب مواد مغذی دارند (۱۷). بنابراین، کاربرد برگی کودها، از جمله اسید هیومیک بسیار مؤثرتر است (۲۷). تکرار استفاده از این کودها (اسید هیومیک)، ویژگی‌های میوه از جمله کیفیت آنرا اصلاح می‌کند. تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم و فسفر، در میوه‌ی گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاشته‌شده در بستر کشت مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. بیشترین تأثیر کاربرد برگی اسید هیومیک در غلظت بالا روی افزایش مقدار پتاسیم برگ بود. این نتیجه با توجه به اهمیت زیاد پتاسیم در میوه‌ی توت‌فرنگی، قابل‌توجه است. کاربرد برگی اسید هیومیک بر قدرت گیاه نیز می‌افزاید (۲۷). این تدبیر، احتمال شکستن گیاهان به‌ویژه ارقام با نسبت برگ به میوه پایین را خنثی می‌کند (۲۶). کاهش استفاده از کودها به‌صورت مصرف خاکی همراه با کاربرد دقیق اسپری برگی، از

نشست زیادی مواد مغذی و آلودگی جلوگیری می‌کند (۲۷). جذب مناسب عناصر توسط گیاهان تیمارشده با اسید هیومیک نشان داد که این ترکیب روی رشد ریشه و تراوایی غشای پلاسمایی اثر مثبت دارد (۳۱ و ۴۰). برخی محققان گزارش کردند که علت مؤثربودن اسید هیومیک روی رشد و نمو گیاهان، حضور تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها است (۵). ارتفاع توت‌فرنگی طی تیمار با اسید هیومیک افزایش یافت (۳).

بسترهای کشت مناسب، نقش مؤثری در رشد و نمو بهینه‌ی گیاهان دارند. شوری باعث افزایش تنش اسمزی، سمیت یونی، تنش اکسیداتیو و عدم تعادل مواد غذایی می‌شود. استفاده از کود کمپوست و کاربرد برگی اسید هیومیک باعث افزایش رشد و بازدهی و کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی شد (۳۵). هر عاملی که رشد و نمو گیاه را افزایش دهد، جذب نمک‌ها و یون‌ها را نیز افزایش می‌دهد و موجب تغییر جزیی خواص خاک می‌شود. به نظر می‌رسد کاربرد برگی اسید هیومیک به طور غیرمستقیم، خواص بستر کشت را تحت تأثیر قرار داد. قطر ذرات محلول‌پاشی‌شده به دلیل استفاده از محلول‌پاش دستی درشت بود. زمان محلول‌پاشی، در غروب انجام گرفت. در این زمان از روز به دلیل عدم حضور نور، تعرق بسیار کم بود. به دلایل ذکرشده مقداری از اسید هیومیک از روی برگ‌ها به خاک وارد شد. آبیاری گیاهچه‌ها با آب شهری انجام شد که حاوی مقدار زیادی عناصر از جمله کلسیم بود. آب آبیاری می‌تواند یکی از دلایل تغییر pH، EC و عناصر موجود در بستر کشت باشد. اسید هیومیک در خاک نقش کلات نیز دارد. از طرف دیگر، با مصرف اسید هیومیک، جذب آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک تغییر می‌یابد و عناصر مؤثر در تغییر pH مانند کلسیم در خاک موجب تغییر در pH خاک می‌شود. افزایش اسید هیومیک، H^+ را به‌درون محلول خاک رها می‌کند که با کاهش غلظت نمک، EC نیز کاهش می‌یابد (۷ و ۳۶). همراه با آزادشدن H^+ به خاک، کاتیون‌های جذب‌سطحی‌شده روی کلوییدها، مبادله می‌شوند. تبادل کاتیون‌ها و آنیون‌ها، میزان منافذ خاک را افزایش می‌دهد، بنابراین جریان آب و مواد غذایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۷ و ۳۶). ترشح برخی مواد از ریشه به خاک، ساختار خاک به ویژه ریزوسفر را تغییر می‌دهد.

پژوهش ما نشان داد که بسترهای مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج و مخلوط خاک معمولی همراه با ضایعات چای، بیشترین اثر را روی افزایش به‌ویژه پتاسیم و فسفر داشتند. مقادیر پتاسیم و فسفر میوه هنگامی بسیار بیشتر شد که گیاهان توت‌فرنگی کاشته‌شده در این دو بستر کشت با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک اسپری برگی شدند.

سبوس برنج غنی از فسفر، پتاسیم، منیزیوم، آهن، سدیم، مس، روی، کلر، آلومینیوم، سیلیسیوم، منگنز و سلنیوم است. این بستر همچنین حاوی کربوهیدرات، چربی، پروتیین، فیبر خام و اسید پانتوتنیک می‌باشد. پرلیت غنی از سیلیسیوم، آلومینیوم، سدیم، پتاسیم، منیزیوم، کلسیم و آهن است. ضایعات چای نیز غنی از ازت، فسفر و پتاسیم و کربن و ازت آلی می‌باشد. پژوهش شریفی و همکاران (۳۴) روی توت‌فرنگی نشان داد که بستر کشت حاوی پرلیت و کوکوپیت و استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش بازدهی و انباشت برخی عناصر از جمله فسفر و پتاسیم در برگ شد. بیشترین مقدار پتاسیم (۳/۳ درصد)، در برگ گیاهان رشدیافته در بستر کشت پرلیت و کوکوپیت و استفاده از غلظت بالای اسید هیومیک (۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌دست آمد. بیشترین مقدار فسفر برگ (۳/۰۴ درصد)، نیز در این بستر اندازه‌گیری شد. اسید هیومیک با افزایش رشد و قدرت جذب ریشه و نیز فعالیت پمپ پروتون (H^+-ATPase) باعث افزایش جذب آب و مواد مغذی، در نتیجه افزایش عملکرد محصول می‌گردد (۸). پرلیت با افزایش زهکشی بستر و کمک به تهویه‌ی بهتر، محیط مناسبی برای افزایش رشد و نمو ریشه است. تحقیق روی توت‌فرنگی آشکار کرد که بستر کشت ترکیبی، رشد و عملکرد بهتر را نسبت به بستر کشت تکی القا کرد (۳۸). پژوهش شریفی و همکاران (۳۴) روی توت‌فرنگی نشان داد که مقدار فسفر برگ تحت تأثیر محیط کشت قرار داشت و اسید هیومیک تأثیری روی مقدار این عنصر نداشت، در حالی که مقدار پتاسیم برگ تحت تأثیر هر دوی بستر کشت و اسید هیومیک قرار گرفت. افزایش جذب پتاسیم در اثر کاربرد اسید هیومیک و بستر ورمیکومپوست حاصل از ضایعات گیاهی در پژوهش‌های دیگر نیز نشان داده شد (۱۵ و ۳۷). در مجموع، اسید هیومیک نقش مؤثری در بهبود جذب و انتقال مواد مغذی دارد.

نتیجه‌گیری

استفاده از کودهای زیستی به‌جای کودهای شیمیایی، نقش مؤثری در کاهش آلودگی محیط زیست دارد. این کودها باعث افزایش سلامت گیاهان، جانوران و انسان می‌شوند. کودهای زیستی به‌تدریج در حال جای‌گزینی با کودهای شیمیایی هستند. توت‌فرنگی از میوه‌های با ارزش تغذیه‌ای بالا است. انتخاب شرایط مناسب تغذیه‌ای مانند کودها و بسترهای مناسب کشت، برای دستیابی به عملکرد بالای کمی و کیفی در این گیاه امری اجتناب‌ناپذیر است. کاربرد اسپری برگی اسید هیومیک، در افزایش مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و ازت مؤثر بود. اهمیت مقدار پتاسیم و فسفر در میوه‌ی توت‌فرنگی بیشتر از سایر عناصر است. پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم و فسفر میوه، در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج به‌دست آمد. از آنجایی که مناسب‌ترین غلظت ازت در میوه‌ی توت‌فرنگی حدود ۳/۵ درصد است، میزان ازت میوه (۳/۵۳ درصد) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک

کاشته‌شده در بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج را می‌توان مناسب تشخیص داد. در مجموع، استفاده از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک و بستر مخلوط خاک معمولی همراه با سبوس برنج برای افزایش کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

این پروژه از طریق پژوهانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت به شماره نامه ۱۷/۱۶/۴/۱۶۰۳۴ تأمین اعتبار شده است.

منابع

1- Ameri A., and Tehranifar A. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* cv. Camarosa. Journal of Biological and Environmental Science 6(16): 77-79.
2- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Metzger J.D., Lee S., and Welch C. 2004a. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. Pedobiology 47: 731-735.
3- Arancon N.Q., Lee S., Edwards C.A., and Atiyeh R. 2004c. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. Pedobiology 47: 741-744.
4- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Welch C., and Metzger J.D. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93(2): 145-153.
5- Atiyeh R.M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q., and Metzger J.D. 2002. The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.
6- Baldotto L.E.B., Baldotto M.A., Canellas L.P., Bressan-Smith R., and Olivares F.L. 2010. Growth promotion of pineapple ‘Victoria’ by humic acids and *Burkholderia* spp. during acclimatization. Revista Brasileira de Ciênciado Solo 34: 1593-1600.
7- Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., and Piccolo A. 2015. Humic and fulvic acids as bio stimulants in horticulture. Scientia Horticulturae 196: 15-27.
8- Cenellas L.P., Olivares F.L., Okorokova-Facanha A.L., and Facanha A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence and plasma membrane H-ATPase activity in maize roots. Plant Physiology 130(4): 1951–1957.
9- Chen Y., Clapp C.E., and Magen, H. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. Soil Science and Plant Nutrition 50: 1089-1095.
10- Colquhouna T.A., Levina L.A., Moskowitzb H.R., Whitakerc V.M., Clarka D.G., and Foltac K.M. 2012. Framing the perfect strawberry: An exercise in consumer-assisted selection of fruit crops. Journal of Berry Research 2: 45–61.
11- Dilmaghani M.R., and Hemmaty S. 2011. Effect of different substrates on nutrients content, yield and quality of strawberry cv. Selva in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 2(7): 1-8. (In Persian)
12- Dursun A., Guvenc I., and Turan M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro- and micro-nutrient contents of tomato and eggplant. Acta Agrobotanica 56: 81-88.
13- Ehyaei M., and Behbehanizadeh A.A. 1993. Description of Soil Chemical Analysis Methods. Publications of Soil and Water Research Institute, Iran, vol. 892. (In Persian)
14- Ehyaei M., and Behbehanizadeh A.A. 1996. Chemical Methods of Plant Analysis. Publications of Soil and Water Research Institute, Iran, vol. 982. (In Persian)
15- Eshghi S., and Garazhian M. 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. Iran Agricultural Research 34(1): 14-20.
16- Hafez M.M. 2004. Effect of some sources of nitrogen fertilizer and concentration of humic acid on the productivity of squash plant. Egyptian Journal of Applied Science 19: 293-309.
17- Hancock J.F. 1999. Strawberries. University Press, Cambridge, pp. 237.
18- Hartwigson J.A., and Evans M.R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. HortScience 35(7): 1231-1233.
19- Hosseini Farahi M., Aboutalebi A., Eshghi S., Dastyaran M., and Yosefi F. 2013. Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of aromas strawberry in soilless culture. Agricultural Communications 1(1): 13-16.
20- Khaled H., and Hassan A.F. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research 6(1): 21–29.
21- Khodamoradi P., Amiri J., and Dovlati B. 2018. Effect of humic acid on some morphological and physiological characteristics of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Sabrina) under salinity stress. Pomology Research 2(2): 109-135. (In Persian)
22- Li Y., Fang F., Wei J., Wu X., Cui R., Li G., Zheng F., and Tan D. 2019. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: A three-year experiment. Scientific Reports 9: 12014.

23- Mart I. 2007. Fertilizers, organic fertilizers, plant and agricultural fertilizers. Agro and Food Business Newsletter. pp: 1-4.
24- Nardi S., Carletti P., Pizzeghello D., and Muscolo A. 2009. Biological activities of humic substances. pp. 102–119. In: Senesi N., Xing B., and Huang P.M. (Eds.), Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems, Wiley, Hoboken.
25- 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.
26- Neri D., Bonanomi G., Cozzolino E., Zucconi F. 1998. Studi sugli apporti di sostanza organica nel fragoleto. Frutticoltura 5: 47-54.
27- Neri D., Lodolini E.M., Savini G., Sabbatini P., Bonanomi G., Zucconi F. 2002. Foliar application of humic acid on strawberry (cv. Onda). Acta Horticulturae 594: 35.
28- Nikbakht A., Kafi M., Babalar M., Xia Y.P., Luo A., and Etemadi, N. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of *Gerbera*. Journal of Plant Nutrition 31: 2155–2167.
29- Panuccio M.R., Muscolo A., and Nardi S. 2001. Effect of humic substances on nitrogen uptake and assimilation in two species of *Pinus*. Journal of Plant Nutrition 24(4-5): 693-704.
30- Pilanali N., and Kaplan M. 2003. Investigation of effects on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. Journal of Plant Nutrition 26: 835–843.
31- Ozdamarullu H.U., Nlu H., Karakurt Y., and Padem H. 2011. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. Scientific Research and Essays 6(13): 2800-2803.
32- Rachid A.F., Bader B.R., and Al-Alawy H.H. 2020. Effect of foliar application of humic acid and Nanocalcium on some growth, production, and photosynthetic pigments of cauliflower (*Brassica oleracea* var. Botrytis) planted in calcareous soil. Plant Archives 20: 32-37.
33- Sapei L., and Hwa L. 2014. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices. Proced Chemistry 9: 62-68.
34- Sharifi A., Ghaderi N., Khorshidi J., and Javadi T. 2018. Effect of culture media type and different concentrations of humic acid on yield components and some biochemical characteristics of *Fragaria × ananassa* Duch. cv. Aromas. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19(4): 419-432. (In Persian)
35- Shehata S., Gharib A., Mohamed A.A., El-Mogy M., Abdel Gawad K.f., and Shalaby E.A. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, and yield and chemical parameters of strawberries. Journal of Medicinal Plants Research 5(11): 2304-2308.
36- Stevenson F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction. 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 36.
37- Theunissen J., Ndakidemi P.A., and Laubscher C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of Physical Science 5(13): 1964-1973.
38- Turhan E., and Atilla E. 2004. Effect of chloride application and different growth media on ionic composition in strawberry plant. Journal of Plant Nutrition 27: 1653-1665.
39- Turkmen O., Dursun A., Turan M., and Erdinc C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (*Lycopersicones culentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Soil and Plant Science 54: 168-174.
40- Yildrim E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science 57: 182-186.
41- Zaky M.H., Zoah E.L., and Ahmed M.E. 2006. Effects of humic acids on growth and productivity of bean plants grown under plastic low tunnels and open field. Egyptian Journal of Applied Sciences 21(4): 582-596.
42- Zandonadi D.B., Canellas L.P., and Facanha A.R. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H^+ pumps activation. Planta 225: 1583-1595.
43- Zimmer G. 2004. Humates and humic substances. National Journal Sustainable Agricultural 34(1): 1-2.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 399-411
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۱۱-۳۹۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Foliar Application of Humic Acid on Nutrition Accumulation in Leaf and Fruit of Strawberry cv. Selva under Different Cultivation Beds

B. Kaviani[1]*
Received: 26-08-2020
Accepted: 16-02-2021

Introduction: The use of biofertilizers instead of chemical fertilizers has an effective role in increasing the health of plants, animals and humans and reducing environmental pollution. Biofertilizers are gradually being replaced by chemical fertilizers. Strawberry is a fruit with high nutritional value. Choosing the right nutritional conditions such as fertilizers and suitable cultivation beds to achieve high quantitative and qualitative yield in this plant is inevitable. In recent years, the use of humic acid has been common in enhancing the vegetative and generative characteristics of crops. Humic acid is a rich source of potassium, phosphorus and nitrogen. The method of application of humic acid has an effective role in improving the quantitative and qualitative characteristics of plants. The leaf application of humic acid was effective in increasing the amount of phosphorus, potassium and nitrogen. The amount of potassium and phosphorus in strawberry fruit is more than other elements. Combining some cultivation beds (perlite and composts) and fertilizers such as agricultural waste (rice bran and tea wastes) into soil cultivation beds have an effective role in improving the quantity and quality of plants.

Materials and Methods: A pot experiment was conducted to evaluate the effect of foliar application of humic acid and different cultivation beds on nutrition uptake of strawberry. Different concentrations of humic acid (0, 300, 600, and 1000 mg.l^{-1}) were applied as foliar application in two steps (late March and late April) on strawberry cultivated in different beds (usual soil, usual soil + rice bran, perlite, or tea wastes). This study was carried out as two factorial experiment in completely randomized design. Soil nitrogen, phosphorus and potassium, soil pH and electrical conductivity and leaf and fruit nitrogen, phosphorus and potassium content were measured. Measurement of nitrogen, phosphorus and potassium was carried out by Kjehldal, spectrophotometry and flame photometry, respectively.

Results and Discussion: The interaction effect of humic acid ×cultivation beds on nitrogen and phosphorus content of leaves and fruits was significant at 1% of probability level and on fruit potassium at 5% of probability level. The interaction of these two factors on leaf potassium was non-significant. The results of comparing the mean comparison of humic acid and cultivation beds on soil elements showed that the highest amount of nitrogen was obtained in the treatment of 600 mg.l^{-1} humic acid and in the cultivation bed of usual soil+rice bran. The highest amount of phosphorus was obtained in the treatment of 1000 mg.l^{-1} humic acid and the cultivation bed of usual soil + tea wastes. The highest amount of potassium was obtained in the treatment of 600 mg.l^{-1} humic acid and in the cultivation bed of usual soil + tea wastes and the lowest one was obtained in the same bed without humic acid. Results showed that the highest potassium content (518 mg.l^{-1}), and phosphorus (4.84 mg.l^{-1}) of fruit were obtained in plants treated with 1000 mg.l^{-1} humic acid cultivated in usual soil + rice bran. The highest nitrogen content of fruit was obtained in plants cultivated in usual soil +tea wastes. The plants grown in this cultivation bed with humic acid application at 1000 mg.l^{-1} had maximum content of leaf nitrogen (5.47%). The highest content of leaf potassium (4.50 mg.l^{-1}) and phosphorus (6.32 mg.l^{-1}) were obtained in plants treated with 600 mg.l^{-1} humic acid in the cultivation beds of usual soil and usual soil + rice bran, respectively. The application of humic acid at 1000 mg.l^{-1} and using usual soil+rice bran as bed is recommended for strawberries production as potassium, phosphorus and nitrogen are the most important elements for increasing the quality of strawberry fruits , respectively. A positive association has been reported between the use of humic acid and the increase in growth, yield and product quality in strawberries and other plants. Humic acid can improve quantitative and qualitative production of crops by providing more available essential elements and increasing plant resistance to various biological and non-biological stresses.

Conclusion: Strawberries are widely cultivated worldwide due to their high nutritional value. Chemical fertilizers have been used as a way to increase crop yields, but have led to problems such as nitrate accumulation, short pot life, and poor quality and environmental pollution. Therefore, organic fertilizers have been recommended. A stimulating effect of humic acid on biomass production and plant growth is to increase the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium. Proper cultivation bed plays an important role in the optimal growth and development

1- Associate Professor, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht
(*- Corresponding Author Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2021.61928.0

of plants. According the result of this study, the use of beds containing agricultural waste and foliar application of humic acid increased the growth, yield and quality of strawberry fruit.

Keywords: *Fragaria* × *ananassa*, Fruit quality, Greenhouse products, Nutrition uptake

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 413-425
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۲۵-۴۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تأثیر پرتو فرابنفش بر رشد، مورفولوژی و فنولوژی سه رقم گل گندم (*Centaurea cyanus*)

مهدی رستگار[1]- حسن مومیوند[2]*- علیرضا شایگان فر[3]- عبدالحسین رضایی نژاد[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷

چکیده

در دهه‌های گذشـته فعالیت‌های انسانی موجب اثرات نامطلوبی بر اتمسفر و لایه ازن استراتوسفری و در نتیجه افزایش میزان پرتو فرابنفش خورشید در سطح کره زمین به‌ویژه در ارتفاعات شده است. پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر پرتو فرابنفش بر رشد، خصوصیات مورفولوژی و فنولوژی سه رقم گل گندم در شـرایط گلخانه در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد. پرتو فرابنفش در چهار سـطح به‌عنوان عامل اول (شـامل: شـاهد، پرتو فرابنفش A، پرتو فرابنفش B و پرتو فرابنفش A+B) و سـه رقم گل گندم (ارقام صـورتی *C. cyanus* var. Kornblume pink، قرمز *C. cyanus* var. Kornblume rot و آبی *C. cyanus* var. Kornblume blau) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شـدند. نتایج نشـان داد که تیمار پرتو فرابنفش B و کاربرد همزمان فرابنفش A و B منجر به کاهش اغلب صفات مورفولوژی و صفات وابسته به رشد و عملکرد گیاه گردید. تیمار پرتو فرابنفش A باعث کاهش طول ساقه گل‌دهنده و وزن‌تر و خشک بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید. بررسی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که کاربرد پرتو فرابنفش A منجر به کاهش تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شدن اولین گل در ارقام گل گندم نسبت به تیمار شاهد گردید. تیمار پرتو فرابفش B باعث گلدهی زودتر گل گندم در مقایسه با فرابنفش A گردید. با این‌حال سریع‌ترین ورود به فاز زایشی و گلدهی ارقام گل گندم با کاربرد همزمان فرابنفش A و B مشاهده شد. با وجود این‌که رقم Kornblume rot از رشد رویشی بیشتری برخوردار بود، رقم Kornblume pink با داشـتن تعداد گل‌های بیشـتر، بالاترین عملکرد گل و گلدهی سـریع‌تر نسـبت به سـایر ارقام مورد مطالعه برای کشـت مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، فرابنفش A، فرابنفش B، گیاهان دارویی

مقدمه

پرتو فرابنفش هشت تا نه درصد طیف خورشید را شامل می‌شود و به‌دلیل داشتن طول موج پائین نسبت به نور مرئی دارای انرژی زیادی برای نفوذ به بافت‌ها اسـت. در میان موجودات زنده، گیاهان به دلیل نیاز فراوان و اجتناب‌ناپذیرشان به نور برای انجام فتوسنتز، بیشتر تحت تـأثیر پرتوهـای فرابنفش قرار می‌گیرنـد و در نتیجه در مقابل آن‌ها آسیب‌پذیرتر هسـتند (۴). این پرتوها بخشی از طیف الکترومغناطیسی بین اشـعـه X و نور مرئی هسـتنـد که به‌طور متداول به پرتوهای فرابنفش A (۴۰۰-۳۱۵ نـانومتر)، فرابنفش B (۳۱۵-۲۸۰ نانومتر) و فرابنفش C (۲۸۰-۱۰۰ نانومتر) تقسـیم می‌شـوند. پرتو فرابنفش C به‌طور کامل به وسـیله لایه اُزن اسـتراتوسفری جذب می‌شود، اما پرتو فرابنفش A و بخشـی از فرابنفش B به سـطح زمین می‌رسـند و می‌توانند بر بیوسـفر تأثیرگذار باشـند. پرتو فرابنفش B زیان‌بارترین شکل از نور خورشید است که به سطح زمین می‌رسد (۳۷). اگرچه اُزن اسـتراتوسـفری مقدار پرتو فرابنفش B که به سـطح زمین می‌رسـد را تعیین می‌کنـد، امـا عرض جغرافیـایی، ارتفـاع از سـطح دریا، عوامل زمین‌شـناختی، آلودگی‌های جوی، عوامل آب و هوایی و سـایر عوامل نیز بـه‌طور معنـاداری بر میزان آن تـأثیرگـذار هسـتند (۲۰). امروزه فعالیت‌های صـنعتی بشـر باعث افزایش ترکیبات آلوده‌کننده اتمسـفر به‌خصـوص ترکیبات هالوژن‌دار شـده اسـت. این ترکیبات به‌دلیل پایداری زیادی که دارند به سـطح اسـتراتوسفر رسیده و باعث تخریب لایه اُزن اسـتراتوسـفری می‌شـوند. با توجه به اهمیت لایه اُزن در

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانش آموخته کارشـناسـی ارشـد علوم باغبانی، استادیار و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mumivand.h@lu.ac.ir)
۳- اسـتادیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2021.61939.0

جلوگیری از تابش فرابنفش به سطح زمین، کاهش ضخامت لایه اُزن باعث افزایش میزان تابش فرابنفش در سطح زمین شده و مشکلاتی را برای موجودات زنده به وجود آورده است (۳۳).

گیاهان در پاسخ به تابش پرتو فرابنفش محیط واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. پاسخ گیاهان به پرتو فرابنفش به دو صورت کلی شامل تحمل اثرات مخرب این تشعشع و یا اجتناب از آن نمایان می‌شود (۱۷). رشد بعضی از گیاهان مثل کدو، لوبیا و اسفناج نیوزلندی[1] توسط تابش فرابنفش بازداشته می‌شود، در صورتی‌که رشد برخی دیگر مانند گوجه‌فرنگی تحریک می‌شود. برخی دیگر از گونه‌های گیاهی مانند کتان و جو نسبت به تابش فرابنفش بی‌تفاوت هستند. حساسیت‌های متفاوت گیاهان مربوط به تفاوت در سازوکارهای حفاظتی مانند افزایش سنتز مواد جذب‌کننده تابش فرابنفش، بازتابش فرابنفش، افزایش ضخامت کوتیکول و افزایش ضخامت برگ آن‌ها است (۵). به‌طور کلی تغییرات ایجاد شده در مورفولوژی گیاهان توسط اشعه فرابنفش شامل تغییر در شکل ظاهری برگ، افزایش شاخه‌های جانبی، کاهش طول میان‌گره‌ها، کاهش وزن، کاهش سطح برگ، کاهش سطح روزنه‌ای و کاهش ارتفاع گیاه است. همچنین اشعه فرابنفش با مهار تقسیم سلولی موجب کاهش رشد، تولیدمثل و فتوسنتز در گیاه می‌شود (۱۰).

در مطالعه شایگان‌فر و همکاران (۳۲) روی سه گونه آویشن *Thymus daenensis*، *Thymus fedtschenkoi* و *Thymus vulgaris* مشخص گردید که پرتو فرابنفش B باعث افزایش رشد و زود گل‌دهی آویشن *T. daenensis* و کاهش ارتفاع، ایجاد رشد متراکم و رُزت و تاخیر در رشد و گل‌دهی آویشن *T. fedtschenkoi* شد. تیمار پرتو فرابنفش B باعث افزایش نسبت برگ به ساقه در هر سه گونه گردید. علاوه براین تیمار همزمان پرتو فرابنفش A و کودهای نانو، باعث کاهش رشد، تأخیر در گل‌دهی، کوتاه‌قدی و در نهایت رشد رُزت آویشن *T. vulgaris* شد. نتایج حاصل از بررسی تأثیر تابش پرتو فرابنفش بر رشد و ماندگاری پس از برداشت سه رقم رز نشان داد که پرتو فرابنفش باعث کاهش رشد هر سه رقم شد، گرچه این تأثیر در ارتفاعات پایین‌تر شدید تر بود. علاوه براین افزایش تابش پرتو فرابنفش باعث تأخیر در گلدهی به مدت ۱۰-۷ روز گردید. با این وجود پرتو فرابنفش تأثیری بر کاهش مقدار آب و عمر پس از برداشت گل‌های بریده رز نداشت (۳۴). بررسی نتایج حاصل از تأثیر تابش طولانی مدت پرتو فرابنفش B روی پنج گونه درخت پهن برگ شامل زبان گنجشک[2]، توس نقره‌ای[3]، نمدار[4]، بلوط قرمز اروپایی[5] و افرای شبه‌چناری[6] در سال پنجم نشان داد که میزان فتوسنتز، تعرق و بازدهی مصرف آب در این گونه‌ها تحت تابش فرابنفش B کاهش یافت. این تغییرات با کاهش چشم‌گیر در سطح برگ، تراکم روزنه، هدایت روزنه‌ای و راندمان مصرف آب همراه بود (۱۳). تابش پرتو فرابنفش B در گیاه سوسن صغیر[7] منجر به کاهش وزن و سطح برگ گیاه شد و با افزایش شدت تابش این کاهش بیش‌تر شد (۲).

