نشریه علمی

علـوم باغبـانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

دانشگاه فردوسی مشهد

شماره ۳ جلد ۳۴

سال ۱۳۹۹

شماره پیاپی ۴۷

عنوان مقالات

نشریه علمی علوم باغبانی جلد ۳۴ شماره ۳ سال ۱۳۹۹

Journal of Horticultural Science Vol. 34 No. 3 2020

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 34 No. 3

2020

Journal of Horticultural Science

(Agricultural Science and Technology)

ISSN:2008-4730

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 34 شماره3 پاییز 1399

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

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

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

این نشریه درپایگاههای زیر نمایه شده است:

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

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

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

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۷۶-۳۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 361-376
ISSN: 2008 - 4730

مقاله علمی-پژوهشی

اثر اسید سالیسیلیک بر کاهش خسارت سرمازدگی بهاره در برخی ارقام *ویتیس وینیفرا* و *ویتیس ریپاریا*

اسماء عباسی کاشانی[۱]- علی عبادی[۲]*- محمدرضا فتاحی مقدم[۳]- مجید شکرپور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

چکیده

انگور یکی از میوه‌های مناطق معتدله است که اغلب در اثر سرمازدگی بهاره دچار صدمه می‌شود. پژوهش حاضر بمنظور بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر کاهش صدمه ناشی از سرمازدگی بهاره در ارقام انگور بی‌دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا، بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. اسیدسالیسیلیک با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در دو مرتبه در مرحله ۵-۴ برگی و با فاصله زمانی ۲۴ ساعت روی نهال‌های دوساله گلدانی محلولپاشی گردید. پس از ۲۴ ساعت، عامل دما در سه سطح شامل عدم سرما (گلخانه با دمای طبیعی)، دماهای صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت اعمال شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش سرما تا ۲- درجه سانتی گراد درصد سوختگی شاخه افزایش و درصد زنده‌مانی جوانه های باقی مانده کاهش یافت، همچنین تحت این شرایط صدمه به غشاء سلولی و در نتیجه نشت یونی و تولید مالون دی آلدهید افزایش نشان داد. کاربرد اسیدسالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار باعث کاهش صدمه به شاخه و افزایش قدرت بازیابی نهال‌ها گردید و کمترین میزان نشت الکترولیتی (۱۸ درصد) و مالون دی آلدهید (۰/۱۵ نانومول بر گرم وزن تر) نیز در این غلظت مشاهده شد. همچنین افزایش غلظت پرولین (۱۹۳/۶ میکرومول بر گرم وزن تر) و ترکیبات فنولی (۲۶/۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) و حداکثر تجمع کربوهیدرات‌های محلول (۱۲/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) در تیمار یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک اتفاق افتاد. بنظر می‌رسد اسیدسالیسیلیک توانسته است منجر به کاهش صدمات ناشی از تنش سرما به غشای سلول‌ها شده و با افزایش قدرت بازیابی نهال‌های تحت تنش، اثرات منفی سرمازدگی را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: انگور، تنش سرما، تنظیم کننده رشد گیاهی، تنظیم کننده‌های اسمزی، قدرت بازیابی

مقدمه

انگور (*V. vinifera* L.) یکی از محصولات مهم باغی در جهان و ایران است و نقش عمده‌ای در ارزآوری و افزایش صادرات غیر نفتی دارد. بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی، سطح زیر کشت انگور در دنیا ۷ میلیون هکتار بوده و کشور ایران با ۳۱۶ هزار هکتار در رتبه هفتم دنیا قرار دارد. میزان تولید انگور نیز حدود ۷۷/۵ میلیون تن می‌باشد که کشور ایران با تولید حدود ۲/۵ میلیون تن در رتبه نهم جهان جای دارد (۳). استان فارس با ۷۵ هزار هکتار از سطح بارور تاکستان‌های کشور، در جایگاه نخست قرار دارد. استان‌های قزوین، خراسان رضوی، آذربایجان غربی، همدان و آذربایجان شرقی نیز در رتبه‌های بعدی قرارگرفته‌اند (۳).

سرما یکی از محدودیت‌های کشت و پرورش انگور می‌باشد، بطوری‌که جلوگیری از خسارت ناشی از سرمازدگی از نکات مورد توجه در مناطق انگور کاری دنیا است. این خسارت می‌تواند به دلیل وقوع یخبندان‌های ناگهانی، سرمای زودرس پاییزه و دیررس بهاره در منطقه موکاری باشد که از آن جمله می‌توان به یخبندان زمستان سال ۸۶، سرمازدگی زودرس پاییزه سال ۹۵ و سرمازدگی دیررس بهاره سال‌های ۹۴ و ۹۷ اشاره نمود. بر اساس مشاهدات، گاهی تا ۹۰ درصد محصول تاکستان‌ها توسط صدمات ناشی از سرما از بین می‌رود (۳). طبق گزارش خبرگزاری ایسنا، طی سرمازدگی بهار ۱۳۹۷، خسارت‌های باغی بیشتر از خسارت‌های زراعی بوده و متوجه باغ‌های سیب، انگور، درختان هسته‌دار و گردو با ۱۰ تا ۹۰ درصد خسارت بوده است و برآورد تقریبی خسارت، ۱۲ هزار میلیارد تومان تخمین زده شده است.

صدمات سرما به تنه‌ها، شاخه‌های سبز و خوشه‌های گل انگور در

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری، استادان و دانشیار گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: aebadi@ut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.74924

اوایل فصل رشد در اکثر ارقام تجاری منجر به کاهش چشمگیر میزان محصول شده و کشت مجدد این بوته‌ها نیازمند هزینـه بـالایی اسـت (۷۱). شاخه‌های علفی نورست تحمل سـرمای پـایین تـر از ۲ درجـه سانتی‌گراد را نداشته و در کمتر از این دما به شدت آسـیب مـی‌بیننـد (۳).

محافظت از گیاهان در برابر اثـرات زیـان آور دماهـای پـایین در کشاورزی دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای مـی‌باشـد. تجربـه و دانـش بشری تاکنون این واقعیت را به اثبات رسانیده اسـت کـه بـا تـدابیر و پیشگیری‌های مناسب می‌توان خسارت ناشـی از دمـای پـایین را بـه میزان قابل توجهی کاهش داد. یکی از راه‌های جلـوگیری از خسـارت سرمازدگی، استفاده از تنظـیم کننـده‌هـای رشـد گیـاهی نظیـر اسـید سالیسیلیک مـی‌باشـد (۶۹). بررسـی‌هـا نشـان داده اسـت کـه اسـید سالیسیلیک یک ترکیب فنولی بوده و در پاسخ به تنش‌های محیطـی نقش کلیدی در تنظیم رشد و نمو گیاهان دارد (۷۰). به نظر می‌رسـد که اسید سالیسیلیک در مقاومت به تنش سرما نیز نقش دارد و احتمالا از طریق تاثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و متابولیسم پراکسید هیدروژن، زمینه کاهش خسارت سرما و افزایش تحمل گیاه به سرما را فراهم می‌آورد. نقش حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر آسیب سرمایی در گیاهان مختلف مانند لیموآب (۷)، پسته (۶۲)، هلو (۱۵)، انـار (۶۳)، زردآلو (۳۰) و گردو (۴۸) گزارش شده است. بررسی‌ها نشان داده است که محلول‌پاشی قلمه‌های انگور با اسـید سالیسـیلیک باعـث افـزایش مقاومت به تنش‌های سرمایی و گرمایی از طریق کاهش نشت یونی و کاهش پراکسیداسیون غشای سلول‌هـا شـده اسـت (۷۰). علیرضـایی نوقوندر و همکاران (۱) نیز بیان نمودند محلول‌پاشی یک میلـی‌مـولار اسید سالیسیلیک روی جوانه‌های گل زردآلو باعث کـاهش آسـیب بـه مادگی و نشت یونی تحت تنش یخ زدگی مصنوعی (چهار سـاعت در دمای ۴- درجه سلسیوس) نسبت به شاهد گردید. همچنین بـه نظـر می‌رسد اسید سالیسیلیک آنزیم‌های متابولیسـم پـرولین و متعاقـب آن تجمع پرولین را افزایش مـی‌دهـد (۱۳). لئـو و همکـاران (۵۲) بیـان نمودند که محلولپاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مـولار روی نشاهای گیاه اینکا اینچی[1] منجر بـه افـزایش میـزان پـرولین و قندهای محلول گردید و بنظر می‌رسد از ایـن طریـق موجـب بهبـود تحمل به سرما در گیاهان تحت تنش گردید.

سرمازدگی منجر بـه از هـم پاشـیدگی مـواد پکتیکـی در دیـواره سلولی، جامد شدن بخـش لیپیـدی و ایجـاد شـکاف‌هـایی در غشـا و اختلال در فعالیت آنزیم‌های کنترل کننده ورود و خروج مواد از سـلول می‌شود (۳۲). بررسی غلظت مالون دی آلدهید بافت گیاهی مـی‌توانـد بیانگر میزان تخریب غشاء سلولی باشد، زیرا این ترکیب تحـت تـاثیر تخریب و پراکسیده شدن غشاء سلولی آزاد می‌شود (۱۱). اندازه‌گیـری میزان نشت الکترولیتی نیز، تخمین خسارت بافت‌ها را امکان‌پذیر مـی کند. این روش اولین بار توسط دکستر و همکاران (۲۴) برای بررسـی مقاومت به سرما در گیاهان بکار برده شد. خسارت‌های مورفولـوژیکی سرمازدگی در شاخه‌ها شـامل تغییـر رنـگ بافـت‌هـا، قهـوه‌ای شـدن اکسیداتیو در اثر اکسیداسیون (۲) و همچنین شاخص رشد مجدد (۱۲) در تعیین مقاومت به سرما می‌باشد. گیاهان می‌توانند از طریق انباشتن برخی مواد تنظیم کننـده اسـمزی ماننـد اسـید آمینـه فعـال پـرولین، کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین‌ها مقاومت خود را به دمای پـایین افزایش داده (۴) و از این طریق منجر به محافظت از غشـای سـلولی (۵۳)، کاهش تلفات آب و پایداری غشا شوند (۳۱).

در پژوهش حاضر اثر کاربرد اسید سالیسـیلیک بـر واکـنش نهـال های دو ساله گلدانی انگور ارقام بی‌دانه بازارپسند از قبیل بی‌دانه سفید و پرلت سیدلیس و گونه ریپاریا تحت شرایطی مشابه سرمازدگی بهاره بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسـی علـوم باغبـانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهـران واقـع در شهرسـتان کرج در بهار سال ۱۳۹۶ روی نهال‌های دو ساله گلـدانی اجـرا گردیـد. ارقام مورد آزمایش شامل بی‌دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا بود. ایـن آزمایش بصورت فاکتوریل شامل اسید سالیسـیلیک ($C_7H_6O_3$ بـا وزن مولکولی ۱۳۸/۲ گرم، محصول شرکت مرک آلمـان) بـا غلظـت‌هـای صفر (شاهد)، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار (۱، ۲۷)، در مرحلـه ۵-۴ برگـی، دو مرتبه و با فاصله زمانی ۲۴ ساعت در هر غلظت، در قالب طرح کـاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید (۵۲). تیمار دما در سه سـطح شـامل عدم سـرما (گلخانـه بـا دمـای طبیعـی)، دماهـای صـفر و ۲- درجـه سانتی‌گراد اعمال شد، به این صورت کـه ۲۴ سـاعت پـس از آخـرین محلول‌پاشی، گیاهان گلدانی از گلخانه به اتاقک رشد با قابلیت تنظیم دما، زمان و رطوبت منتقل شده و به مدت ۸ ساعت در دماهای صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (۵۲). گیاهان گلـدانی پـس از اتمـام سرمادهی مصنوعی، بـه گلخانـه انتقـال یافتـه و پـس از ۷۲ سـاعت قرارگیری در دمای طبیعی، درصد سـوختگی شـاخه از طریـق نسـبت طول شاخه سوخته به طول کل شاخه محاسبه شد. همچنـین قـدرت بازیابی نهال‌ها از طریق نسبت تعداد جوانه سبز شده به کل جوانه‌های نهال، ۲۰ روز پس از سرمادهی تعیین گردید.

برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها، نمونه‌های بـرگ ۲۴ سـاعت بعد از سرمادهی مصنوعی تهیه شده و سـپس در فـالکون حـاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و بـه مـدت ۲۴ سـاعت در دسـتگاه شـیکر (مدل 311 DS Labnet) با دمای ۲۵-۲۲ درجـه سـانتی‌گـراد و ۱۶۰ دور در دقیقه قرار داده شـد و سـپس میـزان نشـت اولیـه آن توسـط

1- *Plukenetia volubilis*

دستگاه EC متر قرائت گردید. در ادامه، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر اتوکلاو شده تا مابقی الکترولیت‌ها آزاد شوند. نشت نهایی ۲۴ ساعت پس از قرار دادن نمونه‌های اتوکلاو شده در دستگاه شیکر ثبت گردید و نهایتاً درصد نشت یونی نسبی بر اساس فرمول زیر تعیین شد (۹).

$$REL= EL_1/EL_2\times100 \quad (۱)$$

REL: نشت یونی نسبی EL_1: نشت یونی اولیه EL_2: نشت یونی ثانویه

برای سنجش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، غلظت مالون دی آلدهید به عنوان محصول پراکسیده شدن اسیدهای چرب غشا ۲۴ ساعت بعد از سرمادهی مصنوعی و به روش هیت و پکر (۳۷) اندازه گیری شد. برای این منظور، در ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگ را با نیتروژن مایع ساییده و به آن ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) یک درصد اضافه گردید. عصاره بدست آمده به مدت ۲۰ دقیقه با ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ و سپس به یک میلی‌لیتر از عصاره روشناور، ۵ میلی‌لیتر محلول ۲۰ درصد تری کلرواستیک اسید حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بلافاصله در یخ سرد شد. سپس نمونه‌ها مجددا در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در نهایت ماده قرمز رنگ مالون دی آلدهید–تیوباربیتوریک اسید (TBA-MDA) تولید شده در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل (Instruments Ltd T80 UV/VIS Spectrometer PG) اندازه‌گیری و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی نیز در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت شد. غلظت مالون دی آلدهید با استفاده از ضریب خاموشی معادل $155\ mM^{-1}\ cm^{-1}$ بر حسب نانومول بر گرم وزن تر و توسط رابطه زیر تعیین شد.

$$MDA=(A_{532}-A_{600})/155\times1000\ \ (nM/gFW) \quad (۲)$$

MDA: غلظت مالون دی آلدهید A_{600}: طول موج ۶۰۰ نانومتر A_{532}: طول موج ۵۳۲ نانومتر

به منظور اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول، پس از پایان تیمار سرمادهی، گلدان‌ها از اتاقک رشد خارج شده و به مدت ۲۴ ساعت در گلخانه و تحت شرایط دمای طبیعی قرار گرفتند. سپس از آن‌ها ۰/۵ گرم نمونه‌های برگ تهیه گردید و توسط ازت مایع درون هاون چینی ساییده و در لوله آزمایش ریخته و به آن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد افزوده و سپس ورتکس شد. بدین ترتیب، از نمونه‌ها دو فاز جامد و مایع به دقت جدا و مجددا به فاز جامد دو بار و هر بار ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ اضافه و به شدت تکان داده شد تا فاز مایع تفکیک گردید. کل فاز مایع با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید و بخش بالایی آن جدا شد. سپس به ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده ۰/۳ میلی‌لیتر معرف آنترون (۱۵ میلی‌گرم آنترون به ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) اضافه گردیده و به مدت ۱۰ دقیقه داخل بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا واکنش رنگی انجام شود. پس از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب نوری آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد و مقدار قندهای محلول بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ از رابطه زیر محاسبه گردید (۶۸).

$$\text{قند محلول برگ (میلی‌گرم در گرم وزن تر)} = \frac{\text{حجم عصاره (میلی‌لیتر)} \times \text{قند عصاره (میلی‌گرم در لیتر)}}{\text{وزن نمونه (گرم)} \times \text{۱۸۰/۱۶ (میلی‌گرم در میلی‌مول)}} \quad (۳)$$

تهیه عصاره و اندازه‌گیری میزان پرولین، ۲۴ ساعت پس از پایان سرمادهی و قرارگیری گلدان‌ها در گلخانه و به روش بیتز و همکاران (۱۰) انجام شد. برای عصاره‌گیری، ابتدا ۰/۵ گرم برگ توسط نیتروژن مایع در هاون چینی بخوبی ساییده شده و درون لوله آزمایش ریخته و سپس به آن ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ (وزن به حجم) اضافه نموده و به مدت ۱۵–۱۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. سپس به ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲ میلی‌لیتر محلول نین هیدرین (۱/۲۵ گرم نین هیدرین در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار) افزوده و با ورتکس مخلوط شدند. نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه داخل بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. پس از خنک کردن نمونه‌ها روی یخ، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر نمونه اضافه و ۲۰ ثانیه ورتکس شد تا بخوبی مخلوط شده و پرولین وارد فاز تولوئن گردد. سپس، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند و نهایتا میزان جذب نوری فاز روشناور نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت و از تولوئن به عنوان بلانک استفاده شد. میزان پرولین نمونه‌ها بر حسب میکرومول در گرم وزن تر برگ از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{پرولین برگ (میکرومول در گرم وزن تر)} = \frac{\text{حجم عصاره (میلی‌لیتر)} \times \text{پرولین عصاره (میکروگرم در میلی‌لیتر)}}{\text{۱۱۵/۵ (میکروگرم در میکرومول)}} \times \frac{\text{۵}}{\text{وزن نمونه (گرم)}} \quad (۴)$$

برای اندازه گیری ترکیبات فنولی در این آزمایش، ۲۴ ساعت پس از پایان سرمادهی و قرارگیری گلدان‌ها در گلخانه نمونه‌های ۲ گرمی از بافت برگ تهیه گردید و سپس با ۸ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد ساییده و به مدت ۲۰ دقیقه با ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از روشناور را درون فالکون‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته و ۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو به محتوی فالکون اضافه شد و پس از ۲ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد به مخلوط واکنش افزوده و حجم نهایی با استفاده از آب مقطر به ۶ میلی لیتر رسانیده شد. فالکون‌ها به مدت ۹۰ دقیقه درون بن ماری با دمای۳۰ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی قرار داده شدند. در نهایت محتوی فنولی نمونه‌ها به وسیله اسپکتروفتومتر با طول موج ۷۲۵ نانومتر اندازگیری شد (۲۲). از این روش برای کلیه محلول‌های استاندارد اسید گالیک و رسم منحنی کالیبراسیون استاندارد به کار برده

شد.

تجزیه آماری نتایج توسط نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز به روش آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۱، تیمار اسید سالیسیلیک و سرما اثرات معنی‌داری بر برخی خصوصیات رویشی از قبیل درصد سوختگی شاخه و قدرت بازیابی نهال‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی شامل درصد نشت یونی نسبی و میزان مالون دی آلدهید پس از اعمال تنش سرمادهی مصنوعی در برخی از ارقام انگور گونه وینیفرا نظیر بی‌دانه سفید و پرلت و گونه ریپاریا داشته است.

با توجه به شکل ۱، با کاهش دما درصد سوختگی شاخه افزایش یافته و در دماهای صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داده است. بر اساس نتایج، کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به کاهش درصد سوختگی شاخه شده است، بطوری که محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار آن (۱۴ درصد) اختلاف معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد آن (۶۵ درصد) داشته است. بین ارقام گونه وینیفرا و گونه ریپاریا با کاهش دما تا ۲- درجه سانتی‌گراد اختلافات معنی‌دار شد.

همانطور که در شکل ۲ مشخص شده است جوانه‌های نهال‌های ارقام مختلف انگور با کاهش دما تا ۲- درجه سانتی‌گراد کاهش چشمگیری در درصد سبز شدن و رشد جوانه‌ها و قدرت بازیابی داشتند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی مولار باعث افزایش درصد رشد جوانه‌های نهال‌های ارقام وینیفرا تحت تنش ۲- درجه سانتی‌گراد (به ترتیب ۷۶ و ۸۶ درصد) در مقایسه با عدم کاربرد آن (۴۵ درصد) گردید. در این آزمایش، گونه ریپاریا بیشترین قدرت بازیابی را در دماهای صفر درجه سانتی‌گراد بدون کاربرد اسید سالیسیلیک (۱۰۰ درصد) و در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد توسط محلول‌پاشی با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار (به ترتیب ۸۸ و ۹۸ درصد) نشان داد و نسبت به ارقام بی‌دانه سفید و پرلت (۷۵ و ۸۹ درصد) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری داشت، در حالی‌که بین دو رقم ذکر شده در گونه وینیفرا این اختلاف معنی‌دار نبود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک، دما و رقم بر پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های دو ساله گلدانی برخی از ارقام انگور تحت تنش سرمازدگی بهاره

Table 1- ANOVA for the effect of Salicylic acid dose, temperature and cultivar on morphological and physiological parameters of two-year potted seedlings of some grape varieties under spring cold stress

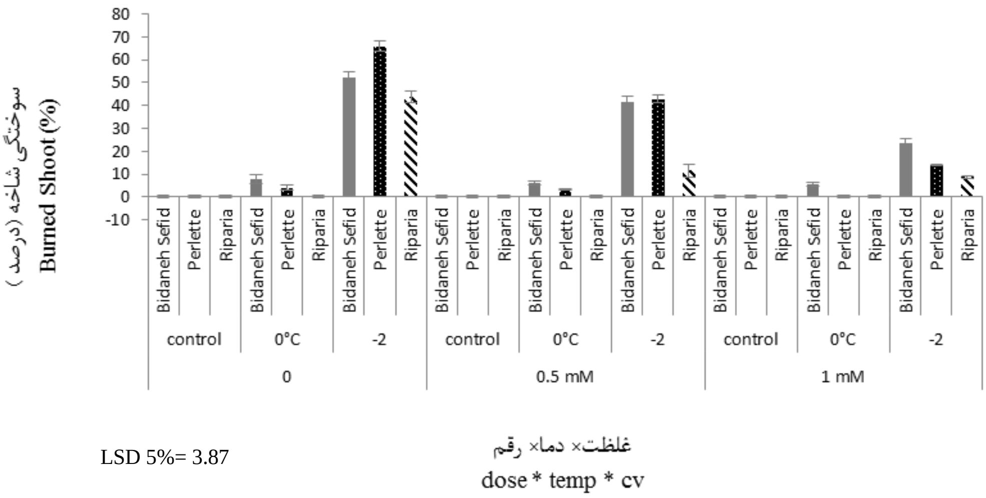
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		درصد سوختگی شاخه Burned shoot	قدرت بازیابی Recovery	درصد نشت یونی EL	مالون دی آلدهید MDA
غلظت Dose	2	1241.76**	1336.93**	943.36**	0.0723**
دما Temp	2	9406.18**	5198.75**	9711.58**	0.6291**
رقم[1] cv[1]	2	531.47**	124.79*	1998.35**	0.0453**
غلظت × دما Dose × Temp	4	1062.90**	1046.93**	231.54**	0.0205**
غلظت × رقم Dose × cv	4	82.56**	58.03^{ns}	15.73^{ns}	0.0078**
دما × رقم Temp × cv	4	303.20**	80.12*	349.42**	0.0235**
غلظت × دما × رقم Dose × Temp × cv	8	69.29**	68.44*	17.22^{ns}	0.0040**
خطا Error	54	5.6	25.72	10.24	0.0002

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns: غیر معنی‌دار

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

۱. برخی ارقام گونه ویتیس وینیفرا و ویتیس ریپاریا

1. Some Cultivars of *Vitis vinifera* and *Vitis riparia*

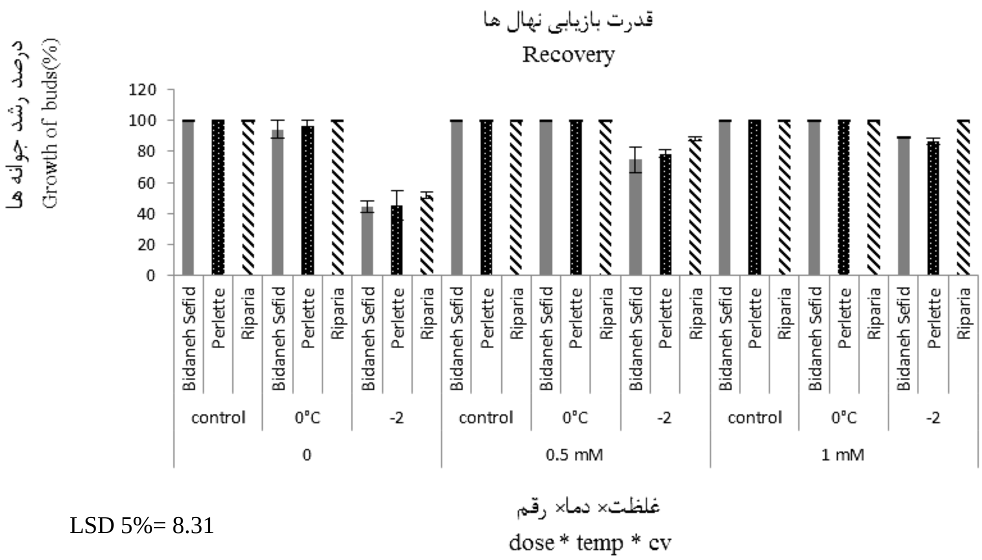


شکل ۱- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر درصد سوختگی شاخه نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا، ۷۲ ساعت پس از سرمادهی مصنوعی

Figure 1- The interaction effect of Salicylic acid dose × temperature ×cultivar on burned shoot (%) of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, 72 hours after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).

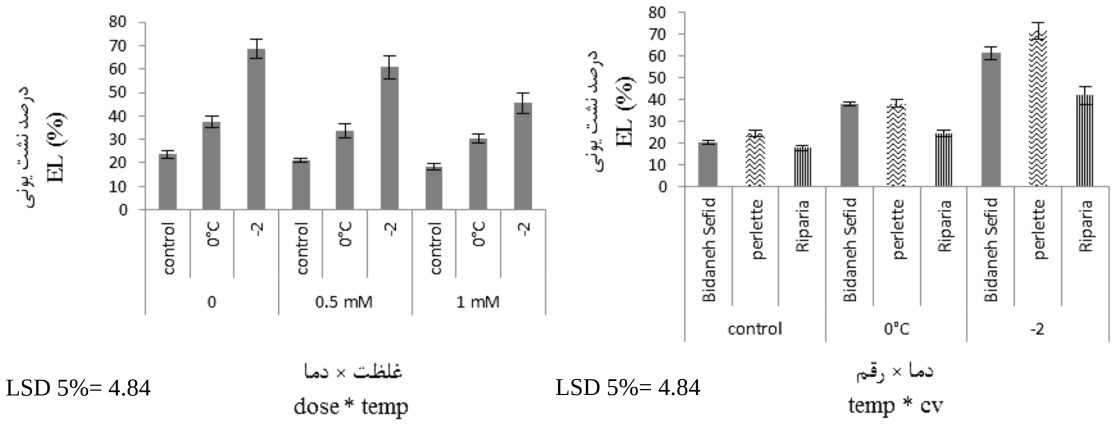


شکل ۲- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر قدرت بازیابی نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا ۲۰ روز پس از سرمادهی مصنوعی

Figure 2- The interaction effect of Salicylic acid dose × temperature ×cultivar on recovery of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, 20 days after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).