گل گندم با نام علمی *Centaurea cyanus* گیاهی یک‌ساله متعلق به خانواده آفتابگردان[8]، به ارتفاع حدود ۵۰ سانتی‌متر، اغلب با ساقه ساده یا گاهی منشعب، به‌ندرت در بالا با شاخه‌های راست ایستاده و منتهی به یک گل آذین کپه است. برگ‌ها دارای کرک نمدی هلویی خاکستری کم و بیش انبوه هستند. گل‌گندم بومی اروپاست که علاوه بر اروپا در پاکستان، ترکیه، عراق و ایران نیز رشد می‌کند. این گیاه به‌عنوان گل بریده برای مصارف زینتی کاربرد دارد و به‌دلیل تنوع رنگی که دارد در باغ‌های پرورش گل نیز استفاده می‌شود. گل‌ها به رنگ‌های صورتی، آبی، قرمز، سفید، بنفش، خاکستری و مشکی دیده می‌شوند. گل‌های این گیاه قابض ملایم است و عرق آن نیز در گذشته به‌منظور برطرف کردن ضعف بینایی به‌کار می‌رفته است. در طب جدید نیز از گل‌های آن به‌عنوان مقوی، محرک و قاعده آور استفاده می‌کنند (۲۳). در پایه‌هایی از این گیاه که گل‌های صورتی رنگ دارند، به جای پروتوسیانین ماده رنگی پلارگونین در گل دیده می‌شود. در گیاه کامل مقدار زیادی پتاسیم، اسید فسفریک، تانن، ماده‌ای با اثر تب‌بر به نام کنی‌سین و مقدار نسبتاً زیادی منگنز وجود دارد (۳۹). با توجه به افزایش روزافزون میزان پرتوهای فرابنفش در جو کره زمین و نظر به اثرات شدید این پرتوها بر گیاهان، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تاثیر پرتوهای فرابنفش (UV-A و UV-B) بر رشد، مورفولوژی و فنولوژی سه رقم گل گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۷ طراحی و اجرا شد. سازه اصلی گلخانه‌ها فلزی و پوشش آن‌ها از ورقه‌های پلی کربنات تشکیل شده است. به منظور خنک‌سازی فضای این گلخانه‌ها از سیستم فن و پد استفاده می‌شود. همچنین جهت تامین گرمای مورد نیاز در طول فصل سرد سال، بخاری‌های گازی دارای فن‌های دمنده به‌کارگیری شده است. دمای گلخانه در طول دوره انجام آزمایش در روز ۲۷-۲۵ درجه

1 - *Tetragonia expansa*
2- *Fraxinus excelsior*
3- *Betula pendula*
4- *Tilia cordata*
5- *Quercus robur*
6- *Acer pseudoplatanus*
7- *Acorus calamus*
8- Asteraceae

سانتی‌گراد و در شب ۱۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد، و رطوبت نسبی نیز برابر با ۷۰ درصد بود. ابتدا بذر ارقام گل گندم در سینی‌های پلاستیکی حاوی کوکوپیت کشت گردید و پس از رسیدن به مرحله دو برگی به گلدان‌های هشت لیتری منتقل شدند. این گلدان‌ها به وسیله مخلوطی از خاک، کود دامی پوسیده و ماسه به نسبت مساوی ۱:۱:۱ پر شده بودند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها در جدول (۱) آمده است. این مطالعه به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار طراحی و اجرا شد. تابش پرتو فرابنفش در چهار سطح (شامل: شاهد یا عدم کاربرد پرتو فرابنفش، پرتو فرابنفش A، پرتو فرابنفش B و پرتو فرابنفش A+B) به‌عنوان کرت اصلی و نوع رقم در سه سطح (ارقام صورتی *C. cyanus* var. Kornblume pink، قرمز *C. cyanus* var. Kornblume rot و آبی *C. cyanus* var. Kornblume blau) به‌عنوان کرت فرعی (در مجموع ۳۶ واحد آزمایشی) در نظر گرفته شدند. پس از رسیدن نشاها به مرحله رشدی چهار برگ حقیقی، تیماردهی توسط لامپ‌های ساخت شرکت Q-Lab آمریکا شروع شد. لازم به ذکر است که لامپ‌های ۴۰ واتی مورد استفاده در این مطالعه باند پهن[1] بوده و بیش‌ترین تطبیق را با فرابنفش B (در لامپ‌های فرابنفش B) و فرابنفش A (در لامپ‌های فرابنفش A) دریافتی از نور خورشید در سطح زمین داشتند، بنابراین بهترین شبیه‌سازی ممکن را فراهم می‌کردند. پیک تابشی لامپ‌های فرابنفش A برابر با ۳۵۱ نانومتر و فرابنفش B برابر ۳۱۳ نانومتر بود. به‌منظور استقرار لامپ‌ها و شروع تیماردهی، تعدادی پایه فلزی نگهدارنده قبلاً تهیه و لامپ‌ها روی آن‌ها نصب شد. از یک تایمر الکتریکی نیز جهت تنظیم زمان خاموش و روشن شدن لامپ‌ها استفاده گردید. تیماردهی به‌صورت روزانه به مدت سه ساعت طی روز و از ساعت ۱۱ تا ۱۴ که بیش‌ترین تابش پرتو فرابنفش خورشیدی وجود دارد اعمال شد. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای مختلف، فاصله بین تیمارها بوسیله یونولیت ایزوله گردید (۳۲). در طول دوره رشد گیاهان صفات فنولوژیک (تعداد روز تا ظهور اولین ساقه گل دهنده، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل، تعداد روز تا باز شدن کامل اولین گل و تعداد روزهای ماندگاری گل روی بوته) یادداشت شدند. در پایان آزمایش نیز صفات مورفولوژیک (طول ساقه گل‌دهنده، تعداد گل، قطر گل، سطح برگ، سطح روزنه، تراکم روزنه، قطر طوقه، طول میانگره، طول و عرض برگ و ارتفاع بوته) و زی‌توده[2] گیاهی (وزن تر و خشک پیکر رویشی و وزن تر و خشک گل) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Minitab صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد. برای ترسیم جداول از نرم‌افزارهای Word و Excel استفاده گردید.

نتایج

صفات مورفولوژی

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی (جدول ۲) نشان داد که اثر پرتو فرابنفش بر صفات ارتفاع بوته، طول میانگره، قطر طوقه، عرض برگ، سطح برگ و طول ساقه گل‌دهنده معنی‌دار بود. همچنین صفات ارتفاع بوته، طول میانگره، طول و عرض برگ، سطح برگ و طول ساقه گل‌دهنده نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفتند. اثر متقابل پرتو فرابنفش و رقم نیز بر صفات طول میانگره و سطح برگ معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر پرتو فرابنفش بر صفات مورفولوژی گل گندم (جدول ۳) نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار پرتو فرابنفش A و شاهد و کم‌ترین آن در تیمار پرتو فرابنفش A+B مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان قطر طوقه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای پرتو فرابنفش A+B و A بود. بیش‌ترین و کم‌ترین عرض برگ نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد و پرتو فرابنفش B بود. بیش‌ترین طول ساقه گل‌دهنده نیز در تیماره شاهد و کم‌ترین آن در تیمار پرتو فرابنفش A+B به‌دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات مورفولوژی گل گندم نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به رقم Kornblume pink و کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به رقم Kornblume blau بود. بیش‌ترین طول و عرض برگ در رقم Kornblume rot و کم‌ترین طول و عرض برگ به‌ترتیب در ارقام Kornblume pink و Kornblume blau به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین طول ساقه گل‌دهنده نیز به‌ترتیب مربوط به ارقام Kornblume blau و Kornblume pink بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پرتو فرابنفش و نوع رقم بر صفات مورفولوژی گل گندم نشان داد که بیش‌ترین طول میانگره در تیمار پرتو فرابنفش A و رقم Kornblume blau به‌دست آمد. کم‌ترین طول میانگره نیز در تیمار پرتو فرابنفش B و رقم Kornblume rot و تیمار پرتو فرابنفش A+B و رقم Kornblume pink به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین بیش‌ترین میزان سطح برگ در تیمار شاهد و رقم Kornblume blau

1- Broad Band

2- Biomass

مشـاهده شد که با ارقام Kornblume rot و Kornblume pink در تیمار شـاهد و رقم Kornblume blau در تیمار فرابنفش A اختلاف معنی‌دار نداشت. و دو رقم و کم‌ترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار پرتو فرابنفش A+B و رقم Kornblume pink بود (جدول ۵).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some physical and chemical properties of soil

بافت خاک **Soil texture** **(%)**	نیتروژن **N** **(%)**	پتاسیم **K** **(ppm)**	کربن آلی **C** **(%)**	هدایت الکتریکی **EC** **($dS.m^{-1}$)**	**pH**
Sandy - clay –loam لومی-رسی-شنی	0.242	362.55	2.81	2.02	7.9

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات مورفولوژی سه رقم گل گندم

Table 2- ANOVA for the effect of UV radiation on some morphological traits of three Cornflowers cultivars

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **DF**	ارتفاع بوته **Height**	طول میانگره **Internode**	قطر طوقه **Crown Diameter**	طول برگ **Leaf length**	عرض برگ **Leaf width**	سطح برگ **Leaf area**	طول ساقه گل دهنده **Flowering stem height**
A	3	1219.410^{**}	0.294^{**}	4.359^{*}	0.517^{ns}	0.584^{**}	6.573^{**}	803.450^{**}
Error A	8	26.890	0.015	1.010	2.198	0.078	0.269	32.260
B	2	253.270^{**}	0.104^{*}	1.881^{ns}	15.907^{**}	0.697^{**}	1.535^{*}	71.470^{*}
A×B	6	17.240^{ns}	0.065^{*}	2.064^{ns}	4.209^{ns}	0.078^{ns}	0.647^{*}	32.010^{ns}
Error B	15	32.150	0.017	0.043	1.985	0.043	0.166	13.100
C.V (%)	-	5.511	7.811	9.707	6.081	8.274	12.520	7.262

A: پرتو فرابنفش؛ B: رقم؛ A×B: اثر متقابل رقم × پرتو فرابنفش؛ ** و*: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns}: عدم معنی‌داری.

A: UV radiation؛ B: Cultivar؛ A×B: interaction effect of UV ×cultivar؛ **and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, ^{ns}: non-significant.

جدول ۳- اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات مورفولوژی گل گندم

Table 3- The effect of UV radiation on some morphological traits of Cornflower

تیمار فرابنفش **UV radiation**	ارتفاع بوته **Height** **(cm)**	قطر طوقه **Crown Diameter** **(mm)**	عرض برگ **Leaf width** **(cm)**	طول ساقه گل دهنده **Flowering stem height** **(cm)**
0	115.889^{a}	9.930^{bc}	2.720^{a}	61.444^{a}
UV A	116.083^{a}	9.799^{c}	2.580^{ab}	47.166^{b}
UV B	100.333^{b}	10.976^{ab}	2.121^{c}	45.555^{b}
UV A+ UV B	92.000^{c}	11.213^{a}	2.429^{b}	39.000^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

جدول ۴- اثر رقم بر برخی صفات مورفولوژی گل گندم

Table 4- The effect of cultivar on some morphological traits of Cornflower

رقم **Cultivar**	ارتفاع بوته **Height** **(cm)**	طول برگ **Leaf length** **(cm)**	عرض برگ **Leaf width** **(cm)**	طول ساقه گل دهنده **Flowering stem height** **(cm)**
Kornblume pink	110.729^{a}	21.407^{b}	2.373^{b}	46.208^{b}
Kornblume rot	106.333^{a}	23.553^{a}	2.737^{a}	47.583^{b}
Kornblume blau	101.167^{b}	23.491^{a}	2.278^{b}	51.083^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

جدول ۵- اثر متقابل پرتو فرابنفش × رقم بر برخی صفات مورفولوژی سه رقم گل گندم

Table 5- The interaction effect of ultraviolet radiation ×cultivar on some morphological traits of Cornflower

تیمار فرابنفش UV radiation	رقم Cultivar	طول میانگره Internode (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)
0	Kornblume pink	2.000[b]	4.083[a]
	Kornblume rot	1.800[bcd]	4.332[a]
	Kornblume blau	1.966[b]	4.720[a]
UV A	Kornblume pink	1.775[bcd]	2.239[bc]
	Kornblume rot	1.966[b]	2.826[b]
	Kornblume blau	2.233[a]	4.146[a]
UV B	Kornblume pink	1.866[b]	2.611[bc]
	Kornblume rot	1.500[e]	2.781 [bc]
	Kornblume blau	1.833[bc]	2.386 [bc]
UV A+ UV B	Kornblume pink	1.500[e]	2.075[c]
	Kornblume rot	1.633[cde]	2.813[b]
	Kornblume blau	1.600[de]	2.744[bc]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

صفات فنولوژی و زی‌توده گیاهی

نتایج تجزیه واریانس صفات فنولوژی و زی‌توده گیاهی (جدول ۶) نشـان داد که اثر پرتو فرابنفش بر صـفات وزن تر بوته، وزن خشـک بوته، وزن خشک برگ، تعداد گل، وزن خشک گل، تعداد روز تا ظهور اولین غنچـه گـل و تعـداد روز تا باز شـدن اولین گل معنی دار بود. همچنین صـفات وزن تر بوته، وزن خشـک بوته، وزن خشـک برگ، وزن خشـک سـاقه، عملکرد گل، تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشـک گل، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شـدن اولین گل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفتند. اثر متقابل رقم و پرتو فرابنفش نیز در هیچ یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسـه میانگین اثر پرتو فرابنفش بر صـفات فنولوژی و زی‌توده گل گندم (جدول ۷) نشـان داد که بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک بوته مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار پرتو فرابنفش A بود کـه اختلاف معنی‌داری بـا تیمار فرابنفش B و A+B نداشت. بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ در تیمار شاهد به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار پرتو فرابنفش B مشـاهده شـد که اختلاف معنی‌داری با تیمار فرابنفش A+B نداشـت. بیش‌ترین مقادیر مربوط به تعداد گل، وزن خشـک گل، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شـدن اولین گل مربوط به تیمار شـاهد بود. در حالی‌که کم‌ترین مقادیر این صـفات در تیمار فرابنفش A+B مشاهده گردید، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار فرابنفش B نداشت.

نتایج مقایسـه میانگین اثر رقم بر صـفات فنولوژی و زی‌توده گل گندم نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر به‌دست آمده برای وزن تر گـل و تعـداد روز تـا باز شـدن اولین گل به‌ترتیب مربوط به رقم Kornblume rot و رقم Kornblume pink بود. همچنین بیش‌ترین میزان وزن تر بوته، وزن خشـک بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک گل و تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل از رقم Kornblume rot و کم‌ترین آن از رقم Kornblume blau بـه‌دسـت آمـد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقـادیر مربوط بـه وزن خشـک برگ نیز به‌ترتیب مربوط به ارقـام Kornblume blau و Kornblume pink بود. در عین حـال بیش‌ترین مقـدار عملکرد گـل و تعـداد گـل متعلق بـه گیـاهـان رقم Kornblume pink و کم‌ترین میزان این صفات نیز مربوط به گیاهان رقم Kornblume rot بود (جدول ۸).

بحث

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تیمار پرتو فرابنفش B و کـاربرد همزمـان فرابنفش A و B منجر بـه کاهش اغلب صـفات مورفولوژی و صـفات وابسته به رشد و عملکرد گیاه شامل ارتفاع بوته، طول میانگره، عرض برگ، سطح برگ، طول ساقه گل‌دهنده، وزن تر و خشـک گیاه، وزن خشک برگ، وزن خشک گل و تعداد گل گردید. با این وجود تغییر معنی‌داری در عملکرد گل خشـک مشـاهده نشـد. برخلاف این، قطر طوقـه گیـاه تحـت تـأثیر تیمار پرتو فرابنفش B و کاربرد همزمان فرابنفش A و B افزایش یافت.

نتایج این پژوهش با توجه به کاهش وزن تر و خشـک گیاهان و همچنین کاهش سـطح برگ بر اثر تابش پرتو فرابنفش B نسـبت به شـاهد، با نتایج تحقیقات کریزک و همکاران (۱۴) در کاهو[1]، مهدویان و همکاران (۱۹) در فلفل[2] و همچنین شـاهبداغلو و همکاران (۲۹) در آرتیشو[3] همخوانی داشت.

1- *Lactuca sativa* L.
2- *Capsicum annum*
3- *Cynara scolymus*

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات فنولوژی و زیست‌توده سه رقم گل گندم

Table 6- ANOVA for the effect of UV radiation on some phenological and biomass traits of three Cornflower cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	عملکرد گل Flower yield	ماندگاری گل Flower vase life	تعداد روز تا ظهور ساقه گل دهنده Days until flowering stem emersion	تعداد روز تا ظهور جوانه گل Days until flower bud emersion	تعداد روز تا باز شدن اولین گل Days until first flower opening
A	3	3055.900**	31.319*	17.426**	28.175^{ns}	86.200*	0.023^{ns}	0.001*	1.028^{ns}	2.029^{ns}	97.900^{ns}	359.560**	341.430**
Error A	8	265.000	7.624	0.739	15.871	40.840	0.004	0.0001	0.825	5.038	13.670	17.860	23.540
B	2	1826.000*	133.691**	11.761*	63.058*	8949.020**	0.126**	0.002**	65.062**	7.446^{ns}	81.330^{ns}	115.660**	298.740**
A×B	6	377.800^{ns}	12.898^{ns}	3.644^{ns}	2.002^{ns}	71.750^{ns}	0.025^{ns}	0.0005^{ns}	0.825^{ns}	7.735^{ns}	26.330^{ns}	22.290^{ns}	12.620^{ns}
Error B	15	477.900	7.914	2.574	10.793	26.000	0.0117	0.0002	1.220	2.813	43.240	18.390	20.590
C. V (%)	-	15.016	11.654	13.008	29.735	7.822	21.706	15.584	17.362	18.247	13.166	5.221	4.828

A: پرتو فرابنفش؛ B: رقم؛ A×B: اثر متقابل رقم × پرتو فرابنفش؛ ** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری.

A: UV radiation; B: Cultivar; A×B: interaction effect of UV ×cultivar; **and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, ns: non-significant.

مرور منابع علمی نشان می‌دهد که با توجه به نوع گونه و خصوصیات ژنتیکی، گیاهان واکنش‌های نسبتاً متفاوتی به UV-B نشان می‌دهند؛ اما در اغلب گونه‌های گیاهی در پاسخ به پرتو فرابنفش B پارامترهایی نظیر سطح برگ، زی‌توده گیاهی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و ارتفاع گیاه کاهش و ضخامت برگ و میزان ترکیبات جذب کننده فرابنفش به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد (۱۴). برای مثال پرتو فرابنفش (UV-B) باعث کاهش رشد طولی ریشه و اندام هوایی گیاه بادرنجبویه (۲۵)، کاهش طول اندام هوایی و ریشه جعفری (۲۲)، کاهش سطح برگ و ارتفاع کلزا (۲۴)، کاهش ارتفاع آویشن باغی و دنایی(۳۱)، کاهش ارتفاع سویا (۴۰)، کاهش تعداد ساقه‌های جانبی، تعداد گل‌آذین و ارتفاع شمعدانی (۷) و کاهش سطح برگ سوسن (۱۵) گردید. نتایج پژوهشی که توسط محمدی و همکاران (۲۱) با هدف بررسی تأثیر طول مدت تابش نور فرابنفش B بر پاسخ‌های مورفولوژیک دو رقم ریحان انجام شد، نشان داد که در بیشترین میزان تابش اشعه ماورای بنفش (۲۰ دقیقه در روز)، ارتفاع ساقه ۱۱/۲ درصد و طول ریشه ۱۰/۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش و ضخامت برگ ۳۲/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشت. در حالی که سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک ریشه و ساقه در اثر طول مدت تابش، نسبت به شاهد ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت.

واکنش رشدی گیاهان به پرتوهای فرابنفش بسیار متفاوت است. در گیاهان متعددی مشاهده شده که پرتو فرابنفش A تأثیر منفی بر رشد گیاهان ندارد. در حالی‌که پرتو فرابنفش B موجب کاهش سطح برگ و رشد گیاهان می‌شود. پرتو فرابنفش B به طور مستقیم باعث کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و تثبیت کربن، کاهش تولید ماده خشک و نشاسته و به طور غیر مستقیم باعث بسته شدن روزنه‌ها، تغییر ضخامت برگ و کاهش سطح سایه‌انداز گیاه می‌شود که این موضوع می تواند باعث کاهش رشد گیاهان شده و از این طریق در نهایت منجر به کاهش وزن تر و خشک گیاه گردد (۲۹). تخریب رنگدانه‌های گیرنده نور (کلروفیل) نیز یکی از عوامل اصلی کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد گیاه تحت تأثیر فرابنفش B است (۳۲). در مطالعه شایگان‌فر و همکاران (۳۲) تابش پرتو فرابنفش B اثر معنی‌داری در کاهش ارتفاع آویشن باغی[1] و آویشن دنایی[2] داشت.

اغلب گیاهان زمانی‌که تحت تأثیر پرتو فرابنفش قرار می‌گیرند، در ساختمان تشریحی برگ آن‌ها تغییراتی ایجاد می‌شود که یکی از این تغییرات کاهش سطح برگ است. احتمالاً تابش پرتو فرابنفش B باعث کاهش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و کاهش تعداد سلول‌های در حال میتوز می‌گردد، از طرفی زمان تقسیم سلولی را نیز کاهش می‌دهد. بنابراین سلول‌ها فرصت کافی را برای تقسیم و گسترش سلولی پیدا نمی‌کنند. شاید این موضوع بخاطر محدود کردن ایندول استیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد کلیدی در گیاهان باشد. همچنین پرتو فرابنفش B باعث کاهش اکسیداسیون ایندول استیک اسید نیز می‌شود (۳۲)، در نتیجه کاهش سطح برگ، طول میانگره، ارتفاع گیاه و ارتفاع ساقه گل دهنده را به دنبال دارد. نتایج حاصل از این پژوهش در این زمینه با نتایج تحقیقات تورونن و همکاران (۳۶) در گیاه کاج اسکاتلندی، مهدویان و همکاران (۱۹) در فلفل، کاتاریا و همکاران (۱۱) در پنبه و شاهبداغلو و همکاران (۲۹) در آرتیشو همخوانی داشت.

علاوه بر این تابش همزمان پرتوهای فرابنفش A و B باعث کاهش ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول میانگره، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و وزن خشک برگ و گل در مقایسه با گیاهان تیمار شده با پرتو فرابنفش A و شاهد شد که با نتایج حاصل از تحقیقات رز (۲۴) در آفتاب گردان[3]، هاپکینز و همکاران (۹) در گندم[4]، آگراول و همکاران (۱) در گندم، سانتوز و همکاران (۲۸) در سیب زمینی[5] و فاروق و همکاران (۷) در عدسک آبی[6] مطابقت داشت.

تیمار پرتو فرابنفش A باعث کاهش طول ساقه گل‌دهنده و وزن تر و خشک بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید، با این‌حال تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، عرض برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک گل و تعداد گل نداشت. علاوه براین تیمار فرابنفش A باعث کاهش سطح برگ و طول میانگره در ارقام Kornblume rot و Kornblume pink گردید، در حالی‌که هیچ تأثیر معنی‌داری بر این صفات در رقم Kornblume blau نداشت. پاسخ گیاهان به پرتو فرابنفش A متفاوت و مطالعات موجود اغلب حاوی اطلاعات متناقضی است (۳۸). تعدادی از مطالعات گزارش کرده‌اند که پرتو فرابنفش A باعث تسریع رشد و تغییر در مورفولوژی گیاهان می‌شود (۳). برخلاف این برخی دیگر از مطالعات هیچ‌گونه پاسخ معنی‌داری یا اثرات منفی (به عنوان مثال جلوگیری از تجمع زی‌توده یا گسترش برگ) تحت تابش پرتو فرابنفش A گزارش نکرده‌اند (۱۴)، (۳۵) و (۴۰). در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، مافی و همکاران (۱۸) نشان دادند که گیاهان نعناع فلفلی تابش دهی شده با فرابنفش A به همراه نور مرئی، تفاوت قابل ملاحظه ای از نظر ارتفاع بوته و سطح برگ نسبت به شاهد نشان ندادند. در پژوهشی دیگر تابش پرتوهای UV-C و UV-A باعث کاهش سطح برگ شاهدانه شد.

1- *Thymus vulgaris*
2- *Thymus daenensis*
3- *Helianthus annuus*
4- *Triticum aestivum*
5- *Solanum tuberosum*
6- *Spirodela polyrhiza*

جدول ۸- اثر رقم بر برخی صفات فنولوژی و زی‌توده گندم

Table 8- The effect of cultivar on some phenological traits of Cornflower

رقم Cultivar	وزن تر بوته Plant fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک بوته Plant dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g.plant^{-1})	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight (g)	وزن خشک گل Flower dry weight (g)	عملکرد گل Flower yield (g.plant^{-1})	تعداد روز تا ظهور اولین جوانه گل Days until first flower bud emersion	تعداد روز تا باز شدن اولین گل Days until first flower opening
Kornblume pink	142.167^{ab}	22.217^{b}	11.784^{b}	12.269^{ab}	96.145^{a}	0.388^{b}	0.098^{ab}	9.978^{a}	81.500^{ab}	89.270^{b}
Kornblume rot	154.917^{a}	27.853^{a}	12.917^{ab}	14.103^{a}	42.250^{c}	0.599^{a}	0.111^{a}	5.647^{b}	85.250^{a}	98.750^{a}
Kornblume blau	130.250^{b}	21.816^{b}	13.855^{a}	9.544^{b}	51.000^{b}	0.469^{b}	0.085^{b}	5.756^{b}	79.083^{b}	90.750^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

جدول ۷- اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات فنولوژی و زی‌توده گل گندم

Table 7- The effect of UV radiation on some phenological traits in Cornflower

تیمار فرابنفش UV radiation	وزن تر بوته Plant fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک بوته Plant dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g.plant^{-1})	تعداد گل Number of flower	وزن خشک گل Flower dry weight (g)	تعداد روز تا ظهور جوانه گل Days until the flower bud emersion	تعداد روز تا باز شدن اولین گل Days until first flower opening
0	169.778^{a}	26.450^{a}	14.426^{a}	66.222^{a}	0.113^{a}	90.333^{a}	101.000^{a}
UV A	128.000^{b}	22.150^{b}	13.562^{ab}	65.416^{ab}	0.099^{ab}	82.666^{b}	94.250^{b}
UV B	139.444^{b}	24.470^{ab}	11.305^{c}	61.000^{bc}	0.091^{b}	79.333^{bc}	89.444^{bc}
UV A+ UV B	132.556^{b}	22.780^{b}	12.116^{bc}	59.888^{c}	0.088^{b}	75.444^{c}	87.000^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪ ۵ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

این محققان عنوان کردند که گیاه شاهدانه به اشعه UV حساس بود و این حساسیت به UV-C بیش از UV-A بود (۲۶). در پژوهش شاهبداغلو و همکاران (۲۹) اثر کاهشی پرتو فرابنفش A بر رشد و عملکرد آرتیشو گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه شایگان‌فر و همکاران (۳۲) تابش پرتو فرابنفش A باعث افزایش ارتفاع آویشن دنایی و آویشن باغی شد. در این مطالعه پرتو فرابنفش A تأثیری بر ارتفاع آویشن قره‌باغی نداشت، هر چند طول میانگره را به صورت معنی‌داری کاهش داد. این محققان پاسخ متفاوت گونه‌های مختلف آویشن به پرتو فرابنفش را به تفاوت در خصوصیات ژنتیکی گونه‌ها و شرایط اقلیمی خاستگاه آن‌ها نسبت دادند. بر همین اساس تفاوت‌هایی که بین ارقام گل گندم در پاسخ به پرتو فرابنفش A مشاهده گردید را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی متفاوت آن‌ها نسبت داد.

بررسی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که کاربرد پرتو فرابنفش A منجر به کاهش تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شدن اولین گل در ارقام گل گندم نسبت به تیمار شاهد گردید. تیمار پرتو فرابنفش B باعث گلدهی زودتر گل گندم در مقایسه با فرابنفش A گردید. با این‌حال سریع‌ترین ورود به فاز زایشی و گلدهی ارقام گل گندم با کاربرد همزمان فرابنفش A و B مشاهده شد. نتایج ما در این بخش با نتایج شایگانفر و همکاران (۳۲) مطابقت داشت. این محققان گزارش کردند که تیمار فرابنفش B بیش‌ترین اثر مثبت را در زود به گل رفتن آویشن دنایی و آویشن قره‌باغی داشت. علاوه براین عنوان کردند که پرتو فرابنفش A نیز نسبت به تیمار شاهد موجب گلدهی زودتر گیاهان شد. مکانیسم‌ها یا سازوکارهای گیاهان مختلف در برابر تنش عمدتاً به محل رویش و ژنتیک آن‌ها بستگی دارد. این سازوکارها دربرگیرنده سه راهبرد اصلی در گیاهان مختلف شامل "اجتناب از تنش"، "تحمل تنش" و "فرار از تنش" است (۱۲، ۳۰). فرار از تنش در گیاهان "زودگذر" یا گیاهان ساکن در بیابان دیده می‌شود و بیش‌تر برای فرار یا جلوگیری از برخورد به دوره تنش‌زا دیده می‌شود. از جمله فرآیندهای مهم برای کاهش دوره زندگی یا فصل رشد، فرآیند زود گلدهی در این گیاهان است (۱۲). به‌نظر می‌رسد فرآیند تکمیل رشد و زود گلدهی در گونه‌های گل گندم تحت تنش پرتو فرابنفش در مقایسه با تیمار شاهد به نوعی سازوکار این گیاهان برای "فرار از تنش" باشد.

در مقایسه بین ارقام مختلف نیز مشاهده گردید که رقم Kornblume rot از نظر اغلب صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک ساقه و وزن تر و خشک گل بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داد. با این وجود رقم Kornblume pink با داشتن تعداد گل‌های بیشتر، بالاترین عملکرد گل را در بین ارقام نشان داد. از نظر زمان گلدهی نیز رقم Kornblume pink سریع‌تر از سایر ارقام وارد فاز زایشی و گلدهی شد. تفاوت بین ارقام و گونه‌های مختلف یک گیاه از ورود به فاز زایشی مربوط به مسائل ژنتیکی مختص به هر رقم و گونه است. این تفاوت‌ها در مطالعه شایگانفر و همکاران (۳۲) نیز گزارش شده است.

در این مطالعه تیمار فرابنفش منجر به کاهش رشد و نمو هر سه گونه گل گندم گردید. با این‌حال تیمار فرابنفش A کم‌ترین تأثیر منفی را بر شد و عملکر گل گندم داشت. هم‌چنان‌که فرابنفش A تأثیری بر ارتفاع بوته، عرض برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک گل، تعداد گل و عملکرد گل نداشت. با توجه به سطح انژی کمتر این طیف از پرتو فرابنفش این نتیجه قابل پیش‌بینی بود. بر خلاف این تیمار، پرتو فرابنفش B و کاربرد همزمان فرابنفش A و B منجر به کاهش رشد و نمو گل گندم شدند، اما تأثیر منفی معنی‌داری بر عملکرد گل خشک (به‌عنوان اندام دارویی اصلی گل گندم) نداشتند. علاوه براین در همه تیمارهای فرابنفش گلدهی زودتر گونه‌های گل گندم مشاهده شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که وجود پرتو فرابنفش در محیط به دلیل اثرات مثبتی که بر تولید متابولیت‌های ثانوی و گلدهی زودتر دارد و عدم تأثیر منفی قابل توجه آن بر عملکرد گل گیاه، می‌تواند به عنوان یک فاکتور مثبت در نظر گرفته شود. در پایان، رقم Kornblume pink نیز با داشتن تعداد گل‌های بیشتر، بالاترین عملکرد گل و گلدهی سریع‌تر نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه برای کشت مناسب‌تر است.

منابع

1- Agrawal S.B., Rathore D., and Singh A. 2004. Effect of supplemental Ultraviolet-B and mineral nutrients on growth, biomass allocation and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Tropical Ecology 45: 315–325.
2- Agrawal S.B., Singh S., and Kumari R. 2009. Effects of supplemental ultraviolet-b radiation on growth and physiology of *Acorus calamus* L. (sweet flag). Acta biologica Cracoviensia. Series Botanica 51(2): 19-27.
3- Bernal M., Verdaguer D., Badosa J., Abadía A., Llusia J., Penuelas J., Nunez-Olivera E., and Llorens L. 2015. Effects of enhanced UV radiation and water availability on performance, biomass production and photoprotective mechanisms of Laurus nobilis seedlings. Environmental and Experimental Botany 109: 264–275.
4- Booji-James I.S., Dubes S.K., Jansen M.A.K., Edelman M., and Mattoo A.K. 2000. Ultraviolet-B radiation impacts light-mediated turnover of the photosystem II reaction center heterodimer in Arabidopsis mutant altered in phenolic metabolisms. Journal of Plant Physiology 124: 1275-1283.

5- Buchholz G., Ehmann B., and Wellman E. 1995. Ultraviolet light inhibition of phytochorome induced flavonoid biosynthesis and DNA photolyase formation in mustard cotyledons (*Synapis alba* L.). Plant Physiology 108: 227-234.
6- Damian J. Allen., Nogues S., and Baker N.R. 1998. Ozone depletion and increased UV-B radiation: Is there a real threat to photosynthesis? Journal of Experimental Botany 9(328): 1775-1788.
7- Darras A.I., Demopoulos V., Bali I., and Tiniakou C. 2012. Photomorphogenic reactions in geranium *(Pelargonium x hortotum*) plants stimulated by brief exposures of Ultraviolet-C irradiation. Plant Growth Regulation 68(3): 343-350.
8- Farooq M., Shankar U., Ray R.S., Agrawel N., Verma, K., and Hans R.K. 2005. Morphological and metabolic alterations in duckweed *Spirodela polyrhiza* on long term low level chronic exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety 62: 408–414.
9- Hopkins L, Bond M.A., and Tobin A.K. 2002. Ultraviolet-B radiation reduces the rates of cell division and elongation in the primary leaf of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Maris Huntsman). Plant Cell and Environment 25: 617–624.
10- Horii A., Mccup P., and Shetty K. 2007. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. Bioresour Technology 98: 623-632.
11- Kataria S., P. Dehariya, K. N. Guruprasad and G. P. Pandey. 2012. Effect of exclusion of ambient solar UV-A/B components on growth and antioxidant respose of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 54(2): 47-53.
12- Kaur H., Mukherjee S., Baluska F., and Bhatla S. 2015. Regulatory roles of serotonin and melatonin in abiotic stress tolerance in plants. Plant Signaling Behavior 10: 1-8.
13- Keiller D.R., and Holmes M.G. 2001. Effects of long-term exposure to elevated UV-B radiation on the photosynthetic performance of five broad-leaved tree species. Photosynthesis Research 67(3): 229-40.
14- Krizek D.T., Britz S.J., and Mirecki R.M. 1998. Inhibitiry effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire Lettuce. Physiologia Plantarum 103: 1-7.
15- Kumari R., and Agrawal S.B. 2010. Supplemental UV-B induced changes in leaf morphology, physiology, and secondary metabolites of an Indian aromatic plant *Cymbopogon citratus* (D.C.) Staph under natural field conditions. International Journal of Environmental Studies 67: 655-675.
16- Kuś P.M., Jerković I., Tuberoso C.I.G, Marijanović Z., Congiu F. 2014. Corn-flower (*Centaurea cyanus* L.) honey quality parameters: chromato- graphic fingerprints, chemical biomarkers, antioxidant capacity and others. Food Chemistry 142: 8-12.
17- Larkum A.W.D., and Wood W.F. 1993. The effect of UV-B radiation on photosynthesis and respiration of phytoplankton, benthic macroalgae and seagrasses, Photosynthesis Research 36: 17-23.
18- Maffei M., Canova D., Bertea C.M., and Scannerini S. 1999. UV-A effects on photomorphogenesis and essential-oil composition in *Mentha piperita*. Journal of Photochemistry and Photobiology 52: 105-110.
19- Mahdavian K., Ghorbanli M., Kalantari Kh.M., and Mohamadi Gh. 2006. The effect of different UV bands on physiological and morphological factors of pepper (*Capsicum annum*). Iranian Biology Quarterly 19(1): 43-48. (In Persian with English abstract)
20- McKenzie R.L., Aucamp P.J., Bais A.F., Björn L.O., and Ilyas M., 2007. Changes in biologically-active ultraviolet radiation reaching the Earth’s surface. Journal of Photochemical and Photobiological Sciences 6(3): 218–231.
21- Mohammadi V.A., Zarei H., and Mousavizadeh S.J. 2020. Morphological and biochemical responses of basil under B- and and lack of irrigation in greenhouse conditions. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology 11(1): 85-101. (In Persian with English abstract)
22- Mollai S., Abedini M., and Daei Hassani B. 2014. Effect of UV radiation on some physiological parameters of parsley (*Petroselinum crispum*), Thesis for the degree of MA, Plant Science, Plant physiology orientation, Payame Noor University of Tabriz. (In Persian)
23- Mozaffarian V. 2015. Recognition of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publications, Tehran.
24- Nasibi F., Manouchehri Kalantari K., and Rashidi Ravari M. 2003. Investigation of physiological and morphological changes in some growth parameters due to UV-A, UV-B and UV-C UV radiation in rapeseed (*Brassica napus*). Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture 60: 97-103. (In Persian)
25- Pourakbar L., and Abedzadeh M. 2014. The effect of UV-B and UV-C radiations on the activity of antioxidant enzymes in (*Melissa officinalis* L.) and the effect of salicylic acid in reducing the stress caused by ultraviolet radiations, Plant Biology of Iran 6(21): 23-34. (In Persian with English abstract)
26- Qandali Doost Z., Hosseini S., and Jamei R. 2010. Investigation of growth parameters and physiological factors of *Cannabis indica* under the influence of different UV bands, National Conference on Biodiversity and its impact on agriculture and environment, National Plant Gene Bank of Iran, Urmia, Iran. (In Persian)
27- Ros J. 1990. On the effect of UV-radiation on elongation growth of sunflower seedlings (*Helianthus annuus* L.) (Thesis) 1-157 in Karlsr, Beitr. Entw.Okophysiol, 8, Tevini, M. (ed.), Bot. Inst. II, Karlsruhe.
28- Santos I., Fidalgo F., Almeida J.M., and Salema R., 2004. Biochemical and ultrastructural changes in leaves of

potato plants grown under supplementary UV-B radiation. Plant Science 167: 925–935.
29- Shahbodaghloo A., Azizi A., Sarikhani H., and Rajabi M. 2015. Effects of UV-A radiation on Antioxidant Capacity, Cinnarine, and Some Morphological Characteristics of Three Artichoke Cultivars. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology 7(28): 97-109. (In Persian)
30- Shavrukov Y., Kurishbayev A., Jatayev S., Shvidchenko V., Zotova L., Koekemoer F., de Groot S., Soole K., and Langridge P. 2017. Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? Frontiers in Plant Science 8: 1-8.
31- Shayganafar A., Azizi M., and Rasooli M. 2017. Investigation of the effects of different levels of ultraviolet radiation with the application of different antioxidant compounds on the morphological, phenological, physiological and phytochemical reactions of three species of thyme, Ph.D. Thesis, Horticultural Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Persian)
32- Shayganfar A., Azizi M., and Rasouli M. 2018. Various strategies elicited and modulated by elevated UV-B radiation and protectant compounds in Thymus species: Differences in response over treatments, acclimation and interaction. Industrial Crops and Products 113: 298-307.
33- Tohidi Moghadam H.R., Sani B., Sheybani H.A., and Modarres Sanavy S.M.A. 2016. Effect of elevated CO_2, drought stress and ultra violet on quantity and quality characteristics in two autumn cultivars of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Environmental Sciences 14(3): 57-72. (In Persian with English abstract)
34- Torre s., Olsen J, E., Roro A.G., and Terfa M.P. 2014. Effects of UV radiation on growth and postharvest characteristics of three pot rose cultivars grown at different altitudes. Scientia Horticulturae 178: 184-191.
35- Tsormpatsidis E., Henbest R.G.C., Davis F.J., Battey N.H., Hadley P., and Wagstaffe A. 2008. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce ‘‘Revolution’’ grown under polyethylene films. Environmental and Experimental Botany 63: 232–239.
36- Turunen M., Hiller W., Sttich S., Sandermann H., Sutinen M.L, and Norokorpi Y. 1999. The effect of UV exclusion on the soluble phenolics of young Scots pine seedlings in the subarctic. Environmental Pollution 106: 219-228.
37- Ulm R., and Jenkins G. 2015. Question and answer: How do plants sense and respond to UV-B radiation? BMC Biology 13: 1-6.
38- Verdaguer D., Jansen M.A., Llorens L., Morales L.O., and Neugart S. 2017. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown”. Plant Science 255: 72–81.
39- Zargari A. 1996. Medicinal Plants Volume III. Institute of Printing and Publishing, University of Tehran. Tehran. (In Persian)
40- Zhang W.J., and Björn L.O. 2009. The effect of ultraviolet radiation on the accumulation of medicinal compounds in plants. Fitoterapia 80: 207-218.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 413-425
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۲۵-۴۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ – ۲۰۰۸

Effect of UV Radiation on Growth, Morphology and Phenology of Three Cornflower Cultivars (*Centaurea cyanus*)

M. Rastegar[1]- H. Mumivand[2*]- A. Shayeganfar[3]- A.H. Rezaeinejad[4]
Received: 05-09-2020
Accepted: 17-11-2020

Introduction: In the last decades, human activities have had adverse effects on the atmosphere and the stratospheric ozone layer, resulting in an increase in the ultraviolet radiation on the ground, especially in highlands. Among living organisms, plants are the most exposed to ultraviolet rays due to their high and unavoidable need to light for photosynthesis, and are therefore more vulnerable to them. Plants show different responses to ambient UV radiation. The response of plants to ultraviolet light is manifested in two general ways, including tolerating the destructive effects of this radiation or/and avoiding it. The present study was conducted to evaluate the effect of ultraviolet light on growth, morphological and phenological characteristics of three cornflower cultivars under greenhouse conditions in 2018.

Materials and Methods: The experiment was performed as a split plot in a completely randomized design. Ultraviolet light was considered as the first factor in four levels (including: control, ultraviolet –A radiation, ultraviolet -B radiation and ultraviolet A + B radiations) and three cornflower cultivars (including: ‘Kornblume pink’, ‘Kornblume rot’ and ‘Kornblume blau’) as the second factor. The UV treatment was applied by lamps made by Q-Lab Co, USA. It should be noted that the 40-watt lamps used in this study were broadband and had the highest compliance with ultraviolet B (in the case of UV-B lamps) and ultraviolet A (in the case of UV-A lamps) received from the sun on the ground. So they provided the best possible simulation. During the growth period of plants, phenological traits were recorded and morphological traits and biomass traits were measured at the end of the experiment.

Results and Discussion: The results showed that UV-B radiation and simultaneous application of UV-A and UV-B radiations resulted in the reduction of the most morphological traits and yield traits including plant height, internode length, leaf width, leaf area, flowering stem length, plant fresh and dry weight, leaf dry weight, flower dry weight and number of flowers. However, flower yield was not affected by ultraviolet radiations. UV-A treatment reduced the flowering stem length and fresh and dry weight of plant in compared to the control treatment, but it had no significant effect on plant height, leaf width, leaf dry weight, flower dry weight and number of flowers. Plants response to ultraviolet radiation is very different. In many species, it has been observed that UV-A does not have a negative effect on plant growth, while, UV-B reduced the growth and yield of plants. It seems that the main reason for the reduction of plant growth and production is prevention of cell division caused by ultraviolet radiation. Degradation of plant pigments (chlorophyll) is also one of the main reason of photosynthesis decrease led to plant growth and yield reduction. The results of the present study showed that the application of UV-A reduced the number of days until the emersion of the first flower bud and the number of days until the opening of the first flower in cornflower cultivars compared to the control. UV-B treatment forced cornflowers to earlier flowering than UV-A. However, the fastest entry into the reproductive and flowering phase of cornflower cultivars was observed with the simultaneous application of UV-A and B radiations. Plants mechanisms against environmental stresses mainly depend on their origin and genetic factors. These mechanisms include three main strategies including “avoidance”, “tolerance” and “escaping”. One of the most important ways to reduce the life cycle is early flowering. It seems that the process of early flowering and completing the growth in cornflower species is a kind of stress escaping under ultraviolet radiation stress.

Conclusion: In this study, ultraviolet radiation reduced the growth and development of all three species of cornflowers. However, UV-A treatment showed the least negative effect on flower yield of plants. On the contrary, UV-B radiation and simultaneous application of UV-A and UV-B radiations reduced the growth and development of cornflowers, but did not have any significant negative effect on the flower yield (as the main useable organ of plant). Therefore, it seems that the ultraviolet radiation can be considered as a positive factor due to its positive effects on the production of secondary metabolites and early flowering and lack of significant negative effects on plant flower yield. Finally, ‘Kornblume pink’ cultivar, with higher flower yield and earlier flowering, is more

1, 2 and 4- Graduated Student in Master of Science of Horticultural Science, Assistant Professor and Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mumivand.h@lu.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Horticulture and Landscape Engineering, Malayer University, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.61939.0

suitable for cultivation than other cultivars.

Keywords: Environmental change, Medicinal plants, Ultraviolet A, Ultraviolet B

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 427-446
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۴۶-۴۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تأثیر مرحله بلوغ میوه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و پلی‌فنل‌های میوه اترج صغیر (*Citrus medica* var. medica Proper.)

نحله تقوایی فرد[۱]- عسکر غنی[۲*]- مهدی حسینی فرهی[۳و۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مرحله بلوغ میوه بر ویژگی‌های بیوشیمیایی بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اول، دارای چهار سطح شامل مراحل مختلف بلوغ میوه (سبزرسیده، تغییررنگ پوست، زردرسیده و بسیاررسیده) بود. فاکتور دوم دارای چهار سطح شامل بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر (فلاودو، آلبیدو، تفاله و آب‌میوه) بود. مهمترین صفات اندازه‌گیری شده شامل میزان فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، ترکیبات فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. تغییرات فیزیکی بخش‌های مختلف میوه و همچنین ویژگی‌های مربوط به آب‌میوه (اسیدیته، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل‌تیتر و ویتامین ث) در طی بلوغ میوه اندازه‌گیری شد. مهمترین ترکیبات فیتوشیمیایی بخش فلاودو شامل درصد و عملکرد اسانس، محتوی کلروفیل و پلی‌فنل‌ها (روتین، ترانس-فرولیک اسید، هسپریدین، هسپرتین و کوئرستین) در طی رسیدن میوه بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار مرحله بلوغ میوه بر بیشتر صفات مورد بررسی بود. بیشترین میزان فلاون و فلاونول (۰/۳۷۷ میلی‌گرم برگرم) و فلاونوئید کل (۱۶/۳۸ میلی‌گرم برگرم) مربوط به فلاودو در مرحله بسیار رسیده بود. بالاترین میزان اسانس فلاودو (۲/۳۷ درصد حجمی-وزنی) در مرحله تغییر رنگ اندازه‌گیری شد و با پیشرف بلوغ محتوی کلروفیل دستخوش تغییرات نزولی گردید. پیشرفت بلوغ باعث کاهش بیشتر اجزای پلی‌فنل‌های اندازه‌گیری شده شامل هسپریدین (۱/۸۶ به ۰/۶۸ میلی‌گرم برگرم)، کوئرستین (۱/۶۲ بـه ۰/۸۹ میلی‌گرم برگرم) و روتین (۰/۴۲ بـه ۰/۱۷ میلی‌گرم برگرم) گردید. بـه طور کلی بخش فلاودو به عنوان مهم‌ترین بخش دارویی میوه اترج و مراحل ابتدایی بلوغ زمان مناسب‌تری برای برداشت تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: اترج صغیر، اسانس، فلاودو، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، هسپریدین

مقدمه

نوعی از بالنگ را به فارسی بادرنگ می‌نامند و در کتب طب سنتی با نام‌های بادرنج و اترج صغیر آمده است. نام علمی آن *Citrus medica* L. و مترادف آن را *Citrus medica* var. medica Proper. نیز می‌نامند (۲۴). میوه‌های مرکبات دارای ترکیبات ارزشمندی شامل ترکیبات ترپنی (اسانس‌ها)، اسید سیتریک، فلاونوئیدها، فنل‌ها، مواد پکتینی، لیمونوئیدها، ویتامین ث و غیره می‌باشند (۲۱). ترکیبات فنلی میوه مرکبات شامل فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی است و فلاونوئیدهای گلیکوزیدی در مرکبات غالبیت دارند. فلاوونوئیدها، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که به طور طبیعی در گیاهان وجود دارند و خواص بیولوژیکی قابل توجهی دارند. از پوست مرکبات به دلیل داشتن مقادیر چشمگیری از فلاونوئیدها، در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شود. همچنین این ترکیبات باعث حفاظت بدن در مقابل بیماری‌هایی مانند سرطان و عارضه‌های قلبی و عروقی می‌شوند (۳۲). فلاونوئیدهای موجود در بخش‌های مختلف مرکبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشند و رادیکال‌های آزاد را مهار کرده و خطر برخی بیماری‌های مزمن را کاهش می‌دهند و همچنین از برخی اختلالات قلبی-عروقی جلوگیری می‌کنند (۳۲). پوست واریته‌های بالنگ دارای سیتروفلاونوئیدها است که متشکل از مخلوطی از هسپریدوساید،

۱ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: askar.ghani11@yahoo.com)
۴- گروه پژوهشی کشاورزی پایدار و امنیت غذایی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2020.61947.0

نارینگوساید و فلاونون‌ها[1] می‌باشد که طبق تحقیقات انجام شده دارای خاصیت ضد میکروبی می‌باشند (۲). مرحله نمو بخش دارویی هر گیاه، یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی می‌باشد و تغییرات این متابولیت‌ها در طی بلوغ یا مراحل فنولوژی رشد گیاهان توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته است. در یک پژوهش مشخص گردید که مهم‌ترین ترکیبات بخش پوست میوه بالنگ واریته کورسیکان (Corsican) در طی بلوغ میوه شامل روتین، دیوسمین و نئوهسپریدین[2] بودند و در زمان رسیدن، ترکیبات فلاونوئیدی به شکل متفاوتی تغییر یافت. روتین و هسپریدین مهم‌ترین ترکیبات موجود در عصاره اترج نیز می‌باشد. طبق تحقیقات انجام شده، بالنگ تنها گونه مرکباتی است که مقدار این ترکیبات را در سطح بالایی دارد (۳۴). در پژوهشی دیگر، برای اولین‌بار برخی ترکیب‌های شیمیایی و ویژگی آنتی‌اکسیدانی گل‌ها، برگ‌ها و میوه بالنگ (*Citrus medica* L. cv. Diamante) در دو مرحله بلوغ مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، بیشترین میزان فلاونوئید و فنول کل در گل‌ها و برگ‌ها یافت شد و در طول رسیدن میوه، این ترکیبات روند کاهشی نشان دادند. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گل‌ها و بخش درون‌بر میوه (Endocarp) بیشتر از سایر بخش‌ها بود (۲۳). در یک مطالعه مشخص شد که همزمان با بلوغ میوه‌های پونکان[3] (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka) و نوعی گریپ‌فروت (هویو Huyou) اسیدهای فنلی موجود در پوست و گوشت میوه کاهش یافت، ولی در نهایت میزان آنها در پوست بیشتر از گوشت بوده است (۳۹). در تحقیق دیگری که بر روی میزان ترکیبات فلاونوئیدی، فنول کل و ویتامین ث سه رقم یوزو Yuzu (Citrus junos ex Tanala) شامل ارقام واندو، گوهونگ و سادونگ (Wando, Goheung and Sadeung) و در سه زمان (نارس، نیمه‌رسیده و رسیده بالغ) انجام شد، نتایج نشان داد میزان ترکیبات فلاونوئید، فنول کل و ویتامین ث در هر سه رقم در بخش پوست بیشتر از گوشت می‌باشد (۴۰).

اترج صغیر یکی از گونه‌های مهم مرکبات می‌باشد که در مقایسه با سایر مرکبات سطح زیر کشت کمتری دارد و آمار دقیقی در رابطه با میزان کشت آن موجود نمی‌باشد ولی به عنوان یکی از محصولات بومی و محلی در شهرهای جنوبی استان فارس می‌باشد. همچنین علاوه بر استفاده از آب میوه، از سایر بخش‌های میوه به ویژه فلاودو به منظور اهداف دارویی و صنایع غذایی استفاده می‌گردد (۲۱ و ۳۲). در این تحقیق برای اولین بار برخی تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر در طی بلوغ میوه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برخی از مواد موثره (میزان اسانس، اجزای فلاونوئیدها و ....) فلاودو به عنوان مهمترین بخش دارویی میوه در طی مراحل مختلف رسیدن میوه اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول، دارای چهار سطح شامل مراحل مختلف بلوغ میوه: رسیده سبز، مرحله تغییر رنگ پوست (Intermediate)، مرحله رسیده زرد و بسیار رسیده (Over-rip) بود (شکل شماره ۱). فاکتور دوم دارای چهار سطح شامل بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر شامل پوست بیرونی یا فلاودو (Flavedo)، بخش داخلی پوست یا سپیدبر (Albedo)، تفاله و آب‌میوه بود. مهمترین صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل میزان فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، میزان ترکیبات فنلی و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بخش‌های مختلف میوه بود. در بخش دوم آزمایش، ویژگی‌های کمی و کیفی مربوط به آب‌میوه شامل حجم آب‌میوه، میزان اسیدیته (pH)، میزان مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتر (TA)، نسبت TSS/TA و ویتامین ث در مراحل مختلف بلوغ اندازه‌گیری شد. تغییرات درصد اسانس، عملکرد اسانس، محتوی کلروفیل و اجزای پلی‌فنل‌های فلاودو (روتین، ترانس فرولیک اسید، هسپریدین، هسپرتین و کوئرستین[4]) در طی بلوغ میوه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تغییرات فیزیکی بخش‌های مختلف میوه (وزن تر و خشک فلاودو و آلبیدو، قطر میوه، طول میوه، نسبت وزن تر و خشک فلاودو به آلبیدو و وزن تر میوه) در طی رسیدن میوه اندازه‌گیری شد. در ادامه به روش اندازه‌گیری برخی صفات اشاره می‌شود.