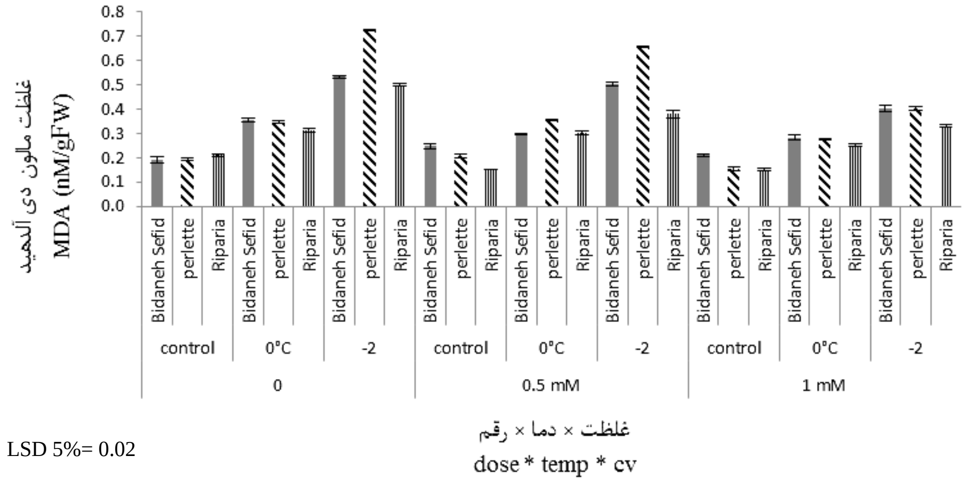


شکل ۳- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر درصد نشت یونی نسبی نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا، پس از اعمال سرمادهی مصنوعی

Figure 3- Effect of dose, temperature and cultivar on EL (%) of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).



شکل ٤- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر غلظت مالون دی آلدهید نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا پس از اعمال سرمادهی مصنوعی

Figure 4- The interaction effect of Salicylic acid dose × temperature ×cultivar on MDA of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کاهش دما منجر به افزایش درصد نشت یونی نسبی گردیده است، بطوری‌که در دماهای صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد (۳۷ و ۶۸ درصد) اختلافات معنی‌داری نسبت به دمای شاهد (۲۳ درصد) مشاهده شد. بین ارقام مختلف نیز این اختلاف در درصد نشت یونی نسبی معنی‌دار بود، بطوری‌که بیشترین میزان آن در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد در رقم پرلت (۷۱ درصد) و کمترین آن در گونه ریپاریا (۴۲ درصد) وجود داشت. کاربرد ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک باعث کاهش درصد نشت یونی گردید، بر این اساس کمترین میزان آن در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و در تیمار شاهد (۱۸ درصد) و بیشترین درصد نشت یونی در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد و بدون کاربرد اسید سالیسیلیک (۶۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۳).

همانگونه که در شکل ۴ نشان داده شده است تیمار سرمازدگی منجر به افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و در نتیجه افزایش میزان مالون دی آلدهید گردیده است، بطوری‌که بیشترین میزان آن در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد در هر دو رقم بی دانه سفید و پرلت و

همچنین گونه ریپاریا نسبت به دمای شاهد مشاهده شد. کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار موجب کاهش میزان مالون دی آلدهید در دماهای صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد نسبت به عدم کاربرد آن گردید، بطوری‌که در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد کمترین میزان مالون دی آلدهید توسط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار (۰/۴۰ نانومول بر گرم وزن تر) در مقایسه با سایر غلظت‌ها (۰/۶۵ و ۰/۷۲ نانومول بر گرم وزن تر) در این دما مشاهده شد. بین ارقام گونه وینیفرا در دمای صفر درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی در این دما بین این گونه و گونه ریپاریا اختلافات معنی‌دار بود، در حالی‌که در دمای ۲- درجه سانتی گراد بین ارقام بی‌دانه سفید و پرلت (۰/۴۰ نانومول بر گرم وزن تر) و همچنین گونه ریپاریا (۰/۳۳ نانومول بر گرم وزن تر) اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید.

میزان رشد مجدد و قدرت بازیابی پس از برطرف شدن سرما در شاخه‌های کیوی فروت (۲۰) و انگور (۶۶) مورد ارزیابی قرار گرفته است. از مهم‌ترین دلایل کاهش قدرت بازیابی تحت تنش سرمازدگی را می‌توان به تخریب یاخته‌های پارانشیمی (۵۴)، نشت الکترولیت‌ها (۵۹) و افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن (۴۰) نسبت داد. در این آزمایش، معنی‌دار شدن تاثیر تیمار در شاخص‌های ارزیابی آسیب یخ زدگی مصنوعی نشان‌دهنده تاثیر مثبت کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار به منظور افزایش تحمل فیزیولوژیکی گیاه به یخ‌زدگی بهاره و کاهش خسارت ناشی از وقوع یخبندان‌های دیر هنگام بهاره بود. همانطور که نتایج نشان داد بین ارقام گونه وینیفرا و گونه ریپاریا در تحمل به سرمازدگی بهاره اختلاف وجود داشت و طبق نتایج پژوهش‌های پیشین چنین انتظار می‌رفت که گونه ریپاریا تحمل بیشتری به سرما داشته باشد که البته با نتایج آزمایش کنونی نیز مطابقت داشت. همچنین از نظر قدرت بازیابی نیز گونه ریپاریا نسبت به ارقام گونه وینیفرا تحت شرایط تنش سرما برتری نشان داد و قدرت بازیابی بیشتری داشت. نجاتیان (۵۵) در پژوهشی تاثیر سرما بر چند کلون انگور بی دانه را در شرایط سرمای طبیعی و مصنوعی بررسی نمود و نتایج نشان داد که با افزایش شدت سرمای مصنوعی میزان مرگ جوانه‌ها بیشتر بود. کاووسی و همکاران (۴۵) نیز نتایج مشابهی گزارش نمودند. کریمی و همکاران (۴۴) نیز نشان دادند که در ارقام انگور حساس به سرما، تیمارهای دمایی ۱۴- درجه سانتی گراد و پایین تر، سبب خسارت شدید به جوانه‌ها شد و به اصطلاح جوانه‌ها کور ماندند و رشد جدید در آن‌ها حاصل نشد، در حالی‌که در ارقام مقاوم، تیمار دمایی ۱۸- درجه سانتی‌گراد موجب مرگ کامل همه جوانه‌ها شد و باز شدن جوانه‌ها مشاهده نشد. نتایج تیمار گیاهچه های خیار با اسید سالیسیلیک نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک سبب بهبود رشد و بقاء نهال‌ها در شرایط تنش دمای پایین شده است (۵۰).

هنگامی که بافت‌های گیاه بر اثر سرما آسیب می‌بینند، رادیکال های آزاد اکسیژن باعث آسیب رساندن به لیپیدها و اسیدهای چرب غشا شده (۳۳) و نتیجه این وضعیت، بروز پدیده آبگز شدن و افزایش نشت یونی است (۵). نشت الکترولیت‌ها در اثر صدمه سرمازدگی در بسیاری از گونه‌های چوبی نظیر زیتون (۹)، کیوی (۴۹) و بادام (۷۲) گزارش شده است. کاربرد اسید سالیسیلیک سبب کاهش نشت یونی در گیاهان گوجه فرنگی (۶۴) و انگور(۵۱ و ۷۰) شده است. ارشادی و طاهری (۲۷) بیان کردند که کاهش دما باعث افزایش درصد نشت یونی در نمونه‌های ساقه و برگ انگور شد، ولی روند افزایش تحت تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید قرار گرفت و کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اثر چشمگیری بر کاهش نشت یونی و حفظ سلامت بافت‌ها در دامنه تنش سرمایی صفر تا ۸- درجه سانتی گراد داشت. تیمار دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز با اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقاومت به سرمای آن‌ها از طریق کاهش نشت یونی برگ‌ها شده است (۶۲). یکی از اثرات عمده تنش سرما بر غشا، پراکسیداسیون چربی‌های غشایی است که در اثر ایجاد مالون دی آلدهید به عنوان محصول نهایی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع بوجود می‌آید (۱۶). بدین ترتیب با تغییر در ساختار غشا و پروتئین‌ها و افزایش مواد محلول سمی، نفوذپذیری و انعطاف‌پذیری غشا افزایش یافته و خروج یون‌ها از غشا و در نتیجه ایجاد خسارت به گیاهان تسریع می‌شود (۱۴). در این آزمایش نیز، غلظت یک میلی مولار اسید سالیسیلیک منجر به کاهش میزان مالون دی آلدهید در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید که این نتیجه ممکن است از طریق اثر اسید سالیسیلیک بر فعال نمودن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز حاصل شده باشد، به طوری که این آنزیم‌ها از طریق خنثی نمودن رادیکال‌های فعال اکسیژن مانع صدمه به غشای سلولی شده و در نتیجه منجر به کاهش غلظت این صفت گردیده است. کریمی و همکاران (۴۴) طی بررسی تاثیر دمای یخ‌زدگی بر غلظت مالون دی آلدهید در شش رقم انگور، گزارش نمودند که پراکسیداسیون غشا در همه ارقام همراه با کاهش دما روند افزایشی داشت. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با فعال کردن آنزیم های آنتی اکسیدان باعث کاهش مقادیر مالون دی آلدهید (MDA) حاصل از تخریب غشا می‌گردد (۶). گزارش شده است که پیش تیمار خارجی برگ‌های انگور با اسید سالیسیلیک میزان نشت الکترولیتی و مواد واکنشی با تیوبیتوریک اسید را تحت شرایط تنش دمای پایین کاهش داد و بطور نسبی فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مثل آسکوربات پراکسیداز (APX)، گلوتاتیون ردوکتاز (GR) و مونودهیدروآسکوربات (MDHA) را تحت شرایط تنش باعث شد (۷۰). گو و همکاران (۳۰) نیز بیان کردند که کاربرد خارجی ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک روی جوانه‌های گل زردآلو باعث کاهش نشت یونی و محتوای مالون دی آلدهید در شرایط تنش

یخ‌زدگی شد. بهبود برخی از پارامترهای رویشی و فیزیولوژیکی توسط کاربرد اسید سالیسیلیک تحت تنش سرمازدگی طبق نتایج مطالعه حاضر با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت وجود داشت (۷، ۲۸، ۴۸ و ۵۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به برخی از پارامترهای بیوشیمیایی نهال‌های انگور رقم بی دانه سفید و پرلت و گونه ریپاریا پس از کاربرد اسید سالیسیلیک و اعمال تنش سرما در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، اثر تیمار اسید سالیسیلیک و سرما بر صفات پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و ترکیبات فنولی دارای اثر معنی‌دار بود.

بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل ۵، میزان پرولین نهال ها با کاهش دما، افزایش نشان داده است بطوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار ۲- درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای شاهد در هر دو رقم از گونه وینیفرا و گونه ریپاریا مشاهده شده است. غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار میزان پرولین در ارقام بی دانه سفید و پرلت در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد (به ترتیب ۱۹۳/۶ و ۱۶۲/۷ میکرومول بر گرم وزن تازه) در مقایسه با شاهد (۱۴۷/۶ و ۱۴۲/۸ میکرومول بر گرم وزن تازه) گردیده است ولی در گونه ریپاریا نتایج متفاوتی مشاهده شد، بطوری‌که کاربرد اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت باعث کاهش میزان پرولین نهال‌های تحت دماهای تنش سرمازدگی (۱۳۱/۹ میکرومول بر گرم وزن تازه) گردید. همچنین میزان پرولین در دو رقم مذکور در تیمار محلول‌پاشی شده با غلظت های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دماهای صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد اختلافات معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد آن نشان دادند.

با توجه به نتایج این پژوهش، با کاهش دما از شاهد به ۲- درجه سانتی‌گراد میزان کربوهیدرات‌های محلول بطور معنی‌داری افزایش نشان داد. در این دما اختلافات بین مقادیر این پارامتر در بین ارقام بی دانه سفید و پرلت و گونه ریپاریا معنی‌دار بود. کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول گردید، بطوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تحت دمای ۲- درجه سانتی‌گراد در ارقام بی‌دانه سفید و پرلت (۱۲/۳ و ۱۰/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد (شکل ۶).

همانگونه که در شکل ۷ نشان داده شده، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان ترکیبات فنولی نهال‌های تحت تنش ارقام بی دانه سفید و پرلت و گونه ریپاریا گردید. بنابر نتایج، بیشترین میزان ترکیبات فنولی در تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم پرلت (۲۶/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و گونه ریپاریا (۲۵/۴ میلی گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شده که با رقم بی دانه سفید (۱۹/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) اختلاف معنی‌داری نشان داد. همچنین در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان این شاخص (۲۷/۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه) نسبت به شاهد (۱۸/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک، دما و رقم بر مقادیر برخی از تنظیم کننده‌های اسمزی و آنتی اکسیدانی نهال‌های دو ساله گلدانی برخی از ارقام انگور تحت تنش سرمازدگی بهاره

Table 2- ANOVA forthe effect of Salicylic acid dose, temperature and cultivar on some osmotic regulators and antioxidant of two-year potted seedlings of some grape varieties under spring cold stress

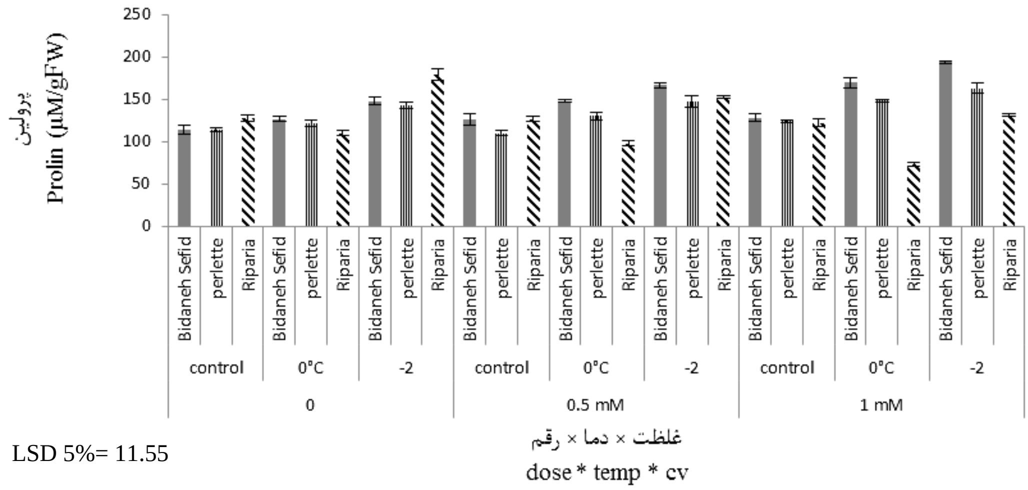
منابع تغییرات Source		درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS) پرولین Prolin	کربوهیدرات‌های محلول Solution carbohydrate	ترکیبات فنولی Phenolic compounds
Dose	غلظت	2	421.76**	75.93**	166.05**
Temp	دما	2	11225.44**	119.48**	122.92**
cv[1]	رقم[1]	2	3421.67**	37.69**	266.60**
Dose × Temp	غلظت × دما	4	36.17^{ns}	3.79**	25.84**
Dose ×cv	غلظت × رقم	4	2592.86**	8.70**	12.56**
Temp × cv	دما × رقم	4	2403.88**	3.75**	3.96^{ns}
Dose × Temp × cv	غلظت × دما × رقم	8	336.47**	1.77**	3.28^{ns}
Error		54	49.67	0.25	2.62

**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns}: غیر معنی دار

**: Significant at 1% probability level, *: Significant at 5% probability level, ^{ns}: not significant

۱. برخی ارقام گونه ویتیس وینیفرا و ویتیس ریپاریا

1. Some Cultivars of *Vitis vinifera* and *Vitis riparia*

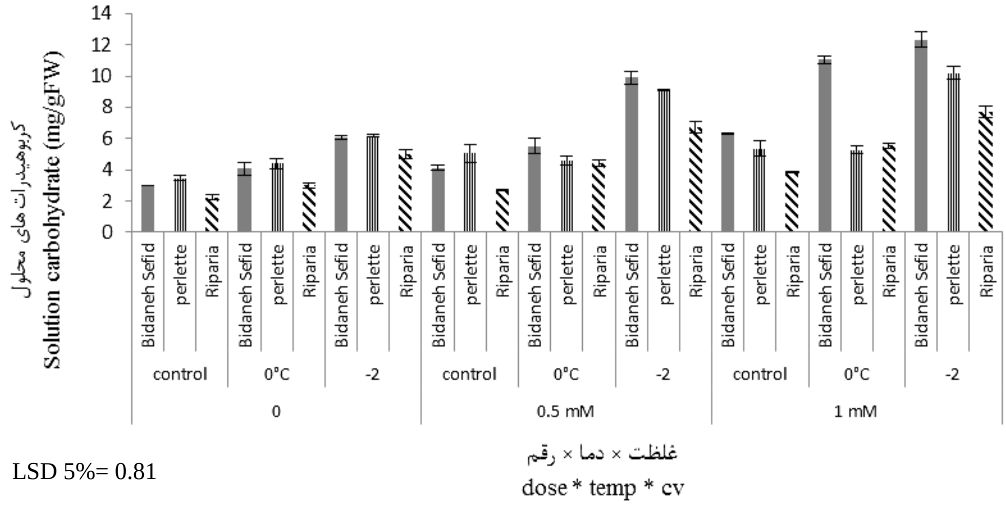


شکل ۵- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر میزان پرولین نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا، پس از اعمال سرمادهی مصنوعی

Figure 5- The interaction effect of Salicylic acid dose× temperature ×cultivar on Prolin of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).



شکل ٦- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر میزان کربوهیدرات های محلول نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا، پس از اعمال سرمادهی مصنوعی

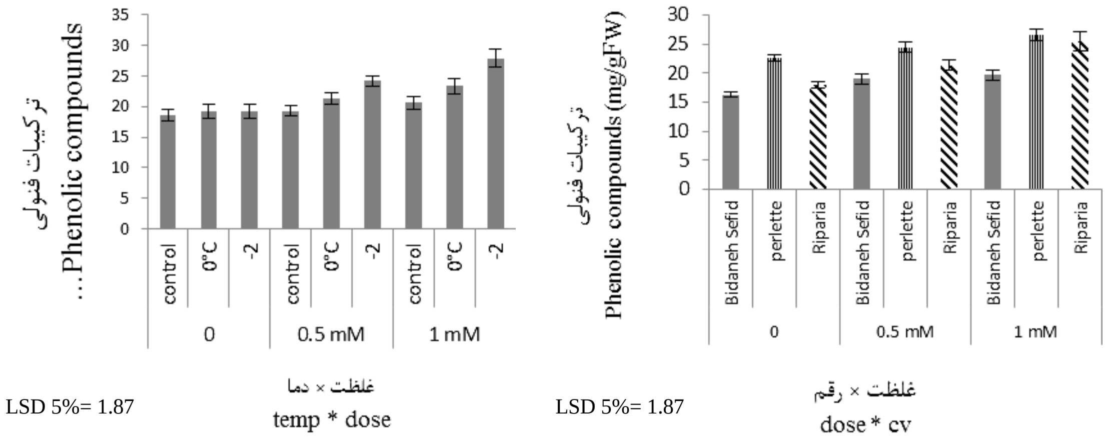
Figure 6- The interaction effect of Salicylic acid dose × temperature ×cultivar on Solution carbohydrate of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).

تولید رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش افـزایش مـی‌یابـد کـه در انتقال الکترون‌ها در کلروپلاست‌ها و میتوکنـدری اخـتلال ایجـاد مـی کنند و موجب تخریب و فروپاشی غشاها در شرایط تنش می‌شوند (۲۳ و ۳۴). اسیدآمینه غیر ساختاری پرولین نقش آنتی اکسیدانی دارد و در از بین بردن رادیکال‌های آزاد موثر است و از این طریق پروتئین‌هـا و غشاها را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند (۷۳). از بـین نقش‌های متعدد پرولین در گیاهان که برای مقابله با تنش سرما ذکـر شد، ممکن است در آزمایش ما، نقش پرولین به عنوان تنظـیم کننـده اسمزی از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و منجر به حفظ ساختار غشا گردیده است. در گیاه هوهوبا گزارش شده است که پرولین در واکنش به دماهای یخ زدگی افزایش یافت (۱۷). افزایش میزان پرولین تحـت تیمار اسید سالیسیلیک در انگور (۲۷)، گردو (۴۸) و گندم (۶۷) گزارش

شده است. به نظر می‌رسد که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک تحت تنش سرما، محتوای اسید آبسیزیک درون سلولی را افزایش داده و به این ترتیب منجر به تجمع پرولین در شرایط سرما و افزایش مقاومت به سرما گردید (۶۵).



شکل ۷- برهمکنش غلظت اسید سالیسیلیک × دما × رقم بر میزان ترکیبات فنولی نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی دانه سفید، پرلت و گونه ریپاریا، پس از اعمال سرمادهی مصنوعی

Figure 7– The interaction effect of Salicylic acid dose × temperature ×cultivar on Phenolic compounds of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia, after cold stress

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

The top indicator of each column represents the standard error (± SE).

در این مطالعه، کاهش میزان پرولین در گونه ریپاریا تحت تیمار اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد ممکن است به این دلیل باشد که افزایش تحمل این گونه به سرما توسط اسید آمینه پرولین نبوده و احتمالا مکانیسم تحمل آن به سرما در اثر افزایش سایر تنظیم کننده های اسمزی از قبیل کربوهیدرات‌های محلول و همچنین ترکیبات فنولی بوده است.

بروز تحمل به تنش با تغییر در مواد اسمزی درون سلول همراه است. گیاهان با انباشت مواد تنظیم کننده اسمزی مانند کربوهیدرات های محلول و پروتئین‌ها، مقاومت خود را به دمای پایین افزایش می دهند (۴ و ۲۵). رابطه مثبت بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقاومت به سرما در سیب (۲۰)، تمشک (۵۸) و انار (۲۹) گزارش شده است. بیان شده است که تیمار با اسید سالیسیلیک توسط تحریک هیدرولیز قندهای نامحلول یا پروتئین‌ها و افزایش ترکیباتی مانند قندهای محلول نقش تنظیم اسمزی را برای سلول ایفا کرده (۴۲) و با کاهش نقطهٔ انجماد بافت (۴۶) سبب کاهش خسارت سرمازدگی می شود (۳۵). در این آزمایش نیز، تیمارهای یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دارای بیشترین میزان این صفت بودند که احتمالا به دلیل نقش هورمون در افزایش هیدرولیز کربوهیدرات‌های نامحلول و تبدیل آن‌ها به کربوهیدرات‌های محلول می‌باشد که از طریق تنظیم اسمزی، منجر به کاهش صدمه سرمازدگی گردیده است که این مسئله با نتایج گزارش شده در انگور (۲۷) و لیموآب شیراز (۷) همخوانی دارد.

در گیاهان عالی تولید زیاد گونه‌های فعال اکسیژن، صفتی ذاتی است که در شرایط تنش ایجاد می‌شود. مکانیسم پاسخگویی به تنش بوسیله آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز و آنتی اکسیدان‌هایی از جمله اسید آسکوربیک، گلوتاتیون و نوکلئوتیدهای پیریدین به همراه ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدی و توکوفرول‌ها برای از بین بردن خاصیت سمی گونه‌های اکسیژن فعال ضروری هستند (۶۰). ترکیب‌های فنولی ویژگی‌های احیایی دارند که به آن‌ها اجازه می‌دهد به عنوان احیاکننده، دهنده هیدروژن و فرونشاننده اکسیژن منفرد وارد عمل شوند (۳۶). نتایج پژوهش محققان نشان داد که تجمع پروتئین‌های محلول و ترکیبات فنولی در بوته‌های انگور ضمن حفظ پایداری غشا در دمای کم، تولید مالون دی آلدهید کمتر و در نتیجه سازگاری بیشتر به دمای کم و به افزایش تحمل به یخزدگی در آن‌ها منجر می‌شود (۸ و ۴۷). افزایش ترکیبات فنولی طی مرحله سازگاری به سرما در پسته (۵۷)، تاک (۳۹) و سیب (۳۸) مشاهده شده است. در این تحقیق نیز، به نظر می‌رسد افزایش میزان ترکیبات فنولی توانسته اند از طریق اثر بر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده تحت تنش، منجر به حفظ غشای سلولی گردیده و تحمل به تنش سرما را در نهال‌های انگور افزایش داده باشند. کریمی و همکاران (۴۴) گزارش کردند که با افزایش سازگاری به سرما، غلظت پروتئین‌های محلول و فنول کل در ارقام انگور بی‌دانه قرمز و خلیلی افزایش یافت که حاکی از ارتباط مثبت این ترکیبات با

مقاومت به سرما در جوانه‌های در حال خواب تاک است که این گزارش مطابق با نتایج پژوهش کنونی می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که پیش تیمار اسید سالیسیلیک به عنوان یک پروسه مقاوم سازی عمل نموده و با افزایش توان آنتی اکسیدانی سلول موجب حفاظت بیشتر غشاهای سلولی و کاهش مقدار پراکسیداسیون لیپیدها و جلوگیری از اکسیداسیون پروتئین‌ها شده است (۲۶). چان و تاین (۱۹) تجمع ترکیبات فنولی را به دنبال افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در انگور پس از کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش کردند. بنابراین نتیجه گرفتند که اسید سالیسیلیک نقش مهمی در بیوسنتز ترکیبات فنولی و بیان ژن‌های دفاعی گیاه دارد.

نتیجه‌گیری

سرمازدگی بهاره می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری به بوته‌های انگور وارد نموده و منجر به خسارت اقتصادی زیادی به باغدار گردد. بنابراین می‌توان با راهکارهای پیشگیری کننده، از بروز خسارت سرما جلوگیری نمود. نتایج پژوهش کنونی نیز نشان داد که خسارات ناشی از تیمار سرمایی در نهال‌های شاهد بیشتر از نهال‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک بود و غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد تاثیر مثبتی بر کاهش شدت خسارت مورفولوژیکی و همچنین کاهش پراکسیداسیون غشای سلولی داشته است. تحمل به سرمای نهال‌های تحت تنش ممکن است به دلیل نقش اسید سالیسیلیک در افزایش مواد آنتی اکسیدانی نظیر ترکیبات فنولی و همچنین افزایش میزان تنظیم کننده‌های اسمزی از قبیل پرولین و کربوهیدرات‌های محلول و در نتیجه افزایش غلظت شیره سلولی و نقطه انجماد بافت بوده باشد، بطوری‌که از این طریق ضمن کاهش تبعات منفی دمای پایین، باعث کاهش خسارت به غشای سلول‌ها و نشت الکترولیت‌ها گردیده و منجر به بهبود قدرت بازیابی نهال‌های دو ساله گلدانی ارقام بی‌دانه سفید و پرلت و گونه ریپاریا شده است. همچنین با توجه به نتایج، چنین استنباط می‌شود که از بین گونه‌های مختلف مورد آزمایش، گونه ریپاریا نسبت به ارقام گونه وینیفرا دارای کمترین درصد سوختگی شاخه و بیشترین قدرت بازیابی بودند. از بین ارقام گونه وینیفرا نیز رقم بی دانه سفید در مقایسه با رقم پرلت دارای بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات محلول بود که نشان‌دهنده سازگاری بیشتر این رقم به شرایط سرما می‌باشد.

سپاسگزاری

از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران بخاطر همکاری در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Alirezaie Noghondar M., Bayat H., and Nemati H. 2013. Effect of salicylic acid on alleviating of electrolyte leakage and flower organ damage in Apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. 'Shahroudi') under artifical cold stress. Science Biology 5: 1-5.
2- Anisko T., and Lindstrom O.M. 1995. Applying the Richards function in freezing tolerance determination with electrolyte and phenolic leakage techniques. Plant Physiology 95: 281-287.
3- Anonymous. 2016. FAO stat data base results. Available on the www.FAO.org.
4- Ashraf M., and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.
5- Azzarello E., Mugnai S., Pandolfi C., Masi E., Marrone E., and Mancuso S. 2009. Comparing image (fractal analysis) and electrochemical (impedance spectroscopy and electrolyte leakage) techniques for the assessment of the freezing tolerance in olive. Trees 23: 159-167.
6- Babalar M., Asghari M., Talebi A.R., and Khosroshahi A. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. Food Chemistry 105: 449-453.
7- Baghbanha M., Fotouhi Qazvini R., Hatamzadeh A., and Heidari M. 2007. Effect of salicylic acid on tolerance to freezing stress in lemon seedlings of Shiraz. Iranian Journal of Horticulture 3: 185-198. (In Persian)
8- Balasundram N., Sundram K., and Samman S. 2007. Phenolic compounds in plants and agriindustrial by products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry 99: 191-203.
9- Barranco D., Ruiz N., and Capo M.G. 2005. Frost tolerance of eight olive cultivars. Hort Science 40: 558-560.
10- Bates I., Waldern R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free Prolin for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
11- Bhattacharjee S., and Mukherjee A.K. 2002. Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology 30: 279-287.
12- Bigras F.J. 1997. Root cold tolerance of black spruce seedlings: viability tests in relation to survival and regrowth. Tree Physiology 17: 311-318.
13- Borsani O., Valpuesta V., and Botella M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage

generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology 126: 1024-1030.
14- Bowers M.C. 1994. Environmental effects of cold on plants. In: Wilkinson, R.E. (Ed.), Plant-Environment Interactions. Marcel Dekker, New York.
15- Cao S., Hu Z., Zheng Y., and Lu B. 2010. Synergistic effect of heat treatment and salicylic acid on alleviating internal browning in cold-stored peach fruit. Postharvest Biological Technology 58: 93-97.
16- Campos P.S., Quartin V., Ramalho J.C., and Nunes M.A. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. Journal of Plant Physiology 160: 283-292.
17- Ceccardi T., and Ting I. 1996. Effect of temperature and water stresses on gas exchange, fluorescence kinetics, and solute levels of jojoba. Industrial Crops and Products, 5: 279-290.
18- Chalker-Scott L. 1988. Relationships between endogenous phenolic compounds of rhododendron tissues and organs and cold hardiness development. Oregon State University, USA, Ph.D. Dissertation.
19- Chan Z., and Tian S. 2006. Induction of H_2O_2 metabolizing enzyme and total protein synthesis by antagonistic yeast and salicylic acid in harvested sweet cherry. Postharvest Biology and Technology 39: 314-320.
20- Chat J. 1995. Cold hardiness within the genus Actinidia. Horticultural Science 30: 329-332.
21- Coleman W.K., and Estabrooks E.N. 1992. Enhancement of cold hardiness in apple tree by PBZ, thidiazuron and flurprimidol. Canadian Journal of Plant Science 72: 1267-1274.
22- Chow H.H., Cai Y., Hakim I.A., Crowell J.A., Shahi F., and Brooks C.A. 2003. Pharmacokinetics and safety of green tea polyphenols after multiple-dose administration of epigallocatechin gallate and polyphenon E in healthy individuals. Clin Cancer Rescerch 9: 3312-3319.
23- Davies K.J.A. 1987. Protein damage and degradation by oxygen radicals. I. General aspects. The Journal of Biological Chemistry 262: 9895-9901.
24- Dexter S.T., Tottingham W.E., and Graber L.F. 1932. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. Plant Physiology 7: 63-78.
25- El-Tayeb M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-224.
26- Eraslan F., Inal A., Pilbeam D.J., and Gunes A. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Matador) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulators 55: 207-219.
27- Ershadi A., and Taheri S. 2013. Effect of salicylic acid on spring frost tolerance in grapes of Bidaneh sefid. Journal of Agricultural Improvement, 2: 135-146. (In Persian)
28- Gao J.C., Wang H.X., and Li X.X. 2010. Relationship between soluble proteins, MDA, andjujube (*Ziziphus mauritiana*) tree cold hardiness. Beifang Yuanyi (Northern Horticulture) 23: 18-20.
29- Ghasemi Soluklui A.A., Ershadi A., and Fallahi E. 2012. Evaluation of cold hardiness in seven Iranian commercial pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. Hortscience 47:1821-1825.
30- Guo S., Yang Q., Yang X., Liu Y., Qi J., and Bi Y. 2007. Effects of salicylic acid on cold resistance during flowering period and fruit sitting rate in Apricot. Nonwood Forest Research 4, 007.
31- Gusta LV., Trischuk R., and Weiser C.J. 2005. Plant cold acclimation: the role of abscisic acid. Plant Growth Regulation 24: 308- 318.
32- Guy C.L. 2003. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology 41: 187-223.
33- Hana B., and Bischoff J.C. 2004. Direct cell injury associated with eutectic crystallization during freezing. Cryobiology 48: 8-21.
34- Hassibi P., Moradi F., and Nabipour M. 2007. Screening of rice genotypes for low temperature stress-using chlorophyll fluorescence. Iranian Journal of Crop Sciences 9: 14-31.
35- Hayat S., and Ahmad A. 2007. Salicylic acid-A plant hormone. Plant Physiology 2: 91-150.
36- Henriques F., Guine R., and Barroca M.J. 2012. Chemical properties of pumpkin dried by different methods. Food Technol. Biotechnology 7: 98-105.
37- Heath L.R., and Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125:189-198.
38- Huang Y., and Wang Z. 1982. Cytological determination of cold resistance in fruit trees (*Malus*). Acta Horticulture 9: 23-30.
39- Hubackova M. 1982. Effect of the lignification of grapevine shoots on the resistance of buds in winter. Vitis 9: 271-274.
40- Inze D., and Van Montagu M. 2002. Oxidative Stress in Plants. Taylor & Francis, London.
41- Janda T., Szalai G., Tari I., and Paldi E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta 208: 175-180.
42- Kafi M., and Mahdavi Damghani A.S. 2002. Resistance mechanisms of plants to environmental stresses (translation). Ferdowsi University Press, Mashhad. (In Persian)
43- Karimi R., Ershadi A., Sna Ashari M., Mashhadi M., and Boojar A. 2014. Seasonal changes in the content of

soluble proteins, total phenol and malondialdehyde, and their relationship with cold resistance of some grape cultivars. Agricultural Improvement, 16: 999-1013. (In Persian)

44- Kavosi B., Eshghi S., and Tafazzoli A. 2012. Response of *Vitis vinifera* L. ‘Askari’ to winter cold damages. Journal of Research in Crop and Garden Plants 1: 37-49 (in Persian).

45- Kerepesi I. 1998. Osmotic and salt stresses induced differential alteration in water- soluble carbohydrate content in wheat seedling. Agriculture & Food Chemistry 53: 47-55.

46- Kezeli T.A., and Beridze A.G. 1986. Structural and histochemical changes in one-year grapevine shoots in relation to frost resistance. Fiziol.Morozoustoich.Vinograd. Lozy.

47- Khorramshahi L. 2012. The Effect of thiofer and salicylic acid on spring resistance to walnut trees. Master's Thesis. Bu-Ali Sina University, Hamedan. (In Persian)

48- Lawes G.S., Cheong S.T., and Alvarez H.V. 1995. The effect of freezing temperatures on buds and stem cuttings of Actinidia species. HortScience 1: 12-16.

49- Lee G.S., and Hong J.H. 2002. Effect of Salicylic Acid on Growth and Chilling Tolerance of Cucumber Seedlings. Environmental Science International 11: 1173-1181.

50- Liu Y., Zhang J., Liu H., and Huang W. 2008. Salicylic acid or heat acclimation pre-treatment enhances the plasma membrane-associated ATPase activities in young grape plants. Scientia Horticulturae 119: 21-27.

51- Luo Y.L., Su Z.L., Bi T.J., Cui X.L., and Lan Q.Y. 2014. Salicylic acid improves chilling tolerance by affecting antioxidant enzymes and osmoregulators in sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Botany 37: 357-363.

52- Mahajan Sh., and Narendra T. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.

53- Malone S.R., and Ashworth E.N. 1991. Freezing stress response in woody tissues observed using low-temperature scanning electron microscopy and freeze substitution techniques. Plant Physiology 95: 871-881.

54- Nejatyan M. 2012. Selection of cold tolerant clones in Iranian Bidaneh grape varieties. Journal of Breeding of Seedlings and Seeds, 28: 519-524. (In Persian)

55- Nzokou P., and Nikiema P. 2008. The influence of three plant growth regulators on susceptibility to cold injury following warm winter spellsin Fraser fir *(Abies fraseri*) and Colorado blue spruce (*Picea pungens*). Horticultural Science 43: 742-746.

56- Pakkish Z., Rahemi M., and Baghizadeh A. 2009. Seasonal changes of peroxidase, polyphenol oxidase enzyme activity and phenol content during and after rest in pistachio (*Pistacia vera* L.) Flower Buds. World Applied Sciences 6: 1193-1199.

57- Palonen P. 1999. Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science 124: 509-513.

58- Pietsch G.M., Anderson N.O., and Li P.H. 2009. Cold tolerance and short day acclimation in perennial Gaura coccinea and G. drummondii. Horticultural Science 120: 418-425.

59- Prasad T.G. 1996. Mechanisms of chilling-induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedling: changes in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities. Plant Journal 10:1017-1026.

60- Rezayatmand Z., Khavarinejad R., and Asghari Gh. 2013. The Effect of salicylic acid on some physiological and biochemical indices of *Artemisia aucheri* Boiss. under salt stress. Plant Biology, 16: 57-70. (In Persian)

61- Sajjadian h. 2011. Effect of salicylic acid on cold resistance of pistachio ‘Badami’ Seedlings using ionic leakage. Seventh Iranian Horticultural Science Congress, Isfahan University of Technology 132-134. (In Persian)

62- Sayyari M., Babalar M., Kalantari S., Serrano M., and Valero D. 2009. Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. Postharvest Biology Technology 53: 152-154.

63- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.

64- Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A., and Fatkhutdinova D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.

65- Shoor M., Tehranifar A., Nemati S.H., Salahwarzi Y., Mokhtarian A and Rahmati M. 2009. Investigation and determination of frost resistance and freezing of three cultivars of grapes in northern Khorasan. Journal of Environmental Stresses Agricultural Sciences 2: 159-169. (In Persian)

66- Singh B., and Usha K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.

67- Somogyi J., and Nelson D. 1952. A critical examination of the Nelson–Somogyi method for the determination of reduced sugar. Analytical Biochemistry 15: 373-381.

68- Snyder R.L., and De Melo-Abreu J.P. 2005. Frost protection: Fundamentals, practice and economics. Vol. I. United Nations, Food and Agriculture Organization, Rome.

69- Wang L.J., and Li S.H. 2006. Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca^{2+} homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. Plant Sciences 170: 685-694.

70- Winkler A., cook J., Klievers N., and Lideer L. 1974. General viticulture. University of California press, Berkeley and Los Angles.
71- Yousefi M. 2008. The effect of freezing on electrolyte leakage of 10 almond cultivars and wild almond species in Isfahan. Journal of Agricultural Science and Technology 45: 1-9. (In Persian)
72- Zhang J., Kluera N.Y., Wang Z., Ray Wu., Ho T.D., and Nguyen H.T. 2000. Genetic engineering for abiotic stress resistance in crop plants. In Vitro Cell Developmental Biology Plant 36: 108-114.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 361-376
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۷۶-۳۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Salicylic Acid on Reduction of Spring Cold Damage on some Cultivars of *Vitis vinifera* and *Vitis riparia*

A. Abbasi Kashani[1]- A. Ebadi[2]*- M.R. Fattahi Moghaddam[3]- M. Shokrpour[4]
Received: 29-08-2018
Accepted: 16-05-2020

Introduction: Grape (*V. vinifera* L.) is one of the most important crops in the world and Iran, and play a major role in the export income. According to World Food Organization statistics, the area under global cultivation has been seven million hectares and Iran ranks seventh in the world with 316,000 hectares. Grape production is about 77.5 million tons and Iran is ninth in the world with production of about 2.5 million tons. Fars province is in the first place with 75,000 hectares of fertile vineyards. Qazvin, Khorasan Razavi, West Azarbaijan, Hamadan and East Azarbaijan provinces are also ranked next. Cold stress is one of the constraints on the cultivation of grapes, so prevention of frost damage is one of the important points in the world's grape areas. This damage could be due to early autumn cold and late spring in the temperate region, such as winter frost of 2007, early autumn frost of 2015 and late spring frost of 2014 and 2017. Protecting plants against the harmful effects of low temperatures in agriculture is considerable. One way to prevent frost damages is using plant growth regulators such as salicylic acid. It seems that salicylic acid plays a role in the resistance to the cold stress, and it probably contributes to the activity of antioxidant enzymes and hydrogen peroxide metabolism, so it reduces cold stress damages and increases the plant tolerance to frost. The role of salicylic acid against cold stress have been reported in various plants such as lemon, pistachio, peach, pomegranate, apricot and walnut. Studies have shown that application of salicylic acid on grape seedlings increased the resistance to thermal stresses by reducing ion leakage and decreased the peroxidation of the cell membranes. Also, SA increased the proline and soluble carbohydrates in *Plukenetia volubilis* seedlings. In the present study, the effects of salicylic acid was investigated on the reaction of potted seedlings of some grape varieties under the spring frost. Then shoot burn percentage, recovery, ion leakage and peroxidation of membrane lipids of seedlings were investigated after cold application. Therefore, the changes in the amount of some osmotic regulators such as proline, soluble carbohydrates, and antioxidants such as phenolic compounds were evaluated by salicylic acid and cold treatments.

Materials and Methods: This research was carried out in greenhouse of Department of Horticulture Engineering of College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, in spring 2017 on two-year potted seedlings. It was carried out in a completely randomized design with three replications to evaluate the effects of salicylic acid on reducing the damage of spring frost in some grape varieties such as Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia species. Salicylic acid was sprayed at 0, 0.5 and 1 mM in E-L=11 on two year-old potted. After 24 hours, cold treatment was applied at 0 and -2 °C and normal temperature (as control) for 8 h. Control was in the greenhouse with natural temperature. Potted plants were transferred to the greenhouse and after 72 hours, the burn percentage was calculated. Also, recovery of the seedling was determined 20 days after the cold. Other parameters were measured such as ion leakage, malondialdehyde, soluble carbohydrates, proline and phenolic compounds. Statistical analysis and mean comparison of the results was done by SPSS and LSD test.

Results and Discussion: According to the results, salicylic acid and cold treatments had significant effects on some characteristics of *Vinifera* species such as Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia species. The results showed that with increasing the cold stress to -2 °C, the burned shoot percentage was increased and the grown buds percentage was decreased compared to control, and electrolytic leakage and malondialdehyde were increased at same temperature. Salicylic acid 1 mM reduced the damage to shoots and increased the recovery of seedlings. The lowest amount of electrolytic leakage and malondialdehyde were observed in 1 mM salicylic acid treated seedlings compared to non-treated. According to the results, application 1mM salicylic acid increased osmotic regulators and antioxidants such as proline, solution carbohydrates and phenolic compounds. There was a significant difference between *Vinifera* and *Riparya* species at -2 °C in some parameters such as burned shoot, recovery, ion leakage and malondialdehyde. Also, there were significant differences between Bidaneh Sefid,

1, 2, 3 and 4- Graduated Ph.D. in Horticulture, Professors and Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: aebadi@ut.ac.ir)

Perlette and *Riparia* species at -2 °C and 1 mM in proline, solution carbohydrates and phenolic compounds. It has been reported that salicylic acid plays a role of osmotic regulation for the cell and it can reduce the damage of frost by stimulating the hydrolysis of insoluble carbohydrates or proteins and enhancing compounds such as soluble carbohydrates, so it led to reduce the freezing point of the tissue. Increasing in soluble carbohydrates have been reported in grapes and lemon by salicylic acid spraying.

Conclusions: Spring frost has damaging effects on grapevine and can lead to a lot of economic damage to gardeners. Therefore, it can be prevented by some plant regulators such as salicylic acid. The results of the present study showed that the damage caused by cold treatment in control seedlings was more than the plants that were treated with salicylic acid and concentration of 1 mM salicylic acid at 2°C had a positive effect on reduction of morphological damage severity as well as reduction peroxidation of the cell membrane. Cold tolerance of seedlings may be due to the role of salicylic acid in increasing antioxidant substances such as phenolic compounds, as well as in increasing osmotic regulators such as proline and soluble carbohydrates, thereby increasing cell sap concentration and tissue freezing point. This reduced the negative effects of low temperature and reduced cell membrane damage and electrolyte leakage and improved the recovery ability of two-year-old potted seedlings of Bidaneh Sefid, Perlette and Riparia species. So, it can be concluded that among different tested species, Riparia had the lowest percentage of shoot burn and highest recovery ability than the cultivars of *Vinifera*. Among the genotypes of *Vinifera* species, Bidaneh Sefid was the most proline and soluble carbohydrate compared to Perlette, indicating a higher adaptation to cold conditions.

Keywords: Cold stress, Grapes, Osmotics regulators, Plant growth regulators, Recovery

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 377-387
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۸۷-۳۷۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر ترکیبات فنلی، محتوای کلروفیل، کاروتنوئید، میزان پرولین، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa*)

زینب صفایی[۱]- مجید عزیزی[۲*]- حسین آرویی[۳]- غلامحسین داوری نژاد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵

چکیده

به منظور ارزیابی اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر خصوصیات بیوشیمیایی سیاهدانه، تحقیقی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی ترکیبات ضد تعرق کیتوزان (۱، ۰/۵ ، ۰/۲۵ ، ۰ درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱ ، ۰/۵، ۰ درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰ درصد) با سه تکرار قرار گرفتند. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از: ترکیبات فنولی، پرولین، کلروفیل، کاروتنوئید، درصد و عملکرد اسانس. نتایج به دست آمده نشان داد اثر آبیاری و مواد ضد تعرق بر صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود. میزان ترکیبات فنولی، پرولین، کلروفیل و کارتنوئید در فاصله آبیاری ۱۶ روز افزایش یافت، که این افزایش خود نوعی مکانیسم مقاومت به شرایط خشکی است. ترکیبات ضد تعرق محتوی کلروفیل، کاروتنوئید، ترکیبات فنلی، پرولین را نسبت به شاهد کاهش دادند. افزایش فواصل آبیاری درصد و عملکرد اسانس را کاهش داد. ترکیبات ضد تعرق اثر معنی‌داری بر میزان مواد موثره گیاه داشت. در بین تیمارهای مورد مطالعه دور آبیاری ۸ روز و تیمار کیتوزان ۱ درصد بیشترین درصد اسانس (۰/۲۳ درصد) و عملکرد اسانس (۱۲/۹۱ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. دور آبیاری ۸ روز و ترکیب کیتوزان در غلظت ۱ درصد تاثیر معنی‌داری در کلیه صفات مورد بررسی نسبت به نمونه شاهد داشتند. با توجه به اثر بخشی ترکیبات ضد تعرق این ترکیبات طبیعی می‌توانند جایگزین مناسبی برای ترکیبات شیمیایی باشند.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات ضد تعرق، خصوصیات بیوشیمیایی، سیاهدانه، فواصل آبیاری

مقدمه

سیاهدانه گیاهی است دولپه، علفی و یکساله با نام علمی *Nigella sativa* متعلق به خانواده آلاله (Ranunculaceae) می باشد. و یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده با سابقه تاریخی و مذهبی است. پراکندگی جهانی این گیاه در نواحی شمال آفریقا، جنوب اروپا، مناطق مدیترانه‌ای تا هندوستان، غرب و جنوب شرقی آسیا و استرالیا می‌باشد (۱۱). تاثیرات مصرف این گیاه در انسان شامل شیرآوری، ضد نفخ، مسهل، ضدانگل، ضد صرع، ضد باکتری، ضد تومور، مسکن و کاهش دهنده قند خون می‌باشد (۳۴). بذور این گیاه ۱/۵-۰/۵ درصد اسانس می‌باشد. اسانس اصلی‌ترین ماده تیموکینون مشخص شده است. تیموکینون و روغن سیاهدانه به علت خاصیت آنتی اکسیدانی باعث پیشگیری از افزایش همولیستئین ناشی از متیونین شده که این امر خود منجر به کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی می‌شود. روغن سیاهدانه و تیموکیتون از طریق غیرآنزیمی، پراکسیداسیون چربیها را در لیپوزوم مهار می‌کنند. اثر آنتی اکسیدانی روغن سیاهدانه ۵-۴ برابر اسانس آن است (۱۱ و ۱۴). تقریباً تمام فعالیت‌های متابولیکی سلول‌های گیاهی از جمله ساخت مواد مؤثره در گیاهان دارویی بستگی به آب دارد (۳۱). کمبود آب قابل جذب در گیاه، منجر به بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله: کاهش آماس و رشد سلولی و در نتیجه کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و محدودیت فتوسنتز افزایش ترکیبات محلول جهت تنظیم فشار اسمزی و کاهش جذب مواد غذایی و در نهایت کاهش تولید گیاه می‌شود و این واکنش‌ها بسته به مرحله رشدی گیاه، شدت و طول مدت تنش اثرات متفاوتی ایجاد می‌کنند (۴ و ۳۵). بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان اولین نشانه دفاعی

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد گرایش فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی، استاد، دانشیار و استاد بازنشسته گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: azizi@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.48138

گیاهان در مقابل از دست دادن آب می‌باشد. بسته شدن روزنه‌ها نسبت به سایر نشانه‌های خشکی از قبیل تغییرات در رشد ریشه‌ها، سطح برگ، ساختار کلروپلاست و رنگدانه‌های پروتئینی سریع تر اتفاق می‌افتد (۱۰). با کاهش میزان تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق می‌توان علاوه بر کاهش مصرف آب، ضمن حفظ منابع آب موجود و استفاده بهینه از آنها، از افزایش شوری خاک در بخش‌های وسیعی از کشور نیز تا حدی جلوگیری کرد.در این بین کاربرد مواد ضد تعرق یک ابزار نوید بخش برای تنظیم تعرق در حفظ آب گیاه در حد مطلوب است که استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارد (۲ و ۱۰). ماده ضد تعرق از طریق ساز و کارهایی از قبیل بستن روزنه‌ها، انعکاس بیشتر نور خورشید و کاهش رشد اندامهای هوایی، در افزایش مقاومت گیاه به شرایط کمبود آب موثر می‌باشند (۱۶). کیتوزان یک پلی ساکارید با وزن مولکولی بالاست که به عنوان یکی از اجزای اصلی ساختاری پوشش خارجی سخت پوستان و حشرات می‌باشد و همچنین به صورت تجاری از پوست خرچنگ دریایی و میگو بدست می‌آید . کیتوزان در بسیاری از فرآیندهای زیستی در گیاه، از جمله سنتز مهارکننده‌های پروتئاز و افزایش چوبی شدن دخیل می‌باشد کیتوزان با تحریک بیوسنتز اسید آبسزیک بر میزان گشودگی روزنه‌ها و میزان هدر رفتن آب در گیاه نقش دارد. این ترکیب در بیان برخی از ژن‌های مقاومت در گیاه و همچنین در تولید برخی از متابولیت‌های ثانویه نقش دارد (۱۰ و ۱۲). صمغ‌ها و موسیلاژها به موادی اطلاق می‌شوند که قدرت تشکیل ژل را دارند، این مواد در ابتدا از تراوشات درختان و بوته‌ها، عصاره‌های گیاهی، پودر دانه‌ها، بذرها، مواد چسپناک حاصل از فرآیندهای تخمیری و از بسیاری از فرآیندهای طبیعی دیگر به دست آمده‌اند. موسیلاژها ترکیباتی کربوهیدراتی، با ساختار شیمیایی پیچیده، دارای مولکول‌های بزرگ با وزن مولکولی زیاد که در آب حل شده و پس از جذب آب متورم و محلول‌های چسبناکی تشکیل می‌دهند (۱۱). در شرایط تنش خشکی حفظ کلروفیل در برگ گیاه ضروری است و ارقام مقاوم در این شرایط نسبت به ارقام حساس کاهش کمتری در مقدار کلروفیل خود دارند. کلروفیل‌ها رنگدانه‌های رایج موجودات فتوسنتز-کننده هستند. عمل کلروفیل جذب انرژی خورشیدی و انتقال آن برای استفاده در واکنش‌های فتوسنتزی است (۱، ۳۶، ۳۸ و ۳۹). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی مکانیسم‌های دفاعی مختلفی شامل آنزیمی و غیر آنزیمی را به کار می‌برند. سیستم غیر آنزیمی شامل آسکوربات، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و ترکیبات متفرقه (از جمله فلاونوئیدها، مانیتول‌ها و فنول‌ها) می‌باشد (۱۷ و ۱۸). ترکیبات فنلی از نظر شیمیایی گروه بزرگ و متنوعی هستند که از اسیدهای فنلی ساده تا پلیمرهای بسیار بزرگ و پیچیده مانند تانن و لیگنین‌ها را شامل می‌شود (۱۹). برخی از فنل‌ها به عنوان ترکیبات دفاعی در برابر گیاه خواران و عوامل بیماری‌زا عمل می‌کنند. سایر فنل‌ها در حفاظت مکانیکی، جذب گرده‌افشان‌ها و عوامل پراکنش دهنده میوه، جذب اشعه‌های مضر ماوراء بنفش و افزایش قدرت رقابت گیاه از طریق کاهش رشد گیاهان مجاور نقش دارند و بعضی از این ترکیبات دارای خصوصیات آنتی بیوتیکی نیز هستند (۱، ۱۸ و ۲۴). با تجمع رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش گیاه دچار صدمه شده و برای ادامه حیات خویش ترکیباتی که اغلب جزو متابولیت‌های ثانویه هستند از خود آزاد می‌کنند، این ترکیبات می‌توانند از صدمات ناشی از رادیکال‌های آزاد بکاهند. در گیاهان مختلف به دلیل وجود درجات متفاوتی از مقاومت به خشکی، میزان تجمع ترکیبات فنولی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد متغییر است (۱۸). در مطالعه‌ای اسکوامباک و همکاران (۳۳) افزایش میزان ترکیبات فنولی در گیاه دارویی کتان تحت تنش خشکی را گزارش کردند. غریبی و همکاران (۱۸) افزایش ترکیبات فنولی در گیاه بومادران را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند. در شرایط تنش برخی از ترکیبات داخلی گیاه به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند. این مواد شامل قندها، اسیدهای آمینه‌ای چون پرولین و اکتوین هستند. تجمع این مواد امکان تبدیل فشار اسمزی را در سلول فراهم می‌آورد که در این شرایط از تجمع یون های سمی در سیتوسول که برای پروتئین‌ها و غشاءها مثل سدیم سمی است، جلوگیری به عمل می‌آید (۶، ۱۷ و ۲۸). بررسی روی گیاه سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که در طول تنش میزان پرولین افزایش پیدا کرد (۱۷). لامباردینی و همکاران (۲۵) گزارش کردند که اثر ترکیب ضدتعرق کائولین روی غلظت کروفیل برگ‌های پکان (*Carya illinoensis*) متغیر بود که به اولین زمان تیمار بستگی داشت. یک هفته بعد از اولین تیمار هیچ تفاوتی در غلظت کلروفیل بین برگ‌های تیمار شده و شاهد وجود نداشت. اما پس از گذشت چهار هفته غلظت کلروفیل برگ در گیاهان تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد ۱۱ درصد بالاتر بود. هدف از انجام تحقیق حاضر، امکان بهبود خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی سیاهدانه توسط ترکیبات ضد تعرق تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بر روی گیاه دارویی سیاهدانه به اجرا درآمد. بذر مورد استفاده از عطاری تهیه شد. این تحقیق با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد به طوری که در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی ترکیبات ضد تعرق کیتوزان (۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱ ، ۰/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵ ،۰ درصد) با سه تکرار قرار گرفتند. بذراسفرزه و صمغ عربی از عطاری تهیه شد. ترکیب ضد تعرق