انتخاب باغ و زمان‌های برداشت

میوه‌های اترج صغیر در مراحل مختلف بلوغ از باغ مرکبات واقع در شهرستان جهرم-منطقه حسین‌آباد قبله با مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۸ درجه و ۲۶ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۲/۹ متر در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ برداشت شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ مورد استفاده در جدول ۱ گزارش شده است. عمر درختان ۵ ساله (پیوند شده بر روی پایه لیموی محلی)، آبیاری در ماه‌های شهریور و مهرماه یک روز در میان به مدت ۲ ساعت و از آبان تا اسفند به مدت ۱/۵ ساعت، یک روز در میان انجام شد. زمان‌های برداشت در مراحل مختلف رسیدن (برداشت‌ها به ترتیب هفتم مهر، ۲۸ آبان، اول دیماه و

1- Hesperidoside naringoside and flavanones
2- Rutin, diosmin and neohesperidin
3- Ponkan
4 - Trans-ferulic acid, hesperidin, hesperetin and quercetin

۲۹ بهمن) به ترتیب مصـادف با ۱۸۳ روز پس از گلدهی (مرحله سـبز رسیده)، ۲۳۴ روز پس از گلدهی (مرحله تغییر رنگ)، ۲۶۷ روز پس از گلدهی (میوه زرد رسیده) و ۳۲۵ روز پس از گلدهی (بسیار رسیده) بود.

برداشت میوه‌ها و خشک کردن

برداشـت میوه در زمان‌های مختلف در چهار جهت درخت (شمال، جنوب، شرق و غرب) در سه ارتفاع مختلف (صفر تا ۷۰، ۷۰ تا ۱۴۰ و ۱۴۰ تا ۲۱۰ سانتی‌متر) به تعداد ۱۵ عدد میوه انجام و نمونه‌ها کاملاً با هم مخلوط شـدند. بعد از انتقال به آزمایشگاه، میوه‌ها به صورت کامل با آب شـسـته شـده و پوسـت نازک رویی (فلاودو) جداگانه به روش دسـتی با اسـتفاده از چاقوی تیز جدا شـد. بخش‌های مختلف میوه به قطعات کوچک (۲ تا ۳ سـانتی‌متر) تقسـیم شـدند و به مدت ۷ روز در سـایه، در دمای اتاق (۲±۳۰ درجه سـانتی‌گراد) خشـک شدند (شکل شـماره ۱). پس از خشـک شـدن بخش‌های مختلف میوه، هرکدام جداگانه بسته‌بندی و جهت پیشگیری از تغییرات تحت تأثیر محیط، در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. آزمایشات مربوطه در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشگاه جهرم انجام گردید.

تعیین برخی صفات بیوشیمیایی

عصـاره‌گیری جهت محاسـبه ویژگی‌های بیوشـیمیایی بخش‌های مختلف میوه در مراحل بلوغ، توسـط متانول (۷۰ درصد) با نسبت ۵ به ۱ (حجمی-وزنی، متانول و نمونه خشک گیاهی) به روش خیساندن در حلال (Maceration) انجام شـــد (۳۷). میزان فلاون و فلاونول به روش پوپووا و همکاران با تغییرات جزئی اندازه‌گیری شـــد و نتایج به‌صـورت میلی‌گرم اکی‌والانت کوئرسـتین در گرم وزن خشـک بیان شده است (۲۸). اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل به روش منی‌چینی و همکاران با اسـتفاده از معرف کلریدآلومینیوم انجام شد. جهت محاسبه میزان این ترکیب از کوئرسـتین به عنوان اسـتاندارد استفاده شد (۲۲). میزان ترکیبات فنلی کل بر اسـاس معرف فولین سـیوکالتئو (Folin-ciocalteu) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شـــد. غلظت‌های مختلف گالیک اسـید به عنوان اسـتاندارد مورد اسـتفاده قرار گرفت و داده‌ها به صـورت میلی‌گرم گالیک اسـید در گرم وزن خشک بیان شد (۳۷). اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسـیدانی عصـاره‌ها بر اسـاس آزمون دی‌پی‌پی‌اچ (DPPH) با اضـافه کردن ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره به ۵ میلی‌لیتر محلول دی‌پی‌پی‌اچ (۰/۰۰۴ درصد) انجام شد (۲۶).

اندازه‌گیری محتوی کلروفیل و ویژگی‌های آب میوه

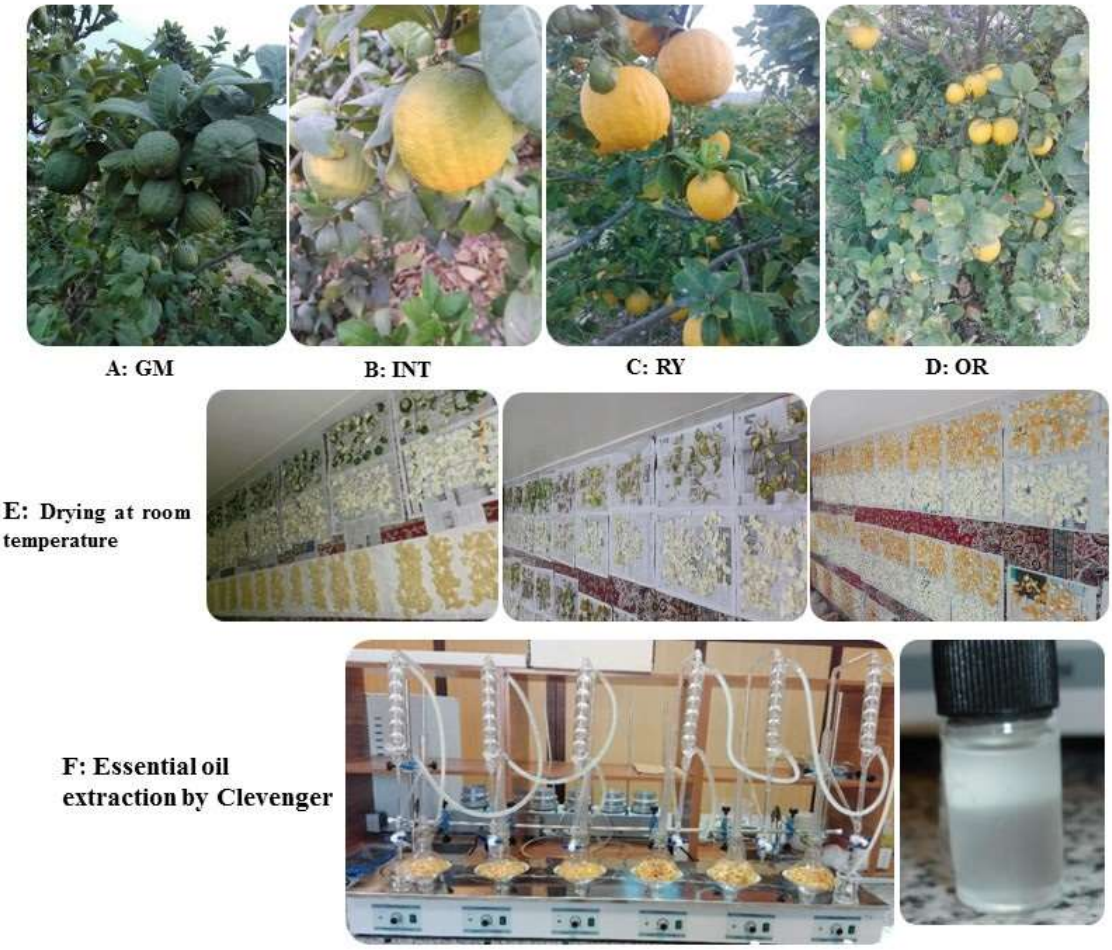
اندازه‌گیری محتوی کلروفیل بر اساس روش در و همکاران (۸) با اسـتفاده از حلال متانول و قرائت میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر انجام شـد. اسـیدیته آب میوه با استفاده از دستگاه pH متر آزمایشـگاهی (مدل AZ86P3) انجام شـد. در برداشـت‌های مختلف در هر تکرار چهـار قرائت انجام شـــد. جهت اندازه‌گیری مواد جـامـد محلول، در هر مرحله از برداشـــت، میزان یک قطره از آبمیوه (صاف شده و بدون ترکیبات زائد) بر روی دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (مدل MA 871) اضـافه شد و پس از ثابت شدن عدد نمونه بر حسب بریکس با سـه قرائت در هر تکرار یادداشـت گردید. محاسـبه میزان ویتامین ث در آب میوه به روش تیتراسیون (۱۰) و تعیین اسیدیته قابل تیتر (TA) با استفاده از معرف فنل فتالئین انجام شد (۱۲).

استخراج اسانس

اسانس‌گیری از پوست خشک شده (فلاودو خالص و فاقد سپیدبر) در هر مرحله، توسـط دسـتگاه کلونجر و با روش تقطیر با آب به مدت دو ساعت پس از جوش آمدن نمونه‌ها و در شرایط کاملاً یکسان انجام شـد. البته بیشـترین میزان اسـتخراج معمولا در حدود یک‌ساعت اول انجام شـد ولی جهت استخراج کامل و پیشگیری از خطا تا دو ساعت ادامه یافت (شـکل ۱). بازده اسـانس بر اسـاس وزن خشـک نمونه‌ها به‌صـــورت حجمی-وزنی (v/w میلی‌لیتر در ۱۰۰ گرم نمونه خشـــک) محاسبه شد. عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب درصد اسانس در عملکرد ماده خشـک فلاودو در میوه در هر مرحله محاسـبه شـد (میلی‌لیتر در میوه).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مربوط به باغ مرکبات اترج صغیر واقع شده در شهرستان جهرم
Table 1- Physical and chemical properties of soil related to citron tree orchard located in Jahrom city

منطقه کشت Location area	بافت خاک Soil texture	ماسه Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	ترکیبات آلی OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکترولیکی EC ($dS.m^{-1}$)
جهرم-حسین‌آباد Jahrom-Hossein Abad	Sandy-loam	66.5	25	8.5	629	16.6	0.065	0.85	7.39	3.44



شکل ۱- تغییرات ظاهری پوست میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica) در مراحل مختلف بلوغ، خشک کردن و اسانس‌گیری از پوست فلاودو میوه (A: مرحله سبز بالغ، B: مرحله تغییر رنگ، C: مرحله زرد رسیده، D: مرحله بسیار رسیده، E: خشک کردن نمونه‌ها در دمای اتاق و F: استخراج اسانس با استفاده از کلونجر)

Figure 1- Superficial changes of flavedo from citron fruit (*C. medica* var. medica) at different fruit maturity, drying and essential oil extraction from flavedo (A: green mature, B: intermediate, C: ripe-yello, D: over ripe stage, E: drying at room temperature and F: essential oil extraction by Clevenger)

استخراج و اندازه‌گیری پلی‌فنل‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی با کارآیی بالا (HPLC)

ابتدا نمونه‌های گیاهی خشک‌شده را با آسیاب پودر کرده و سپس از الک عبور داده و به‌اندازه ۰/۲ گرم توزین و داخل میکروتیوب ریخته شد. در مرحله بعد، اضافه کردن حلال (۸۵ درصد متانول+ ۱۵ درصد استیک اسید) به مقدار ۱۰ برابر نمونه (۲ میلی‌لیتر حلال) انجام شد و دمیدن گاز ازت به درون میکروتیوب‌ها جهت جلوگیری از اکسیده‌شدن ترکیبات صورت گرفت. میکروتیوب‌ها با پوشش فویل پوشانده شد و درون فریزر (۲۰- درجه سانتی‌گراد) و در تاریکی (ترکیبات پلی‌فنلی به نور حساس هستند) به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. در مرحله بعد میکروتیوب‌های حاوی عصاره همراه با فویل درون دستگاه اولتراسونیک (توان ۳۰۰ وات) به مدت ۱۵ دقیقه در دمای پایین و در تاریکی قرار گرفت تا ترکیبات فنلی به‌صورت کامل از بافت گیاه جدا شود و وارد حلال شود. در این مرحله نمونه‌ها از دستگاه اولتراسونیک خارج و پوشش فویل آن حذف شد و در دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار با دمای صفر درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت (جهت جدا کردن فاز مایع از جامد). فاز رویی را برداشته و به درون میکروتیوب جدید انتقال داده شد و به آن ان-هگزان (هم‌حجم فاز رویی) اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه ورتکس و مجدداً سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد انجام شد (ان-هگزان یک حلال غیرقطبی است که ترکیبات غیرقطبی مانند کلروفیل، پروتئین و چربی‌های موجود در نمونه که غیرقطبی هستند را

در خود حل می‌کند و از ترکیبات پلی‌فنلی جدا می‌کند). در این مرحله یک محلول دو فازه تشکیل می‌شود که فاز رویی شامل ترکیبات مزاحم هگزانی و فاز زیری پلی‌فنل‌ها می‌باشد. سپس با سرنگ، پلی‌فنل قسمت زیرین را کشیده و به نوک سرنگ صافی سرسرنگی (با اندازه منافذ ۰/۱ میلی‌متر) زده‌شده تا کاملاً ناخالصی‌های آن گرفته شود و سپس به ظروف شیشه‌ای مخصوص دستگاه HPLC انتقال یافت و به محفظه دستگاه تزریق شد (۲۵).

مشخصات دستگاه HPLC و روش شناسایی ترکیبات

جهت جداسازی و اندازه‌گیری میزان پلی‌فنل‌ها از دستگاه HPLC مدل Agilent Technologies-1200 series استفاده شد. ستون C18 با طول ۱۵۰ و قطر داخلی ۴/۶ میلی‌متر و قطر ذرات پنج میکرومتر، آشکارساز (Diode Array Detector) در طول موج ۲۸۰ نانومتر و دمای آون ۳۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برنامه شستشوی گرادیان، با سرعت شستشوی یک میلی‌لیتر بر دقیقه و حجم تزریق ۲۰ میکرولیتر انتخاب گردید. فاز متحرک گرادیان متانول و اسید فرمیک یک درصد انتخاب شد. جهت شناسایی ترکیبات پلی‌فنولی، مقدار ۲۰ میکرولیتر از عصاره هر نمونه برداشته شد و به دستگاه تزریق گردید. جهت شناسایی و محاسبه درصد نسبی ترکیبات، نمونه‌های استاندارد هر ترکیب (گرید HPLC با خلوص بالای ۹۹ درصد) در غلظت‌های مناسب (صفر تا ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام) ساخته و به دستگاه تزریق شد و غلظت ترکیب موجود در هر نمونه بر اساس منحنی استاندارد رسم شده محاسبه گردید. از مقایسه زمان بازداری[1] استاندارد با پیک مربوط به کروماتوگرام نمونه (آنالیز کیفی) و جایگذاری سطح زیر منحنی[2] هر نمونه در منحنی استاندارد، آنالیز کمی انجام شد (۲۵). در این بخش، پنج ترکیب فنلی شامل روتین، ترانس فرولیک اسید، هسپریدین، هسپرتین و کوئرستین مورد بررسی و شناسایی قرار گرفت.

آنالیز آماری

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار جامپ (JMP) نسخه ۸ و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی (HSD) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی عصاره میوه اترج صغیر

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار مرحله بلوغ میوه و نوع اندام و اثرات متقابل آن بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده بود (جدول ۲).

میزان فلاون و فلاونول و فلاونوئید کل

مقایسه میانگین مربوط به تأثیر تیمارها بر میزان فلاون و فلاونول بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر در مراحل مختلف بلوغ در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالاترین میزان فلاون و فلاونول (۰/۳۷۷ میلی‌گرم کوئرستین در گرم نمونه خشک) مربوط به فلاودو در مرحله بسیار رسیده و بعد از آن (۰/۳۲۴ میلی‌گرم) در مرحله زرد رسیده بود و کمترین مقدار (۰/۰۰۱ میلی‌گرم) مربوط به آب‌میوه در مرحله بسیار رسیده بود. میزان آن در فلاودو طی بلوغ روند افزایشی داشت به‌طوری که بیشترین میزان در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد. میزان فلاون و فلاونول در آلبیدو دستخوش تغییرات زیادی بود به‌طوری که با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به مرحله تغییر رنگ میزان این ترکیب کاهش پیدا کرد و در مرحله رسیده زرد مقدار آن افزایش یافت (افزایش ۱۳ درصدی) و با پیشرفت بلوغ در مرحله بسیار رسیده میزان آن کاهش شدیدی یافت (کاهش حدود ۱۹۵ درصدی). میزان فلاون و فلاونول در تفاله دارای تغییراتی بود به‌طوری که با پیشرفت بلوغ مقدار آن ابتدا کاهش یافت و در مرحله سوم رسیدن میوه (زرد رسیده) مجددا افزایش و در مرحله بسیار رسیده کاهش یافت و به حداقل مقدار خود رسید (۰/۰۱۴ میلی‌گرم). میزان این ترکیب در آب‌میوه نیز دارای تغییراتی بود به‌طوری که با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به مرحله دوم (تغییر رنگ) مقدار آن افزایش پیدا کرد و در مرحله زرد رسیده مجددا افزایش یافت (۰/۰۱۷ میلی‌گرم) و در مرحله بسیار رسیده کاهش شدیدی یافت و به حداقل مقدار خود رسید (۰/۰۰۱ میلی‌گرم). در بررسی اثرات ساده مشاهده می‌گردد که بدون در نظر گرفتن نوع اندام، میزان فلاون و فلاونول در طی بلوغ میوه ابتدا کاهش معنی‌داری یافت به‌طوری که به کمترین میزان (۰/۰۹۹ میلی‌گرم) در مرحله تغییر رنگ رسید. بیشترین میزان (۰/۱۲۵ میلی‌گرم) در مرحله زرد رسیده اندازه‌گیری شد. بدون در نظر گرفتن مرحله رشد، بیشترین میزان فلاون و فلاونول (۰/۲۹۵ و ۰/۱۱۳ میلی‌گرم) به ترتیب مربوط به نمونه‌های فلاودو و آلبیدو بود و کمترین میزان (۰/۰۱۰ میلی‌گرم) مربوط به نمونه آب‌میوه اترج صغیر بود (جدول ۳).

بالاترین میزان فلاونوئید کل (۱۶/۳۸ میلی‌گرم کوئرستین در گرم نمونه خشک) مربوط به بخش فلاودو میوه در مرحله بسیار رسیده و بعد از آن آلبیدو (۱۱/۲۴ میلی گرم) در مرحله زرد رسیده بود (جدول ۳). میزان فلاودو در طی بلوغ روند افزایشی داشت و به بیشترین مقدار در مرحله آخر بلوغ رسید. گرچه بین مراحل سبز رسیده و مرحله تغییر رنگ اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بین آنها وجود نداشت. میزان

1- Retention Time

2- Peak Area

فلاونوئید کل در آلبیدو دســـتخوش تغییرات زیادی بود به‌طوری که با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به مرحله تغییر رنگ، میزان این ترکیب کاهش پیدا کرد و با تغییر فاز به مرحله زرد رســیده افزایش شــدیدی یافت (افزایش ۱۰۵ درصدی) و با پیشرفت بلوغ در مرحله بسیار رسیده میزان آن مقـداری کاهش یافت (کاهش حدود ۲۳ درصـــدی). میزان این ترکیب در تفاله میوه نیز دارای تغییراتی بود بطوری که با پیشرفت بلوغ، مقدار آن ابتدا شــدیدا کاهش یافت (کمتر از نصــف) و در مرحله سوم رسیدن میوه (رسیده زرد) مجددا افزایش و در مرحله بسیار رسیده به حداکثر مقدار خود رسید (۴/۹۱ میلی‌گرم).

جدول ۲-تجزیه واریانس تاثیر مرحله بلوغ میوه و بخش‌های مختلف میوه بر صفات بیوشیمیایی میوه اترج صغیر

Table 2- ANOVA for the effect of fruit maturity stage and different fruit parts on biochemical traits of citron fruit

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فلاون و فلاونول Flavone and Flavonol	فنل کل Total phenol	میزان فلاونوئید Flavnoid content	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity
بلوک Block	3	0.00024	0.12634	1.0256	23.220
مرحله بلوغ Maturity stage (A)	3	0.00209 **	0.23102 **	75.852 **	1925.8 **
بخش‌های مختلف میوه Different fruit parts (B)	3	0.26993 **	4.7855 **	281.20 **	2509.3 **
مرحله بلوغ× بخش میوه A×B	9	0.01149 **	0.74810 **	28.164 **	732.50 **
ضریب تغییرات C.V (%)	-	16.89	22.03	20.73	18.15

** : Significant at 1% of probability level. ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- میزان ترکیبات فلاون و فلاونول و فلاونوئید کل موجود در بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر در مراحل مختلف بلوغ میوه

Table 3- Flavone and flavonoles and total flavonoide exist in different parts of citron fruit during fruit maturation

	Flavon and Flavonoles (mg/g dry weight) فلاون و فلاونون کل				
مراحل بلوغ میوه **Fruit maturity stages**	**پوست بیرونی** **Flavedo**	**سپیدبر** **Albedo**	**تفاله** **Pulp**	**آبمیوه** **Fruit juice**	**میانگین** **Mean**
رسیده سبز Green mature	0.232d	0.196d	0.039fg	0.010gh	0.117AB
تغییر رنگ Intermediate	0.257c	0.102e	0.025fgh	0.012gh	0.099C
رسیده زرد Ripe-yellow	0.324b	0.115e	0.045f	0.017fgh	0.125A
بسیار رسیده Over-ripe	0.377a	0.039fg	0.014gh	0.001h	0.108BC
Mean میانگین	0.295A	0.113B	0.031C	0.010D	-
	Total flavonoid (mg/g dry weight) فلاونوئید کل				
رسیده سبز Green mature	4.28ef	7.93d	3.14f	0g	3.84C
تغییر رنگ Intermediate	4.58ef	5.48e	1.24g	0.088g	2.85D
رسیده زرد Ripe-yellow	9.49c	11.24b	3.22f	0g	5.99B
بسیار رسیده Over-ripe	16.38a	9.14cd	4.91e	0.385g	7.70A
Mean میانگین	8.68A	8.44A	3.13B	0.12C	*

حروف متفاوت در هر ستون و در ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین مقادیر با توجه به آزمون توکی (p<0.01) هستند.

Means followed by the different letters in each column and row are significantly different at 1% probability level using the Tukey HSD test (P<0.01)

بین مرحله اول و سوم بلوغ میوه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تغییرات میزان فلاونوئید در آب‌میوه از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). در بررسی اثرات ساده مشاهده می‌گردد که بدون در نظر گرفتن نوع اندام میزان فلاونوئید کل در طی بلوغ میوه روند کاهشی معنی‌داری داشت. به‌طوری که کمترین میزان (۲/۸۵ میلی‌گرم) مربوط به مرحله تغییر رنگ و بیشترین میزان (۷/۷۰ میلی‌گرم) در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد. میزان این تغییرات از مرحله دوم بلوغ میوه تا مرحله چهارم بیش از ۱۷۰ درصد بود. بدون در نظر گرفتن مرحله بلوغ، بیشترین میزان فلاونوئید کل (۸/۶۸ و ۸/۴۴ میلی‌گرم) به ترتیب مربوط به نمونه‌های فلاودو و آلبیدو بود و کمترین میزان (۰/۱۲) مربوط به نمونه آب‌میوه اترج صغیر بود (جدول ۳).

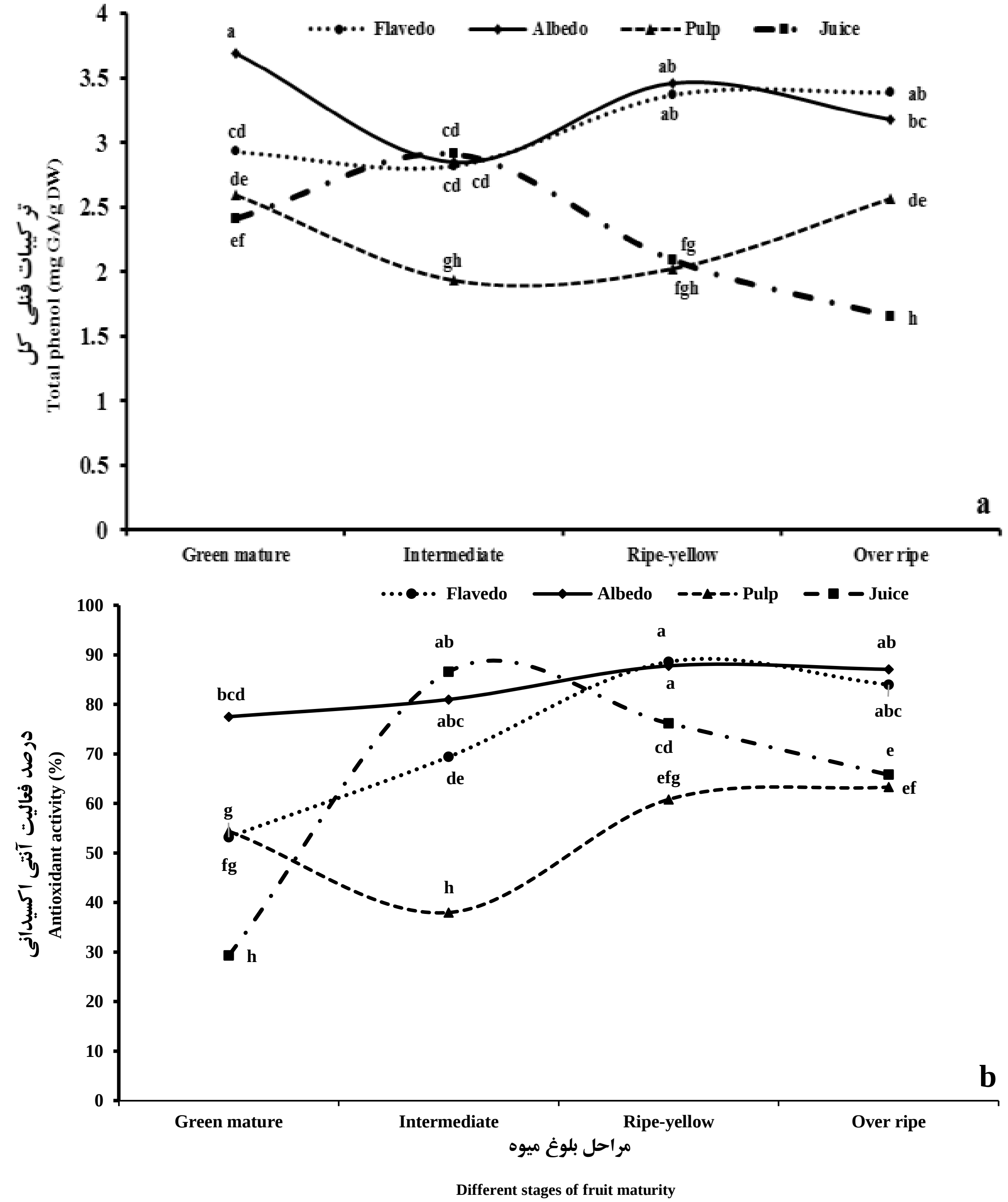
فلاوونوئیدها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که به طور طبیعی در گیاهان وجود دارند و خواص بیولوژیکی قابل توجهی دارند. این مواد نقش مهمی در محافظت از گیاهان در برابر اشعه ماوراء بنفش (UV) دارند. این ترکیبات به دلیل تلخ بودن مانع از تغذیه گیاه‌خوران از آنها می‌شوند. بعلاوه، این مواد دارای خصوصیات آنتی‌باکتریال هستند و گیاه را از پاتوژن‌ها و آلودگی‌ها محافظت می‌کنند (۳۲). فلاوونوئیدها مسئول رنگ گرفتن گل‌ها و میوه‌ها هستند. تاکنون صدها فلاوونوئید معرفی و گزارش شده‌اند. مرکبات به دلیل مقادیر زیادی از گلیکوزیدهای فلاوونوئیدی که در طول سنتز فلاوونوئید در میوه‌ها و برگ‌ها انباشته می‌شوند، دارای اهمیت زیادی هستند. میوه‌های مرکبات (پرتقال، لیمو، گریپ‌فروت، نارنگی، لیموترش، نارنج) منبع قابل توجهی از انواع فلاوونوئیدها هستند (۳۲). طبق تحقیقات انجام شده توسط همتی و امیدبیگی (۱۸)، بیشترین میزان فلاونوئید در گریپ‌فروت مارش در مرحله نارس بود. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با رشد میوه گریپ‌فروت، فلاونویید (نارنجنین) آن کاسته می‌شود و بیشترین میزان فلاونوئید مربوط به مرحله اول برداشت (نارس) است (۱۸). یو و همکاران (۴۰) بیشترین میزان فلاونویید موجود در میوه سه رقم Yuzu (واندو، گوهونگ و سادونگ) و در سه زمان بلوغ (نارس، نیمه‌رسیده و رسیده بالغ) را در بخش فلاویدو و آلبیدو گزارش نمودند. طبق گزارش این محققین میزان ترکیبات فلاونوئید، فنول کل و ویتامین ث در هر سه رقم در بخش پوست بیشتر از گوشت می‌باشد (۴۰).

میزان ترکیبات فنلی کل

مقایسه میانگین مربوط به تأثیر تیمارها بر میزان ترکیبات فنلی کل بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر در مراحل مختلف بلوغ در شکل ۲-a منعکس شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالاترین میزان ترکیبات فنلی کل (۳/۶۹ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم نمونه خشک) مربوط به بخش آلبیدو در مرحله سبز رسیده و بعد از آن در مرحله زرد رسیده (۳/۴۶ میلی‌گرم) و کمترین مقدار (۱/۶۵) مربوط به تفاله در مرحله بسیار رسیده بود. میزان ترکیبات فنلی کل در بخش فلاودو دستخوش تغییرات بود به‌طوری که با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به مرحله تغییر رنگ میزان این ترکیب کاهش پیدا کرد و در مرحله زرد رسیده مقدار آن افزایش یافت (افزایش ۱۹/۵ درصدی). بین مرحله سوم و چهارم بلوغ میوه اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل ۲-a). میزان این ترکیب در آلبیدو نیز دارای تغییراتی بود و با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به تغییر رنگ میزان این ترکیب کاهش پیدا کرد و با تغییر فاز به مرحله زرد رسیده افزایش یافت و با پیشرفت بلوغ در مرحله بسیار رسیده میزان آن مقداری کاهش یافت (کاهش حدود ۹ درصدی). میزان فنل کل در تفاله نیز تغییرات زیادی داشت به‌طوری که با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به مرحله تغییر رنگ میزان این ترکیب کاهش پیدا کرد (کاهش ۳۴ درصدی) و با تغییر فاز به مرحله زرد رسیده افزایش یافت و با پیشرفت بلوغ در مرحله بسیار رسیده میزان آن مقداری افزایش یافت (افزایش حدود ۲۷ درصدی). در آب‌میوه نیز دارای تغییراتی بود به‌طوری که با پیشرفت بلوغ مقدار آن ابتدا افزایش یافت و در مرحله سوم و چهارم رسیدن میوه، میزان این ترکیب کاهش یافت به‌طوری که در مرحله بسیار رسیده به حداقل مقدار خود رسید (۱/۶۵ میلی‌گرم) (شکل ۲-a). در بررسی اثرات ساده مشاهده می‌گردد که بدون در نظر گرفتن نوع اندام، میزان ترکیبات فنلی کل در طی بلوغ میوه ابتدا روند کاهشی معنی‌داری داشت. به‌طوری که کمترین میزان (۲/۶۳ میلی‌گرم) مربوط به مرحله تغییر رنگ و بیشترین میزان (۲/۹۱ میلی‌گرم) در مرحله سبز رسیده اندازه‌گیری شد. گرچه بین مرحله دوم و سوم بلوغ میوه اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۴). بدون در نظر گرفتن مرحله رشد، بیشترین میزان فنل کل (۳/۲۹ و ۳/۱۲ میلی‌گرم) به ترتیب مربوط به نمونه‌های آلبیدو و فلاودو بود و کمترین میزان (۲/۲۶ میلی‌گرم) مربوط به نمونه آب‌میوه بود (جدول ۴).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره

بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۸/۶ درصد) مربوط به بخش فلاودو در مرحله زرد رسیده و بعد از آن آلبیدو (۸۷/۸ درصد) در مرحله زرد رسیده بود و کمترین مقدار (۲۹/۳ درصد) مربوط به آب‌میوه در مرحله سبز رسیده اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی فلاودو در طی بلوغ میوه روند افزایشی داشت و این افزایش از مرحله دوم رسیدن به مرحله سوم چشمگیر بود (افزایش حدود ۲۸ درصدی)، ولی از مرحله سوم (زرد رسیده) به مرحله چهارم رسیدن (بسیار رسیده) مقدار آن کمی کاهش یافت (۸۴/۰ درصد) (شکل ۲-b).



شکل ۲- اثر نوع نمونه و مرحله بلوغ میوه بر میزان ترکیبات فنلی کل (a) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (b) بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر
(*C. medica* var. medica)

Figure 2- The effect of sample type and fruit maturity on total phenolic compounds (a) and antioxidant activity (b) of citron fruit (*C. medica* var. medica)

جدول ۴- اثر مرحله بلوغ میوه و بخش‌های مختلف میوه بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica)

Table 4- The effect of fruit maturity and different fruit parts on total phenolic compounds and antioxidant activity of citron fruit (*C. medica* var. medica)

		ترکیبات فنلی کل Total phenolic compounds	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity
مراحل بلوغ میوه Fruit maturity stages	Green mature رسیده سبز	2.91a	53.60c
	Intermediate تغییر رنگ	2.63b	68.70b
	Ripe-yellow رسیده زرد	2.74b	78.35a
	Over-ripe بسیار رسیده	2.70b	75.05a
بخش‌های مختلف میوه Different fruit parts	Flavedo پوست بیرونی	3.13b	73.80b
	Albedo سپیدبر	3.29a	83.35a
	Pulp تفاله	2.28c	54.13d
	Fruit juice آب‌میوه	2.27c	64.48c

حروف مشابه در هر ستون در رابطه با هر صفت نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با توجه به آزمون توکی ($p<0.05$) می‌باشد.

Means followed by the same letters in each column as relation to each factor are not significantly different at 5% of probability level using the Tukey HSD test.

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آلبیدو دستخوش تغییرات بود و با تغییر مرحله رشد از سبز رسیده به مرحله تغییر رنگ میزان این ترکیب افزایش پیدا کرد و با تغییر فاز به مرحله زرد رسیده مجددا افزایش یافت (۸۷/۸ درصد) و با پیشرفت بلوغ در مرحله بسیار رسیده میزان آن مقداری کاهش یافت (۸۷/۱ درصد). فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تفاله نیز دارای تغییراتی بود بطوری که با پیشرفت بلوغ مقدار آن ابتدا کاهش یافت و در مرحله سوم رسیدن میوه افزایش و در مرحله بسیار رسیده به حداکثر مقدار خود رسید (۶۳/۳ درصد). میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آب‌میوه دستخوش تغییرات زیادی بود به‌طوری که از مرحله سبز رسیده به مرحله تغییر رنگ میزان آن افزایش شدیدی یافت (افزایش حدود ۱۹۶ درصدی) و در مرحله زرد رسیده مقدار آن کاهش یافت (۷۶/۲ درصد) و در مرحله چهارم رسیدن (بسیار رسیده) مجددا کاهش یافت (۶۵/۸ درصد) (شکل ۲-b). در بررسی اثرات ساده (جدول شماره ۴) مشاهده می‌گردد که بدون در نظر گرفتن نوع اندام، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی بلوغ میوه ابتدا روند افزایشی داشت، ولی از مرحله زرد رسیده به مرحله بسیار رسیده مقدار آن کمی کاهش یافت (۷۵/۰ درصد). به‌طوری که کمترین میزان (۵۳/۶ درصد) مربوط به مرحله سبز رسیده و بیشترین میزان (۷۸/۴ درصد) در مرحله زرد رسیده اندازه‌گیری شد. میزان این تغییرات از مرحله اول بلوغ میوه تا مرحله سوم ۴۶ درصد بود. بدون در نظر گرفتن مرحله رشد بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۳/۳ و ۷۳/۸ درصد) به ترتیب مربوط به نمونه‌های آلبیدو و فلاودو بود و کمترین میزان (۵۴/۱ درصد) مربوط به نمونه تفاله بود (جدول ۴).

براساس تحقیق انجام شده توسط زو و همکاران (۳۹) مشخص گردید، همزمان با بلوغ میوه‌های پونکان (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka) و نوعی گریپ‌فروت (هویو Huyou) اسیدهای فنلی موجود در پوست و گوشت کاهش یافت، ولی در نهایت میزان آنها در پوست بیشتر از گوشت بوده است (۳۹) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. از طرف دیگر، فتاحی و همکاران (۱۳) گزارش کردند که میزان فنل کل ارقام مختلف پرتقال طی رسیدن ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. طبق گزارشات انجام شده، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل و ویتامین ث در پوست برخی ارقام مرکبات (۱۶ بیوتیپ پیوند شده روی پایه نارنج) بالاتر از گوشت میوه بود.

همچنین میزان فنل کل در گوشت میوه تا حدودی بالاتر از پوست گزارش شد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پوست و گوشت میوه‌ها همبستگی ضعیفی با ویتامین ث و فنول کل داشت (۱). در تحقیق دیگری در ارتباط با واریته ای از اترج یا بالنگ انگشت (Finger citron)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس میوه طی سه مرحله بلوغ (IM، INT و MAT) با دو روش اندازه‌گیری گردید و گزارش شده که در هر دو روش بالاترین میزان فعالیت‌آنتی اکسیدانی مربوط به میوه نابالغ بوده است و طی بلوغ فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس کاهش یافته است (۳۸) که با نتایج تحقیق حاضر در تضاد می‌باشد. از طرف دیگر برخی محققین افزایش فعالیت فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مرکبات با پیشرفت بلوغ را گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در تحقیقی که توسط یو و همکاران (۴۰) در رابطه با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ترکیبات فنلی کل و بیوفلاونوئید در عصاره پوست و گوشت گونه‌ای مرکبات *Citrus junos* Sieb ex Tanaka انجام شد، نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی کل و بیوفلاونوئید مربوط به بخش پوست، در مرحله رسیده بالغ می‌باشد.

جدول ۵-تجزیه واریانس تاثیر مرحله بلوغ میوه بر ویژگی‌های آب‌میوه و تغییرات فیزیکی بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica)

Table 5 - ANOVA for the effect of maturity stage on fruit juice properties and physical changes of different parts of citron fruit *C. medica* var. medica

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر فلاودو Flavedo fresh weight	وزن خشک فلاودو Flavedo dry weight	وزن تر آلبیدو Albedo fresh weight	وزن خشک آلبیدو Albedo dry weight	نسبت وزن تر فلاودو به وزن تر میوه Flavedo F.W./fruit F.W.	نسبت وزن خشک فلاودو به آلبیدو Flavedo D.W./Albedo D.W.	وزن تر میوه Fruit fresh weight
بلوک Block	3	43.475	6.320	98.752	2.915	0.001	0.070	3966.684
مرحله بلوغ Maturity stage	3	1174.506**	9.817**	19.985ns	6.241*	0.004**	0.237**	7516.307**

منبع تغییرات S.O.V	قطر میوه Fruit diameter	ارتفاع میوه Fruit height	حجم آب‌میوه Juice volume	اسیدیته pH	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتر TA	نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتر TSS/TA	ویتامین ث Vitamin C
بلوک Block	0.432	0.821	88.5	0.0074	1.262	0.035	0.881	0.308
مرحله بلوغ Maturity stage	1.693ns	3.807ns	1100.49**	0.079**	4.014**	1.803ns	0.529ns	1.784**

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

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

در بخش گوشت میوه نیز بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مرحله رسیده بالغ بود اما میزان ترکیبات فنولی‌کل و بیوفلاونوئید در مرحله نارس بیشترین مقدار مشاهده گردید (۴۰). در پژوهش انجام شده در رابطه با پرتقال خونی رقم سانگین، مشخص گردید فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه با پیشرفت بلوغ افزایش یافت (۱۷). فعالیت آنتی‌اکسیدانی یک اندام یا نمونه گیاهی تا حد زیادی بستگی به ترکیبات غالب موجود در آن دارد. گرچه در برخی موارد ممکن است ویژگی سینرژیستی یا آنتاگونیستی برخی از ترکیبات جزئی‌تر نیز روی این ویژگی اثرگذار باشد. در رابطه با مرکبات وجود ترکیباتی مانند اسانس، فنول‌ها، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و اسید اسکوربیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندام مورد سنجش تاثیرگذار می‌باشد. البته عواملی مانند نوع گونه یا رقم، شرایط محیطی کشت (به‌ویژه دما و رطوبت نسبی محیط)، روش خشک کردن، مرحله بلوغ و روش ارزیابی فعالیت‌های بیولوژیکی نمونه‌های گیاهی در نتایج ارزیابی ویژگی‌های بیوشیمیایی نمونه مورد آزمایش تاثیرگذار می‌باشد (۴، ۹ و ۳۸).

تغییرات فیزیکی بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر

نتایج مربوط به تاثیر مرحله بلوغ میوه بر تغییرات فیزیکی بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر در جدول ۵ گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تاثیر مرحله بلوغ میوه بر کلیه صفات به جز وزن تر آلبیدو، قطر میوه و ارتفاع میوه معنی‌دار گردید. حداکثر میزان وزن تر فلاودو در مرحله بسیار رسیده (۷۴/۸۶ گرم) اندازه‌گیری شد و بین سایر تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل a-۳). میزان وزن خشک فلاودو نیز دارای تغییراتی بود به‌طوری که از مرحله سبز رسیده به تغییر رنگ میزان آن کاهش یافت و به حداقل مقدار خود رسید (۸/۷۹ گرم) و در مرحله زرد رسیده میزان وزن خشک فلاودو افزایش یافت (۹/۲۰) و در مرحله بسیار رسیده مجددا افزایش یافت و حداکثر میزان (۱۲/۱۴ گرم) در این مرحله اندازه‌گیری شد (شکل b-۳). تغییرات وزن تر آلبیدو در مراحل بلوغ، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند در حالی که میزان وزن خشک آلبیدو تحت تأثیر مرحله رسیدن میوه قرار گرفته است به‌طوری که حداکثر میزان آن (۱۱/۲۵ گرم) در مرحله سبز رسیده اندازه گیری شد و با پیشرفت بلوغ میزان آن کاهش یافت و کمترین میزان (۸/۴۱ گرم) در مرحله بسیار رسیده بود (شکل b-۳). نسبت وزن تر فلاودو به وزن تر میوه از مرحله اول رسیدن (سبز رسیده) به مرحله دوم (تغییر رنگ) کمی کاهش یافت (۰/۲۰۲) و در مرحله زرد رسیده و بسیار

رسیده میزان آن افزایش یافت و حداکثر میزان آن (۰/۲۷۰) در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد (شکل ۳-c). بیشترین نسبت وزن خشک فلاودو به وزن خشک آلبیدو (۱/۴۴) مربوط به مرحله بسیار رسیده بود و سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۳-c). همچنین بیشترین میزان وزن تر میوه مربوط به مرحله بسیار رسیده بود (۲۷۷/۷۸ گرم) و سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۳-d). ارتفاع میوه دستخوش تغییرات در طی بلوغ شدند ولی این تغییرات از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶). در تحقیقی روند تغییر ترکیب‌های زیست فعال و خصوصیات فیزیکی میوه دو رقم لیموترش لیسبون (*Citrus limon* cv. Lisbon) و کوک اورکا (*C. limon* cv. Cook Eureka) طی رسیدن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد، به طور کلی وزن میوه طی رسیدن همزمان با صفات طول، عرض، حجم، ضخامت پوست و درصد عصاره افزایش یافت (۳۱). رشد و بزرگ شدن میوه نتیجه تقسیم سلولی و متعاقب آن بزرگ شدن سلولی است. در نتیجه با افزایش رشد میوه مرکبات بر وزن میوه افزوده می‌شود که به افزایش عملکرد وزن خشک می‌انجامد. با گذشت زمان و دریافت نور، آب و درجه حرارت بیشتر، میزان سنتز مواد آلی در اندام‌های مختلف از جمله میوه زیاد می‌شود که نتیجه آن افزایش عملکرد وزن میوه است. در تحقیقی دیگر گزارش شده است که میوه‌های مرکبات دارای چهار مرحله رشدی می‌باشند. رشد میوه‌ها در مرحله سوم که کیسه‌های آب میوه توسعه می‌یابند به حداکثر اندازه می‌رسند (۱۵). نتایج تحقیق همتی و امید بیگی (۱۸) بر روی میوه گریپ فروت مارش نشان داد که با گذشت زمان میزان وزن تر گریپ‌فروت مارش افزایش یافته است. در تحقیقی اثر پنج پایه بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی میوه نارنگی رقم جدید یاشار طی مراحل رسیدن مورد بررسی قرار گرفت و اندازه میوه‌ها طی زمان‌های مورد بررسی، تغییرات زیادی نداشت (۱۲). نتایج تحقیق فتاحی‌مقدم و همکاران (۱۱) در ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌های نارنگی ارقام جدید نوشین *Citrus reticulate* cv. (Noushin) و شاهین (*Citrus reticulate* cv. Shahin) طی زمان‌های مختلف برداشت نشان داد که اندازه میوه، میانگین قطرهای حسابی، هندسی و هم ساز در هر دو رقم طی برداشت‌های بعدی نسبت به برداشت اول تغییر معنی‌داری نداشت. از آنجا که رشد میوه مرکبات تابع یک الگوی سیگموئید است، افزایش وزن میوه، سریع است و با پایان فاز تقسیمات سلولی از این میزان کاسته می‌شود، ولی افزایش قطر میوه در مقایسه با وزن آن از روند یکنواخت‌تری برخوردار است (۳۹).

تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب میوه اترج صغیر

تاثیر مرحله بلوغ میوه بر همه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب میوه اترج صغیر به جز میزان اسیدیته قابل تیتر و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتر (TSS/TA) معنی‌دار گردید (جدول ۵). کمترین میزان حجم آب‌میوه (۳۶/۹۲ میلی‌لیتر) در مرحله سبز رسیده بود و با پیشرفت بلوغ میزان آن افزایش یافت به‌طوری که بیشترین میزان آن (۷۳/۱۳ میلی‌لیتر) در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد (جدول ۶). از نظر میزان اسیدیته بین سه مرحله اول بلوغ اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود ندارد و در مرحله بسیار رسیده اسیدیته کاهش یافته است (جدول ۶). میزان مواد جامد محلول موجود در آب‌میوه تحت تأثیر مرحله رسیدن قرار گرفته است به‌طوری که بیشترین میزان در مرحله سبز رسیده (۱۰/۲۳ درصد) اندازه‌گیری شد و با پیشرفت بلوغ میزان آن کاهش یافت و کمترین میزان آن در مرحله بسیار رسیده (۷/۸۳ درصد) بود (جدول ۶).

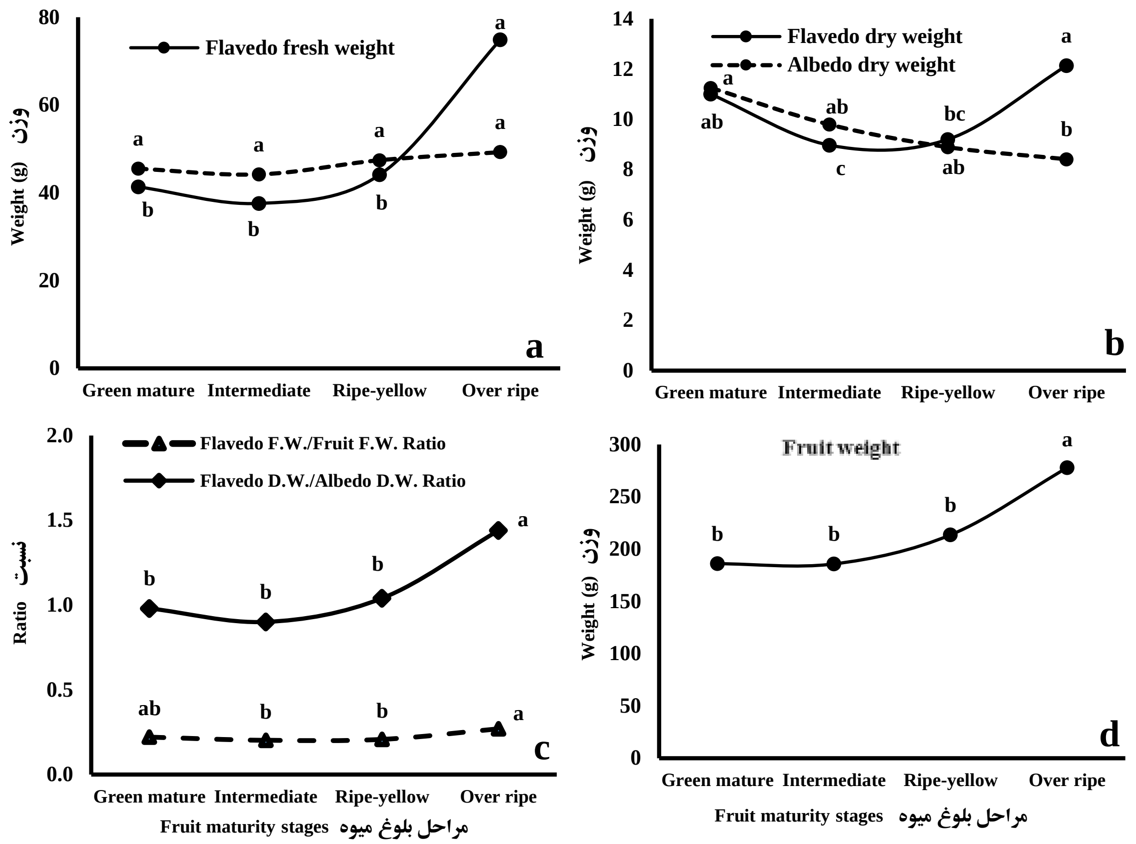
جدول ۶- تأثیر مرحله رسیدن میوه بر ویژگی‌های آب‌میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica)

Table 6 - The effect of fruit ripening stage on the juice characteristics of citron fruit *C. medica* var. medica

مراحل بلوغ میوه **Fruit maturity stages**	حجم آبمیوه **Fruit Juice (ml)**	اسیدیته **pH**	مواد جامد محلول **TSS (%)**	اسیدیته قابل تیتر **TA (%)**	نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتر **TSS/TA**	ویتامین ث **Vitamin C (mg/100 g)**
رسیده سبز Green mature	36.92 c	2.88 a	10.23 a	2.48 a	4.16 a	36.81 a
تغییر رنگ Intermediate	39.20 bc	2.97 a	9.47 ab	2.43 a	3.94 a	30.04 a
رسیده زرد Ripe-yellow	51.61 b	2.91 a	9.10 b	2.00 a	4.61 a	28.32 b
بسیار رسیده Over-ripe	73.13 a	2.65 b	7.83 c	1.90 a	4.17 a	20.53 c

* وجود حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی ($p<0.05$) می‌باشد.

* In each column means with similar letter are not significant using the Tukey's HSD test ($p<0.05$).



شکل ۳- تغییرات فیزیکی بخش‌های مختلف میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica) تحت تاثیر مرحله رسیدن میوه (.F.W: وزن تر، .D.W: وزن خشک)

Figure 3- Physical fluctuations from different parts of citron fruit (*C. medica* var. medica) influenced by fruit ripening (F.W.: fresh weight, D.W.: dry weight)

اختلاف معنی‌داری از نظر میزان اسیدیته قابل تیتر و میزان TSS به TA در مراحل رسیدن میوه وجود نداشت (جدول ۶). میزان ویتامین ث تحت تأثیر مرحله رسیدن قرار گرفته است به‌طوری که بیشترین میزان آن در مرحله سبز رسیده (۳۶/۸۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) اندازه‌گیری شد و با پیشرفت بلوغ میزان ویتامین ث کاهش یافت و کمترین میزان در مرحله بسیار رسیده (۲۰/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) مشاهده شد (جدول ۶). فتاحی و همکاران (۱۴)، به نقل از بیاله (۱۹۶۰) بیان کردند که افزایش مواد جامد محلول و قند کل میوه طی رسیدن به دلیل هیدرولیز نشاسته به قند و همچنین کاهش در میزان تجزیه قند طی تخمیر است. معیار برداشت برخی از ارقام مرکبات بر اساس میزان TSS و نسبت TSS به TA است که همان ترش و شیرینی مزه هم می‌گویند. زمان برداشت میوه مرکبات در منطقه شمال به درصد قند و اسیدیته ارتباط دارد و در نتیجه بین میزان قند میوه و اسیدیته در زمان برداشت معمولا تعادلی باید وجود داشته باشد (۱۴). به طور معمول، نسبت این دو شاخص بیان کننده طعم و مزه میوه است و همواره مورد توجه پژوهشگران در ارزیابی کیفی میوه‌ها بوده است. در پژوهشی گزارش شد که افزایش در نسبت TSS/TA به دلیل کاهش در میزان اسیدیته قابل تیتر و ثابت بودن میزان TSS است (۲۷). در این پژوهش نیز مشاهده شد که افزایش این نسبت بیشتر به دلیل کاهش TA در طول رسیدن میوه بوده است (گرچه اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بین تیمارها وجود نداشت). همچنین نسبت دو شاخص TSS به TA معمولا به عنوان شاخص بلوغ در نظر گرفته شده و با توجه به شرایط آب و هوایی، مقدار آن در هنگام رسیدن میوه در هر منطقه تعیین می‌شود. روند کاهشی ویتامین ث با رسیدن، در برخی میوه‌ها نیز گزارش شده است. برای مثال در ازگیل حداکثر اسکوربیک اسید در اولین مرحله نمو ثبت شد و کمترین آن در مرحله قبل از رسیدن بود. محتوای اسکوربیک اسید با بزرگ شدن میوه کاهش یافت. این حالت در میوه‌هایی چون خرمالو و گیلاس نیز مشاهده شده است. به نظر می‌رسد در طی رسیدن میوه، هورمون اتیلن که نسخه‌برداری از ژن‌های سنتزکننده آنزیم‌های مختلف را در جهت کاهش ترکیب‌های گیاهی تأثیرگذار در فرایند رسیدگی فعال می‌کند، افزایش می‌یابد. با بالارفتن سرعت متابولیسم طی رسیدن، تعداد رادیکال‌های آزاد تولید شده افزایش یافته و آنتی‌اکسیدان هایی مانند اسکوربیک اسید در جهت حفاظت از اثرات سمی رادیکال‌های

آزاد و کاهش مواد مضر مصرف شده و مقدار آن کاهش می‌یابد (۲۹).