کیتوزان از شرکت سیگما آلدریچ تهیه شد و گرم ماده مورد نیاز را برای هر بار محلولپاشی نمودن در محلول ۱ درصد اسید استیک حل نموده و به درصد مورد نیاز رسانیده شد. به منظور تهیه موسیلاژ از بذر گیاه مورد نظر، ۲۰۰ گرم بذر گیاه اسفرزه را با ۱۰ برابر آب مقطر به حجم رسانده و آن را بر روی دستگاه لرزاننده قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت موسیلاژ به طور کامل در جدار خارجی بذور رسوب نموده و با مالش شدید بذرها و گذراندن آنها از پارچه ململ موسیلاژ از بذر جدا شد. به منظور تعیین درصد ماده خشک موسیلاژ، ۳ نمونه از موسیلاژ به حجم ۱ میلی‌لیتر را جدا نموده و در شیشه ساعت توزین شده قرار دادیم. سپس به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها آنها را وزن نموده و درصد ماده خشک موسیلاژ استخراج شده تعیین شد. به منظور تهیه غلظت‌های صمغ عربی ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم صمغ را در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و به مدت ۲۴ ساعت بر روی دستگاه لرزاننده قرار گرفت و سپس به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. طول هر کرت فرعی ۱/۵ متر و عرض آن ۱ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثری نداشته باشد. تاریخ کاشت ۲۸ فروردین ماه بود و کاشت به صورت دستی در شیارهایی با عمق ۰/۵ سانتی‌متر انجام گرفت. عملیات تنک کردن در مرحله چهار و هشت برگی انجام شد. جهت یکنواختی در سبز شدن بذور، پس از کاشت آبیاری متوالی صورت گرفت و اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه در مرحله شش برگی آغاز شد و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. آبیاری در کرت‌ها با یک حجم مشخص آب انجام شد. ابتدا یک کرت را به صورت آزمایشی با یک مقدار مشخص آب، آبیاری نموده بطوری‌که پشته‌های کرت کاملا" خیس شد. سپس حجم آب مصرفی کرت را تعیین نموده (۴۰ لیتر که این حجم آب مصرفی در حد میانگین نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد) و آبیاری در فواصل ذکر شده (۸ روز و ۱۶ روز) بر اساس آن انجام شد. ترکیبات ضد تعرق همزمان با اعمال تنش خشکی تا مرحله گلدهی، هفته‌ای یکبار در هنگام غروب آفتاب محلولپاشی شد. در مرحله ده برگی گیاه میزان کلروفیل و کاروتنوئید اندازه‌گیری شد. در این آزمایش، روش در و همکاران (۱۳) مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا یک گرم نمونه برگی تازه را در هاون چینی کوبیده و سپس در ۱۰ میلی‌لیتر حلال استون حل شد. عصاره بدست آمده را به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و و سپس به دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Bio Quest, CE2502, UK منتقل و میزان جذب بدست آمده در طول موج‌های ۶۶۲ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئید قرائت شد. جهت اندازه‌گیری ترکیبات فنلی از روش گئو و همکاران (۱۵) استفاده شد. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با ۲۰۰ میکرولیتر فولین ۵۰ درصد مخلوط و ۲۰۰۰ میکرولیتر آب مقطر به محلول فوق اضافه شد. پس از ۳ دقیقه ۱۰۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به محلول اضافه و بعد از کمی هم زدن نمونه‌ها یک ساعت در شرایط اتاق نگهداری شدند، سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر انجام گرفت (۱۲). برای رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف گالیک اسید استفاده شد. سنجش پرولین گیاه به کمک روش بیتز و همکاران (۸) صورت گرفت. در این روش ۰/۵ گرم از برگ تازه گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده گردید. از مخلوط همگن حاصل پس از صاف کردن، ۲ میلی‌لیتر برداشته شد و پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر معرف اسید ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس آنها را در حمام آب یخ گذاشته و پس از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن، مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد آن بدست آمد. با استفاده از تقطیر با بخار آب (جهت تعیین اسانس دانه ها) میزان مواد موثره گیاه دارویی سیاهدانه بررسی شد. برداشت دانه‌ها ۱۵ تیرماه صورت گرفت. برای تجزیه واریانس داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و براساس آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات فنولی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری بر ترکیبات فنولی معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش فواصل آبیاری میزان ترکیبات فنولی کاهش یافت. بیشترین میزان ترکیبات فنولی (۷۰۹/۷۴ میلی‌گرم) و کمترین (۵۶۰/۵۸ میلی‌گرم) به ترتیب در فواصل آبیاری ۱۶ روز و ۸ روز مشاهده گردید (جدول ۲). اثر ترکیبات ضد تعرق بر ترکیبات فنولی معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنولی به ترتیب در تیمار شاهد و ترکیب کیتوزان ۱ درصد مشاهده گردید. همچنین بین سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۲). شواهد زیادی نشان می‌دهد که در شرایط تنشی تولید برخی از این ترکیبات تا چندین برابر افزایش می‌یابد(۲۵). ترکیب‌های فنولی شامل گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه هستند که بسیاری از ترکیب‌های حلقوی مثل ترکیب های فنولی را شامل می‌شوند. این ترکیب‌ها دارای نقش‌های متعدد اکولوژیکی و فیزیولوژیکی نظیر نقش‌های دفاعی و آنتی اکسیدانی می‌باشند (۱). مطابق نتایج بسیاری از محققان فنل‌هانیزازجمله متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که مسیر

بیوسنتزی آنها تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و در مراحل نموی و شرایط محیطی دارای نوسان است (۱۸). افزایش سنتز این ترکیب‌ها در اثر محرک‌های متعدد محیطی نظیر حملات میکروبی، پرتوهای فرابنفش و تنش‌های فیزیکی و شیمیایی محیطی گزارش شده است (۱۶ و ۳۷). بتایب ربی و همکاران (۷) در مطالعه‌ای اثر تنش خشکی را بر ترکیبات بیوشیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدانی بذور گیاه زیره سبز مطالعه و افزایش قابل توجهی را در کل ترکیبات فنولیک با شدت بخشیدن میزان تنش مشاهده نمودند. بطوری‌که میزان ترکیبات فنلی در گیاهان تحت تنش نسبت به شاهد ۱۵/۲۸ درصد افزایش یافت.

محتوای کلروفیل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری بر محتوای کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین میزان کلروفیل کل (۶/۰۳ میلی‌گرم/گرم) مربوط به فواصل آبیاری ۱۶ روز و کمترین میزان (۵/۰۹ میلی‌گرم/گرم) در تیمار فواصل آبیاری ۸ روز مشاهده گردید (جدول ۲). با انجام مقایسات میانگین بین ترکیبات ضد تعرق، اختلاف معنی‌داری در محتوای کلروفیل کل، بین سطوح مختلف این ترکیبات مشاهده شد. بیشترین میزان مربوط به تیمار شاهد (۶/۷۲ میلی‌گرم/گرم) و کمترین میزان مربوط به سطح ۰/۵ درصد کیتوزان (۵/۳۲ میلی‌گرم/گرم) بود (جدول ۲). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش خشکی به اثر فعالیت آنزیم کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنولی و در نهایت تجزیه کلروفیل نسبت داده‌اند (۲۵). ایریتی و همکاران (۱۶) در تحقیقی که بر روی ترکیبات ضد تعرق انجام دادند گزارش نمودند که ترکیباتی که فعالیتی مشابه هورمون آبسزیک اسید دارند و یا موجب افزایش غلظت این هورمون در گیاه به واسطه افزایش بیان ژن‌های دخیل در سنتز این هورمون در گیاه می‌شوند. به دلیل افزایش فعالیت آنزیم DNase و اثر این آنزیم در فروپاشی پروتئینی، میزان پروتئین‌های سلول و همچنین میزان کلروفیل کاهش می‌یابد. ترکیب کیتوزان به دلیل اثر ضد تعرق‌اش به بیان ژن‌های دخیل در سنتز هورمون آبسزیک اسید و به طبع آن افزایش فعالیت آنزیم DNase نسبت به نمونه شاهد میزان کلروفیل را کاهش داد (۱۰ و ۱۲). در مورد ترکیبات موسیلاژ و صمغ به سبب عدم مشخص بودن دقیق مکانیزم عمل این ترکیبات، نمی‌توان علت این کاهش را مشخص نمود ولی می‌توان آن را به کاهش فتوسنتزی به سبب کاهش تبادلات گازی در گیاهان تیمار شده مربوط دانست (۲۶ و ۲۷).

محتوای کاروتنوئید

اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی محتوای کاروتنوئیدی گیاهان نیز تقریبا نتایج مشابهی با میزان کلروفیل گیاهان نشان داد. با افزایش سطح تنش محتوای کاروتنوئید اندازه‌گیری شده به صورت معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). بیشترین و کمترین میزان محتوای کاروتنوئید به ترتیب در فواصل آبیاری ۱۶ روز (۰/۸۶ میلی‌گرم/گرم) و فواصل آبیاری ۸ روز (۰/۷۶ میلی‌گرم/گرم) مشاهده شد (جدول ۲). با انجام مقایسات میانگین بین ترکیبات ضد تعرق، اختلاف معنی‌داری در محتوای کاروتنوئید، بین سطوح مختلف این ترکیبات مشاهده شد. بیشترین میزان مربوط به تیمار صمغ عربی ۰/۷۵ (۰/۸۴ میلی گرم/گرم) و کمترین میزان مربوط به سطح ۱/۵ درصد موسیلاژ (۰/۷ میلی‌گرم/گرم) بود (جدول ۲). کارتنوئیدها از مشخصات ایزوپرونوئیدی هستند که یکی از مهم ترین وظایف آنها فعالیت ضد اکسیداسیونی و دفع رادیکال‌های آزاد اکسیژن حاصل از تنش خشکی در گیاه است. از مهم‌ترین مشتقات کاروتنوئیدها می‌توان به کاروتن‌ها اشاره نمود که یک بخش کلیدی سیستم ضد اکسیداسیونی گیاه را تشکیل می‌دهند. بتا کاروتن‌ها بطور اختصاصی به هسته مرکزی سیستم‌های نوری ۱ و ۲ اتصال دارند و کلروپلاست را از اثرات زیان‌آور و رادیکال‌های آزاد اکسیژن ممانعت می‌نمایند (۱۷، ۳۳ و ۳۷). به همین دلیل احتمال داده می‌شود که گیاهان قرار گرفته در شرایط تنش رطوبتی به منظور کاهش صدمات ناشی از افزایش میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن در بافت‌ها میزان کاروتنوئید را در بافت‌های فتوسنتزی خود بالا می‌برند (۲۲ و ۲۴).

میزان پرولین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری بر میزان پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار شد. جدول تجزیه واریانس نشان داد که فواصل آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان پرولین داشته است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری میزان پرولین افزایش یافت بطوری‌که بیشترین میزان پرولین (۱۲/۷۲ میکرومول) در فواصل آبیاری ۱۶ روز و کمترین میزان (۷/۲ میکرومول) در فواصل آبیاری ۸ روز مشاهده گردید (جدول ۲). اثر ترکیبات ضد تعرق بر پرولین معنی‌دار شد (جدول ۱). بین سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نسبت به شاهداختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر میزان پرولین معنی دارشد (جدول ۱). بطوری‌که بالاترین میزان پرولین در تیمار شاهد به همراه فواصل آبیاری ۱۶ روز مشاهده شد (شکل ۱). تولید زیاد پرولین با افزایش فشار اسمزی داخل سلول از تأثیر اختلالات تنشی در فرایند طبیعی سلولی ممانعت به عمل می آورد. این افزایش سطح پرولین، حتی پس از حذف شرایط تنش تا مدت یک ماه باقی می‌ماند. اسمولایت‌ها همچنین باعث پایداری آنزیم‌ها در حضور یون‌ها، تنش آبی و نیز تأثیر ترکیب‌های شیمیایی دناتور کننده می‌شوند (۱۷ و ۳۳). قربانلی و همکاران (۱۷) گزارش

کردند که میزان پرولین در برگ‌های گیاه سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی شدید افزایش یافت. همچنین افزایش پرولین را در سلول‌های گیاهی مربوط به مکانیسم‌های مقاومت به خشکی دانسته‌اند. سطوح بالای پرولین، گیاه را قادر می‌سازد تا پتانسیل آبی خود را پایین نگهدارد. تجمع ترکیب‌هایی مانندپرولین واسیدهای آمینه دربافت گیاه تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب ازمحیط ریشه رابرای گیاه فراهم آورد، امااتکای گیاهان به این ترکیب‌ها آلی برای تنظیم اسمزی هزینه بر بوده ومنجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۶ و ۲۱).

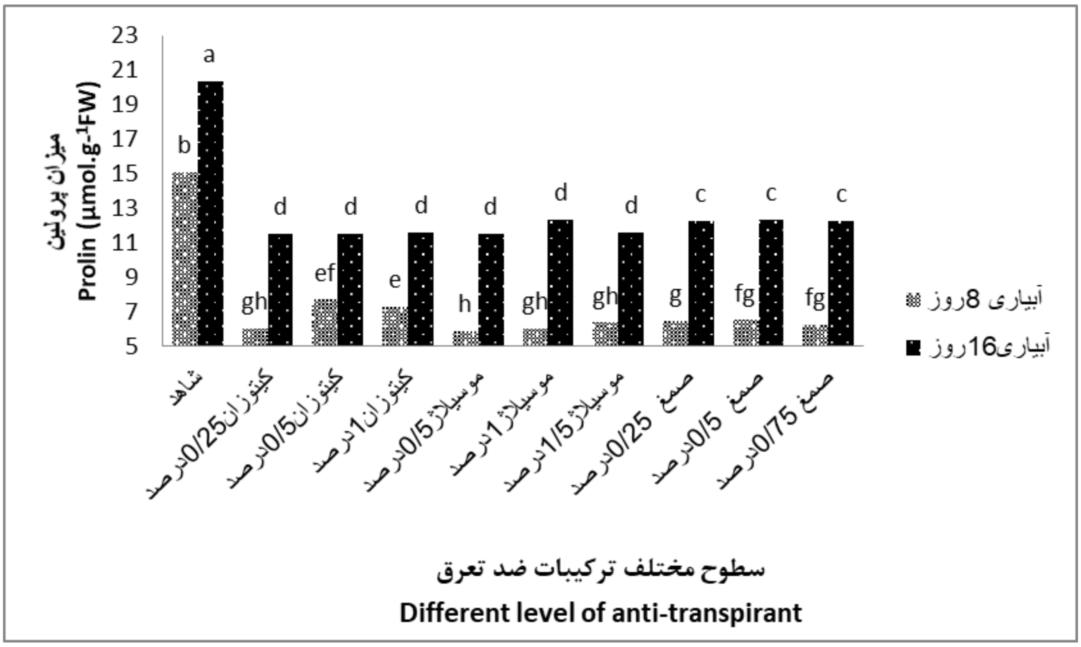
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورد بررسی سیاهدانه

Table 1- ANOVA for the effect of irrigation intervals and anti-transpiration compounds on some triats of *Nigella sativa*

		میانگین مربعات Mean squre					
منابع تغییر S.V.B	درجه آزادی df	کلروفیل Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoids	پرولین Proline	ترکیبات فنلی Phenolic compounds	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	0.099^{ns}	0.00004^{ns}	0.75^{ns}	1346.57**	0.0005^{ns}	0.29^{ns}
دور آبیاری Irrigation interval	1	7.89**	0.14**	442.65**	333715.66**	0.008**	226.16**
خطای اصلی $Error_a$	2	0.15	0.0001	2.23	2348.02	0.00016	0.38
ترکیبات ضد تعرق Anti-transpirant	9	0.55**	0.0027**	44.77**	12272.15**	0.003**	13.96**
دور آبیاری× ترکیبات ضد تعرق Irrigation× Anti-transpirant Interaction	9	0.1^{ns}	0.69^{ns}	0.28^{ns}	1751.4^{ns}	0.0015*	8.35**
خطای فرعی $Error_b$	36	0.1	0.0005	10	1277.95	0.0005	12.84

*و**: به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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



شکل ۱- اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر میزان پرولین گیاه سیاهدانه

Figure 1- Interaction effect of irrigation intervals ×anti-transpirant on proline content of *Nigella sativa* plant

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورد بررسی سیاهدانه

Table 2- Mean comparisons of the effects of irrigation intervals and anti-transpirant on some traits of *Nigella sativa*

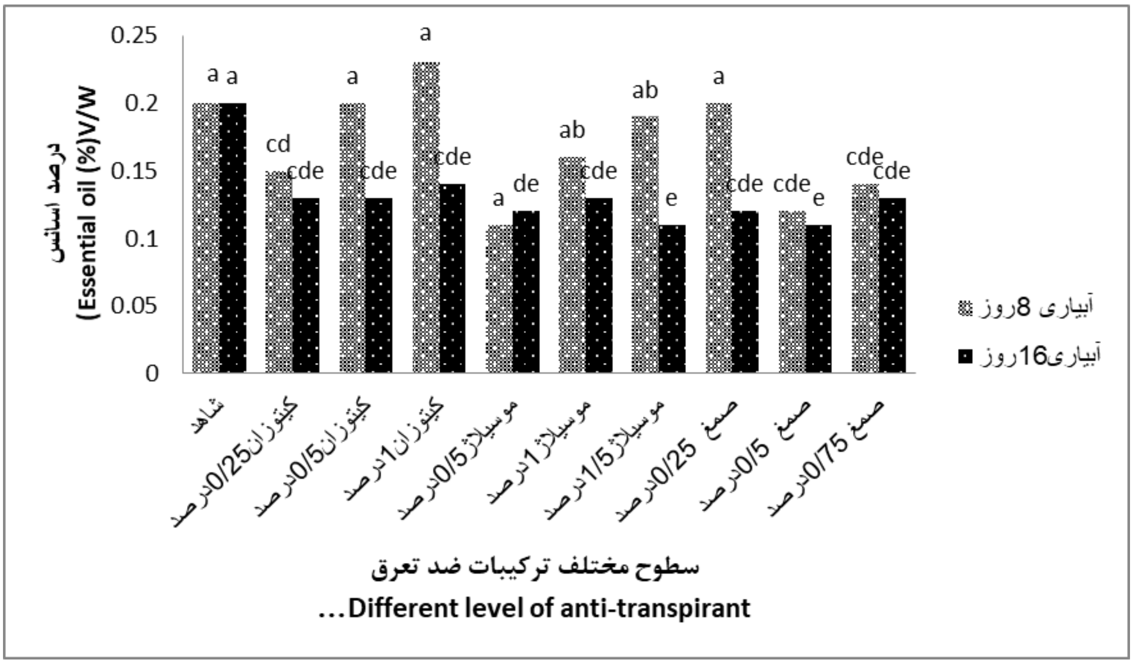
تیمارها Treatments	ترکیبات فنلی Phenolic Compounds (mg/100g DW)	کلروفیل Chlorophyll (mg .g^{-1})	کارتنوئید Carotenoids (mg .g^{-1})	پرولین Proline (µmolg^{-1}fw)	درصد اسانس Essential oil % (v/w)	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg/ha)
فواصل آبیاری Irrigation interval						
۸ روز 8 days	560.58b	5.9b	o.76b	7.2b	0.16a	10.01a
۱۶ روز 16 days	709.74a	6.o3a	o.81a	12.72a	0.13b	6.13b
ترکیبات ضدتعرق anti-transpirant						
شاهد Control	742.81a	5.33ef	0.74d	17.74a	0.2a	9.4b
کیتوزان Chitosan 0.25%	577.5d	6.44b	0.8b	8.77d	0.14cd	8.12c
کیتوزان Chitosan 0.5%	600.16cd	5.32f	o.72de	9.27bc	0.14cd	9.26b
کیتوزان Chitosan 1%	599.48cd	6.2c	0.81b	9.44b	0.18ab	10.72a
موسیلاژ اسفرزه Psyllium mucilage 0.5 %	651.13b	5.56e	0.72de	8.69d	0.12d	6.59d
موسیلاژ اسفرزه Psyllium mucilage 1%	626.8c	6.21c	0.81b	9.16bc	0.14cd	7.12d
موسیلاژ اسفرزه Psyllium mucilage1.5 %	659.88b	5.47ef	0.7e	8.96cd	0.16bc	8.89e
صمغ عربی Arabic gum 0.25%	26.8b	6.23bc	0.77c	9.33b	0.15c	8.02c
صمغ عربی Arabic gum 0.5%	632.08bc	5.97d	0.74d	9.41b	0.12d	5.89e
صمغ عربی Arabic gum 0.75%	633.55bc	6.72a	0.84a	9.25bc	0.14cd	6.64d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد. Similar letters in each column indicate no significant difference at $p\leq0.05$ based on LSD test.

درصد و عملکرد اسانس

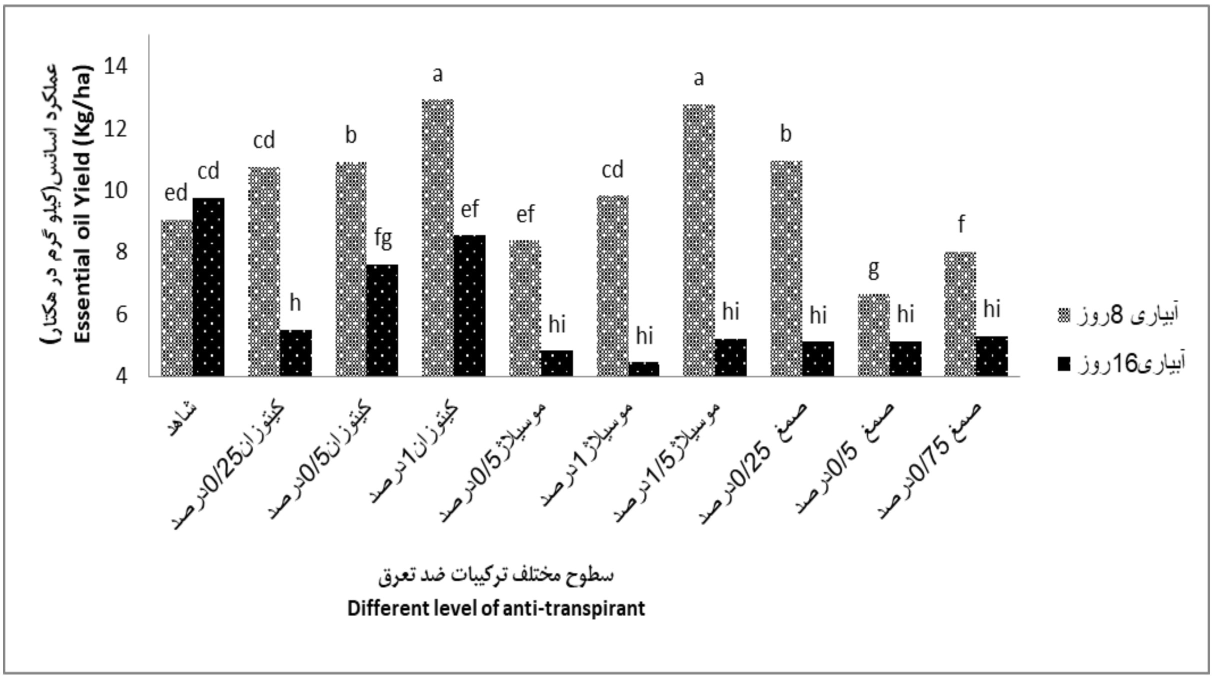
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصد و عملکرد اسانس تحت تأثیر فواصل آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین درصد اسانس در فواصل آبیاری ۸ روز (۰/۱۶ درصد) و کمترین میزان آن در تیمار فواصل آبیاری ۱۶ روز (۰/۱۳ درصد) مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان عملکرد اسانس در فواصل آبیاری ۸ روز با (۱۰/۰۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان در تیمار فواصل آبیاری ۱۶ روز با (۶/۱۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۲). اثر ترکیبات ضد تعرق بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار کیتوزان ۱ درصد دارای بیشترین درصد اسانس (۰/۱۸ درصد) و تیمار ۰/۵ درصد موسیلاژ کمترین درصد اسانس (۰/۱۲ درصد) را دارا بودند. اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار شد، بطوری‌که تیمار کیتوزان ۱ درصد و فواصل آبیاری ۸ روز دارای بالاترین و تیمار ۰/۲۵ درصد صمغ عربی و ۰/۵ درصد موسیلاژ و فواصل آبیاری ۱۶ روز دارای کمترین درصد و عملکرد اسانس بودند (شکل‌های ۲ و ۳). میزان اسانس تولیدی در گیاه به عوامل مختلفی از جمله عوامل محیطی وابسته است (۳۱). آب نیز یکی از مهمترین عوامل محیطی مؤثر در تولید محصولات مختلف می‌باشد، بطوری‌که کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات سنگینی بر رشد و نمو و

همچنین مـواد مـؤثره گیاهـان دارویـی وارد نمایـد (۱۱ و ۳۱). آب در بیوسنتز اسانس مؤثر بوده و می‌توانـد در کیفیـت و کمیـت سـیاهدانه تأثیرگذار باشد.اولین نشانه کمبـود آب کـاهش فشـار تورژسـانس کـه منجر به کاهش رشد و نمو سلول‌ها مخصوصا در سـاقه و بـرگ مـی شود. رشد سلول مهم‌ترین فرآیند است که با تنش آبی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود می‌شود و به همـین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی گیاهان را مـی‌تـوان انـدازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشـخیص داد. رشـد گیـاه نـه تنهـا بستگی به تجمع مواد خام از طریق فتوسنتز و جذب عناصر دارد، بلکه به حفظ پتانسیل زیاد آب گیاه جهت طویل شدن سلول‌ها بستگی دارد و در شرایط تنش خشکی با کـاهش تعـداد و کـوچکتر کـردن بـرگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کـاهش سـطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و این رویـداد باعـث کـاهش سطح برگ می‌شود . کاهش رشد سلول ها در اثر کـم آبـی در درجـه اول باعث کاهش رشد برگ‌ها می‌شود که با کاهش سطح برگ گیـاه آب کمتری از دست می‌دهد. بنابراین محدود شدن سطح برگ را مـی توان به عنوان یکی از ساز و کارهای دفاعی گیاه در برابر خشـکی در نظر گرفت با کاهش سطح برگ، سطح جذب نور خورشید و به دنبـال آن سطح فتوسنتزی گیاه کاهش و نهایتا منجر به کاهش تولیـد مـاده خشک و عملکرد گیاه می‌گردد. در این آزمـایش نیـز کـاهش درصـد اسانس در تیمار تنش شدید را به رشد ضعیف رویشی گیـاه و کـاهش گلدهی گیاه و نهایتا" کاهش تولید دانه نسـبت داد. کـاهش عملکـرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیانبار تنش آبی بر رشد و پیکر رویشی گیـاه باشـد. چـون عملکـرد اسـانس تابعی از درصد اسانس و عملکـرد گیـاه مـی‌باشـد. افـزایش عملکـرد اسانس در تیمار کیتوزان را می‌توان به افزایش عملکـرد دانـه در ایـن غلظت نسبت سایر غلظت‌های ترکیبات ضد تعرق دانست. مـواد ضـد تعرق از طریق بستن روزنه‌ها و افزایش مقاومت به انتشار بخـار آب از برگ‌ها موجب افزایش پتانسیل آب در سلول‌های برگ و نهایتا" رشـد اندام‌ها می‌شوند. ترکیبات ضد تعرق به سبب جلوگیری از خروج آب از بافت‌ها و بدین سبب جلوگیری از فعالیـت برخـی از عوامـل تخریـب کنندگی فتوسنتز، میزان تولید ماده خشـک را افـزایش مـی‌دهنـد. بـا افزایش میزان رشد رویشی گلدهی گیاه افزایش و نهایتا تولیـد دانـه و میزان ماده موثره افزایش می‌یابد (۴، ۱۰، ۲۱، ۲۳، ۲۹، ۳۲ و ۳۵).