میزان اسانس و محتوی کلروفیل موجود در بخش فلاودو

نتایج تجزیه واریانس مرحله بلوغ میوه اترج صغیر بر میزان اسانس، عملکرد اسانس و محتوی کلروفیل (آ، ب و کل) معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارها بر درصد و عملکرد اسانس در شکل ۴ آورده شده است. بیشترین میزان اسانس (۲/۳۷ درصد حجمی-وزنی) در مرحله تغییر رنگ اندازه‌گیری شد و با پیشرفت بلوغ میزان اسانس کاهش یافت (۱/۶۴ درصد) گرچه بین سایر مراحل بلوغ اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل ۴-a). از طرف دیگر، کمترین عملکرد اسانس (۰/۱۵ میلی‌لیتر در میوه) مربوط به میوه رسیده زرد بود در حالی که سایر تیمارها در یک گروه قرار داشتند (شکل ۴-b). مطابق نتایج مندرج در شکل ۴-c، طی بلوغ میوه، محتوای کلروفیل (آ، ب و کل) کاهش معنی‌داری داشت. بالاترین میزان کلروفیل آ (۲/۷۵ میلی‌گرم در گرم نمونه خشک) در مرحله ابتدای بلوغ و کمترین میزان در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد. بین مراحل رسیده زرد و بسیار رسیده اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود نداشت. کلروفیل ب و کلروفیل کل نیز روند نزولی یکسانی را طی نمودند. از نظر کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری بین مرحله سوم و چهارم بلوغ وجود نداشت. بیشترین میزان اسانس (۶/۹ درصد) در نارنگی خاسی (Khasi) از کشور هند، در مرحله تغییر رنگ اندازه‌گیری شد در حالی‌که کمترین میزان (۵ درصد) در مرحله کاملا رسیده اندازه‌گیری شد (۳) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. پژوهشی در کشور چین در رابطه با تغییرات کمی و کیفی اسانس واریته‌ای از اترج (واریته سارکوداکتیلیس Sarcodactylis) انجام گرفت. در این تحقیق تغییرات اسانس در سه مرحله بلوغ (نابالغ، تغییر رنگ و میوه بالغ) بررسی شد. نتایج نشان داد که طی رسیدن میزان اسانس افزایش می‌یابد (۳۸). در تحقیق دیگری در کشور تونس در رابطه با تغییرات اسانس ۴ گونه مرکبات در ۳ مرحله بلوغ (سبز رسیده، نیمه رسیده و رسیده) مشخص گردید که در میوه نارنج طی فرآیند بلوغ میزان اسانس ابتدا کاهش و سپس افزایش چشمگیری داشت. بطوری‌که بیشترین میزان اسانس مربوط به مرحله رسیده و کمترین میزان مربوط به مرحله نیمه رسیده بود. ولی در رابطه با لیمو، بیشترین میزان اسانس در مرحله سبز رسیده اندازه گیری شد و با پیشرفت بلوغ میزان اسانس کاهش یافت. درحالیکه در دو گونه دیگر مرکبات، پرتقال مالتایز و نارنگی، بیشترین میزان اسانس در مرحله نیمه رسیده اندازه گیری شد (۵). این تغییرات شدید رفتاری را می توان به ساختار ژنتیکی متفاوت گونه‌های مرکبات، شرایط اقلیمی منطقه کشت، تغییرات آب و هوایی در زمان برداشت مانند میانگین دما و بارش فصلی، نوع نمونه (تر یا خشک) و روش استخراج مرتبط دانست (۳، ۱۹ و ۳۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس تاثیر مرحله رسیدن میوه بر برخی مواد موثره و اجزای فلاونوئیدهای میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica)

Table 7- ANOVA for the effect of maturity stage on some active substances and flavonoids constituents of citron fruit *C. medica* var. medica

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield	کلروفیل آ Chlorophyll a	کلروفیل ب Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll
بلوک Block	3	0.015	0.0001	0.077	0.166	0.453
مرحله بلوغ Maturity stage	3	0.339**	0.002*	4.14**	2.71**	13.3**
منبع تغییرات S.O.V	**درجه آزادی df**	**روتین Rutin**	**ترانس فرولیک اسید Trans ferulic acid**	**هسپریدین Hesperidin**	**هسپرتین Hesperetin**	**کوئرستین Quercetin**
بلوک Block	2	0.001	0.001	0.008	0.001	0.005
مرحله بلوغ Maturity stage	2	**0.034	0.004**	0.735**	0.047**	0.414**

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

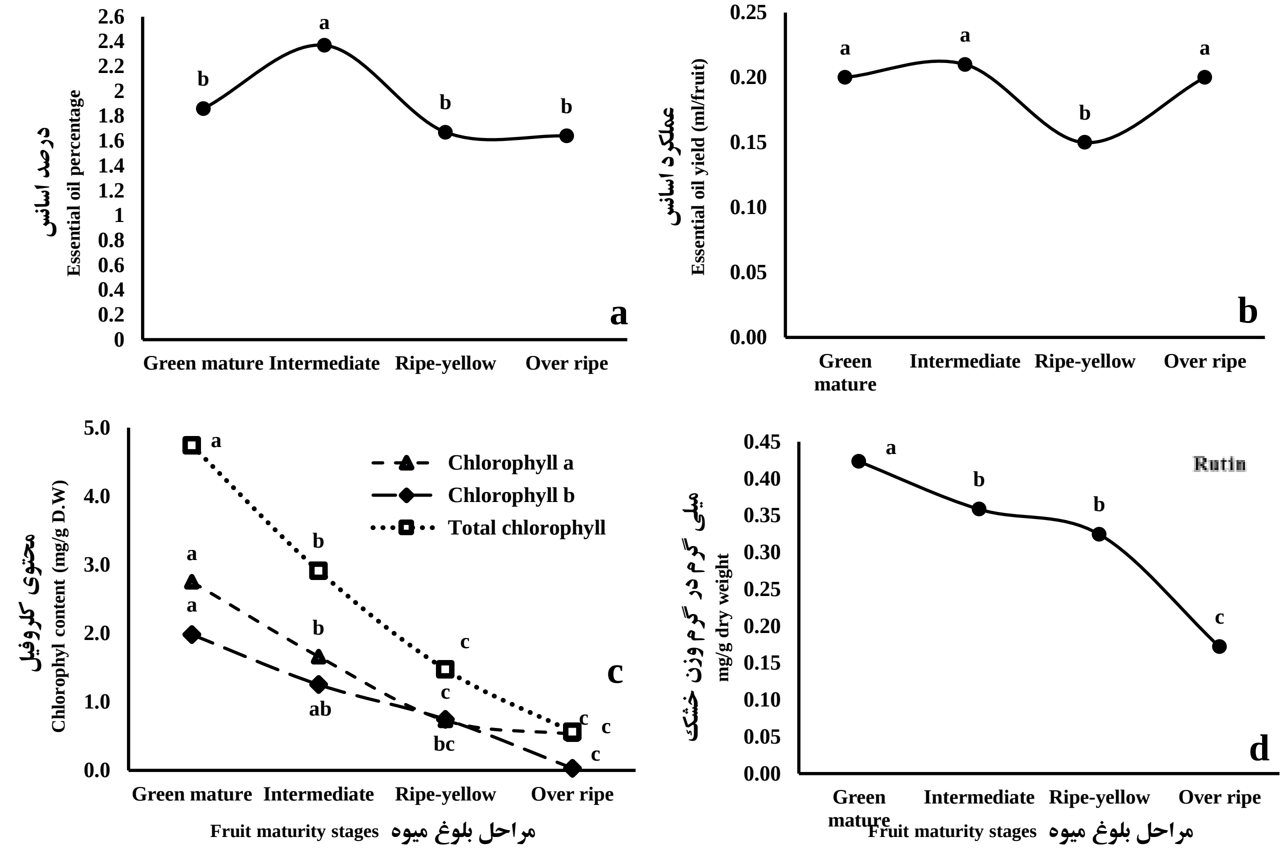
* and **: Significant at 5% and 1% of probability levels , respectively.

همزمان با بلوغ میوه مرکبات، رنگ پوست به دلیل اختلاف دمای شب و روز و به دنبال آن کاهش کلروفیل و افزایش غلظت کاروتنوئید

تغییر رنگ می‌دهد. کاروتنوئیدهای متنوعی مسئول ایجاد رنگ در گونه‌های مرکبات هستند و فراهم شدن شرایط دمایی مناسب سبب افزایش بیان ژن‌های مربوط به سنتز کاروتنوئیدهای کلیدی در پوست شده است (۶). در حالت عادی در داخل کلروپلاست، آنزیم کلروفیلاز با غشاء درونی پیوند داشته و به سوبسترای اصلی خود که با تیلاکوئیدها پیوند شده، دسترسی ندارد، ولی در طی فرآیند بلوغ و پیری میوه یا برگ، انسجام کلروپلاست از بین رفته و این دو ترکیب در تماس مستقیم با هم قرار گرفته که در نهایت منجر به تجزیه کلروفیل می‌شود (۳۵). تجزیه کلروفیل و تبدیل شدن آن به فئوفیتین و فئوفورباید منجر به تغییر رنگ میوه‌ها و سبزی‌ها از سبز به سبز روشن و در نهایت زرد، قرمز یا بنفش می‌شود (۲۰). از دست دادن رنگ زمینه با مجموعه فعالیت‌های بیوشیمیایی میوه در زمان رسیدن نظیر میزان تنفس، تولید اتیلن و تجزیه پروتئین‌ها در ارتباط است (۳۰).

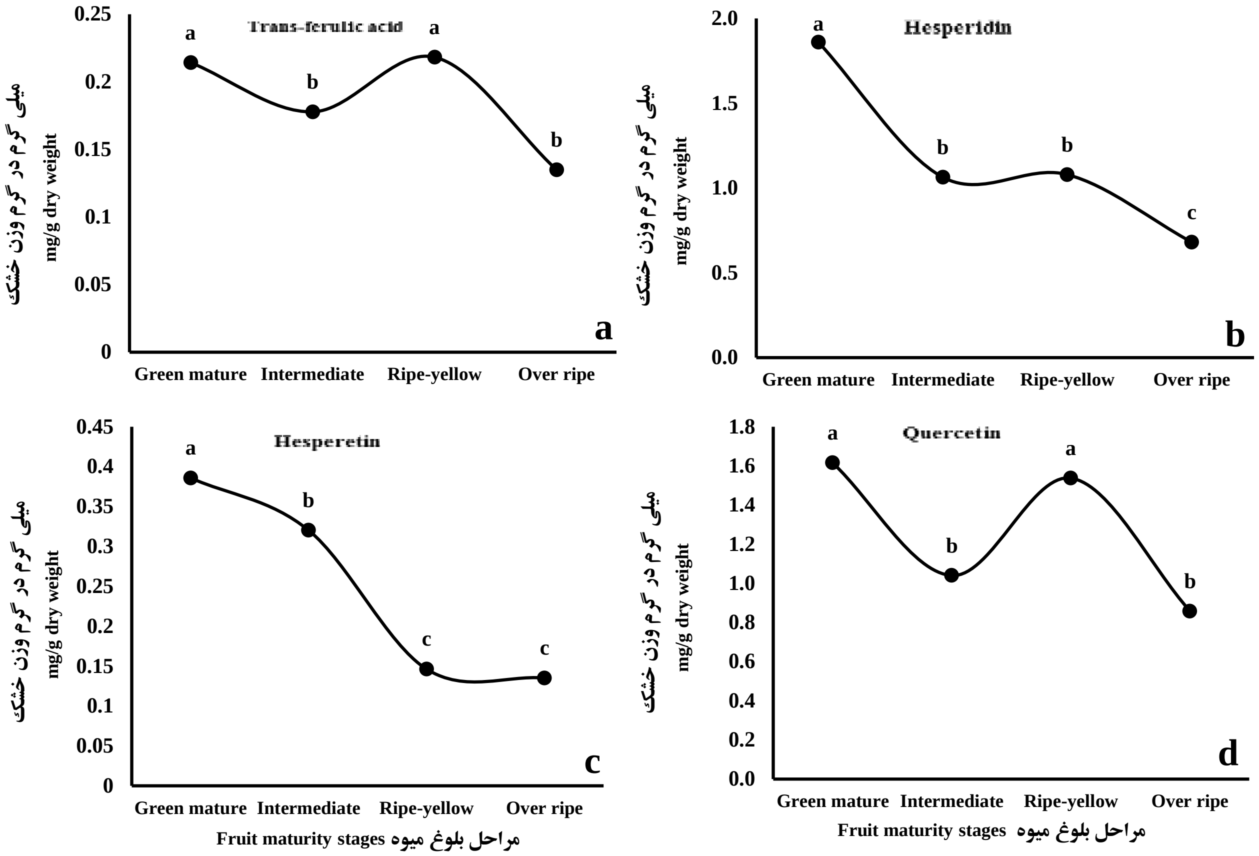
پلی فنول‌های موجود در پوست فلاودو اترج صغیر

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مرحله بلوغ میوه اترج صغیر بر میزان پلی‌فنل‌های موجود در فلاودو پوست (روتین، ترانس-فرولیک اسید، هسپریدین، هسپرتین و کوئرستین) تاثیر معنی‌داری دارد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان روتین تحت تأثیر مرحله رسیدن قرار گرفته است به‌طوری که بیشترین میزان در مرحله سبز رسیده اندازه‌گیری شد (۰/۴۲۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و با پیشرفت بلوغ مقدار روتین کاهش یافت به طوری که کمترین میزان (۰/۱۷۲ میلی‌گرم بر گرم) در مرحله بسیار رسیده مشاهده گردید (شکل ۴-d). بیشترین میزان ترانس فرولیک اسید (۰/۲۱۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) در مرحله سوم رسیدن (زرد رسیده) اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری با میوه رسیده سبز نداشت و کمترین میزان آن در مرحله بسیار رسیده (۰/۱۳۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) اندازه‌گیری شد (شکل ۵-a). بیشترین میزان هسپریدین (۱/۸۶۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مربوط به مرحله سبز رسیده بود و با پیشرفت بلوغ میزان آن کاهش یافت بطوریکه کمترین میزان (۰/۶۸۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد. تغییرات این ترکیب در مرحله تغییر رنگ و رسیده زرد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۵-b).



شکل ۴- تغییر در میزان اسانس، عملکرد اسانس، محتوی کلروفیل و میزان روتین موجود در پوست میوه اترج صغیر در مراحل مختلف رسیدن میوه (*C. medica* var. medica)

Figure 4- Change in essential oil content, essential oil yield, chlorophyll content and Rutin amount of citron fruit (*C. medica* var. medica) at different stages of fruit ripening



شکل ۵- تاثیر مرحله بلوغ میوه بر میزان پلی‌فنل‌های موجود در بخش فلاودو پوست میوه اترج صغیر (*C. medica* var. medica)

Figure 5- The effect of fruit maturity on polyphenol constituents of citron fruit (*C. medica* var. medica)

میزان هسپرتین به شدت تحت تأثیر مرحله رسیدن قرار گرفته است به‌طوری که بیشترین میزان هسپرتین (۰/۳۸۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مربوط به مرحله سبز رسیده بود و با پیشرفت بلوغ میزان آن کاهش یافت به‌طوری که کمترین میزان (۰/۱۳۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد (شکل ۵-c). نتایج نشان داد که بیشترین میزان کوئرستین (۱/۶۱۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) در مرحله رسیده سبز بود و با پیشرفت بلوغ میزان آن کاهش یافت. ولی از مرحله دوم رسیدن (تغییر رنگ) به مرحله مرحله سوم (زرد رسیده) مقدار آن افزایش یافت (۱/۵۳۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و مجددا در مرحله چهارم میزان کوئرستین کاهش یافت به‌طوری که کمترین میزان آن در مرحله بسیار رسیده (۰/۸۵۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) اندازه‌گیری شد (شکل ۵-d). در مرکبات حدود ۶۰ نوع ترکیب از گروه فلاونوئیدها شناسایی شده‌اند. ترکیباتی چون نارنجین، هسپریدین، نئوهسپریدین، کوئرستین و برخی آنتوسیانین‌ها (موجود در پرتقال‌های خونی) از مهم‌ترین فلاونوئیدهای موجود در مرکبات هستند (۳۳). یو و همکاران (۴۱) بر روی فلاونوئیدهای موجود در پوست و عصاره گریپ‌فروت تحقیق کردند و نتایج آنها نشان داد که روتین در پوست میوه وجود ندارد اما در عصاره میوه به میزان ۰/۰۳۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر روتین وجود داشت. در پژوهشی دیگر، در پوست میوه لایم در هیچ یک از مراحل برداشت (۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ روز پس از تشکیل میوه) ترکیب روتین شناسایی نگردید. همچنین بیشترین میزان فلاونوئید هسپریدین در پوست میوه لایم (۳/۲۳ درصد وزن خشک) در ۳۰ روز بعد از تشکیل میوه و کمترین میزان آن (۰/۲۷ درصد وزن خشک) مربوط به ۹۰ روز پس از تشکیل میوه بود. به‌طوری که با گذشت روزهای پس از گلدهی میزان آن شدیدا کاهش یافت (۱۶). طبق بررسی‌های انجام شده غلظت فلاوونوئید در مرکبات به سن گیاه بستگی دارد. بافت‌های گیاهی تحت تقسیم سلولی دائمی (بافت‌های جوان‌تر) دارای بالاترین سطح فلاوونوئیدها هستند (۳۲). دل-ریو و همکاران (۷) نیز در بررسی‌های خود که بر روی فلاونوئیدهای موجود در میوه دو رقم لمون در مراحل مختلف رشد انجام دادند، گزارش کردند که بیشترین میزان فلاونوئید هسپریدین (۳۹/۶ درصد وزن خشک)، در مرحله ۳۰ روز پس از

تشـکیل میوه و کمترین میزان هسـپریدین (۰/۸۱ درصد وزن خشک) در ۱۵۰ روز پس از تشـکیل میوه یافت شد. وانگ و همکاران (۳۶) در تحقیقی که بر روی مرکبات کاشـــته شـــده در تایوان انجام دادند، مشـخص کردند که ترکیبات غالب در مرکبات، هسـپریدین، نارنجین، کامفرول و دیوســمین می باشــند. همانطور که مشـاهده گردید نتایج تحقیق حاضــر با نتایج بســیاری از پژوهشــگران در رابطه با ســایر گونه‌های مرکبات تطابق داشـت و با پیشرفت بلوغ غلظت فلاونوئیدها کاهش یافت. ممکن است افزایش میزان فلاونوئید کل در این تحقیق بـه دلیل افزایش کارتنوئیدها (که خود زیرمجموعه‌ای از فلاونوئیدهای رنگی می‌باشند) و سایر فلاونوئیدها باشد.

نتیجه‌گیری

اترج صغیر یکی از گونه‌های مرکبات می‌باشد که در جنوب استان فارس کشت می‌گردد و علاوه بر استفاده از آب‌میوه این گونه از پوست میوه آن جهت اسـانس‌گیری (به دلیل عطر مطبوع آن کاربرد وسـیعی در صــنایع شـیرینی‌پزی به ویژه شـیرینی‌های خامه‌ای) و عرق‌گیری جهت کاربردهای دارویی و غذایی اســتفاده می‌شــود. انتخاب بهترین بخش گیاهی و مناسـب‌ترین زمان برداشـت نقش بسـزایی در حصول حداکثر ماده موثره این گیاه (اسانس و فلاونوئیدها به عنوان مهم‌ترین متابولیت ثانویه) دارد. به طور کلی نمونه‌های پوست بیرونی (فلاودو) و ســپیدبر (آلبیدو) در بیشــتر صــفات مهم دارویی دارای غلظت بالایی بودند و مراحل ابتدایی بلوغ (رسیده سبز و مرحله تغییر رنگ) به عنوان بهترین مراحل جهت دستیابی به حداکثر ترکیبات دارویی مهم در این گونه شـناخته شـد. همچنین پیشـنهاد می‌گردد تجزیه اسـانس جهت تعیین کیفیت ترکیبات آن نیز در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد.

منابع

1- Ahankoub Ro M., Foutohi Ghazvini R., and Fattahi Moghadam J. 2014. Investigation biochemical diversity of peel and pulp from some natural citrus biotypes. Journal of Plant Production Research 21(4): 81-98. (In Persian with English abstract)

2- Bhuiyan M.N.I., Begum J., Sardar P.K., and Rahman MS. 2009. Constituents of peel and leaf essential oils of *Citrus medica* L. Journal of Scientific Research 1: 387-392.

3- Bhuyan N., Barua P.C., Kalita P., and Saikia A. 2015. Physico-chemical variation in peel oils of Khasi mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) during ripening. Indian Journal of Plant Physiology 20: 227-231.

4- Boudries H., Madani, K., Touati, N., Samiha S., Medouni S., and Chibane M. 2012. Pulp antioxidant activities, mineral contents and juice nutritional properties of Algerian clementine cultivars and mandarin. African Journal of Biotechnology 11(18): 4258-4267.

5- Bourgou S., Rahali F.Z., Ourghemmi I., and Saidani Tounsi M. 2012. Changes of peel essential oil composition of four Tunisian citrus during fruit maturation. The Scientific World Journal 2012: 1-10.

6- Carmona L., Zacarias L., and Rodrigo M.J. 2012. Stimulation of coloration and carotenoid biosynthesis during postharvest storage of Navelina orange fruit at 12°C. Postharvest Biology and Technology 74: 108-117.

7- Del Río J.A., Fuster M.D., Gomez P., Porras I., García-Lidon A., and Ortuno A. 2004. Citrus lemon: a source of flavonoids of pharmaceutical interest. Food Chemistry 84: 457–461.

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

9- Dong X., Hu Y., Li Y., and Zhou Zh. 2019. The maturity degree, phenolic compounds and antioxidant activity of Eureka lemon [*Citrus lemon* (L.) Burm. f.]: A negative correlation between total phenolic content, antioxidant capacity and soluble solid content. Scientia Horticulturae 243: 281-289.

10- Ebrahimzadeh M.A., Hosseinimehr S.J., Mahmoudi M., Ghayekhloo M.R., and Hosseini M. 2005. Measuring the amount of vitamin c in citrus fruits by a two step oxidation-reduction titration method. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 48: 26-32. (In Persian with English abstract)

11- 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): 77-90. (In Persian with English abstract)

12- Fatahi Moghadam J., Seyedghasemi S.E., and Madani S. 2017. The effect of five rootstocks on physical, mechanical and chemical characteristics of Yashar fruits -a new Mandarin- during ripening stages. Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources) 24(2): 109-123. (In Persian with English abstract)

13- Fattahi J., Hamidoghli Y., Fotouhi R., Ghaseminejad M., and Bakhshi D. 2011. Assessment of fruit quality and antioxidant activity of three citrus species during ripening. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment 2: 113-128.

14- Fattahi 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 Horticultural Science 25(2): 211-217. (In Persian with English abstract)

15- Fotouhi Ghazvini R., and Fattahi Moghadam J. 2010. Citrus cultivation in Iran. Gilan: Gilan University Press.
16- Ghasemi SH., Hemati K., Bashiri Sadr Z., Ghasem Nezhad A., and Ghasemi M. 2011. Quantitation of phenolic compounds in tissues of lime (*Citrus aurantifolia*) fruit during growth and maturation. Journal of Food Science and Technology 31(8): 69-75. (In Persian with English abstract)
17- Habibi, F., and Ramezanian A. 2017. Changes in Physicochemical and Bioactive Compounds of Blood Orange Fruit 'Sanguine' during Ripening. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (4): 365-376. (In Persian with English abstract)
18- Hemati K.H., and Omidbaigi R. 2003. Investigation of the naringin flavonoid content during different fruit development of marsh grapefruit (*Citrus paradisii* Macf.). Journal of Agricultural Science 10(2): 65-72. (In Persian with English abstract)
19- Hosni K., Zahed N., Chrif R., Abid I., Medfei W., Kallel M., Ben Brahim N., and Sebei H. 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian citrus species: Evidence for the genotypic influence. Food Chemistry 123: 1098-1104.
20- Koca N., Karadeniz F., and Burdulu H.S. 2006. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss blanched green peas. Journal Food Chemistry 100: 609- 615.
21- Kumar, S., Narayan Jena S., and Nair N.K. 2010. ISSR polymorphism in Indian wild orange (*Citrus indica* Tanaka, Rutaceae) and related wild species in North-East India. Scientia Horticulturae 123: 350-359.
22- Menichini F., Tundis R., Bonesi M., Loizzo M.R., Conforti F., Statti G., Di Cindi B., Houghton P.J., and Menichini F. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. Habanero. Food Chemistry 114: 553-560.
23- Menchini F., and Tundis R. 2011. Phytochemichal profile, antioxidant, anti-inflammatory and hypoglycemic potential of hydroalcoholic extracts from *Citrus medica* L. cv. Diamante flowers, leaves and fruits at two maturity stages. Food and Chemical Toxicology 49: 1549-55.
24- Mirheydar H. 2012. Fruits. Herbal education 2, Ninth ed, Islamic culture publishing office, Tehran, Iran.
25- Mišan A., Mimica-Dukić N., Mandić A., Sakač M., Milovanović I., and Sedej I. 2011. Development of a rapid resolution HPLC method for the separation and determination of 17 phenolic compounds in crude plant extracts. Open Chemistry 9(1): 133-142.
26- Oke F., Aslim B., Ozturk S., and Altundag S. 2009. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of Satureja cuneifolia ten. Food Chemistry 112: 874-879.
27- Pailly O., Tison G., and Amourouxb A. 2004. Harvest time and storage conditions of Star Ruby grapefruit (Citrus paradisi Macf.) for short distance summer consumption. Postharvest Biology and Technology 34: 65-73.
28- Popova M., Bankova V., Butovska D., Petkov V., Nikolova-Damyanova B., Sabatini A.G., Marcazzan G.L., and Bogdanov S. 2004. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. Phytochemistry Analysis 15: 235-240.
29- Rekha C., Poornima G., Manasa M., Abhipsa V., Pavithra Devi J., Vijay Kumar H.T., and Prashith Kekuda T.R. 2012. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe citrus fruits. Chemical Science Transactions 1: 303-310.
30- Serrano M., Martinez-Romero D., Guillen F., Castillo S., and Valero D. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as effected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biology and Technology 39: 61-68.
31- Seyedghasemi S.E., Fattahi Moghadam J., and Babakhani B. 2018. Investigation of bioactive compounds changes of two Lisbon (*Citrus limon* cv. Lisbon) and Cook eureka lemon (C. limon cv. Cook Eureka) varieties during ripening. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 31(1): 182-193. (In Persian with English abstract)
32- Sharma K., Mahato N., and Lee Y.R. 2018. Extraction, characterization and biological activity of citrus flavonoids. Reviews in Chemical Engineering 35(2): 1-20.
33- Tripoli E., Guardia M.L., Giammanco S., Majo D.D., and Giammanco M. 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A Review. Food Chemistry 104: 466-479.
34- Venturini N., Barboni T., Curk F., Costa J., and Paolini J. 2014. Volatile and flavonoid composition of the peel of *Citrus medica* L. var. Corsican fruit for quality assessment of its liqueur. Food Technology and Biotecnology 52: 403-410.
35- Wang H.C., Huang X.M., Hu G.B., Yang Z.Y., and Huang H.B. 2005. A comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast and slow-degreening Litchi pericarp. Scientia Horticulturae 106: 247- 257.
36- Wang Y.C., Chuang Y.C., and Ku Y.H. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chemistry 102: 1163-1171.
37- Wojdylo A., Oszmianski J., and Czemerys R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. Food Chemistry 1005: 940-949.
38- Wu Z., Li H., Yang Y., Zhan Y., and Dawei T. 2013. Variation in the components and antioxidant activity of *Citrus medica* L. var. sarcodactylis essential oils at different stages of maturity. Industrial Crops and Products 46: 311-316.

39- Xu G., Ye X., Liu D., Ma Y., and Chen J. 2008. Composition and distribution of phenolic acids in Ponkan (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka) and Huyou (*Citrus paradisi* Macf. Changshanhuyou) during maturity. Journal of Food Composition and Analysis 21: 382-389.
40- Yoo K.M., Lee K.W., Park J.B., Lee H.J., and Hwang I.K. 2004. Vareation in major antioxidants and total antioxidant activity of Yuzu (*Citrus junos* ex Tanala) during maturation and between cultivars. Agricultural and Food Chemistry 52: 5907-5913.
41- Yu J., Deepak V., Dandekar A., Romeo T., Toledo B., Rakesh K., Singh B., Bhimanagouda K., and Patil S. 2007. Supercritical fluid extraction of limonoids and naringin from grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) seeds. Food Chemistry 105: 1026-1031.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 427-446
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۴۶-۴۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Fruit Maturity on Physicochemical Properties and Polyphenols in Citron Fruit (*Citrus medica* var. medica Proper.)

N. Taghvaeefard[1]- A. Ghani[2]*- M. Hosseinifarahi[3,4]

Received: 05-09-2020
Accepted: 07-12-2020

Introduction: The harvest time and type of plant part have important roles in obtaining maximum amounts of active substances from medicinal plants. Medicinal plants vary in terms of phenological stages and maturity and each medicinal plant can be evaluated separately in research. Determining the exact time of harvest and selecting a plant organ for maximum yield of secondary metabolites can be very important and economically effective. Othroj-Saghir (*Citrus medica* var. medica Proper) or Othroje-Kabir (*Citrus medica* var. macrocarpa) is one of the most important citrus species. The southern provinces of Iran, especially the southern cities of Fars province, are the largest areas in which this species is cultivated. In addition to fruit juice, other parts of the fruit especially the flavedo, can be used for medicinal purposes and in food industries. In this study, for the first time, some physical and biochemical changes of different parts of Citrus medica var medica fruits were evaluated during fruit ripening. Also, some active substances (i.e. essential oil content, flavonoid components, etc.) of the flavedo were measured as the most important medicinal parts of the fruit through different stages of ripening.

Materials and Methods: In this study, the effects of fruit ripening on the biochemical properties of different parts of Citron fruit were evaluated. A factorial experiment was set up according to a randomized complete block design (RCBD) with two factors and four replications. The first factor included four levels: different stages of fruit maturity (green mature, intermediate, yellow ripe and over ripe stage). The second factor had four levels: the different parts of the Citron fruit (i.e. outer skin or flavedo, inner skin or albedo, pulp and juice). The most important measured traits were flavon and flavonols, total flavonoids, total phenolic compounds and antioxidant activity. Physical changes in different parts of the fruit (fresh and dry weight of flavedo and albedo, fresh weight of fruit, fruit diameter and height of fruit, etc.) were measured.

Assessments also carried out to identify several features of fruit juice such as acidity, total soluble solids (TSS), titrable acidity (TA) and vitamin C during fruit ripening. Chemical measurements were aimed at determining the most important phytochemical compounds of the flavedo section during fruit ripening. These features included the essential oil percentage and yield, chlorophyll content and polyphenols constituents (rutin, trans-ferulic acid, hesperidin, hesperetin and quercetin by HPLC).

Results and Discussion: The results showed that the fruit maturity stage significantly affected most of the studied traits. The highest amounts of flavon and flavonols (0.377 mg quercetin/g dry weight) and total flavonoids (16.38 mg quercetin/g dry weight) were measured in the flavedo at the over ripe stage. The antioxidant activity initially increased during fruit ripening, but it decreased slightly (75.0%) from the yellow stage to the over ripe stage. The lowest rate of antioxidant activity (53.6%) was observed in the green stage and the highest rate (78.4%) was measured in the yellow ripe stage. The highest amounts of antioxidant activity (83.3% and 73.8%) were measured in the albedo and flavedo samples, respectively, and the lowest amount (54.1%) was recorded in the pulp section. The highest amount of flavedo essential oil (2.37%v/w) was measured in intermediate stage. The chlorophyll content with maturity progress was decreased. Progress in fruit maturity was reduced the most components of polyphenols. The maximum amount of hesperidin, as an important phenolic component, was identified in the peel of Citron fruit (1.86 mg/g dry weight) at the green mature stage. Its amount decreased through the stages of maturity, so that the lowest amount (0.68 mg/g dry weight) was measured at the over ripe stage.

Conclusion: In general, the stage of maturity and plant part had important effects on the amount of biochemical traits. The flavedo part of Citron fruit showed superior medicinal properties. Different active substances react variedly during maturity and so the preferable composition should be harvested according to the desired conditions.

---

1 and 3- Ph.D Student and Assosiate Professor, Department of Horticultural Science, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran, respectively.
2- Assitant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom Universtiy, Jahrom, Iran
(*- Corresponding Author Email: askar.ghani11@yahoo.com)
4- Sustainable Agriculture and Food Security Research Group, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2020.61947.0

The best stages to reach maximum essential oil percentage and polyphenol components are the early stages of maturity (i.e. green mature and intermediate stages).

Keywords: Antioxidant activity, *Citrus medica* var. medica Proper., Essential oil, Flavedo, Hesperidin

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 447-458
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۵۸-۴۴۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی میوه ژنوتیپ‌های مختلف بنه (*Pistacia atlantica*) در مرحله سبز

صلاح الدین مصلحتی فرد[1]* - حمید حسن پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

چکیده

بررسی تنوع مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در میوه، امکان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را جهت توسعه کشت و کار برای کشاورزان و اصلاح‌گران فراهم می‌کند. این پژوهش، تنوع و تعیین برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه بنه ۱۱ ژنوتیپ مختلف را در مرحله میوه سبز و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار می‌دهد. از هر کدام از ژنوتیپ‌ها، تعدادی خوشه بنه برداشت شد و جهت انجام اندازه‌گیری‌های مختلف به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انتقال داده شد. سپس برخی از صفات کمی میوه و خوشه و همچنین میزان فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر همه پارامترهای اندازه‌گیری شده به غیر از طول خوشه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد وجود داشت. نتایج آشکار کرد که تنوع بالایی در اکثریت صفات اندازه‌گیری شده وجود دارد. بیشترین میزان طول، عرض و وزن خوشه و همچنین عرض و وزن میوه در ژنوتیپ P10 و کمترین آن در ژنوتیپ‌های P5 و P6 مشاهده شد. از نظر خصوصیات بیوشیمیایی بالاترین میزان فنل کل (۱۰۳۴/۵ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر اسیدگالیک)، فلاونوئید کل (۱۴۳/۸۲ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر کوئرستین) و ظرفیت آنتی‌اکسیدان (۹۳ درصد) را ژنوتیپ P3 به خود اختصاص داد و همچنین کمترین میزان فنل کل (۳۷۰/۰۸ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر اسیدگالیک)، فلاونوئید کل (۶۲/۲۵ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر کوئرستین) در ژنوتیپ P7 مشاهده شد. بر اساس این پژوهش، ژنوتیپ‌های P3 و P10 از لحاظ صفات مورد بررسی در وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها قرار داشتند و می‌توانند جهت مصارف دارویی، خوراکی، صنعتی و همچنین اهداف اصلاحی پیشنهاد گردند.

واژه‌های کلیدی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، فنل کل، وزن میوه

مقدمه

جنس پسته (*Pistacia*) عضوی از خانواده Anacardiaceae با ۱۱ گونه است. سه گونه پسته معمولی (*P. vera*)، خنجوک (*P. khinjuk*) و بنه (*P. atlantica*) در ایران وجود دارد (۲۸). بنه درختی است دو پایه که ارتفاع آن به بیش از ۱۷ متر می‌رسد. دارای تاجی گرد و متراکم، برگ‌ها خزان کننده، شانه‌ای فرد، برگچه‌ها ۴-۲ جفتی، دایره‌ای، تخم مرغی، مستطیلی یا سرنیزه‌ای به طول ۲/۵ تا ۸ سانتی‌متر و به پهنای ۰/۷ تا ۲ سانتی‌متر، نوک کند یا بدون نوک، رگبرگ‌ها غیرمشخص، محور برگ لبه‌دار یا بال باریک، گل‌آذین پانیکول، میوه شفت به طول ۸-۵ میلی‌متر و پهنای ۶-۵ میلی‌متر است، همچنین دارای تنه‌ای قطور به قطر نیم متر، ناصاف و تیره رنگ و از ساقه‌ی آن صمغی استخراج می‌شود که در نقاشی و رنگ روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹).

بنه پس از گونه‌های مختلف بلوط در منطقه‌ی رویشی زاگرس، مهمترین گونه برخوردار از محصولات اصلی و فرعی با ارزش محسوب می‌شود (۱۱). همچنین بنه یکی از بهترین پایه‌ها برای پسته خوراکی بوده و از گونه‌های مقاوم به شرایط نامساعد محیطی است. به طوری‌که در اقلیم‌های متنوع از نظر شیب زمین، نوع خاک، سطوح مختلف حاصلخیزی خاک، ارتفاع از سطح دریا (۶۰۰ تا ۳۰۰۰ متر) و دامنه دمایی ۲۵- تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند (۳۱).

انتشار درختان بنه از سواحل مدیترانه تا افغانستان ادامه دارد. در

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ارومیه

(*- نویسنده مسئول: Email: salahmaslahate73@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2021.67091.0

مناطق کوهستانی ایران، به ویژه دامنه‌های زاگرس، درخت بنه به وفور یافت می‌شود. به طوری که حدود۲/۵ میلیون هکتار از جنگل‌های ایران، جنگل‌های بنه هستند (۷). میوه و صمغ درخت بنه دارای کاربردهای خوراکی، صنعتی و دارویی فراوانی هستند (۲۱). کاربردهای دارویی و مصارف خوراکی میوه و صمغ بنه از دیرباز تاکنون نه تنها در ایران بلکه در میان بومیان تمام مناطق بنه خیز از جمله بخش‌هایی از الجزایر، ترکیه و عراق نیز گزارش شده است (۶). این گونه اهمیت اقتصادی زیادی داردکه می‌توان به تولید سقز، میوه و محصولات فرعی (روغن و غیره) و استفاده‌ای دارویی و خوراکی متعدد آن، و همچنین کاربرد میوه و شاخ وبرگ آن در تغذیه و تولید علوفه و غیره اشاره نمود (۲۵).

میوه بنه تا رسیدن کامل در سه مرحله قابل برداشت است. ابتدا میوه نارس بنه به صورت گوی‌های کوچک توخالی فاقد مغز است که پوسته آن ترد و شکننده است و رنگ آن سبز کم رنگ می‌باشد، دومین مرحله، زمانی است که هسته آن کاملاً سخت شده است و مغز آن تا حدودی تشکیل شده است اما پوسته آن دارای رنگ سرخ اخرایی است که ترش مزه است. آخرین مرحله، میوه رسیده بنه است که هسته آن کاملاً سخت شده و رنگ پوسته آن نیز در محدوده رنگی سبز تا سبز متمایل به آبی است (۲۷).

از میوه نارس بنه برای خوشبو کردن و طعم دادن دوغ، ماست و روغن حیوانی، تهیه ترشی در کنار سایر سبزیجات استفاده می‌شود. همچنین میوه نارس بنه به عنوان یک دم نوش گیاهی در کنار سایر گیاهان دارویی جهت رفع مسمومیت و پودر میوه رسیده آن در درمان بیماری‌های معده کاربرد دارند. میوه رسیده بنه به عنوان یکی از مهمترین و پرمصرف‌ترین تنقلات، در بعضی مناطق کشور ایران استفاده می‌شود (۲۷).

مطالعه‌ای که در چند نوع ژنوتیپ بنه روی قسمت‌های مختلف میوه (پوست و مغز میوه) مورد بررسی قرار گرفت، بالاترین میزان فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فلاونوئید کل در عصاره پوست میوه مشاهده شد (۱۳ و ۱۰). در مطالعه‌ای دیگر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی میوه بنه به صورت برون تنی و درون تنی در موش‌های صحرایی مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد که عصاره متانولی بنه دارای بیشترین مقدار متابولیت‌های شیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۳).

در پژوهشی که روی میوه و برگ درخت بنه در سه مرحله رشد انجام شد، بیشترین میزان ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در مراحل اولیه رشد مشاهده شد (۹). همچنین در مطالعه‌ای که تنوع ژنتیکی بنه در شهرستان خلخال در شش رویشگاه با استفاده از صفات مورفولوژیک برگ و میوه انجام گرفت، نتایج نشان داد که در مناطق مورد مطالعه از نظر کلیه صفات بجز طول برگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (۲۳).

در پژوهشی تنوع مورفولوژیکی درخت بنه با استفاده از صفات برگ و میوه مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که اندازه برگ و میوه در این گونه متفاوت بوده و بین وزن میوه با طول برگچه و همچنین ابعاد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (۱۵). همچنین در مطالعه‌ی بررسی خصوصیات اکولوژیکی و ژنتیکی ۱۳ جمعیت بنه کردستان، اختلاف بسیار معنی‌دار بین مناطق مختلف از نظر صفات مورد بررسی مربوط به خوشه و میوه، مشاهده شد (۳۰).

رشد و عملکرد گیاهان در رویشگاه‌های طبیعی به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد و هر یک از این عوامل می‌تواند تأثیر بسزایی بر کمیت و کیفیت محصول گیاهان داشته باشد (۲۴). با توجه به مطالعات انجام شده، عوامل بسیار زیادی از جمله اقلیم، خاک، ارتفاع، اختلاف در گونه‌های گیاهی، روش‌ها و حلال‌های استخراج و روش‌های مختلف اندازه گیری در میزان متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل تام و خواص آنتی‌اکسیدانی دخالت دارند (۱۸).

بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه ژنوتیپ‌های مختلف بنه (*Pistacia atlantica*) در مرحله میوه سبز می‌باشد که در نهایت می تواند به شناسایی، حفاظت و نگهداری تنوع ژنتیکی این گونه در منطقه کمک کند.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های میوه از یازده ژنوتیپ بنه (درختان ۳۵-۴۰ ساله) رشد یافته در استان آذربایجان غربی، شهرستان سردشت (در جنگل‌های حوالی شهر میرآباد) در خرداد ماه ۱۳۹۷ در مرحله میوه سبز (شکل ۱) جمع‌آوری شدند (جدول ۱ و شکل ۱). متوسط بارندگی در این منطقه در حدود ۸۵۸/۲ میلی‌متر، میانگین دمایی سالیانه ۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی نیز در حدود ۴۷ درصد می‌باشد.

بس از برداشت میوه‌ها به دو گروه تقسیم شدند، در گروه اول شاخص‌های کمی بلافاصله اندازه‌گیری شدند و میوه‌های گروه دوم بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شدند و جهت اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی در ۷۰c- نگهداری شدند. صفات مورد ارزیابی شامل طول، عرض و وزن میوه و خوشه، اندازه میوه، محتوای فنل و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بودند. جهت اندازه‌گیری طول و عرض میوه و خوشه از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد و داده‌ها بر حسب میلی‌متر قرائت شدند. همچنین برای اندازه‌گیری وزن میوه و خوشه از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. شاخص اندازه میوه از طریق حاصل ضرب عرض اندازه‌گیری شده در طول اندازه‌گیری شده محاسبه و به صورت میلی‌متر مربع بیان شد (۳۱).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ژنوتیپ‌های بنه مورد مطالعه

Table 1- Geographical characteristics of the studied genotypes of Bene (*Pistacia atlantica*)

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude
P1	1325	45º 20' 17.19"	36º 25' 50.21"
P2	1264	45º 20' 13.02"	36º 25' 54.20"
P3	1270	45º 20' 13.86"	36º 25' 54.34"
P4	1288	45º 20' 14.66"	36º 25' 53.66"
P5	1275	45º 20' 14.68"	36º 25' 53.67"
P6	1273	45º 20' 13"	36º 49' 53.99"
P7	1279	45º 20' 15.16"	36º 25' 54.5"
P8	1269	45º 20' 12.49"	36º 25' 54.33"
P9	1285	45º 20' 14.23"	36º 22' 53.55"
P10	1290	45º 20' 14.96"	36º 25' 52.39"
P11	1278	45º 20' 15.26"	36º 25' 53.58"

شکل ۱- برداشت میوه بنه در مرحله میوه سبز

Figure 1- Harvesting of Bene (*Pistacia atlantica*) fruit at the green fruit stage

استخراج عصاره‌ها

استخراج عصاره‌ها برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، فنل کل و فلاونوئید کل به این صورت انجام شد که نمونه‌ها با کمک ازت مایع به‌صورت پودر در آمدند. سپس ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگهداری و دوباره به مدت ۱ دقیقه ورتکس و بعد به مدت ۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. سپس قسمت رو شناور نمونه‌ها به آرامی در لوله‌های دربدار ریخته شده و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. استخراج عصاره برای محتوی فلاونوئید کل از متانول ۸۵ درصد (حاوی یک میلی‌لیتر HCl غلیظ) استفاده شد (۱۲).

ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل با استفاده از روش DPPH (1,1-

diphenyl-2-picrylhydrazyl) ارزیابی شد. به این صورت که ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۳ میلی لیتر محلول DPPH (۰/۰۰۸ گرم DPPH در ۲۰۰میلی متر متانول) مخلوط گردید و به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی نگهداری شد. سپس تغییرات جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانو متر قرائت شد. در نهایت ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۲۹).

$$DPPH\ (\%\ \text{بازدارندگی}) = [(Abs_0 - Abs_1) / Abs_0] \times 100$$

که در آن Abs_0 ، مقدار جذب بلنک، Abs_1، مقدار جذب نمونه می‌باشد.

برای سنجش محتوای فنل کل از روش Folin- ciocalteau استفاده شد به این صورت که ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی را با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول فولین ۱۰٪ مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه، ۴۰۰ میکرو لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. بعد از گذشت ۲ ساعت در دمای اتاق و تاریکی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. نتایج بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید (۲).

برای اندازه‌گیری محتوی فلاونوئید کل میوه بنه ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵٪ مخلوط کرده و بعد از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰٪ به آن اضافه، و بعد از گذشت ۵ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر سود یک مولار اضافه گردید و در نهایت حجم محلول به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر، برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر معادل کوئرسیتین بیان گردید (۲۶).

آنالیز آماری داده‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و به منظور مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج میانگین، دامنه، کمینه، بیشینه، انحراف معیار و ضریب تغییرات (درصد تنوع فنوتیپی) صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- آمار توصیفی صفات ارزیابی شدهٔ ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Table 2- Descriptive statistics of evaluated traits of different of Bene (*Pistacia atlantica*) genotypes

صفات Traits	دامنه Range	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات Percentage variation*
وزن میوه (Fruit weight)	0.58	1.28	0.7	0.996	0.156	15.66
طول میوه (Fruit length)	3.04	8.32	5.28	6.56	0.722	11
عرض میوه (Fruit width)	2.27	8.62	6.35	7.308	0.099	1.35
اندازه میوه (Fruit size)	32.91	68.39	35.48	48.13	7.958	16.53
وزن خوشه (Cluster weight)	23.74	29.4	5.66	12.005	6.019	50.13
عرض خوشه (Cluster width)	60.42	101.71	41.29	65.46	16.729	25.55
طول خوشه (Cluster length)	142.72	153.8	11.08	115.92	27.09	23.36
فنل کل (Total phenol)	1045.56	1276.33	230.77	607.07	264.5	43.56
فلاونوئید کل (Total flavonoids)	130.59	185	54.41	102.36	34.24	33.45
آنتی‌اکسیدان کل (Total antioxidants)	28	94.28	66.28	86.59	6.559	7.57

* ضریب تغییرات فنوتیپی بر اساس نسبت انحراف استاندارد به میانگین محاسبه شده است.

* Percentage variation (coefficient of variation) has been calculated based on the ratio of standard deviation to the mean.

نتایج بررسی‌ها نشان داد، در بین صفات مطالعه شده، صفت وزن خوشه بیشترین میزان تنوع و عرض میوه کمترین میزان تنوع را داشت. صفاتی مانند عرض خوشه، طول خوشه، میزان فنل و فلاونوئید کل نیز تنوع بالایی داشتند. در این پژوهش بیشترین میزان وزن، طول و عرض میوه به ترتیب ۱/۲۸ گرم ، ۸/۳۲ و ۸/۶۲ میلی‌متر بود. همچنین میانگین صفات وزن، طول، عرض و اندازه میوه، وزن، عرض و طول خوشه، میزان فنل، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان کل به ترتیب ۰/۹۹۶ گرم، ۶/۵۶، ۷/۳۰۸ میلی‌متر، ۴۸/۱۳ میلی‌متر مربع، ۱۲/۰۰۵ گرم، ۶۵/۴۶، ۱۱۵/۹۲ سانتی‌متر، ۶۰۷/۰۷، ۱۰۲/۳۶ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر و ۸۶/۵۹ درصد اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). در مطالعه‌ای بیشترین میزان طول، عرض و اندازه میوه به ترتیب ۸ و ۹ میلی‌متر و ۶۴ میلی‌متر مربع، و کمترین مقدار آن‌ها ۳ و ۳ میلی‌متر و ۹ میلی‌متر مربع (دامنه معادل به ترتیب ۵ و ۶ میلی‌متر و ۵۶ میلی‌متر مربع) و همچنین ضریب تغییرات به ترتیب برابر ۱۴/۹۴، ۱۶/۹۹ و ۲۴/۹۱ درصد گزارش شد (۳۱). نتایج حاصل از مطالعه رستم کیا و همکاران (۲۳) نشان داد که بیشترین میزان طول و عرض میوه، طول خوشه و وزن ۱۰۰ میوه به ترتیب ۷/۲ ، ۶/۸۷ ، ۱۰۵ میلی‌متر و ۱۴/۱۲ گرم و همچنین کمترین میزان آن‌ها به ترتیب ۴/۹۶، ۴/۱۷، ۸۲/۲ میلی‌متر و ۱۰/۲ گرم بوده و ضریب تغییرات طول و عرض میوه، طول خوشه و وزن ۱۰۰ میوه به ترتیب ۷/۲۶، ۸/۷۷ ، ۱۰/۹۷ ، ۱۰/۱۲ درصد می‌باشد (۲۱). میزان محتوی فنل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در قسمت‌های مختلف درخت بنه (برگ، پوست و دانه میوه)، به ترتیب ۳/۳ و ۰/۵۱ میلی‌گرم بر گرم و ۶۹/۴۴ درصد گزارش گردید (۱۸). نتایج مطالعه‌ی نشان داد که بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنلی موجود در برگ درخت بنه به ترتیب ۴۳۸/۹۹ و ۴۰۷/۶۸ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد (۵). دلیل مغایر بودن برخی از نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج بررسی‌های یادشده در بالا، احتمالا می‌تواند به خاطر شرایط محیطی و ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها، بین صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده به غیر از صفت طول خوشه، اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال یک درصد و پنج درصد مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Table 3- ANOVA (mean square) for some quantitatively traits in different genotypes of Bene (*Pistacia atlantica*).

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	اندازه میوه Fruit size	وزن خوشه Cluster weight	عرض خوشه Cluster width	طول خوشه Cluster length
ژنوتیپ Genotype	10	0.0068ns	1.17**	0.71**	150.421**	99.24**	642.19**	1129.62ns
خطای آزمایش Error	22	0.004	0.22	0.14	23.753	7.63	115.19	554.229
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6.71	7.249	5.28	10.125	23.001	16.39	20.31

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

وزن، طول و عرض میوه

بر طبق نتایج، وزن میوه بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان وزن میوه مربوط به ژنوتیپ P10 (۱/۲۷گرم) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ P5(۰/۷۴۶ گرم) می‌باشد (جدول ۵).

طول میوه بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌ار بود (جدول ۳). به طوری که بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان آن در ژنوتیپ P10 (۷/۹۶۳۳ میلی‌متر) و کمترین آن در ژنوتیپ P5 (۶/۴۶۳۳ میلی‌متر)مشاهده گردید (جدول ۵). همچنین با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که بین ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از لحاظ عرض میوه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان عرض میوه در ژنوتیپ P4 (۷/۹۲ میلی‌متر) و کمترین آن در ژنوتیپ P3(۵/۶۳ میلی‌متر)مشاهده شد (جدول ۵). وجود تنوع زیاد از لحاظ صفات وزن، طول و عرض میوه در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، منجر به این می‌شود که پژوهشگران به راحتی ژنوتیپ‌های برتر را انتخاب نموده و آنها را جهت کشت و یا استفاده در کارهای اصلاحی بعدی معرفی نمایند.

رستم کیا و همکاران (۲۳) با بررسی تنوع ژنتیکی بنه از طریق صفات مورفولوژیک برگ و میوه به این نتیجه رسیدند که اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد از نظر صفات مورد مطالعه بین جمعیت‌های مورد بررسی وجود دارد، متوسط طول و عرض میوه به ترتیب ۶/۲۵ و ۵/۳۶ میلی‌متر گزارش شد. در مطالعه حاضر نیز طول و عرض میوه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در همین محدود قرار داشت. همچنین در مطالعه یوسفی (۳۱) متوسط طول و عرض میوه به ترتیب ۵/۴۱ و ۶/۳۳ میلی‌متر و متوسط وزن میوه ۲/۱۵ گرم گزارش شد که از لحاظ وزن میوه با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت نداشت. دلیل عدم مطابقت می‌تواند شرایط محیطی و ژنوتیپ‌های متفاوت دو مطالعه باشد.

اندازه میوه

اندازه میوه بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان اندازه میوه مربوط به ژنوتیپ P4 (۶۲/۸۴ میلی‌متر مربع) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ P3 (۳۷/۲۲۳ میلی‌متر مربع) می‌باشد (جدول ۵). در مطالعه یوسفی (۳۰) متوسط اندازه میوه ۳۴/۴۸ میلی‌متر مربع گزارش شد که کمتر از مقدار مطالعه حاضر (۴۸ میلی‌متر مربع) می‌باشد، دلیل آن را نیز می‌توان به شرایط محیطی و ژنوتیپ‌های متفاوت دو مطالعه نسبت داد.

وزن، عرض و طول خوشه

صفت وزن خوشه بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان وزن خوشه مربوط به ژنوتیپ P10 (۲۲/۶۹۸ گرم) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ P6 (۶/۰۷۱ گرم) می‌باشد (جدول ۵).