شکل ۲- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر درصد اسانس سیاهدانه

Figure 2- Interaction effect of irrigation intervals × anti-transpirant on essential oil of *Nigella sativa*



شکل ۳- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد اسانس سیاهدانه

Figure 3- Interaction effect of irrigation intervals × anti-transpirant on essential oil yield of *Nigella sativa*

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مشاهده شد میزان ترکیبات فنولی، پرولین، کلروفیل و کاروتنوئید در فاصله آبیاری ۱۶ روز افزایش یافت، که این افزایش خود نوعی مکانیسم مقاومت به شرایط خشکی است همچنین ترکیبات ضد تعرق منجر به تغییرات معنی‌داری در کلیه صفات مورد بررسی نسبت به نمونه شاهد شدند. افزایش فواصل آبیاری درصد و عملکرد اسانس را کاهش داد. در بین تیمارهای مورد مطالعه دور آبیاری ۸ روز و تیمار کیتوزان ۱ درصد میزان اسانس و عملکرد اسانس راافزایش دادند. دور آبیاری ۸ روز و ترکیب کیتوزان در غلظت ۱ درصد تاثیر معنی‌داری در کلیه صفات مورد بررسی نسبت به نمونه شاهد داشتند. تیمار صمغ عربی ۰/۲۵ درصد تاثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی نداشت. با توجه به ماهیت طبیعی و زیست تجزیه‌پذیر بودن، ایمن و ارزان بودن این ترکیبات ضد تعرق در مقایسه با سایر ترکیبات ضد تعرق شیمیایی، این ترکیبات می‌توانند جایگزین مناسبی برای این ترکیبات شیمیایی باشند. شناخت و مهارت در روابط آبی گیاه و تحمل به تنش خشکی اصلی ترین برنامه در کشاورزی و توانایی مقاومت در برابر این گونه تنش‌ها دارای اهمیت اقتصادی فراوانی است.

منابع

1-André C.M., Schafleitner R., Legay S., Lefèvre I., Aliaga C.A.A., Nomberto G., Hoffmann L., Hausman J.F., Larondelle Y., and Evers D. 2009. Gene expression changes related to the production of phenolic compounds in potato tubers grown under drought stress. Phytochemistry 70(9): 1107-1116.

2-Bagheri H., Andalibi B., and Azimimoghaddam M.R. 2010. Effect of atrazine anti transpiration application on improving physiological traits, yield and yield components of safflower under rainfed condition. Journal of Crops Improvement 14(2): 1-16. (In Persian with English abstract)

3-Bannayan M., Nadjafi F., Azizi M., Tabrizi L., and Rastgoo M. 2008. Yield and seed quality of Plantago ovata and Nigella sativa under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products 27: 11-16.

4-Babaeei K., Amini Dehaghi M., Modares Sanav S.A.M., and Jabbari R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal Plants Research 26: 239-251. (In Persian with English abstract)

5-Bettaieb Rebey I., Jabri-Karoui I., Hamrouni-Sellami I., Bourgou B., Limam F., Marzouk B.2012. Effect drought on the biochemical composition an antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products 36: 238–245.

6-Bajji M., Lutts S., and Kinet J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a

function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669-681.
7-Babita M., Maheswari M., Rao L.M., Shanker A. K., and Rao D.G. 2010. Osmotic adjustment, drought tolerance and yield in castor (*Ricinus communis* L.) hybrids. Crop Sciences 69: 243–249.
8-Bates L. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 39:205-207.
9-Bassim Atta A. 2003. Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile. Food Chemistry 83: 63-68.
10-Bittelli M., Flury M., Campbell G.S., Nichols E.J. 2001. Reduction of transpiration through foliar Application of chitosan. Agricultural and Forest Meteorology 107: 167–175.
11-Davazdahemami S., and Majnoonhossein N. 2008. Cultivation and production of some medicinal and spice plants. Tehran University Press. 300 pages.
12-Del Amora F.M., Cuadra-Crespoa P., Walkera D. J., Cámarab J.M., and Madridc R. 2010. Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different. Levels of CO_2 and water stress. Journal of Plant Physiology 167: 1232-1238.
13-Dere S., Gunes T., and Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoid cintents of some algae species using different solvents. Journal of Botany 22:13-17.
14-El Dakhakhny M., Barakat M., Abd El Halim M., and Aly SM. 2000. Effect of Nigella sativa oil on gastric secretion and ethanol induced ulcer in rats. Journal of Ethnopharmacology 72: 299–304.
15-Gano X., Bjok L., Trajkovski V., and Uggla M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry 80: 2021-7.
16- Ghorbanli M., Bakhshi Gh., and Zakeri A. 2012. Investigation on the effects of water stress on antioxidant compounds of *Linum usitatissimum* L. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 647-658. (In Persian with English abstract)
17-Ghorbanli M., Bakhshi G.R., Salimi S., and Hedayati M. 2011. Effect of Water deficit and its intraction with ascorbat, catalase and glutathione peroxidase amounts in *Nigella sativa*. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(4): 466-476. (In Persian with English abstract)
18-Gharibi SH., Tabatabai P., and Saeidi GH. 2012. Effect of water deficit on morphological and antioxidant activities in *Achillea tenuifolialu*. Journal of Herbal Drug 3(3): 181-190. (In Persian with English abstract)
19-Hadrami A., Adam L.R., Hadrami I., and Daayf F. 2010. Chitosan in Plant Protection. Review, Agricultural and Forest Meteorology 8: 968-987.
20-Iriti M., Picchi V., Rossoni M., Gomarasca S., Ludwig N., Garganoand M., and Faoro F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. Environmental and Experimentan Botany 66: 493-500.
21-Khalil S.E., Nahed G., Aziz A.E., and Abou Leil B.H. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of (*Ocimum basilicum*) Journal of American Science 6: 33-44.
22-Koc E., Islek C., and Ustun A.S. 2010. Effect of coldon protein, proline, phenolic compounds andchlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Gazi University Journal of Science 23: 1-6.
23-Kazempour S., Tagbakhsh M. 2002. Effect of some antitranspiration on vegetive Characteristics, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. Journal of Agronomy. Crop Science 32(2): 205-211. (In Persian with English abstract)
24-Lila M.A. 2004. Anthocyanins and Human Health: An In Vitro Investigative Approach. Journal of Biomedicine and Biotechnology 5: 306-313.
25-Lombardini L., Harris M.K., and Glenn D.M. 2005. Effects of particle film application on leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect populations in mature pecan trees. Horticultural Science 40: 1376–1380.
26-LU C., and Zhang J. 1999. Effect of water stress on photosystem II photochemistry and its thermo stability in wheat plants. Experimental Botany 50: 1199-1206.
27-Ludwig N., Cabrini, R., Faoro F., Gargano M., Gomarasca S., Iriti M., Picchi V., and Soave C. 2010. Reduction of evaporative flux in bean leaves due to chitosan treatment assessed by infrared thermogragh. Infrared Physics & Technology 53: 65-70.
28-Mamnoei E., and Sharifi R. 2010. Study the effects of water deficit ochlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation witcanopy temperature and yield. Journal of Plant Biology 5: 51-62. (In Persian with English abstract)
29-Nabipour M., Meskarbashee M., and Yosefpour H. 2007. The Effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorrius* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 421-426.
30-Ozkur O., Ozdemir F., Bor M., and Turkan I. 2009. Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* Desf. to drought. Environmental and Experimental Botany 66(3): 487-492.
31-Omidbaigi R. 2009. Production and processing of medicinal plant (3 rd edition. Vol. 1). Razavi Ghods Astan Publication. 347 pp.
32-Petropoulos S.A., Dimitra D., Polissiou M.G., and Passam H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the

growth, yield and composition of essential oils of parsley. Science. Horticulture 115: 393–397.

33-Schwambach J., Ruedell C.M., de Almeida M.R., Penchel R.M., de Araújo E.F., and Fett-Neto A.G. 2008. Adventitious rooting of *Eucalyptus glubulus*×maidennii mini-cutting derived from mini-stumps grown in sand bed and intermittent flooding trays: a comparative study. New Forests 36(3): 261-271.

34-Shaalan M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83: 811-828.

35-Safikhani F., sharifabadi H., Syadat A., Ashorabadi A., Syednedjad M., and Abbaszadeh B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics *Deracoce phalummoldvica* L. Journal of Medicinal Plants Research 23(2):183-194. (In Persian with English abstract)

36-Salehi M., Nassiri Mahallati M., and Koocheki A. 2003. Leaf nitrogen and chlorophyll as indicators for salt stress.1-10. (In Persian with English abstract)

37-Winkel- Shirly B. 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects on sress. Current Opinion in Plant Biology 5: 218-223.

38-Yadava U. 1989. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. Horticulture Science 21: 1449-1450.

39-Yordanov I., Velikova V., and Tsoner T. 1999. Influence of drought, high temperature and carbamide cytokinin 4-PU-30 on photosynthetic activity of plants. I. changes in chlorophyll fluorescence quenching. Photosynthetica 37: 447-457.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 377-387
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۸۷-۳۷۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Irrigation Intervals and Anti- transpiration Compounds on Phenolic Compounds, Chlorophyll, Carotenoids, Proline, Essential Oil Percentage and Yield in the *Nigella Sativa*

Z. Safaee[1]- M. Azizi[2]*- H. Aroiee[3]- Gh. Davarinejad[4]

Received: …-…-2019
Accepted: …-…-2020

Introduction: Nowadays *Nigella Sativa* plant is considered as a one of the most important kinds of medicine. Almost all the metabolic activities of plant cells, including the construction of active ingredients in medicinal plants, depend on water. Lack of absorbable water by plants can lead to the morphological, physiological and biochemical changes, including decrease of cell swelling and growth and thus reduction of leaf area and plant height, stomatal closure and photosynthesis restriction, increase in the soluble compounds for regulating the osmotic pressure, reduction of nutrient absorption and ultimately reduction of crop production. The use of anti-transpiration compounds is considered as a promising tool for the regulation of transpiration in respect of water conservation at an optimal level, where the strategies such as the use of anti-transpiration compounds have the potential for transpiration regulation. The aim of the present study is to improve the biochemical characteristics of medicinal plant *N. sativa* by anti-transpiration compounds under drought stress conditions.

Materials and Methods: The research was done using a split plot experiment based on a randomized complete block design with three replications. The irrigation intervals (8 and 16 days) in main plots and anti-transpiration compounds of chitosan (0.25, 0.5 and 1 %), *Plantago psyllium* mucilage (0.5, 1 and 1.5 %) and Arabic gum (0.25, 0.5 and 0.75 %) were put in subplots with three replications. The distance between the main plots in each block and distance between the two blocks were also assigned as 100 cm and 200 cm, respectively; so that the moisture content of a plot had no effect on the adjacent plots. Anti-transpiration compounds were sprayed simultaneously with applying drought stress till the flowering stage once a week at sunset. Phenolic compounds, proline, chlorophyll, carotenoids, essential oil were measured.

Results and Discussion: The results showed that there were significant differences between treatments in all studied traits. The best rate of the measured traits was observed at 8-day irrigation interval and chitosan treatment. The results obtained from the study showed that the effect of irrigation intervals and anti-transpiration compounds on the measured traits were significant. The best rate of the measured traits was observed at 8-day irrigation interval and chitosan treatment. The amount of phenolic compounds, proline, chlorophyll and carotenoids increased at 16-day irrigation interval, in which the increase is considered a type of drought tolerance mechanism. Different levels of anti-transpiration compounds decreased the chlorophyll, carotenoids, phenolic compounds, proline, essential oil percentage and yield.

Conclusion: The important processes, including nutrition, photosynthesis, stomatal opening and closure and growth are all influenced by water. Plants are constantly living in tension and develop morphological and physiological changes in the structures and compositions and chemical processes for coping with this tension. In this study, it was observed that the level of phenols, proline, chlorophyll and carotenoids would increase at 16-day irrigation interval, where the increase is considered as a drought tolerance mechanism. The anti-transpiration compounds also led to the significant changes in terms of all the studied traits compared to the control, indicating the effectiveness of theses natural compounds. As the above compounds are natural and biodegradable, as well as safer and less expensive than other chemical anti-transpiration compounds, they can serve as a good alternative to the chemical compounds. Cognition and expertise in water relations of plant and drought stress tolerance is considered as the main program in agriculture and the ability to withstand this stress is of great economic importance.

Keywords: Anti-transpiration compounds, Biochemical characteristics, Irrigation intervals, *Nigella sativa*

1, 2, 3 and 4- M.Sc. of Horticulture (Medicinal Plants), Professor, Associate Professor and Professor (Retired), Department of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 389-403
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۰۳-۳۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تغییرات رشدی گیاه کرفس (*Apium graveolens*) تحت تیمار ورمی کمپوست و قارچ *Trichoderma harzianum* BI

شهاب الدین آهوئی[۱]- لادن آژدانیان[۲]- سید حسین نعمتی[۳]- حسین آروئی[۴*]- مهدی بابائی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

چکیده

با توجه به اهمیت کودهای زیستی و استفاده بهینه از آنها در کشاورزی پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ورمی‌کومپوست و قارچ تریکودرما بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه کرفس پایه‌ریزی شد. این طرح به صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ غلظت قارچ *Trichoderma harzianum* جدایه BI : صفر درصد (شاهد)، ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد حجم۵۰ لیتری آب مصرفی و همچنین ۴ تیمار ورمی کمپوست شامل: صفر درصد (شاهد)، ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد حجم گلدان با ۳ تکرار اجرا شد. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از اثر مثبت کاربرد توام ورمی‌کمپوست و قارچ تریکودرما بود. به طوری‌که بیشترین وزن خشک ساقه (۴۹/۲۳ گرم)، تعداد برگ (۴۶ عدد)، قطر ساقه (۱۵ میلی‌متر) و میزان کلروفیل و کاروتنوئید در کاربرد ورمی‌کمپوست × قارچ تریکودرما نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. طول ساقه اصلی به میزان (۷۷/۲۰ سانتی‌متر) تحت تاثیر قارچ با غلظت ۱۰ درصد در بیشترین میزان نسبت به سایر تیمارها بود، همچنین تیمار ۵۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست بیشترین طول ریشه (۳۶/۶۶ سانتی‌متر) را داشت. بیشترین میزان کلروفیل a در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد و غلظت قارچ ۱۵ درصد (۱۰/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. به طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست در بستر کشت و استفاده از عصاره قارچ تریکودرما با تیمار هم زمان از عصاره قارچ ۱۵ درصد × ورمی‌کمپوست ۷۵ باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه کرفس می‌شوند که می‌توان استفاده از آنها را در جهت بهبود رشد و عملکرد گیاه کرفس توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: جدایه Bi، غلظت، کود زیستی، مورفولوژیکی

مقدمه

کرفس با نام علمی *Apium graveolens* از خانواده Apiaceae، گیاهی دوساله و محصول فصل خنک است که در ابتدا به عنوان گیاه دارویی، سپس به عنوان گیاه ادویه‌ای و در آخر به عنوان یک گیاه خوراکی کشت شده است. کرفس حاوی مقادیر نسبتا خوبی از ویتامین آ، پتاسیم و سدیم می‌باشد و هر ۱۰۰ گرم کرفس تازه ۱۶ کیلوکالری انرژی و ۹۵ درصد آب دارد (CCRAB[۶]). در دهه‌های گذشته به دلیل مصرف کودهای شیمیایی اثرات زیست محیطی متعددی از جمله انواع آلودگی‌های آب و خاک و مشکلاتی در خصوص سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده به وجود آمد. سیاست کشاورزی پایدار و توسعه پایدار کشاورزی، متخصصین را بر آن داشت که هرچه بیشتر از موجودات زنده درخاک در جهت تأمین نیازهای غذایی گیاه کمک بگیرند و بدین سان بود که تولید کودهای زیستی آغاز شد (۷ و ۲۰). در بین ابزارهای بیولوژیکی مورد استفاده توسط محققان در زمینه کشاورزی پایدار می‌توان به قارچ تریکودرما و گونه‌های مختلف آن اشاره کرد. براساس پژوهش‌های مختلف به‌نظر می‌رسد که این میکروارگانیسم با دارا بودن توان رقابت غذایی و مکانی بالا، استقرار و اسپورزایی فراوان در محیط خاک و به‌ویژه اطراف ریشه اغلب گیاهان زراعی و غیرزراعی و توان القاء مقاومت در گیاه، نه تنها باعث کاهش عوامل بیمارگر در خاک می‌شود بلکه در مواردی به همراه یک سری مکانیسم‌های بیوشیمیایی باعث تحریک به رشد اندام‌های زیرزمینی یا هوایی برخی از این گیاهان می‌گردد (۷، ۱۷، ۱۸، ۲۰ و ۵۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که قارچ تریکودرما تحت مکانیسم‌های خاصی مانند ترشح آنزیم (زیلاناز و سلولاز که می‌توانند مستقیماً تولید اتیلن در گیاه را به منظور واکنش دفاعی در حضور عامل بیماریزا

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری باغبانی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: aroiee@um.ac.ir)
۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی و ژنتیک ملکولی گیاهان باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.75798
6- California Celery Research Advisory Board

تحریک نمایند)، تولید آنتی بیوتیک، نفوذ به باکتری‌ها و قارچ‌های بیماریزا، دفع مسمومیت و افزایش انتقال قند و اسیدهای آمینه در ریشه گیاهان موجب ایجاد مقاومت القائی در برابر تنش و کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاکزی می‌شود (۱۷). میزان افزایش رشد گیاهان تحت تأثیر قارچ تریکودرما در میزبان‌های مختلف متفاوت بوده است. به عنوان مثال، زمانی که تریکودرما (به صورت سوسپانسیون کنیدی) به عنوان افزایش دهنده رشد به خاک اضافه گردید موجب افزایش وزن خشک گیاه در گوجه‌فرنگی و فلفل شد. همچنین علاوه بر مزایای کنترل بیولوژیک این گونه قارچ‌ها، بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و خصوصیات رشدی گیاهانی مانند زیره (۱۶)، خیار (۵۴)، اسفناج (۳۴)، نخود فرنگی (۲۶)، سویا (۵۳)، قارچ صدفی (۲۲)، در تیمار با گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما مانند *T. virens*، T. viridae، *T. hamatum*، *T. koningii* و به ویژه *T. harzianum* گزارش شده است.

بر خلاف کودهای سنتی یا بقایای دامی، فرایند کمپوست کردن یک مدیریت فعال بقایای آلی به منظور بهینه سازی شرایط می‌باشد و امکان تجزیه سریع و اتلاف کمتر مواد مغذی را فراهم می‌کند (۳۳). یکی از چالش‌های اصلی در سیستم‌های ارگانیک، همزمانی آزاد سازی مواد مغذی (به ویژه نیتروژن) از مواد آلی، مطابق با نیاز محصول می باشد. امروزه عامل‌های زیستی مانند تریکودرما، برای بهبود اثر بخشی اصلاح کننده‌های آلی، بهبود در جذب مواد مغذی و رشد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴۹). ورمی‌کمپوست یک اصلاح کننده آلی غنی از مواد مغذی و فعال از نظر میکروبیولوژیکی است که در نتیجه عمل متقابل بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها هنگام تجزیه ماده آلی تولید می‌شود (۲۷). این نوع کود آلی شامل فضولات گونه‌های خاصی از کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر، تبدیل و نسبی باز مانده‌های آلی در طی عبور از دستگاه گوارش این جانوران به وجود می‌آید (۳). در طی تحقیقات صورت گرفته مشخص شد که ورمی کمپوست تاثیر مثبتی بر روی رشد، توسعه گیاه و عملکرد محصولات زراعی دارد (۳۱). همچنین تاثیر مثبت ورمی کمپوست بر فلفل، گوجه فرنگی، ریحان و گیاهان دیگر و تاثیر آن بر عملکرد وزنی، کیفیت و بلوغ آنها بررسی شده است (۹). آتیه و همکاران (۲۰۰۲) ، ماسکولو و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که ورمی‌کمپوست ها دارای هومات ها هستند (۵ و ۳۵). برخی از اثرات این مواد، نشان دهنده این است که رشد گیاهان خیلی شبیه به کاربرد مواد تنظیم کننده رشد و هورمون‌های گیاهی می‌باشد(۴۷ و ۱). ثابت شده است که در شرایط گلخانه‌ای غلظت‌های کم اسید هیومیک استخراج شده از ورمی‌کمپوست به علت افزایش تجمع عناصر غذایی باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (۵). آرانکون و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که افزایش مواد هیومیکی در ورمی‌کمپوست‌ها می‌تواند دلیلی برای افزایش عملکرد رشد در توت فرنگی باشد (۲). ماسکولو و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که مواد هیومیکی استخراج شده از ورمی‌کمپوست، مواد اکسین مانندی ترشح می‌کنند که برای رشد سلول و متابولیسم نیترات در هویج موثرند (۳۵).

با توجه به موارد مطرح شده لزوم تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار هدف این تحقیق بررسی اثر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و غلظت‌های گوناگون قارچ تریکودرما جدایه Bi بر روی خصوصیات مختلف گیاه کرفس بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی اثرات قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود زیستی محرک رشد در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با میانگین دما شبانه روز ۲۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۴۰ درصد پایه ریزی و اجرا شد. تحقیق حاضر، به صورت یک آزمایش گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل ۴ غلظت قارچ تریکودرما هاریزیانوم جدایه BI (*Trichoderma harzianum* BI): صفر درصد (شاهد)، ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد حجم۵۰ لیتری آب مصرفی بود. فاکتور دوم نیز شامل۴ تیمار ورمی کمپوست: صفر درصد (شاهد)، ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد حجم گلدان بود. جدایه مورد استفاده تریکودرما هارزیانوم از کلکسیون قارچ معتبر و ایزوله شده گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. به منظور تهیه عصاره قارچ پس از انتقال قسمتی از پیکر رویشی قارچ به درون محیط کشت سیب زمینی دکسترو آگار، در پتری دیش‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر (در اتوکلاو و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۵ روز نگهداری شدند تا قارچ‌ها به رشد مناسبی جهت انتقال مرحله بعد برسند. از محیط کشت نیمه انتخابی داوه (Davest) که شامل یک گرم کلسیم نیترات، یک گرم کلسیم کلرید، ۲۵۰ میلی‌گرم پتاسیم نیترات، ۲۵۰ میلی‌گرم منوپتاسیم فسفات، ۵۰ میلی‌گرم اسید سیتریک، ۲ گرم سوکروز، ۲۵ گرم آگار، ۳۰ میلی‌گرم سولفات استرپتومایسین به ازای هر لیتر آب مقطر و محیط کشت دارای ۰/۲ گرم سولفات منیزیم، ۰/۹ گرم دی پتاسیم فسفات، ۱/۵ گرم کلرید پتاسیم، ۳ گرم گلوکز، ۲۰ گرم آگار به‌ازای هر لیتر آب مقطر بود، استفاده شد (۴۰). این محیط کشت درون ارلن‌هایی ۲ لیتری که از قبل به وسیله اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در فشار ۱۰ اتمسفر استریل شده بودند ریخته شد. سپس انتقال پرگنه جدایه‌های قارچ به داخل ارلن‌ها انجام شد؛ بدین منظور با استفاده از اسکارپل

قطعاتی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از پیکر رویشی قارچ‌ها که همراه با محیط کشت سیب زمینی دکسترو آگار بود به ارلن‌ها منتقل شد و پس از هر بار انتقال اسکارپل مورد استفاده توسط شعله چراغ استریل گردید. ارلن‌ها به جهت هوادهی بر روی شیکر[1]، به مدت ۸ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از این مدت فاز جامد از فاز مایع توسط یک پارچه ململ که ته آن پشم شیشه ریخته شده بود، جدا شده و فاز مایع (عصاره) جهت استفاده در مراحل بعدی در یخچال نگهداری شد. جهت تغذیه و آبیاری گیاهان، میزان کل نیاز روزانه به آبیاری (محلول غذایی+ عصاره قارچ) ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد، ۲۰ درصد از این مقدار شامل عصاره جدایه BI قارچ تریکودرما و۸۰ درصد از کل نیاز روزانه گیاه از محلول غذایی هوگلند[2] تأمین گردید. در همین مدت دوره آبشویی کامل جهت شستشوی نمک‌های تجمع یافته در بستر کشت انجام شد. جهت اعمال تیمار ورمی‌کمپوست، ابتدا حجم گلدان‌ها اندازه‌گیری شد که بر این اساس ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از حجم گلدان با ورمی‌کمپوست پر گردید. بذور کرفس در سینی‌های نشاء به صورت سطحی کاشته شد. نشاءها بعد از گذشت ۱۰ هفته آماده انتقال به بستر اصلی شدند. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بودند. بستر کشت گیاه، مخلوطی شامل ۲۰ درصد کوکوپیت و ۸۰ درصد پرلایت بود که ریشه در این بستر به راحتی قابل جداسازی باشد. پس از برداشت کامل گیاهان در زمان رسیدن به اندازه تجاری، زمانی که دسته کاملی از مجموعه دمبرگ‌ها ایجاد شد (۴۰ روز بعد از نشاء) صفات مورفولوژیکی که شامل: وزن تر و خشک ریشه و ساقه، تعداد برگ، قطر ساقه، طول ساقه و ریشه مورد بررسی قرار گرفتند. وزن تر و خشک ریشه گیاه، با استفاده از ترازوی دیجیتال مارک AND با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. وزن خشک پس از قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، تعیین شد. همچنین قطر ساقه با استفاده از دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه گیری شد. طول ریشه و ساقه به طور جداگانه در آزمایشگاه به وسیله خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه گیری شد. مقدار کلرفیل a، b و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر، ۶۵۳ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد و در نهایت با استفاده از رابطه ۱ میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد (۱۲). داده‌های حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم افزار JMP8 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

$$Chl\ a = 15.65\ A_{666} - 7.340\ A_{653} \quad (۱)$$
$$Chl\ b = 27.05\ A_{653} - 11.21\ A_{666}$$
$$C_{x+c} = \frac{1000\ A_{470} - 2.860\ Chl\ a - 129.2\ Chl\ b}{245}$$
$$Chl\ T = Chl\ a + Chl\ b + C_{x+c}$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ تریکودرما بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه کرفس در جداول (۲ و ۱) آورده شده است. در ادامه هر صفت به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

وزن تر ساقه

بر اساس جدول ۱ استفاده از قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن تر ساقه اثر معنی داری داشت، همچنین تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل این دو تیمار بر روی وزن تر ساقه اثر معنی‌داری نداشت. سطح ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست بیشترین میزان وزن تر ساقه (۳۶۷/۶۶ گرم) را نسبت به سطوح دیگر داشت. پس از آن سطح ۵۰ درصد قرار گرفت و کمترین میزان را شاهد (۱۴۰/۹۱ گرم) نشان داد (جدول ۴). در تیمار غلظت‌های مختلف قارچ سطح ۱۵ درصد بیشترین میزان وزن تر ساقه (۳۴۰/۵۸ گرم) را نسبت به تیمارهای دیگر داشت و در میان غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین وزن تر ساقه به میزان ۲۴۱/۵۸ گرم در تیمار شاهد نشان داده شد (جدول ۳). بسیاری از محققان بر این باورند که به طور عمده جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما با تولید مواد بیوشیمایی باعث تحریک رشد گیاهان می‌شوند و یا باعث کاهش اثرات ممانعت از رشد برخی ترکیبات، توکسین‌های زیستی و شیمایی می‌شوند (۱۱، ۳۸ و ۵۰). بر اساس گزارشات موجود، کاربرد ورمی‌کمپوست با غلظت ۳۰ درصد حجمی در گیاه زینتی لیلیوم باعث افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و همچنین ارتفاع گیاه شد (۳۲). همچنین وزن تر و خشک ساقه گیاه لوبیا تحت تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد داشت که با نتایج این تحقیق هم راستا می‌باشد (۲۴). این در حالی است که محققان معتقدند افزایش وزن تر و خشک پیکره گیاه در صورت کاربرد ورمی‌کمپوست، احتمالا به دلیل وجود مقدار بالای اسیدهای هیومیک در این کود زیستی می‌باشد (۴۸).

1- Shecker
2- Hogaland

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر ورمی کمپوست و غلظت های مختلف قارچ بر وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه و ریشه در گیاه کرفس

Table 1- ANOVA (Mean Squares) for the effect of vermicompost and different Fungal concentrations on stem fresh and dry weight, root fresh and dry weight and stem and root length in celery

منابع تغییر Source of variation	df	میانگین مربعات Stem fresh weight وزن تر ساقه	Shoot dry weight وزن خشک ساقه	Root fresh weight وزن تر ریشه	Root dry weight وزن خشک ریشه	Stem length طول ساقه	Root length طول ریشه
غلظت قارچ Concentration of fungus	3	32419.5*	285.69*	6024.76**	134.29**	780.49**	18.42ns
ورمی کمپوست Vermicompost	3	115796.7**	1190.04**	6019.36**	147.28**	125.26*	91.72*
غلظت قارچ×ورمی کمپوست Concentration of fungus × Vermicompost	9	7166.3ns	156.18*	801.16*	30.37*	27.81ns	39.96ns
خطا Error	32	4211.3	45.41	231.81	13.06	36.29	21.16

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری

*: Significant at $p \leq 0.05$. **: Significant at $p \leq 0.01$. ns: non- significant.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر ورمی کمپوست و غلظت های مختلف قارچ بر تعداد برگ، قطر ساقه فرعی و رنگیزه‌های برگ کرفس

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effect of vermicompost and different fungal concentrations on leaf number, stem diameter, and leaf pigments of celery

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Number of leaves تعداد برگ	Stem diameter قطر ساقه	Chlorophyll a کلروفیل a	Chlorophyll b کلروفیل b	Carotenoids کاروتنوئید	Total chlorophyll کلروفیل کل
غلظت قارچ Concentration of fungus	3	297.47**	13.86**	14.57*	1.72**	1.43**	**25.4ns**
ورمی کمپوست Vermicompost	3	691.36**	33.51**	1.92ns	0.45ns	0.24*	**2.25ns**
غلظت قارچ×ورمی کمپوست concentration of fungus × Vermicompost	9	118.75**	4.64*	13.32**	1.43**	0.16*	**4.56ns**
خطا Error	32	11.56	1.34	0.72	0.16	0.05	**9.34**

** ، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری

*: Significant at $p \leq 0.05$. **: Significant at $p \leq 0.01$. ns: non-significant.

جدول ۳- اثر قارچ تریکودرما بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه کرفس

Table 3- The effect of *Trichoderma* on some morphological traits of celery

غلظت تریکودرما Concentration of Trichoderma (%)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	طول ساقه Stem length (cm)
شاهد Control	241.58 c	57.87c
5	277.58 b	70.75 ab
10	292.5 b	77.2 a
15	340.58 a	67.25 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (LSD ،$p<0.05$) نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (LSD, $p<0.05$).

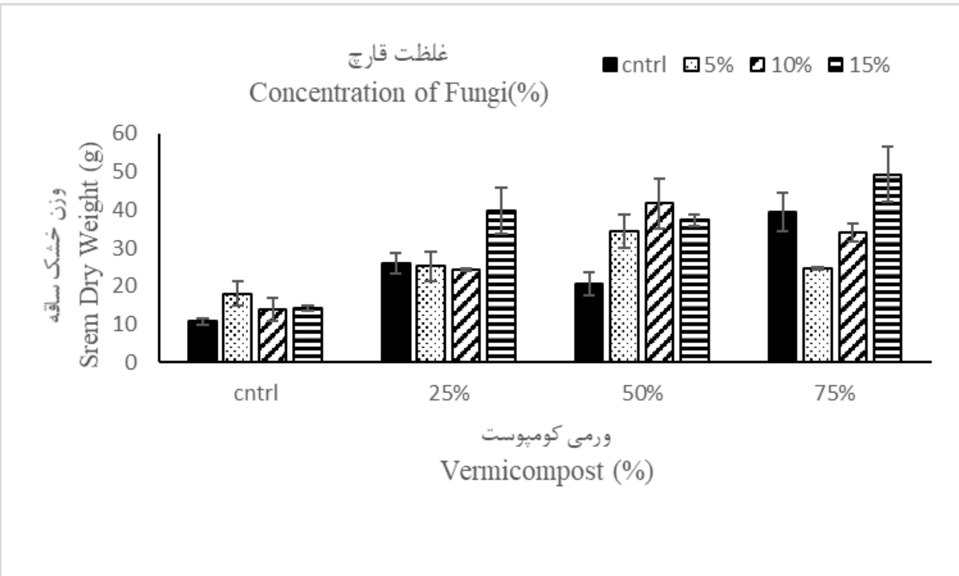
جدول ٤- اثر ورمی‌کمپوست بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه کرفس
Table 4- The effect of vermicompost on some morphological traits of celery

ورمی کمپوست Vermicompost (%)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	طول ساقه Stem length (cm)	طول ریشه Root length (cm)
شاهد Control	140.91 d	63.67 b	35.45 a
25	295.66 c	69.08 a	36.5 a
50	321 b	71.25 a	36.66 a
75	367.66 a	69.08 a	30.78 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (LSD, $p<0.05$) نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (LSD, $p<0.05$).

وزن خشک ساقه

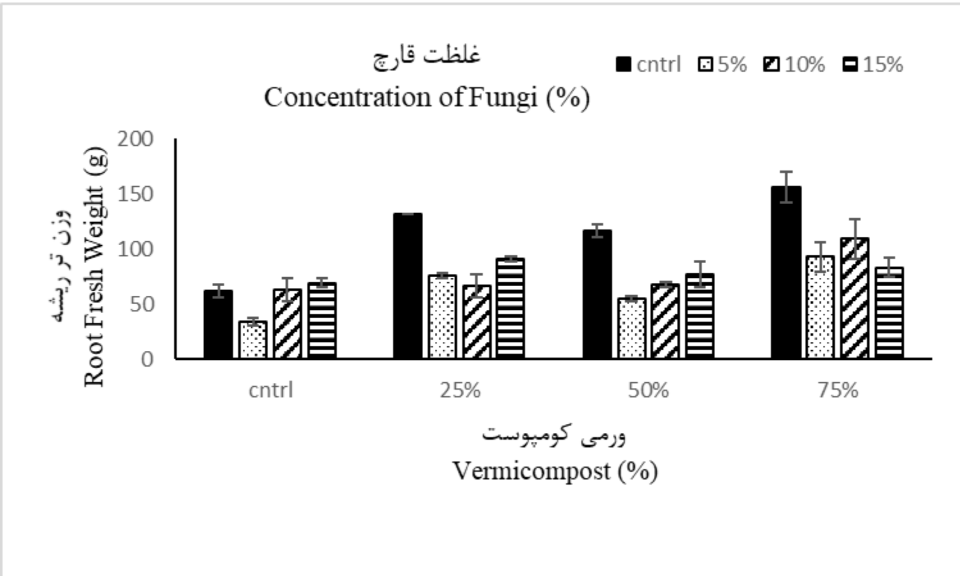
با توجه به نتایج تجزیه واریانس استفاده از قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به همراه هم در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه گیاه کرفس اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). اثر ساده کاربرد هر کدام از این تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد برای کاربرد قارچ و در سطح احتمال ۱ درصد برای استفاده از ورمی‌کمپوست اثر معنی داری داشت. اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر وزن خشک ساقه در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان وزن خشک ساقه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد (۴۹/۲۳ گرم) مشاهده شد که با اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد و همچنین با اثر متقابل ورمی کمپوست ۲۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک ساقه در اثر متقابل سطح ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت‌های مختلف قارچ مشاهده شد به این معنی که غلظت‌های مختلف قارچ به تنهایی نتوانستند در میزان وزن خشک ساقه افزایش ایجاد کند (شکل ۱). جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما باعث افزایش رشد در گیاهان می‌شوند که این تحریک در میزان رشد بر اساس تولید مواد شیمیایی است (۱۱، ۳۸ و ۵۰). در یک آزمایش گلخانه‌ای اضافه کردن سوسپانسیون کنیدیایی تریکودرما به بستر کاشت افزایش معنی‌داری در وزن خشک گیاهانی مثل گوجه فرنگی، فلفل و خیار شد (۸). همچنین بر اساس آزمایشات صورت گرفته بر روی بوته‌های گوجه فرنگی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از تیمار تریکودرما باعث افزایش ۱۵/۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی این گیاه می‌شود (۳۰) که با نتایج این تحقیق هم سو می‌باشد.



شکل ۱- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر روی میزان وزن خشک ساقه در گیاه کرفس
Figure 1- The Interaction effect of vermicompost ×fungal concentration on the stem dry weight in Celery (LSD, $p\leq0.05$)

وزن تر ریشه

قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست هـر کـدام در سـطح احتمـال ۱ درصد بر میزان وزن تـر ریشـه اثـر معنـی‌داری گذاشـتند (جـدول ۱)، همچنین کاربرد این دو تیمار به همراه هم نیز بر روی میزان وزن تـر ریشه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر وزن تر ریشه در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان وزن تر ریشه در اثر متقابل ورمـی کمپوسـت ۷۵ درصـد در غلظـت صـفر درصد غلظت قارچ (۱۵۶/۰۳ گرم) مشـاهده شـد کـه بـا اثـر متقابـل ورمـی‌کمپوسـت ۲۵ درصـد در غلظـت قـارچ صـفر درصـد اخـتلاف معنـی‌داری نداشـت. کمتـرین میـزان وزن تـر ریشـه در اثـر متقابـل ورمی‌کمپوست صفر درصد به همـراه غلظـت قـارچ ۵ درصـد (۳۳/۷۳ گـرم) مشـاهده شـد (شـکل ۲). در بررسـی درصـدهای متفـاوتی از تریکودرما، جدایه‌ها اثرات متفاوتی را در وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشـه کـاهو نشـان دادنـد (۳۸). نتـایج مطالعـه قـارچ تریکودرمـا بـر شاخص‌های رشدی گیاه خیار نشان داد کـه وزن تـر و خشـک انـدام هوایی و ریشه‌ها با افزایش غلظت قارچ افزایش می‌یابند به طوری‌کـه ۲۵/۸ درصد وزن تر اندام هوایی و ۲۰/۴ درصد وزن تر ریشـه نسـبت به شاهد افزایش داشت. این محققین ایـن گونـه نتیجـه گرفتنـد کـه استفاده از قارچ تریکودرما به عنوان محرک رشد گیـاهی در تولیـدات گیاهی اثر ویژه‌ای خواهد داشت (۲۳ و ۵۲). همچنین تحقیقاتی که بر روی گوجـه فرنگـی صـورت گرفـت نشـان دهنـده اثـر مثبـت قـارچ تریکودرما در افزایش میزان وزن تر و خشک اندام هوایی و زیر زمینی نسبت به تیمار شاهد بود (۳۹). در نهایت این افزایش وزن تر و خشک در انـدام‌هـای هـوایی و زمینـی بـه علـت خاصـیت تنظـیم کننـدگی فاکتورهای رشدی در گیاه می‌باشد (۵۲). همان طور که در ادامه نتایج این پـژوهش خـواهیم دیـد، ورمـی‌کمپوسـت باعـث افـزایش میـزان کلروفیل نیز می‌شود، بنابراین باعث افزایش میزان فتوسنتز و سـوخت و ساز در گیاه می‌شود کـه خـود باعـث افـزایش در میـزان وزن تـر و خشک است که با نتایج سایز محققین همسو می‌باشد (۲۳ و ۴۵).



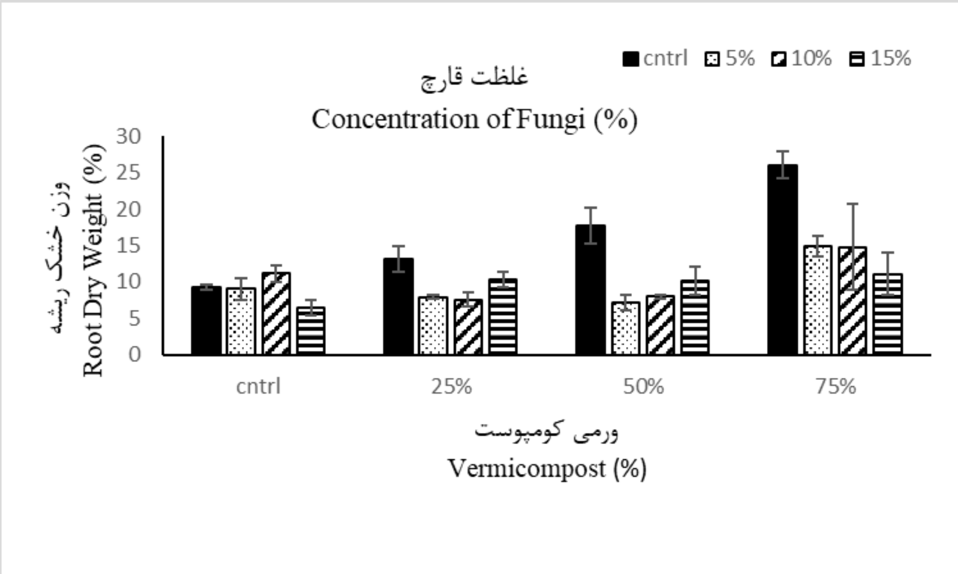
شکل ۲- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر روی میزان وزن تر ریشه در گیاه کرفس

Figure 2- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on the fresh weight of roots in Celery (LSD, $p\leq0.05$)

وزن خشک ریشه

قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست هـر کـدام در سـطح احتمـال ۱ درصد بر میزان وزن تـر ریشـه اثـر معنـی‌داری گذاشـتند (جـدول ۱)، همچنین کاربرد این دو تیمار به همراه هم نیز بر روی میزان وزن تـر ریشه در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قـارچ بـر وزن خشـک ریشـه در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشـترین میزان وزن خشک ریشه در اثر متقابل ورمـی‌کمپوسـت ۷۵ درصـد در غلظت صفر درصد غلظت قارچ (۲۶/۰۵ گرم) مشاهده شد و بعد از آن اثر متقابل ورمی‌کمپوسـت ۵۰ درصـد در غلظـت قـارچ صـفر درصـد بیشترین میزان را داشت. کمتـرین میـزان وزن خشـک ریشـه در اثـر متقابل ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظـت قـارچ ۱۵درصـد (۶/۵۱ گرم) مشاهده شد (شکل ۳). همـان‌طـور کـه سـایر تحقیقـات نشـان

می‌دهند، استفاده از تیمار ورمی‌کمپوست باعث افزایش ۱۵ تا ۲۰ درصدی وزن خشک اندام هوایی و زمینی گیاه می‌شود (۴، ۹ و ۲۳) که با نتایج این تحقیق هم سو می‌باشد. زیرا که ورمی‌کمپوست با تاثیر بر افزایش میزان کلروفیل به صورت مستقیم بر میزان فتوسنتز و سوخت و ساز در گیاه نیز اثر بیشینه دارد که در نهایت افزایش میزان وزن تر و خشک در گیاه را می‌توان دید.



شکل ۳- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان وزن خشک ریشه در گیاه کرفس

Figure 3- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on the dry weight of roots in Celery (LSD, *p≤0.05*)

طول ساقه

نتایج نشان دهنده اثر معنی‌دار کاربرد قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۱ درصد و کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد است (جدول ۱). این در حالی است که اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نشد. با توجه به جدول ۴، بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی بین تیمار شاهد و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و شاهد کمترین میزان طول ساقه (۶۳/۶۷ سانتی‌متر) را نشان داد. در تیمار غلظت‌های مختلف قارچ سطح ۱۰ درصد بیشترین میزان طول ساقه (۷۷/۲ سانتی‌متر) را نسبت به تیمارهای دیگر داشت و بعد از آن غلظت ۵ درصد بیشترین میزان و کمترین میزان را شاهد (۵۷/۷۸ سانتی‌متر) نشان داد (جدول۳). اثر مثبت قارچ تریکودرما بر روی نشاء گوجه فرنگی و خیار با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۳۶). نتایج ما در این تحقیق در رابطه با تاثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر ارتفاع با نتایج سایر محققان بر روی بادمجان، بامیه و گوجه فرنگی (۱۳)، بر گوجه فرنگی و همیشه بهار و همچنین بر روی هویج (۳۵) مطابقت دارد. علت این افزایش ارتفاع نسبت به تیمار شاهد مربوط به تحریک تولید مواد شبه اکسینی می‌دانند (۳۵). می‌توان نتیجه گرفت که احتمالا خواص فیزیکی و شیمیایی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگه داری عناصر غذایی (۲۵) و افزایش هورمون‌های تنظیم کننده رشد (۳۱ و ۱۰) و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (۶) باعث افزایش تجمع ازت توسط گیاه می‌شود و با این افزایش رشد گیاه، از جمله ارتفاع، سطح برگ، تعداد برگ، وزن‌تر و خشک نیز افزایش می‌یابند.

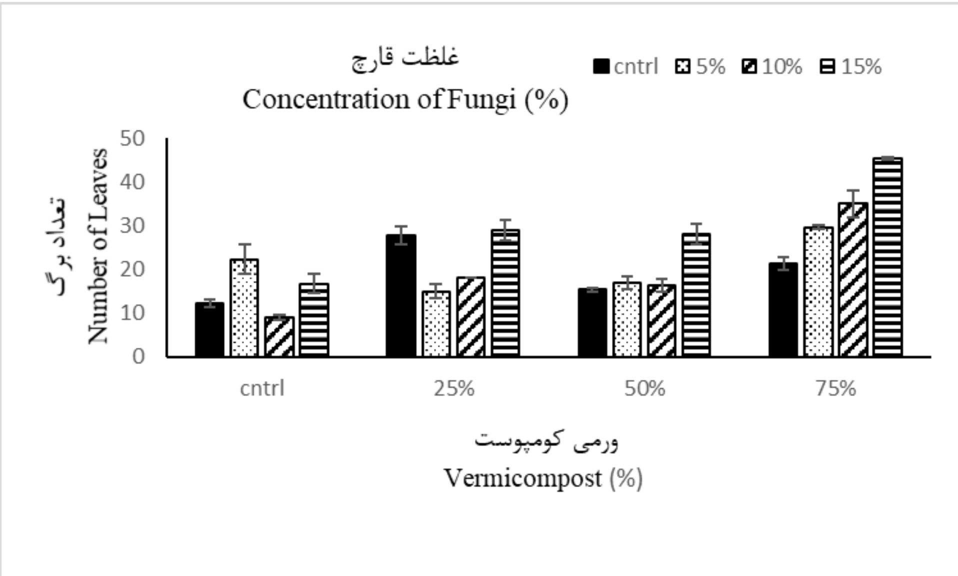
طول ریشه

بر اساس جدول ۱ تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد به تنهایی بر روی مقدار طول ریشه گیاه کرفس اثر معنی‌داری داشت و تیمارهای دیگر مثل کاربرد قارچ تریکودرما و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری نداشتند. با توجه به جدول ۳ بین سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین میزان طول ریشه در سطح ۷۵ درصد ورمی کمپوست (۳۰/۷۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین طول ریشه در بیشترین سطح ورمی‌کمپوست دیده شد که علت آن کاهش رشد ریشه در غلظت‌های بالای ورمی کمپوست (۵)، ناشی از سمیت عناصر غذایی (۱۵) و شوری محیط ریشه و کاهش رشد گیاه می‌باشد. در صورتی که غلظت‌های بالایی از ورمی‌کمپوست در محیط استفاده شود به دلیل ایجاد تنش اسمزی در محیط و حتی افزایش غلظت برخی هورمون‌ها مثل اکسین که در صورت افزایش تنش اسمزی این هورمون اثر

بازدارنده خواهد داشت، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که تحت این شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست اثر منفی بر روی رشد خواهد گذاشت (۴۱).

تعداد برگ

به کارگیری قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به تنهایی و به همراه هم در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر تعداد برگ‌های گیاه کرفس داشت (جدول ۲). اثر متقابل تیمار ورمی‌کمپوست و غلظت‌های مختلف قارچ بر تعداد برگ در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین تعداد برگ در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد (۴۵ عدد) مشاهده شد و بعد از آن اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد و همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد بیشترین تعداد را داشتند. کمترین میزان تعداد برگ در اثر متقابل سطح ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد مشاهده شد (شکل ۴). توان ترشح ترکیبات بیوشیمایی و آنزیم‌های مختلف، رقابت تغذیه‌ای بالا نسبت به عوامل بیماری‌زا در محیط و از همه مهم‌تر توان ایجاد و القاء مقاومت با تحریک گیاه به تولید ترکیبات فیتوتوکسینی از مهم‌ترین خصوصیات گونه‌های مختلف جنس تریکودرما محسوب می‌شود (۴۶) که بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت قارچ تریکودرما با کمک به سنتز کلروفیل در گیاه و سرکوب پاتوژن‌های بیماری‌زا موجب افزایش رشد و افزایش تعداد برگ در گیاه شده است. همچنین در سایر تحقیقات گزارش شده است که کاربرد سویه‌های مختلف تریکودرما می‌تواند بر تعداد برگ نشاء گوجه فرنگی اثر مثبت بگذارد (۳۶). در آزمایشی که بر روی ذرت انجام شد، استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد شد (۴۴) همچنین در تعداد برگ سویا استفاده از ورمی‌کمپوست باعث اختلاف معنی دار نسبت به تیمار شاهد شد (۲۸). همان طور که گفته شد، احتمالا به دلیل افزایش ماده آلی در بستر کشت، ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث افزایش رشد در گیاه و در نهایت افزایش تعداد برگ شود که افزایش تعداد برگ کرفس تحت تیمار ورمی‌کمپوست در این تحقیق با نتایج سایر محققین هم راستا بود.



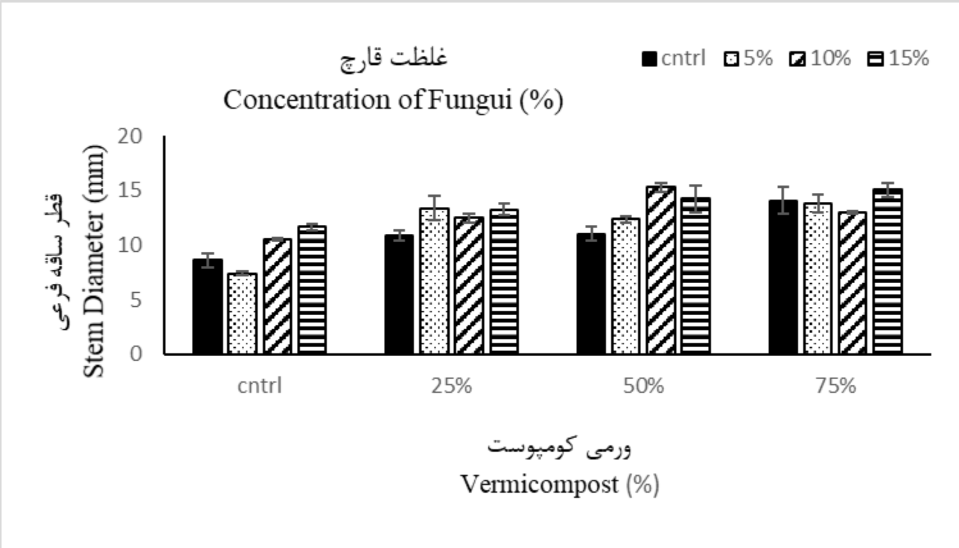
شکل ٤- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان تعداد برگ در گیاه کرفس

Figure 4- The interaction effect of vermicompost ×concentration of *Trichoderma* fungi on leaves number in celery (LSD, *p≤0.05*)

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی‌دار استفاده از قارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به تنهایی در سطح احتمال ۱ درصد، اثر متقابل این تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین قطر ساقه در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد مشاهده شد (۱۵/۲۶میلی‌متر) و با اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصد و همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان قطر ساقه در اثر متقابل سطح ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۵ درصد (۷/۴ میلی‌متر) مشاهده شد (شکل ۵). نتایج محققان دیگر مبنی بر اینکه ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث افزایش میزان قطر

ساقه شود مطابقت دارد (۵). گزارش شده است که افـزایش فعالیـت میکروارگانیسم‌ها در شرایط مصـرف ورمـی‌کمپوسـت باعـث افـزایش معنی‌دار تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مثل اکسـین، جیبـرلین و سیتوکینین می‌شود که از طرفی افـزایش سـیتوکینین باعـث افـزایش سطح تقسیم سلولی و در نهایت باعث افزایش در قطر سـاقه گیاهـان می‌شود (۱۳).



شکل ۵- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر قطر ساقه فرعی در گیاه کرفس

Figure 5- The interaction effect of vermicompost ×the concentration of *Trichoderma* fungi on stem diameter of Celery (LSD, *p≤0.05*)

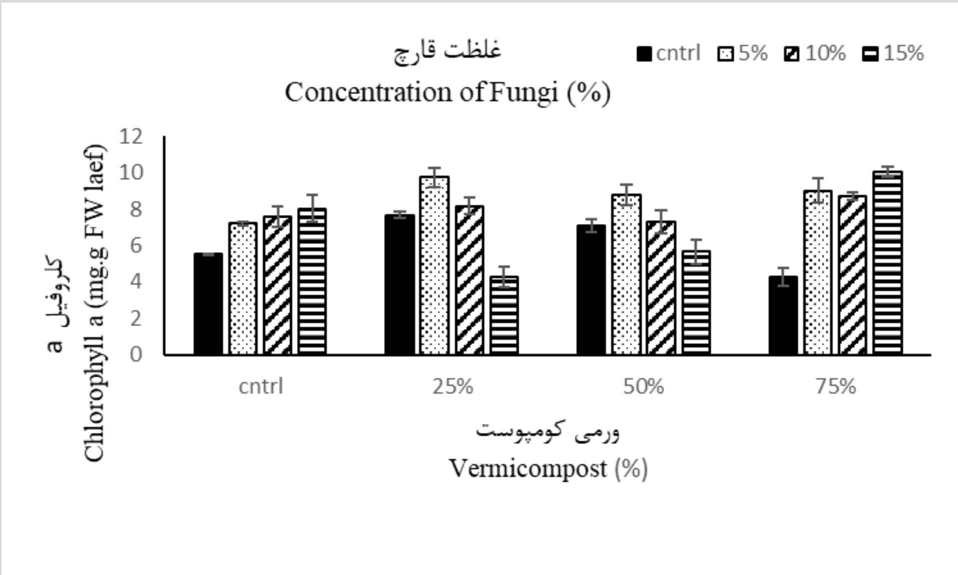
کلرفیل a

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار کاربرد قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. همچنین کـاربرد هـم زمـان قـارچ تریکودرما و تیمار ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصـد معنـی‌دار بود اما تیمار ورمـی‌کمپوسـت بـه تنهـایی اثـر معنـی‌داری بـر میـزان کلروفیل a نداشت (جـدول ۲). اثـر متقابـل تیمـار ورمـی‌کمپوسـت و غلظت‌های مختلف قارچ بر کلروفیل a در شـکل ۶ نشـان داده شـده است. با توجه به مقایسه میانگین، بیشترین میزان کلروفیـل a در اثـر متقابل ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد در غلظـت قـارچ ۱۵ درصـد (۱۰/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شـد و بعـد از آن اثـر متقابـل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظـت قـارچ ۵ درصـد و همچنـین اثـر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت قـارچ ۵ درصـد بیشـترین میـزان را داشـتند. در اثـر متقابـل ورمـی‌کمپوسـت ۲۵ درصـد در غلظت‌های مختلف قارچ بیشترین میزان کلروفیل در غلظـت قـارچ ۵ درصد مشاهده شد و کمترین میزان را غلظت قـارچ ۱۵ درصـد نشـان داد (شکل ۶). بر اساس برخی یافته‌ها تاثیر مثبت برخی از سویه‌های تریکودرما بر میزان کلروفیل نشان داده شده است (۸). نیتروژن یکـی از اجزاء ضروری در مولکول کلروفیـل اسـت. بـا توجـه بـه اینکـه نیتروژن بخشی از کلروفیل را تشکیل می‌دهد (یـک اتـم نیتـروژن و چهـار اتـم کـربن در حلقـه‌هـای درون کلروفیل جـای گرفتـه‌انـد) و همچنین در ساختمان اسـیدهای آمینه شرکت دارد، افزایش جذب این عنصر در اثر اسـتفاده از کود شیمیایی حاوی نیتـروژن و یـا کودهـای زیسـتی دارای نیتروژن (اعم از ورمی‌کمپوست)، می‌توانـد در افـزایش میزان کلروفیل نقش مهمی داشته باشد(۴).