در مطالعات قبلی که تنوع ژنتیکی جمعیت های بنه با استفاده از صفات مورفولوژیک برگ و میوه مورد بررسی قرار گرفت، میانگین وزن ۱۰۰ میوه ۱۲/۴۸ گرم (۳۰) و ۱۱/۸۳ گرم گزارش شد (۲۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری در عرض خوشه در سطح آماری ۱ درصد ($P<0/01$) بین ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد (جدول ۳). بر طبق نتایج به دست آمده بیشرین و کمترین میزان عرض خوشه به ترتیب در ژنوتیپ‌های P10 (۹۲/۲۷ میلی‌متر) و P6 (۴۱/۸۱ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴). همچنین بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، مشخص شد که بین ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده در طول خوشه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول۳). با اینحال بیشترین میزان طول خوشه در ژنوتیپ P10 (۱۴۴/۶۳ میلی‌متر) و کمترین آن در ژنوتیپ P11 (۸۸/۱۲ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۵). نتایج مطالعه رستم کیا و همکاران (۲۳) نشان داد که میانگین طول خوشه به ترتیب ۹۱/۲ میلی‌متر می‌باشد. در حالی که در مطالعه حاضر میانگین طول خوشه بالاتر از مطالعه آن‌ها بود که این می تواند به خاطر شرایط محیطی متفاوت و ژنوتیپ‌های متفاوت باشد. مطالعات قبلی نشان داده است که شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از قبیل نوع ژنوتیپ و نوع اقلیم قرار می‌گیرند (۲۴). احتمال دارد که دو پایه بودن این گیاه و دگرگرده افشانی آن، تفاوت‌های مشاهده شده ازلحاظ میوه را درمیان ژنوتیپ‌ها توضیح دهد. البته این تفاوت به گیاه اجازه می‌دهد که سازگاری بهتری با شرایط‌های محیطی مختلف داشته باشد (۲۰).

محتوی فنل، فلاوونوئید و آنتی‌اکسیدان کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد در محتوای فنل کل عصاره‌های میوه ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد (جدول ۴). مقایسه محتوای فنل کل مربوط به عصاره میوه ژنوتیپ‌های مختلف بنه در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار، بیشترین میزان فنل کل در عصاره میوه ژنوتیپ‌های P3 (۱۰۳۴/۵ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر اسیدگالیک) و کمترین P7 (۳۷۰/۸ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر اسیدگالیک) مشاهده شد.

همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری در محتوای فلاونوئید کل در سطح آماری ۵ درصد در بین ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد (جدول ۴). بر اساس نتایج به دست آمده، عصاره میوه ژنوتیپ P3 با مقدار ۱۴۳/۸۲ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر کوئرستین بیشترین محتوای فلاونوئید کل و عصاره میوه ژنوتیپ P7 با مقدار ۶۲/۲۵ میلی‌گرم بر صدگرم وزن تر کوئرستین کمترین محتوای فلاونوئید را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳).

جدول ۵- صفات کمی عصاره میوه در ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Table 5- Quantitative traits of fruit extract in different genotypes of Bene (*Pistacia atlantica*)

تیمار Treatments	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	اندازه میوه Fruit size	وزن خوشه Cluster weight	عرض خوشه Cluster width	طول خوشه Cluster length
P1	1.076bc	7.8a	6.88ba	53.677bac	22.121a	72.76bac	92.97a
P2	0.914cd	7.5467ba	5.86bc	44.307bdc	7.023c	59.207bdc	111.11a
P3	0.829ed	6.6133bc	5.63c	27.223d	12.245cd	78.78ba	118.68a
P4	1.132ba	7.936a	7.92a	62.84a	10.471cd	63.293bdc	116.26a
P5	0.746e	6.4633c	6.36bc	41.11dc	8.332cd	62.737bdc	116.03a
P6	0.916ed	7.1233bac	7.003ba	50.117bc	6.071c	41.817d	88.76a
P7	0.952ed	7.32bac	6.163bc	45.077bdc	11.156cd	54.837bdc	133.82a
P8	1.044bc	7.17bac	6.53bc	46.9bdc	8.676cd	63.840bdc	134.81a
P9	1.137ba	7.1567bac	6.88ba	46.843bdc	15.327b	80.717ba	129.91a
P10	1.27a	7.9633a	6.93ba	55.263ba	22.698a	92.270a	144.63a
P11	0.991bcd	7.2967bac	6.32bc	46.11bdc	8.002c	50.033dc	88.12a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

In each column, means with similar letter (s) are not significantly different at the 5 % of probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کیفی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Table 4- ANOVA (mean square) for some qualitative measured traits in different genotype of Bene (*Pistacia atlantica*)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavenoid	آنتی اکسیدان کل Total antioxidant
تیمار Treatment	10	187027.07**	2131.31*	73.65*
خطای آزمایشی Error	22	16748.26	737.57	29.13
ضریب تغییرات C.V (%)	-	21.31	0.61	6.23

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

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

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که میان ژنوتیپ‌های مختلف بنه از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدان کل اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد (P<0/05) وجود دارد (جدول ۴)، به طوری که بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل به ترتیب در عصاره میوه ژنوتیپ‌هایP3 (۹۳ درصد) و P10 (۷۷ درصد) مشاهده شد (شکل ۴).

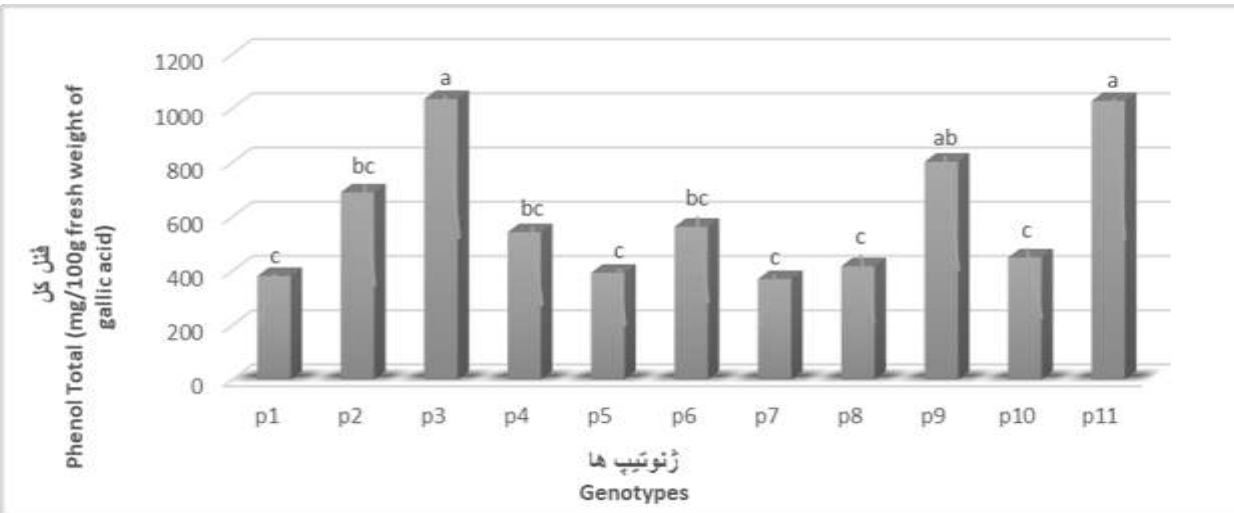
در مطالعه گنجی و همکاران (۸)، بیشترین میزان ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی در مراحل اولیه رشد میوه بنه مشاهده شد. محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی موجود در عصاره آبی برگ بنه، در نیمه اردیبهشت ماه به ترتیب ۳۹/۹۵، ۵/۱۱ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گیاه) و ۵۳/۴۷ درصد گزارش شده است (۴)، در حالی‌که محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی موجود در عصاره اتانولی برگ بنه به ترتیب ۶۸/۲۳ و ۴۴ (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گیاه) بود (۲۲).

در مطالعه‌ای محتوای فنل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در قسمت‌های مختلف درخت بنه (برگ، پوست و دانه میوه)، اختلاف معنی‌داری را نشان داد به طوریکه بیشترین میزان فنل (۵۱/۴۱ میلی‌گرم بر گرم) در برگ و به دنبال آن در پوست میوه

(۳۹/۶۹ میلی‌گرم بر گرم) مشـاهده شـد، درحالیکه بیشـترین میزان فلاونوئید (۷/۶۶ میلی‌گرم بر گرم) در پوسـت میوه و بیشـترین میزان آنتی‌اکسـیدان کل در عصـاره برگ (۹۶/۶۷ درصـد) و پوسـت میوه (۹۶/۴۹ درصد) گزارش شد (۱۷).

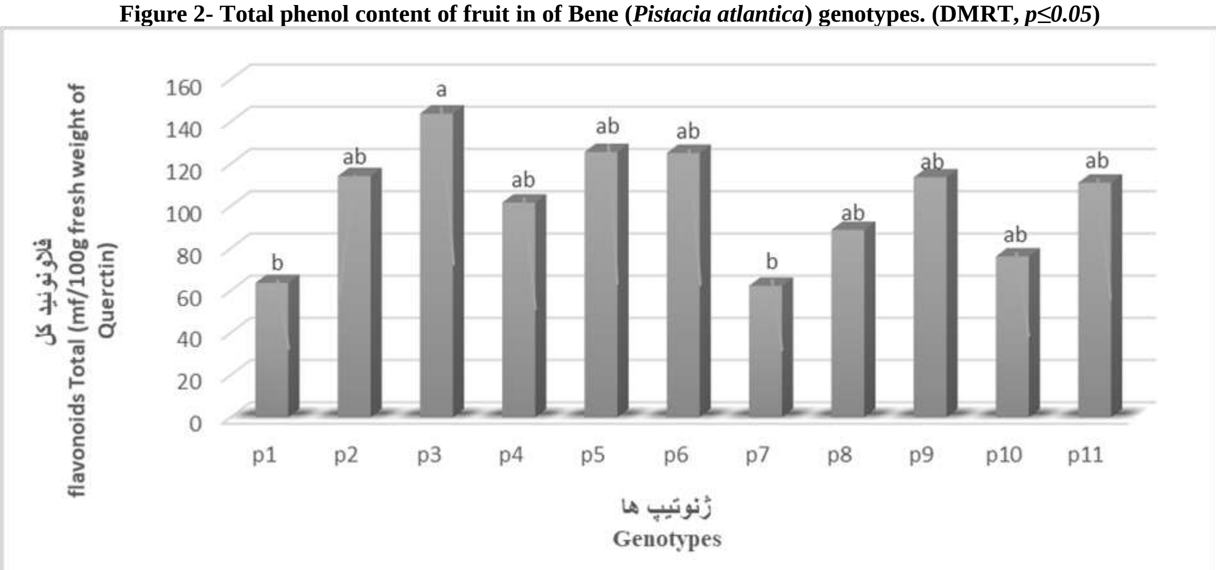
گزارش‌های مربوط به تحقیقات قبلی نشـان می‌دهد که محتوای فنل و فلاونوئید کل و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل تحت تأثیر فـاکتورهای مختلفی از قبیل عوامل ژنتیکی و شـرایط محیطی و اکولوژیکی قرار می‌گیرند، بنابراین اختلاف در میزان محتوای فنل و فلاونوئید و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسـیدانی کل در این ژنوتیپ‌ها را می‌توان به عوامل ژنتیکی، محیطی و اکولوژیکی نسـبت داد (۱، ۱۳ و ۱۴).

معمولا مقادیر اندازه‌گیری شده برای محتوای فنل و فلاونوئید کل و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسـیدانی کل در مطالعاتی قبلی انجام شـده کمتر از مقادیر اندازه گیری شده در مطالعه حاضر بود که این می‌تواند بـه دلیـل متفـاوت بودن شـرایط محیطی، ژنوتیـپ‌هـا و نوع حلالی استخراجی باشد. همچنین در این مطالعه بر خلاف اکثر کارهای انجام شـده، قسـمت‌های مختلف میوه از قبیل پوسـته خارجی نرم، پوسـته چوبی سفت و مغز میوه جداسازی نشد (۱۳) بلکه کل میوه با هم پودر شده و از آن در اندازه‌گیری‌ها استفاده شد. با اینحال، در مطالعات قبلی هم مشخص شده است که میوه بنه غنی از ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتی اکسیدانی بوده و بعنوان منبع غذایی محلی، ارزش غذا-دارویی بالایی داشته و می‌تواند در سلامتی بشر مفید واقع شود (۱۶).



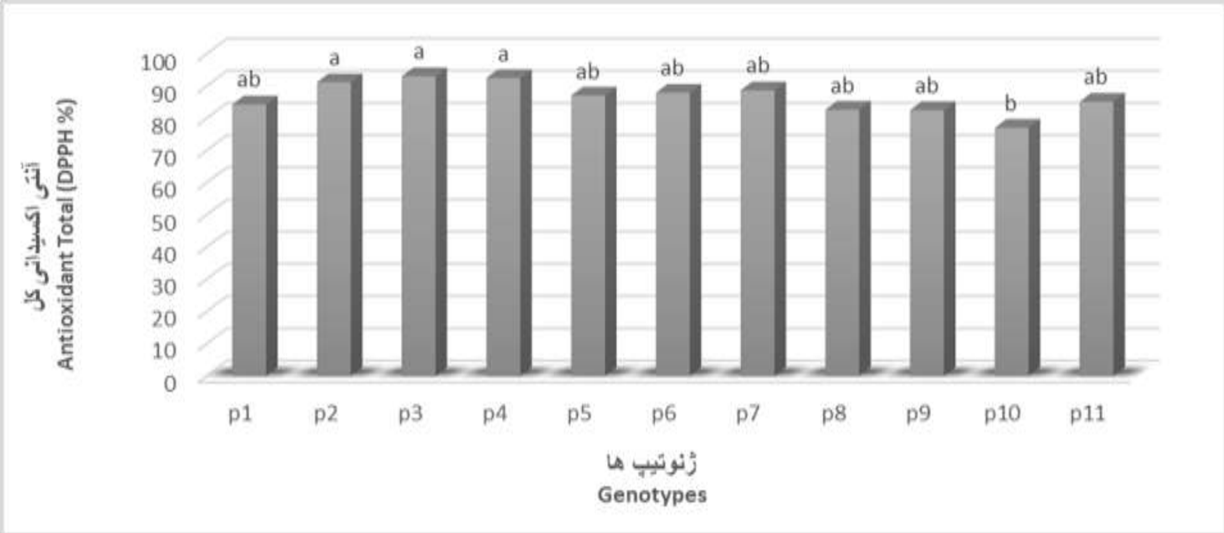
شکل ۲- میزان فنل کل میوه در ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Figure 2- Total phenol content of fruit in of Bene (*Pistacia atlantica*) genotypes. (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۳- میزان فلاونوئید کل میوه در ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Figure 3- Total flavonoid content of fruit in Bene (*Pistacia atlantica*) genotypes. (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۴- میزان آنتی‌اکسیدان کل میوه در ژنوتیپ‌های مختلف بنه

Figure 4- Total antioxidant of fruit in Bene (*Pistacia atlantica*) genotypes. (DMRT, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این مطالعه نشـان داد که تنوع بالایی در صفات اندازه‌گیری شـده وجود داشـت. بیشـترین میزان طول، عرض و وزن خوشـه و عرض و وزن میوه در ژنوتیـپ P10 و کمترین میزان این صـفات در ژنوتیپ‌های P5 و P6 دیده شـد. از نظر خصـوصـیات بیوشـیمیایی بالاترین میزان فنل کل (۱۰۳۴/۵ میلی‌گرم بر صـد گرم وزن تر اسـیدگالیک)، فلاونوئید کل (۱۴۳/۸۲ میلی‌گرم بر صـد گرم وزن تر کوئرستین) و ظرفیت آنتی‌اکسیدان (۹۳ درصد) را ژنوتیپ P3 به خود اختصـاص داد و کمترین میزان فنل کل (۳۷۰/۰۸)، فلاونوئید کل (۶۲/۲۵) در ژنوتیپ P7 مشـاهده شـد. بر اسـاس این پژوهش، ژنوتیپ‌های P3 و P10 بر اساس صفات فنل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی اکسـیدانی می‌تواند جهت مصارف دارویی و خوراکی مد نظر قرار بگیرند و همچنین از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در برنامه‌های اصلاحی نیز بهره برد کـه البتـه نیـاز به مطالعات بیشـتری دارد. همچنین تنوع مشـاهده شـده را به احتمال زیاد می‌توان به ساختار ژنتیکی ژنوتیپ‌ها مرتبط دانسـت که در عین حال می‌تواند نوعی سـازگاری و پاسـخ فیزیولوژیکی درختان به شرایط محیطی قلمداد شود.

منابع

1- Akbari V., Jamei R., Heidari R., and Jahanban Sfahlan A. 2012. Antioxidant activity of different parts of Walnut (*Juglans regia* L.) Fruit as a function of genotype. Food Chemistry 135: 2404–2410.

2- Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., and Simal-Gándara J. 2018. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. Food Chemistry 248: 155-165.

3- Bahrebar M., Mirzaei A., Mantegheyan E., and Bahrebar A. 2012. *In vivo* and *in vitro* antioxidant activity of hydro-alcoholic extract of *Pistacia atlantica*. Armaghane Danesh 17(6): 540-551. (In Persian with English abstract)

4- Baqerzadeh Gh., and Nakhaee M. 2015. Quantitative and qualitative study of physical and chemical, phytochemical and antioxidant effects of pistachio leaf (*Pistacia atlantica*), native to Birjand city. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 30(2): 273-279. (In Persian with English abstract)

5- Benamar H., Rached W., Derdour A., and Marouf A. 2010. Screening of Algerian medicinal plants for acetylcholinesterase inhibitory activity. Journal of Biological Sciences 10(1): 1-9.

6- Benhassaini H., Bendahmane M., and Benchalgo N. 2007. The chemical composition of fruits of *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. Atlantica from Algeria. Chemistry of Natural Compounds 43(2): 121.

7- Farhoosh R., and Tavakoli J. 2008. Physicochemical properties of kernel oil from *Amygdalus scoparia* growing wild in Iran. Journal of Food Lipids 15(4): 433-443.

8- Ganji F., Bashtani M., Farhang Far H., and Ghiasi S. 2017. Alteration of antioxidant properties, nutritional value and rumen-intestinal digestibility of pistachio fruit (*Pistacia atlantica*) by nylon bags. Iranian Journal of Animal Science Research 27(3): 185-200. (In Persian with English abstract)

9- Ganji F., Bashtani M., Farhang Far H., and Ghiasi S. 2018. Alteration of antioxidant properties, nutritional value

and rumen-intestinal digestibility of pistachio leaf (*Pistacia atlantica*) by nylon bags. Iranian Journal of Animal Science Research 10(4): 477-488. (In Persian with English abstract)
10- Ghasemi Pirbalouti A., and Aghaee K. 2011. Chemical composition of essential oil of *Pistacia khinjuk* stocks grown in Bakhtiari Zagross Mountains, Iran. Electronic Journal of Biology 7(4): 67–69.
11- Gholami Sh., Hosseini S., and Sayad A. 2007. Effect of weeding, depth and time of sowing seeds on the growth of coriander seedlings in nurseries. Journal of Research and Construction 75: 71-80. (In Persian with English abstract)
12- Hassanpour H., and Alizadeh S. 2016. Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran. Scientia Horticulturae 200: 125–130.
13- Hatamnia A.A., Abbaspour N., and Darvishzadeh R. 2014. Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. Kurdica) fruits. Food chemistry 145: 306-311.
14- Hatamnia A., Malekzadeh P., Noorullahi Kh., and Valad Beigi T. 2015. Study of phenolic compounds content and antioxidant activity of *Pistacia khinjuk* Stocks in natural habitats of Ilam province. Journal of Plant Environmental Physiology 10(40): 31-40. (In Persian with English abstract)
15- Kafkas S., and Prel-Treves R. 2002. Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. Theoretical and Applied Genetics 102: 908-910.
16- Labdelli A., Rebiai A., Tahirine M., Adda A., and Merah O. 2020. Nutritional content and antioxidant capacity of the seed and the epicarp in different ecotypes of *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. Atlantica. Plants 9: 1065.
17- Malekzadeh P., Hatamnia A.A.H., and Nourollahi K. 2015. Total phenolic content and antioxidant activity of fruit and leaf of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. Kurdica) in Ilam province. Plant Physiology 6(1): 1543-1549.
18- Mirzaei A., Mohammadi J., Mirzaei N., and Mirzaei M. 2011. The antioxidant Capacities and total phenolic contents of some medicinal plants in Iran. Journal of Fasa University of Medicinal Sciences 1(3): 160-166. (In Persian with English abstract)
19- Mozaffarian V. 2004. Trees and shrubs of Iran. Contemporary Culture Publications, Tehran, 990 pages.
20- Nadjat T., and Tayeb T. 2020. Effect of environmental conditions on morphological variability of leaves and fruits of five populations of *Pistacia atlantica* Desf. in North Algeria. Biodiversity Research and Conservation 58: 1-12.
21- Pourreza M., Shaw J.D., and Zangeneh H. 2008. Sustainability of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) In Zagros forests, Iran. Forest Ecology and Management 255(11): 3667-3671.
22- Rigane G., Ghazghazi H., Aouadhi C., Ben Salem R., and Nasr Z. 2017. Phenolic content, antioxidant capacity and antimicrobial activity of leaf extracts from *Pistacia atlantica*. Natural Product Research 31(6): 696-699.
23- Rostami Kia Y., Fattahi M., and Faith P. 2009. Investigation of genetic diversity of pistachio populations using leaf and fruit morphological traits. Two Quarterly Journal of Genetic Research and Range and Plant Breeding of Iran 17(2): 284-294. (In Persian with English abstract)
24- Sarwari A., Dianti Tilki Gh., Rezaei M.B., and Zadbar M. 2015. The effect of some environmental factors on the quantity and quality of plant essential oil *Stachys lavandifolia* vahl in Khorasan Razavi province (Chenaran). Quarterly Journal of Medicinal Plants Ecophytochemistry 2(3): 1-7. (In Persian with English abstract)
25- Seyedi N., jalali S.G.A., Moghaddam M., Tabari M., and Mohammadi S.A. 2011. Application of seed storage protein in inter-specific variation in three population of *pistacia atlantica* Desf. Iranian Journal of Plant Biology 2(6): 1-13. (In Persian with English abstract)
26- Shin S.W., Ghimeray A.K., and Park C.H. 2014. Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidant and allyl isothiocyanate content in the different organs of *wasabi japonica* grown in an organic system. African Journal of Traditional Complementary Alternative Medicines 3(11): 38-45.
27- Suleiman Beigi M., and Arzegar Z. 2013. A review study on chemical properties and food index of mastic oil compared with olive, sunflower and canola oils. The ilamian traditional uses of mastic. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences 21(5): 1-13. (In Persian with English abstract)
28- Tabandeh Sarvai A., and Nadi H. 2018. Effect of altitude and genotype on morphological diversity of pistachio leaves (*Pistacia atlantica* subsp. Mutica) in the forests of southern Yazd province. Dry Canvas Research 2(8): 16-25. (In Persian with English abstract)
29- Wang J., Wang J., Ye J., Vanga S.K., and Raghavan V. 2019. Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. Food Control 96: 128-136.
30- Yousefi B. 2002. A comparative study of ecological and genetic characteristics of Torbatin tree population in Kurdistan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 266(7): 65-99. (In Persian with English abstract)
31- Yousefi B. 2015. Comparison of morphological and chemical properties of pistachio fruit (*Pistacia atlantica*) in two model habitats of Kurdistan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 23(2): 368-378. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 447-458
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۵۸-۴۴۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Fruit Quantitative and Qualitative Characteristics of some Bene Genotypes (*Pistacia atlantica*) at Green Stage

S. Maslahati fard[1*]- H. Hassanpour[2]
Received: 28-11-2020
Accepted: 10-04-2021

Introduction: The pistachio genus (*Pistacia*) belongs to Anacardiaceae family. Three species of common pistachio (*P. vera*, *P. khinjuk* and *P. atlantica*) was found in Iran. Bene (*P. atlantica*) is a dicotyledonous tree with a height of more than 17 meters, is the most important species of Zagros region with valuable main and secondary products. This tree was also used as a rootstocks for edible pistachios and resistant to adverse environmental conditions, so that it grows in different climates in terms of land slope, soil type, different soil fertility levels, altitude (600 to 3000 meters) and temperature range of -25 to 40 °C. Fruit and gum have different uses in food, industry and medicine. Medicinal and oral uses of Bene fruit and gum have long been reported not only in Iran, but also among the natives of all coriander-rich regions, including parts of Algeria, Turkey and Iraq. Bene fruit can be harvested at three stages; First, the unripe stage (in the form of small hollow spheres without a kernel), its skin is brittle and its color is pale green. The second stage, the kernel is completely hardened, but the shell has an ocher red color that tastes sour. The last, the ripe stage, the kernel is completely hardened and the color of the skin is blue-green.

Materials and Methods: This study was conducted to evaluate the diversity and determine some quantitative and qualitative characteristics of different Bene (*P. atlantica*) genotypes at the green fruit stage. For this purpose, 11 genotypes were randomly selected in an area near the city of Mirabad, West Azerbaijan Province, Iran. The fruits were harvested from each genotype and transferred to the laboratory. In this study, some quantitative traits of fruit and cluster as well as total phenol, total flavonoids and total antioxidant capacity were analyzed. Digital calipers were used to measure the length and width of fruit and clusters (mm). Also, a digital scale with an accuracy of 0.001 g was used to measure the weight of fruit and cluster. Fruit size index was calculated by multiplying the measured width by the measured length and expressed as mm^2. Total antioxidant capacity was assessed using the DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method. Folin–Ciocalteu method was used to measure the total phenol content.

Results and Discussion: The results showed that cluster weight had the highest diversity and fruit width had the least diversity among the studied traits. Traits such as cluster width, cluster length, total phenol and flavonoid content were also highly varied among genotypes. In this study, the maximum weight, length and width of fruit were 1.28 g, 8.32 and 8.62 mm, respectively. Also, the results of this study showed that there is a significant difference between genotypes in terms of all parameters measured except cluster length at the 1% and 5% of probability level. Overall, the results of this study showed high variability in the majority of traits. The highest length, width and weight of the cluster as well as the width and weight of the fruit were seen in P10 genotype and the lowest was observed in P5 and P6 genotypes. In terms of biochemical characteristics, P3 genotype had the highest total phenol (1034.5 mg gallic acid per gram of FW), total flavonoid (143.82 mg quercetin per gram FW) and antioxidant capacity (93%) and also, the lowest total phenol (370.08 mg gallic acid per gram of FW), total flavonoids (62.25 mg catechin per gram FW) was observed in P7 genotype. According to results of this study, P3 and P10 genotypes can be used for medicinal, food, industrial purposes as well as breeding purposes compared to the other genotypes.

Conclusion: In this study, it was shown that there is a high diversity in the majority of measured traits among different genotypes. The highest morphological traits were observed in P10 genotype. Also, in terms of biochemical characteristics, genotype P3 had the highest total phenol, total flavonoid content and total antioxidant capacity. According to the results, it can be concluded that the morphological characteristics as well as phenolic, flavonoid compounds and antioxidant capacity depend on various factors, including genetic factors and environmental and ecological conditions. Therefore, the observed diversity can be related to genetic structure of

1 and 2- M.Sc. Graduate in Horticultural Sciences and Associate Professor, Department of Horticulture, Urmia University, Urmia, respectively.
(*- Corresponding Author Email: salahmaslahate73@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2021.67091.0

genotypes, which can also be considered as a kind of adaptation and physiological response of trees to environmental conditions.

Keywords: Antioxidant activity, Flavonoid, Fruit weight, Total phenol

Contents

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 35 No. 3 2021

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, 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