کلروفیل b

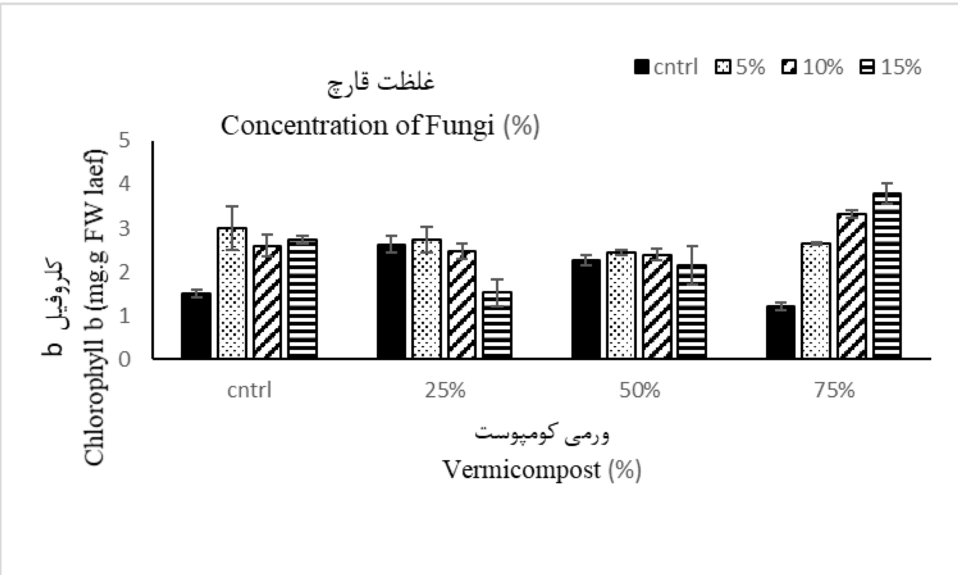
کاربرد قـارچ تریکودرمـا در سـطح احتمـال ۱ درصـد بـر میـزان کلروفیل b اثر معنی‌داری داشت، این در حـالی اسـت کـه اسـتفاده از ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری نداشت و اثر متقابل ایـن دو بـا هـم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بـا توجـه بـه مقایسـه میانگین، بیشترین میزان کلروفیل b در اثر متقابل ورمی‌کمپوسـت ۷۵ درصد در غلظت قارچ ۱۵ درصـد (۳/۷۸ میلـی‌گـرم در گـرم وزن تـر بـرگ) مشـاهده شـد. در اثـر متقابـل ورمـی‌کمپوسـت ۵۰ درصـد در غلظت‌های مختلف قارچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همچنـین در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت‌هـای مختلـف قـارچ کمترین میزان کلروفیل b در غلظت ۱۵ درصد مشاهده شد (شکل ۷). با توجه به نتایج بدست آمده در این پـژوهش، گزارشـاتی هـم سـو و منطبق در رابطه با افزایش میزان و محتـوی کلروفیـل در بـرگ‌هـای فلفل در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده شد (۳۷). که این افـزایش

احتمالا به دلیل افزایش سـطح نیتـروژن در اثـر کـاربرد و اسـتفاده از ورمی‌کمپوست می‌تواند افزایش رشد و میزان کلروفیل را در پی داشته باشد (۲۹).



شکل ٦- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان کلروفیل a در گیاه کرفس

Figure 6- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on chlorophyll a content of Celery leaf (LSD, *p≤0.05*)



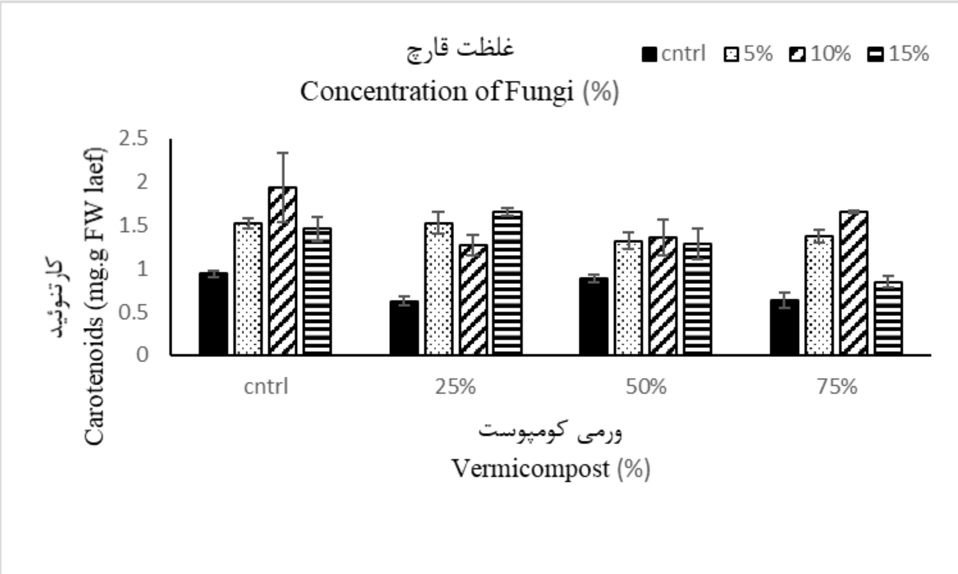
شکل ۷- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان کلروفیل b در گیاه کرفس

Figure 7- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on chlorophyll b content of Celery leaf (LSD, *p≤0.05*)

کاروتنوئید

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنـی‌دار اسـتفاده از قـارچ تریکودرما و ورمی‌کمپوست به تنهایی در سطح احتمـال ۱ و ۵ درصـد به همراه اثر متقابل معنی‌دار این تیمارها در سـطح احتمـال ۵ درصـد می‌باشد (جدول ۲). با توجـه بـه مقایسـه میـانگین، بیشـترین میـزان کارتنوئید در اثر متقابل ورمی‌کمپوست صفر درصد در غلظت قارچ ۱۰ درصد (۱/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تـر بـرگ) مشـاهده شـد. در اثـر متقابل ورمی‌کمپوست ۵۰ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ کمتـرین

میزان کاروتنوئید را غلظت قارچ صفر درصد داشت و بین سایر غلظت‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همچنین در اثر متقابل ورمی‌کمپوست ۲۵ درصد در غلظت‌های مختلف قارچ کمترین میزان کاروتنوئید در غلظت صفر درصد مشاهده شد (شکل ۸). بـه نظـر مـی‌رسد کـه قارچ تریکودرما با تـاثیر فزاینـده‌ای کـه بـر جـذب عناصر و به تبع آن افزایش اندام‌های فتوسـنتزی دارد که نقش مثبت و مؤثری بر میزان کارتنوئیـد داشـته‌انـد، زیـرا کاروتنوئیـدها توسـط تمـامی انـدام‌هـای فتوسـنتزی و بسـیاری از انـدام‌هـای غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند (۲۱). بر اساس تحقیقات سایر محققین استفاده از ترکیب ورمی‌کمپوست نه در غلظت‌های بالا در بستر کاشت باعث افزایش میزان کاروتنوئید برگ شلغم روغنـی شـد (۴۳) کـه بـا نتایج این تحقیق هم خوانی دارد.



شکل ۸- اثر متقابل ورمی کمپوست × غلظت قارچ تریکودرما بر میزان کاروتنوئید در گیاه کرفس

Figure 8- The interaction effect of vermicompost × concentration of *Trichoderma* fungi on carotenoid content of Celery leaf (LSD, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش و سایر پژوهش‌هـای صورت گرفته بر روی ورمی کمپوست به عنوان یک کود غنـی شـده که دارای آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد متعددی است و همچنین قـارچ تریکودرما می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که استفاده از کودهای زیستی در تولید محصولی با کیفیت بالا نقش بسزایی دارند. همچنـین اثـری که از آنها در یافت می‌کنیم بستگی به غلظت مورد استفاده دارد اما در نهایت حتی کابرد آنها در کمترین غلظت نسبت به تیمار شاهد باعـث افزایش رشد و نمو و بهبود خصوصیات مورفولـوژیکی گیـاه مـد نظـر شدند. در مجموع نتایج بـه دسـت آمده از ایـن تحقیـق نشـان داد در غالـب صـفات مـورد بررسـی، تلفیـق ورمـی‌کمپوسـت و تریکودرمـا برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه آنها دارد و با توجه بـه نتایج برتری اکثریت صفات در زمان کاربرد توام این دو با هم حاصـل شد. بنـابراین اسـتفاده تلفیقـی از تریکودرمـا و ورمـی‌کمپوسـت بـر اساس آنچه در نتایج آمده است (استفاده هم زمان از عصاره قـارچ ۱۵ درصد و ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد) در جهـت بهبـود رشـد و عملکـرد گیاه، توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل حمایت مالی پروژه (طرح شماره ۵۱۹۹۸) نهایت قدردانی را دارند.

منابع

1- Arancon N., Edwards C., and Bierman P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology 97(6): 831-840 .
2- Arancon N., Edwards C., Bierman P., Welch C. and Metzger J. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93(2): 145-153 .

3- Arancon N.Q., Galvis P.A., and Edwards C.A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology 96(10): 1137-1142 .
4- Argüello J.A., Ledesma A., Núñez S.B., Rodríguez C.H., and Goldfarb M.D.C.D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality ofRosado Paraguayo'garlic bulbs. Hortscience 41(3): 589-592 .
5- Atiyeh R., Lee S., Edwards C., Arancon N., and Metzger J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 14-7(1): 84 .
6- Badole S., More S., Adsul P., Shaikh A., and Dhamak A. 2004. Residual effect of organic manures and inorganic fertilizers on yield and gross monetary returns of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Soils and Crops 14(1): 196-19.
7- Benítez T., Rincón A.M., Limón M.C., and Codon A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. International Microbiology 7(4): 249-260 .
8- Chaves F., Ming L.C., Ehlert P., Meireles M., and Fernandes D. 2001. Influence of Organic Fertilisation on Leaves and Essential Oil Production of Ocimum gratissimum L. Paper presented at the International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant 576.
9- Claire J.R.O. 2001 .Effects of vermicompost applied in a high tunnel. & Quiet Creek Herb Farm, B., PA. FNE03-486 .
10- Clevely A. 2000. Herbs, A user's guide and identifier. Harmers House, London.
11- Cutler H.G., Cox R.H., Crumley F.G., and Cole P.D. 1986. 6-Pentyl-α-pyrone from Trichoderma harzianum: its plant growth inhibitory and antimicrobial properties. Agricultural and Biological Chemistry 50(11): 2943-2945 .
12- Ders S.G.T.S R. S.1999. d. o. c.-a., b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Journal of Botany 22: 13-17 .
13- De Sanfilippo E.C., Argüello J., Abdala G. and Orioli G. 1990. Content of auxin-inhibitor-and gibberellin-like substances in humic acids. Biologia Plantarum (32): 346-351.
14- Gajalakshmi S., and Abbasi S. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of Crossandra undulaefolia, and on several vegetables. Bioresource Technology 85(2): 197-199 .
15- Gajdoš R. 1997. Effects of two composts and seven commercial cultivation media on germination and yield. Compost Science & Utilization 5(1): 16-37 .
16- Haggag W.M., and Abo-Sedera S. 2005. Characteristics of three Trichoderma species in peanut haulms compost involved in biocontrol of cumin wilt disease. International Journal of Agriculture and Biology 7: 222-229 .
17- Harman G.E. 2006. Overview of Mechanisms and Uses of Trichoderma spp. Phytopathology 96(2): 190-194 .
18- Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., and Lorito M. 2004. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2(1): 43 .
19- Hidalgo P., Sindoni M., Matta F., and Nagel D.H. 1999. Earthworm castings increase germination rate and seedling development of cucumber. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Research Report 1999, 22 .
20- Hoitink H., Madden L., and Dorrance A. 2006. Systemic resistance induced by Trichoderma spp.: interactions between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. Phytopathology 96(2): 186-189 .
21- Inze D. and Montagu MV. 2000. Oxidative stress in plants.
22- Jayalal R., and Adikaram N. 2007. Influence of Trichoderma harzianum metabolites on the development of green mould disease in the oyster mushroom .
23- Joshi R. and Vig A.P. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill). African Journal of Basic and Applied Sciences (2): 117-123.
24- Karmegam N., and Daniel T. 2000. Effect of biodigested slurry and vermicompost on the growth and yield of cowpea, Vigna unguiculata (L.) Walp. Variety Cl. Environment and Ecology 18(2): 367-370 .
25- Korikanthimath, V. S. V. u. w. a. i. c., & (813), g. a. A. X .
26- KüÇük Ç., Kivan Ç., M., Kinaci E., and Kinaci G. 2007. Efficacy ofTrichoderma harzianum (Rifaii) on inhibition of ascochyta blight disease of chickpea. Annals of Microbiology 57(4): 665-668 .
27- Lazcano C., and Domínguez J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. Soil Nutrients 10: 1-23 .
28- Maheshbabu H., Hunje R., Biradar Patil N. and Bablad H. 2010. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21: 268-276.
29- Marschner H. M. N. o. H. P. A. P., London .
30- Mastouri F., Björkman T., and Harman G.E. 2010. Seed treatment with Trichoderma harzianum alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathology, 100(11): 1213-1221 .
31- Mcginnis M., Cooke A., Bilderback T., and Lorscheider M. 2003. Organic fertilizers for basil transplant production. Acta Horticulturea 491: 213-218 .
32- Moghadam A.R.L., Ardebili Z.O., and Saidi F. 2012. Vermicompost induced changes in growth and development

of Lilium Asiatic hybrid var. Navona. African Journal of Agricultural Research 7(17): 2609-2621.
33- Mokhtar M., and El-Mougy N. 2014. Bio-compost application for controlling soil-borne plant pathogens–a review. Population 4: 61-68 .
34- Mottaghian A., Pirdashti H., Bahmanyar M.A., Shahsavari A., and Hasanpour R. 2009. Effect of three Trichoderma species and different amounts of enriched municipal waste compost on growth parameters in spinach (*Spinacia oleracea*). 5th International Scientific Conference of Iran and Russia on Agricultural Development Problems. Saint Petersburg, Russia. pp: 267-270 .
35- Muscolo A., Bovalo F., Gionfriddo F., and Nardi S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on Daucus carota cell growth and nitrate metabolism. Soil biology and Biochemistry 31(9): 1303-1311 .
36- Narender P., Malik T.P. and Mangal J.L. 2002. Effect of FYM and vermicompost, & on tomato (Lycopersicon esculantum Mill VAR.SEL-7). XXVI th International horticultural congress. Toronto, C. h. a. a. s. f. l .
37- Narkhede S., Attarde S., and Ingle S. 2011. Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chilli pepper plant (*Capsicum annum*). Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation 6(3): 327-332 .
38- Ousley M.A., Lynch J.M., and Whipps J.M. 1994. Potential of Trichoderma spp .as consistent plant growth stimulators. Biology and Fertility of Soils 17(2): 85-90 .
39- Ozbay N., Newman S.E., and Brown W.M. N2004. The effect of theTrichodermaharzianumstrains on the growth of tomato seedlings ,ActaHort (635): 131-135
40- Papavizas G., and Lumsden R. 1982. Improved medium for isolation of Trichoderma spp. from soil [Fungi]. Plant Diseases (USA) .
41- Patterson D. 1981. Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological responses of soybean (*Glycine max*). Weed Science 53-59 .
42- Production C. C. R. A. B. C. A. P. M. S. P. f. C. C .
43- Pant A.P., Radovich T.J.K., Hue N.V., Talcott S.T., and Krenek K.A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. Journal Science Food Agriculture 89: 2383-2392.
44- Pandurang M.U. 2013. Efficacy of weed vermicompost and chemical fertilizer on yield, morpho-physiological and biochemical investigations of maize. African Journal of Biotechnology 14: 3786-3791.
45- Patra P. and Biswas S. 2009. Integrated nutrient management on growth, yield and economics of maize (Zea mays L) under terai region. Journal of Crop and Weed 5(1): 136-139.
46- Samuels G.J. 1996. Trichoderma: a review of biology and systematics of the genus. Mycological Research 100(8): 923-935 .
47- Senesi N., Saiz-Jiminez C., and Miano T. 1992. Spectroscopic characterization of metal-humic acid-like complexes of earthworm-composted organic wastes. Science of the total Environment 117: 111-120 .
48- Singh R., Sharma R., Kumar S., Gupta R., and Patil R. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria* x *ananassa* Duch.). Bioresource Technology 99(17): 8507-8511 .
49- Singh V., Singh P., Yadav R., Awasthi S., Joshi B., Singh R., and Duttamajumder S. 2010. Increasing the efficacy of Trichoderma harzianum for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry 2(4): 66-71 .
50- Vinale F., Ambrosio G .D., Abadi K., Scala F., Marra R., Turrà D., and Lorito M. 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters, and their compatibility with copper oxychloride. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences) 30(4): 425 .
51- Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo S.L., and Lorito M. 2008. Trichoderma–plant–pathogen interactions. Soil biology and Biochemistry 40(1): 1-10 .
52- Windham M.T., Elad Y. and Baker R. 1986. A mechanism for increased plant growth induced by Trichodermaspp. , Phytopathology 76: 518-552.
53- Yazdani M., Pirdashti H., Tajik M., and Bahmanyar M. 2008. Effect of Trichoderma spp. and different organic manures on growth and development in soybean [Glycine max (L.) Merril.
54- Yedidia I., Srivastva A.K., Kapulnik Y., and Chet I. 2001. Effect of Trichoderma harzianum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil 235(2): 235-242 .

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 389-403
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۰۳-۳۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Growth Changes of Celery (*Apium graveolens*) under Treated, Vermicompost and *Trichoderma harzianum* BI

Sh. Ahooi[1]- L. Ajdanian[2]- H. Nemati[3]- H. Aroiee[4*]- M. Babaei[5]
Received: 29-10-2018
Accepted: 03-03-2020

Introduction: In the past decades, chemical fertilizers are used by farmers have numerous environmental impacts, including various types of water and soil contamination, and cause many problems to human health and other organisms. Sustainable agricultural policy and sustainable agricultural development have prompted experts to make greater use of soil organisms to meet the plant's nutritional needs, and that is why the production of biofertilizers began. Biological imbalances in the field of sustainable agriculture can be attributed to the fungi of myoderma and its species. According to various studies, it seems that this microorganism having high ability to compete for food and space, and the establishment of spores in the environment and in particular soil around the roots of most crops and non-farm and can induce plant resistance not only reduces pathogen agents Vermicompost is a microbiologically rich, nutrient-rich, organic modifier that is produced by the interaction between earthworms and microorganisms during the decomposition of organic matter. This type of organic fertilizer contains the waste of certain species of earthworms as a result of alteration, conversion, and relative organic residues as they pass through the digestive tract of these animals. Research has shown that vermicompost has a positive effect on growth, crop development, and crop yield. The aim of this study was to investigate the effect of different amounts of vermicompost and different concentrations of Trichoderma Bi isolate on different properties of celery.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effects of Trichoderma and vermicompost as a biofertilizer promoting growth in research greenhouse at the Ferdowsi University of Mashhad with an average daily temperature of 15-27 °C and relative humidity of 40-70%. The present study was a factorial experiment based on a completely randomized design with three replicates as a pot experiment under no-tillage conditions in the greenhouse. The first factor consisted of four concentrations of Trichoderma harizianum isolate Bi: zero percent (control), 5%, 10%, and 15% volume of 50 liters of water consumed. The second factor also included four vermicompost treatments: zero percent (control), 25 percent, 50 percent, and 75 percent pot volume. Celery seeds were sown in transplant trays. The transplants were ready for transfer to the main litter after 10 weeks. The pots used were of plastic-type with a span diameter of 20 cm and a height of 25 cm. The plant media consisted of a mixture of 20% cocoon and 80% perlite, the roots of which were easily separable. After full harvest of plants at the commercial size, when a complete set of petiole sets was created (40 days after transplanting) morphological traits including the fresh and dry weight of roots and stems, a number of leaves, stem diameter, stem and root lengths were evaluated. The dry and dry weight of plant root was measured using a digital marking scale and with an accuracy of 0.01 g. Dry weight was determined after placing the specimens in the oven at 72 ° C for 48 hours. Also, the stem diameter was measured using a caliper machine with 0.01 mm accuracy. Root and shoot lengths were measured separately in the laboratory by a ruler in cm. Chlorophyll a, b and carotenoids were read at 663 nm, 653 nm and 470 nm for absorption by spectrophotometer, respectively. Data were analyzed using JMP8 software and ANOVA was performed using the LSD test at 5% probability level. Charts were drawn using Excel 2013 software.

Results and Discussion: The results of this study showed a positive and optimal effect of combined vermicompost and Trichoderma fungi. The highest shoot dry weight (49.23 g), leaf number (46), stem diameter (15 mm) and chlorophyll and carotenoid were observed in the effect of vermicompost and Trichoderma fungi compared to the control treatment. The main stem length (77.20 cm) was affected by the fungus with a 10% concentration at the highest rate compared to other treatments. Also, 50% vermicompost treatment had the

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student, Graduated M.Sc., Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: aroiee@um.ac.ir)
5- Master of Biotechnology and Molecular Genetics of Horticultural Plants, Faculty of Agriculture, University of Tehran

highest root length (36.66 cm). The highest chlorophyll a was observed at 75% vermicompost interaction at 15% fungi concentration (10.02 mg / g fresh leaf weight). Application of vermicompost in the culture medium and application of Trichoderma fungus extract resulted in improved growth and yield. As can be seen in the results, the best treatment was 15% and 75% vermicompost, respectively. They can be used to improve plant growth and function. Many researchers believe that mainly isolates of Trichoderma produce biochemical stimuli to stimulate plant growth or reduce the inhibitory effects of certain compounds, biological and chemical toxins. According to available reports, the application of vermicompost with 30% volume in ornamental Lilium increased leaf area, fresh and dry weight of plant and plant height. So, fresh and dry weights of bean stem under vermicompost application significantly increased compared to the control treatment, which is in line with the results of this study. However, the researchers believe that the wet and dry weight gain of the plant body if used with vermicompost is probably due to the high amount of humic acids in this biofertilizer.

Conclusion: Based on the results of this study and other studies on vermicompost as an enriched fertilizer with numerous growth enzymes and hormones, as well as Trichoderma, it can be concluded that the use of bio-fertilizers plays an important role in the production of high-quality products. Also, the effect we find depends on the concentration used, but in the end, even their application at the lowest concentration compared to the control treatment increased growth and morphological characteristics of the plant. Overall, the results of this study showed that, in the case of the studied species, the combination of vermicompost and Trichoderma had a significant advantage over their separate application, and considering the superiority results of most traits at the time of application of these two together. Therefore, a combination of Trichoderma and vermicompost based on the results (concurrent use of 15% fungus extract and 75% vermicompost) is recommended to improve plant growth and yield.

Keywords: Biofertilizer, Concentration, Isolate Bi, Morphological

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 405-416
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۱۶-۴۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

غربالگری اکوتیپ‌های بید علفی پونه‌ای ایران از لحاظ ظرفیت آنتی اکسیدانی

میترا محمدی بازرگانی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

چکیده

خصوصیات فیتوشیمیایی گیاهان دارویی بستگی به شرایط آب و هوایی منطقه تحت رویش، مرحله رشدی، عوامل ژنتیکی و غیره دارد، لذا مطالعه فلورهای وحشی در مناطقی با شرایط آب و هوایی مختلف مهم می‌باشد. تحقیق حاضر به غربالگری ۱۶ اکوتیپ بیدعلفی پونه‌ای (*Epilobium parviflorum*) ایران از لحاظ ظرفیت آنتی اکسیدانی (AOX) می پردازد. مقدار فنل کل (TPH)، فلاونوئید کل (TFL) و ظرفیت آنتی اکسیدانی به ترتیب با روش‌های فولین- سیکالتو، کلرید آلومینیوم و قدرت احیای فریک (FRAP) اندازه‌گیری شد. تجزیه رگرسیون جهت بررسی رابطه بین ظرفیت آنتی اکسیدانی با ارتفاع و عرض جغرافیایی انجام شد و برای بررسی رابطه خطی بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. میان اکوتیپ‌های پارویفلروم همبستگی بالایی بین TPH و TFL (r=0.7)، بین AOX با TPH (r=0.71) و AOX با TFL (r=0.73) مشاهده گردید. تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد، دو مولفه اول ۸۷/۸۷ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کنند، سهم مولفه اول ۶۲/۱۳ درصد و مولفه دوم ۲۵/۷۴ درصد بود. در مولفه اول TFL، TPH و AOX به ترتیب با ضرایب ۰/۷۸، ۰/۷۶ و ۰/۸۵ قرار گرفتند. بیشترین مقدار TPH، TFL و AOX مربوط به اکوتیپ چشمه سنگان و کمترین برای اکوتیپ کلیبر مشاهده گردید. ۶ اکوتیپ دارای مقدار مطلوب TFL، TPH و AOX بودند. تجزیه رگرسیون ارتباطی را بین ظرفیت AOX با ارتفاع (R^2=0.04) و نیز با عرض جغرافیایی (R^2=0.14) نشان نداد. نتایج بیانگر وجود تنوع قابل ملاحظه‌ای بین اکوتیپ‌ها برای صفات تحت مطالعه بود که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و حفاظت ژرم پلاسم بهره‌گیری شود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، ارتفاع، تنوع فیتوشیمیایی، فلاونوئید، فنلیک اسید، عرض جغرافیایی، *E. parviflorum*

مقدمه

گونه *Epilobium parviflorum* (بید علفی پونه‌ای) معروف به (Hoary willowherb)، یک گیاه بوته‌ای چند ساله متعلق به سرده *Epilobium* از تیره گل مغربی (Onagraceae) می‌باشد. این گیاه در سرتاسر اروپا بویژه بریتانیا، از سوئد تا شمال آفریقا و غرب آسیا تا کشمیر، در ایالات متحده و کانادا به صورت وحشی پراکنده می‌باشد. گونه *E. parviflorum* در درمان اختلالات پروستات و کاربرد آن به ویژه برای بیماران مبتلا به هیپرپلازی خوش‌خیم پروستات (BPH) توصیه شده است. گیاه شناس اتریشی ماریا تربن استفاده از گیاهان بیدعلفی را (به خصوص بید علفی پونه‌ای *E. parviflorum*) جهت استفاده در درمان هیپرپلازی خوش‌خیم پروستات، پروستاتیت و همچنین بیماری‌های مثانه و کلیه توصیه می‌کند. توصیه این گیاه‌شناس بر اساس نتایج متعددی از مواردی است که تحت درمان با استفاده از شاخ و برگ گیاهان بیدعلفی رخ داده و موثر بوده است می‌باشد (۱۹). اثبات شده است که عصاره گیاه بیدعلفی دارای ظرفیت آنتی اکسیدان بالا است که به غلظت بالایی از محتوی فلاونوئیدها در آن نسبت داده می‌شود (۱ و ۱۵). در بررسی‌های انجام شده روی ۵ گونه از جنس بیدعلفی (*E. parviflorum* Schreb., *E. roseum* Schreb., *E. tetragonum* L., *E. montanum* L., *E. angustifolium* L)، مشخص شده است که *E. parviflorum* بالاترین ظرفیت آنتی اکسیدانی را در بین گونه‌های تحت مطالعه داشته است (۶). تعیین ترکیبات فعال بیولوژیکی عصاره بیدعلفی هنوز در حال انجام است، اما مطالعات متعددی اهمیت درمانی پلی فنل‌ها را اشاره می‌کند (۸ و ۱۸) و ثابت شده است ترکیبات فنلی ظرفیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی دارند.

در میان داروهای گیاهی گزارش شده، عصاره بیدعلفی بهترین داروی گیاهی شناخته شده نیست اما به طور فزاینده‌ای به عنوان مکمل در درمان BPH کاربرد دارد و استفاده می‌شود. با توجه به بررسی‌های غیررسمی گسترده انجام شده، حداقل سه محصول

۱- استادیار پژوهشی، پژوهشکده کشاورزی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: bazargani@irost.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.78948

مختلف بیدعلفی (بیشتر به عنوان چای‌های درمانی یا مکمل‌های غذایی) در کشورهای عضو اتحادیه اروپا در دسترس هستند و در ایالات متحده و استرالیا انواع مکمل‌های مبتنی بر گیاه بیدعلفی گسترده تر می‌باشد (۶). بررسی‌ها نشان داده است که ترکیبات با ویژگی آنتی آندروژنیک، آنتی اکسیدان و ضد التهابی در گیاه بیدعلفی ممکن است در درمان بیماران مبتلا به BPH موثر باشد.

جنس بیدعلفی در ایران دارای ۱۸ گونه چند ساله و علفی می‌باشد که عمدتا در مناطق مرکزی و شمالی ایران می‌رویند که گونه بید علفی پونه‌ای (*E. parviflorum*) را نیز شامل می‌شود. جمعیت‌های وحشی این گونه در طیفی از مناطق کوهستانی واقع در شمال، شمال غرب، غرب و مرکز ایران در شرایط مختلف آب و هوایی می‌رویند. امروزه استخراج ترکیبات گیاهی برای اهداف دارویی از رویشگاه‌های طبیعی آن گیاه مرسوم می‌باشد و متاسفانه هنوز روش‌های اهلی نمودن و بهینه‌سازی کشت گیاهان دارویی برای همه گیاهان انجام نشده است و از طرف دیگر محتوای فلانوئید و ترکیبات فنلی گیاه دارویی مورد نظر بسته به شرایط آب و هوایی محل برداشت متغیر است که ظرفیت آنتی اکسیدانی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.

با توجه به اینکه گونه بیدعلفی پونه‌ای (*E. parviflorum*) بالاترین ظرفیت آنتی اکسیدانی را در میان گونه‌های جنس بیدعلفی دارد و دارای خواص دارویی مهمی می‌باشد، همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی به دلیل حضور ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در داشتن خواص دارویی گونه مذکور تاثیرگذار است، لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی وضعیت اکوتیپ‌های وحشی بیدعلفی پونه‌ای از لحاظ ظرفیت آنتی اکسیدانی، محتوی فنلی و فلاونوئید کل و ارتباط ارتفاع رویشگاه گیاه با محتوی ترکیبات و ظرفیت آنتی اکسیدانی می‌باشد. براساس مطالعات صورت گرفته مشخص شده است تاکنون تحقیقی روی این گونه در سطح اکوتیپ از جنبه خصوصیات فیتوشیمیایی صورت نگرفته و یا گزارشی منتشر نشده است و مطالعه حاضر اولین گزارش در بررسی‌های فیتوشیمیایی و ظرفیت آنتی اکسیدانی اکوتیپ‌های بیدعلفی پونه‌ای ایران در رویشگاه‌های مختلف و بررسی ارتباط ارتفاع رویشگاه گیاه با ظرفیت آنتی اکسیدانی و خصوصیات فیتوشیمیایی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

آزمایش‌ها روی ۱۶ اکوتیپ بیدعلفی پونه‌ای (*E. parviflorum*) جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های طبیعی ایران در مرحله گلدهی بازه زمانی خرداد تا تیر ماه ۱۳۹۳ انجام پذیرفت (جدول ۱، شکل ۱). تعداد ۲۰ نمونه گیاهی از هر اکوتیپ به صورت تصادفی جمع‌آوری گردید. نمونه هرباریومی گونه مذکور با کد هرباریومی IBRC P1012145 در مرکز ملی ذخایر ژنتیکی ایران شناسایی و ثبت گردید.

استخراج عصاره گیاهی

اندام هوایی نمونه‌های جمع‌آوری شده بیدعلفی پونه‌ای در دمای اتاق، در سایه و تهویه مناسب خشک شدند. مقدار ۲ گرم از بافت برگ خشک شده، پودر گردید و به مدت ۲۴ ساعت با ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد استخراج گردید. عصاره هر نمونه از طریق یک فیلتر کاغذی با قطر منافذ ۰/۲۲ میکرومتر فیلتر و در دور ۳۱۰۰ به مدت ۴ دقیقه سانتریفیوژ شد. عصاره‌های بدست آمده مایل به سبز روشن تا زمان تجزیه و تحلیل اسپکتروفتومتری در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد نگهداری و ذخیره شدند (۱۳).

اندازه‌گیری محتوی فلاونوئیدهای کل (TFL)

جهت اندازه گیری فلاونوئید کل، از میکروپلیت‌های ۹۶ تایی با حجم ۲۰۰ میکرولیتر برای هر چاهک استفاده گردید. ابتدا در هر چاهک ۲۰ میکرولیتر عصاره خام (تهیه شده در بالا)، ۲۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ($AlCl_3$)۱۰ درصد، ۲۰ میکرولیتر استات پتاسیم و ۱۴۰ میکرولیتر آب دوبار تقطیر اضافه گردید و مخلوط شدند. برای تهیه منحنی استاندارد، ۲۰ میکرولیتر روتین (با غلظت های مختلف از ۱۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) به همراه ۲۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ($AlCl_3$)۱۰ درصد، ۲۰ میکرولیتر استات پتاسیم و ۱۴۰ میکرولیتر آب دوبار تقطیر اضافه گردید. غلظت و محتوی کل فلاونوئید با اندازه گیری جذب محلول واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه میکروپلیت الایزا ریدر (lab-system multiskan MS, finland) محاسبه شد. مقدار فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم روتین در گرم ماده خشک با استفاده از فرمول توضیح داده شده توسط Rohloff و همکاران (۲۰۱۵) محاسبه شد.

اندازه‌گیری محتوی فنل کل (TPH)

اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنلی کل به روش Folin-Ciocalteu تشریح شده توسط Uleberg و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییرات انجام شد. به این ترتیب که عصاره خام نمونه ابتدا در متانول ۸۰٪ رقیق سازی شد و سپس به مدت ۲ ساعت در دمای محیط انکوبه گردید. ۲۰۰ میکرولیتر از نمونه مذکور به یک میکروپلیت ۹۶ تایی منتقل و میزان جذب در طول موج ۷۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه میکروپلیت الایزا ریدر (lab-system multiskan MS, finland) اندازه‌گیری شد. مقدار فنل کل بر حسب منحنی استاندارد گالیک اسید (معادل گالیک اسید)، بر حسب میلی گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک قرائت و محاسبه گردید(۲۰) .

اندازه‌گیری محتوی آنتی اکسیدان (AOX)

محتوی آنتی اکسیدانی به روش قدرت احیای فریک (FRAP) توصیف شده توسط Uleberg و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییرات انجام شد. عصاره خام نمونه‌ها ابتدا در متانول ۸۰ درصد رقیق‌سازی شد و سپس به مدت ۲ ساعت در دمای محیط انکوبه گردید. ۵ میکرولیتر از نمونه به همراه ۱۵۰ میکرولیتر معرف FRAP به هر چاهک میکروپلیت ۹۶ تایی منتقل و به مدت ۴ دقیقه روی شیکر قرار داده شدند. میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه میکروپلیت الایزا ریدر (lab-system multiskan MS, finland) اندازه گیری و قرائت شد و محتوی آنتی اکسیدانی بر حسب میلی‌مول یون فریک احیا شده (Fe^{+2}) در هر گرم وزن ماده خشک محاسبه گردید(۲۰) .

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی اکوتیپ‌های مختلف بیدعلفی پونه‌ای (*E. parviflorum*) جمع‌آوری شده از رویشگاه های طبیعی ایران

Table 1- The geographic information of *E. parviflorum* ecotypes collected from natural habitats of IRAN

شناسه نمونه Sample ID	استان Province	ارتفاعات Mountains	محل جمع‌آوری Locality	ارتفاع Alt. (m asl)	عرض جغرافیایی Latitude (E)	طول جغرافیایی Longitude (N)
EPP1	گلستان (Golestan)	البرز (Alborz)	علی آباد-شیرین آباد (Ali abad-shirin abad)	641	36.81	55.03
EPP2	گیلان (Gilan)	البرز (Alborz)	چهارمحل(chaharmahal)	1118	36.78	49.73
EPP3	اردبیل (Ardabil)	تلاقی البرز و زاگرس (alborz and zagros intersection)	حیران-تله کابین (Heyran-tele kabin)	1245	38.41	48.58
EPP4	گیلان (Gilan)	البرز (Alborz)	داماش (Damash)	1436	36.78	49.81
EPP5	آذربایجان غربی (West Azerbaijan)	تلاقی البرز و زاگرس (alborz and zagros intersection)	کلیبر-قلعه بابک (Kaleybar-ghale babak)	1471	38.85	47.01
EPP6	اردبیل (Ardabil)	تلاقی البرز و زاگرس (alborz and zagros intersection)	حیران-قبل تونل (Heyran-befor tonnel)	1510	38.45	48.57
EPP8	مازندران (Mazandaran)	البرز (Alborz)	کلاردشت-رودبارک (Kelardasht-rodbarak)	1625	36.46	51.08
EPP9	آذربایجان غربی (West Azerbaijan)	تلاقی البرز و زاگرس (alborz and zagros intersection)	چشمه عین روم (Ayneroom spring)	1719	37.18	45.13
EPP10	اصفهان (Isfahan)	زاگرس (Zagros)	چشمه سنگان (Sangan springs)	1722	31.26	51.28
EPP11	لرستان (Lorestan)	زاگرس (Zagros)	الشتر-کهنام (Alashtar-Kahnam)	1760	33.94	48.28
EPP12	قزوین (Ghazvin)	البرز (Alborz)	الموت-اوان (Alamout-Avan)	1857	36.50	50.45
EPP13	لرستان (Lorestan)	زاگرس (Zagros)	عزیز آباد (Aziz abad)	2051	33.31	49.46
EPP14	آذربایجان غربی (West Azerbaijan)	تلاقی البرز و زاگرس (alborz and zagros intersection)	منبر-شاهین دژ (Manbar-shahin dej)	2114	36.62	46.77
EPP15	قزوین (Ghazvin)	البرز (Alborz)	الموت.۱ (Alamout.1)	2163	36.40	50.22
EPP16	زنجان (Zanjan)	البرز (Alborz)	خان چای طارم (Khan chi-Tarom)	2259	36.70	48.75
EPP17	اردبیل (Ardabil)	تلاقی البرز و زاگرس (alborz and zagros intersection)	شابیل (Shabil)	2670	38.33	47.84

شکل ۱- ساختار کامل گیاه *Epilobium parviflorum* (A)، اکوتیپ گیاهی EPP16 (B)، گل کامل بازشده با مادگی نمایان (C) (عکس از نویسنده مقاله)

Figure 1- Complete structure of *Epilobium parviflorum* (A) Plant ecotype of EPP16 (B), An opened flower with showy pistil (C) (photo by the author)

اندازه‌گیری محتوی آنتوسیانین (ACY)

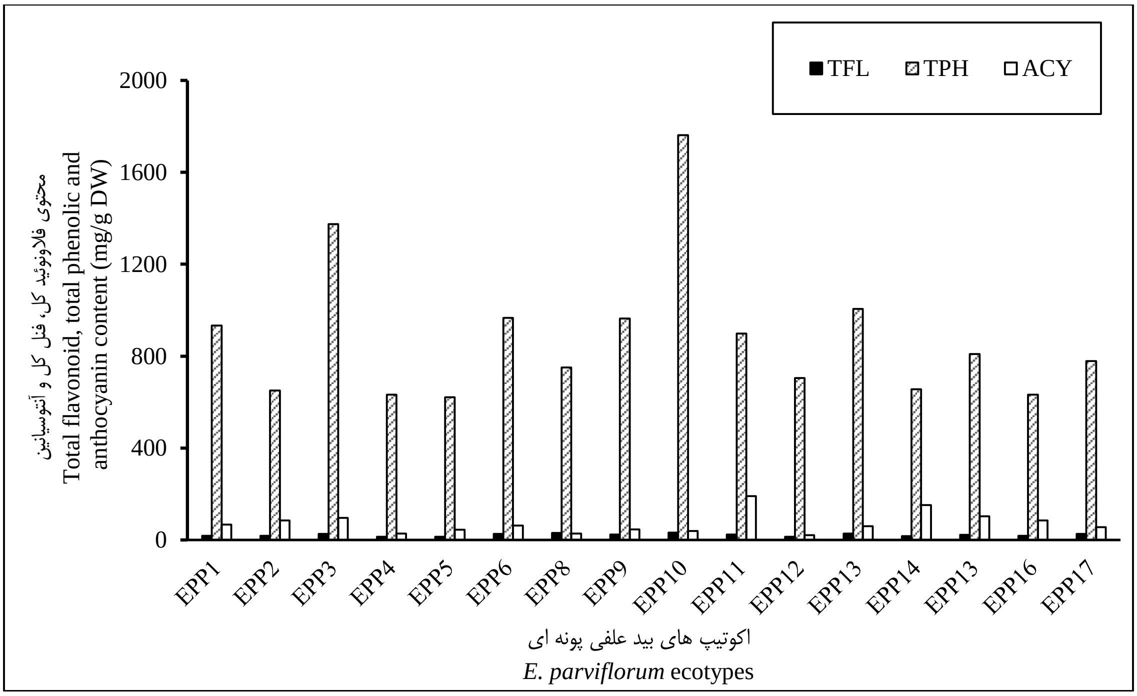
محتوی آنتوسیانین با استفاده از روش pH افتراقی شرح داده شده توسط Uleberg و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییرات انجام شد. بافرهای مورد استفاده با pH برابر ۱ (۰/۰۲۵ مولار) و pH برابر ۴/۵ (۰/۴ مولار) به ترتیب بر پایه کلرید پتاسیم (KCl) و سدیم استات ($C_2H_3NaO_2$) بودند. pH بافرها با کلرید هیدروژن (HCL) تنظیم گردید. عصاره خام نمونه‌ها در محلول بافر در زمان اندازه‌گیری رقیق شد و میزان جذب با اسپکتروفتومتر در طول موج نوری ۵۱۰ تا ۷۰۰ نانومتر نانومتر با استفاده از دستگاه میکروپلیت الایزا ریدر (lab-system multiskan MS, finland) اندازه‌گیری و قرائت شد. میزان و محتوی آنتوسانین بر حسب میلی‌گرم سیانیدین- ۳-گلوکوزید در گرم وزن ماده خشک محاسبه گردید. (۲۰).

تجزیه و تحلیل آماری

جهت تعیین آمار توصیفی از نرم‌افزار XLSTAT 2007.6 استفاده شد و ضریب همبستگی پیرسون، تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام پذیرفت، همچنین برای بررسی رابطه بین ظرفیت آنتی اکسیدانی با ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی، تجزیه رگرسیون انجام شد و مقدار ضریب تبیین (R^2) گزارش گردید.

نتایج و بحث

۱۶ اکوتیپ بیدعلفی پونه‌ای (*E. parviflorum*) جمع‌آوری شده از ۱۶رویشگاه طبیعی در ایران (جدول ۱) با استفاده از آنالیزهای فتومتریک جهت اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی، محتوی فنل کل و فلاونوئید کل مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. محتوی فلاونوئید کل (TFL) در ۱۶ اکوتیپ آنالیز شده در دامنه‌ای بین mg/g DW ۱۳/۸۹ برای اکوتیپ EPP5 (کلیبر-قلعه بابک) از توابع آذربایجان شرقی با ارتفاع ۱۴۷۱ متر بالاتر از سطح دریا تا mg/g DW ۳۲/۶۴ برای اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) از توابع اصفهان در ارتفاع ۱۷۲۲ متر بالاتر از سطح دریا ثبت گردید (شکل ۲). Hevesi Tóth (۲۰۰۹) در بررسی‌های فیتوشیمیایی روی ۵ گونه متفاوت (*E. parviflorum* Schreb., *E. roseum* Schreb., *E. tetragonum* L., *E. montanum* L., *E. angustifolium* L) در هانگاری میزان محتوی فلاونوئید کل را در دامنه‌ای بین mg/g (۸/۳-۶/۹ DW) گزارش نمود و بالاترین میزان TFL در بین ۵ گونه تحت مطالعه برای گونه *E. parviflorum* ثبت گردید (۵). لذا نتایج این تحقیق در مقایسه با تحقیق اخیر قابل توجه است و بالا بودن میزان TFL را در اکوتیپ های بیدعلفی پونه‌ای (*E. parviflorum*) ایران را در مقایسه با گونه مذکور در تحقیق اخیر نشان می‌دهد، بویژه در خصوص اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) که دارای محتوی بسیار بالای TFL (حدود ۴ برابر مشاهده شده در نمونه بیدعلفی پونه‌ای (در هانگاری)) می‌باشد. همچنین مقادیر TFL در اکوتیپ‌های بیدعلفی پونه‌ای ایران در مقایسه با مقادیر مشاهده شده در اکوتیپ‌های وحشی گونه *E. angustifolium* در اتریش که در دامنه‌ای بین mg/g DW ۱۰/۷-۱۷/۳ گزارش شده است (۱۲)، نیز قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۲- محتوی فلاوئوئید کل (TFL)، محتوی فنل کل (TPH) و محتوی آنتوسیانین (ACY) در اکوتیپ های *E. parviflorum* (EPP)

Figure 2- Total flavonoid content (TFL), Total phenolic content (TPH) and Anthocyanin content (ACY) in ecotypes (n=16) of *E. parviflorum* (EPP)

میزان ترکیبات فنلی کل (TPH) در اکوتیپ های بید علفی‌پونه‌ای در حدود ۴۴ تا ۵۳ برابر مقدار (TFL) بود و در دامنه‌ای بین mg/g DW ۶۲۱/۶۴ برای اکوتیپ EPP5 (کلیبر-قلعه بابک) از توابع آذربایجان شرقی با ارتفاع ۱۴۷۱ متر بالاتر از سطح دریا تا mg/g DW ۱۷۶۱ برای اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) در ارتفاع ۱۷۲۲ متر بالاتر از سطح دریا ثبت گردید (شکل ۱). در تحقیق انجام شده روی ۵ گونه مختلف (*E. parviflorum* Schreb., *E. roseum* Schreb., *E. tetragonum* L., *E. montanum* L., *E. angustifolium* L) در هانگاری مقدار TPH در دامنه‌ای بین mg/g DW ۲۲۳-۳۴۸ گزارش گردید که در این میان، گونه بید علفی‌پونه‌ای نسبت به سایر گونه ها بیشترین محتوی TPH (mg/g DW ۳۴۸) (حدود ۴۲ برابر مقدار TFL) دارا بود (۵) که همسو با نتایج مقادیر (TPH) در اکوتیپ های بید علفی‌پونه ای ایران می باشد که در حدود ۴۴ تا ۵۳ برابر مقدار (TFL) می‌باشد. میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در بافت‌های گیاهی جدای از عوامل ژنتیکی یا سن گیاه تحت تاثیر بسیاری از عوامل بیرونی مانند پارامترهای محیطی، زمان برداشت، آلودگی با میکروارگانیسم‌ها و آسیب‌های ناشی از آفات مختلف دارد (۳، ۹ و ۱۴)، در این راستا تحقیقات متعددی نشان داده اند که تابش خورشیدی افزایش یافته، اشعه ماوراء بنفش با تجمع بالای فلاونوئیدهای آنتی اکسیدانی در ارتباط است (۷، ۱۰ و ۱۷)، لذا هم عوامل ژنتیکی، عوامل محیطی می‌تواند بر روی بالا بودن ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در اکوتیپ‌های بید علفی‌پونه‌ای (*E. parviflorum*) ایران به ویژه اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) در مقایسه با نمونه هانگاری تاثیرگذار باشد که نیاز به مطالعات بیشتری دارد. گیاهان این سرده منبع غنی از متابولیت‌های ثانویه، به خصوص پلی فنل‌ها می‌باشند که خود مجموعه‌ای از فلاونوئیدها، اسیدهای فنلی و تانن‌ها می‌باشند که این موضوع مقدار چندین برابری TPH نسبت به TFL در اکوتیپ‌های بید علفی‌پونه‌ای ایران را توجیه می‌کند (۴). براساس تحقیقات انجام شده مقدار بسیار بالای TPH نسبت به TFL می تواند دال بر وجود مقادیر تانن بالا در اکوتیپ‌های بید علفی‌پونه‌ای ایران باشد (۵) که نیاز به بررسی و تخمین آن دارد. همچنین مقادیر TPH در اکوتیپ‌های بید علفی‌پونه‌ای ایران به خصوص برای اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) در مقایسه با نمونه بید علفی‌پونه‌ای هانگاری (۵) بسیار قابل ملاحظه می‌باشد. مقدار TPH در بررسی ۱۰جمعیت از گونه *E. angustifolium* فنلاند، که یکی از گونه‌های دارویی مهم سرده بید علفی می‌باشد مابین mg/g DW ۲۰۰-۱۵۰ گزارش گردید (۲) که این نتیجه بر معرفی اکوتیپ‌های *E. parviflorum* ایران به عنوان منبع غنی از ترکیبات فنلی تایید می‌کند و بر اهمیت آن در مصارف دارویی می‌افزاید. تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون، همبستگی بالایی بین محتوای فنل کل و فلاونوئید کل نشان داد (r=0.7, *P*=0.002, n=16) (جدول ۲).

جدول ۲- ضریب همبستگی بین محتوی ترکیبات فیتوشیمیایی در اکوتیپ های بید علفی‌پونه ای (*E. parviflorum*) (n=16)، محتوی فلاوئوئید کل (TFL)، محتوی فنل کل (TPH)، ظرفیت آنتی اکسیدانی (AOX) و محتوی آنتوسیانین (ACY)،

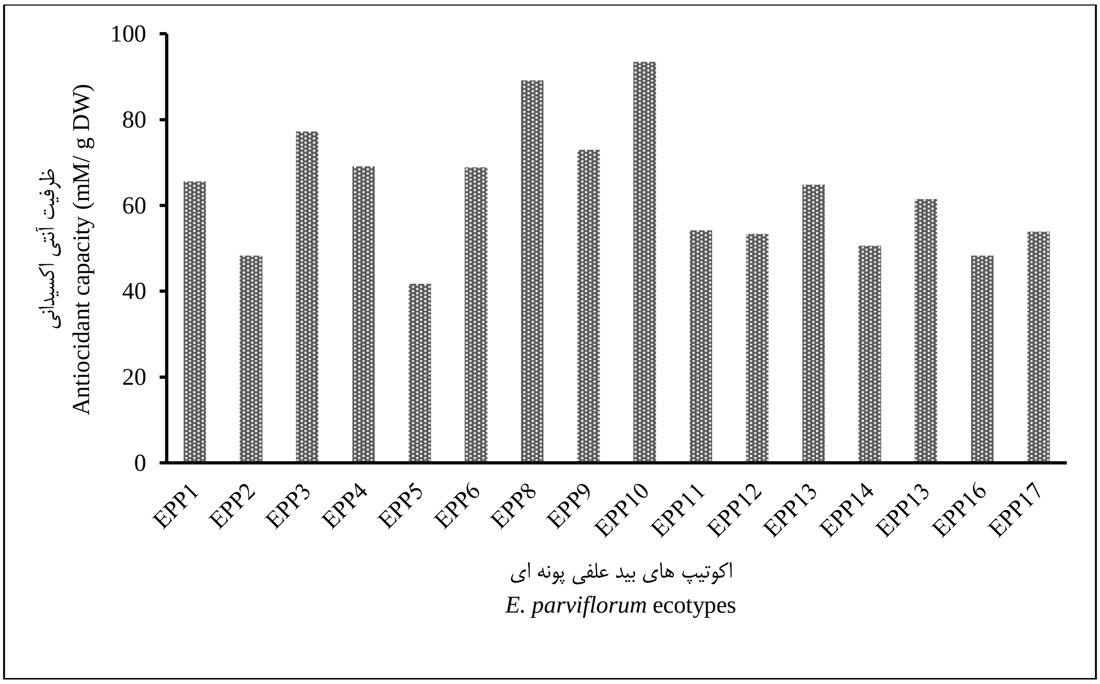
Table 2- The correlation coefficient between the content of phytochemicals in *Epilobium parviflorum* ecotypes (n=16), Total flavonoid content (TFL), Total phenolic content (TPH), Antioxidant capacity (AOX) and Anthocyanin content (ACY)

متغیرها Variables	فلاوئوئید کل (TFL)	فنل کل (TPH)	آنتوسیانین (ACY)	آنتی اکسیدان (AOX)
(TFL) فلاوئوئید کل	**1**	***0.705**	-0.051	**0.733**
(TPH) فنل کل	**0.705**	**1**	-0.057	**0.713**
(ACY) آنتوسانین	-0.051	-0.057	**1**	-0.362
(AOX) آنتی اکسیدان	**0.733**	**0.713**	-0.362	**1**

* مقادیر مشخص شده تفاوت معنی داری با صفر در سطح (α= 0.05) دارند.

*Values in bold are different from 0 with a significance level alpha=0.05

نتایج بررسی محتوی آنتی اکسیدان (AOX) در بین اکوتیپ‌های بید علفی‌پونه‌ای، مقدار AOX را بین حداقل ۴۱/۷۳ mM/g DW برای اکوتیپ EPP5 (کلیبر-قلعه بابک) از توابع آذربایجان شرقی با ارتفاع ۱۴۷۱ متر بالاتر از سطح دریا و حداکثر ۹۳/۵۰ mM/g DW برای اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) در ارتفاع ۱۷۲۲ متر بالاتر از سطح دریا نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳- ظرفیت آنتی اکسیدانی (AOX) دراکوتیپ های *E. parviflorum* (EPP)

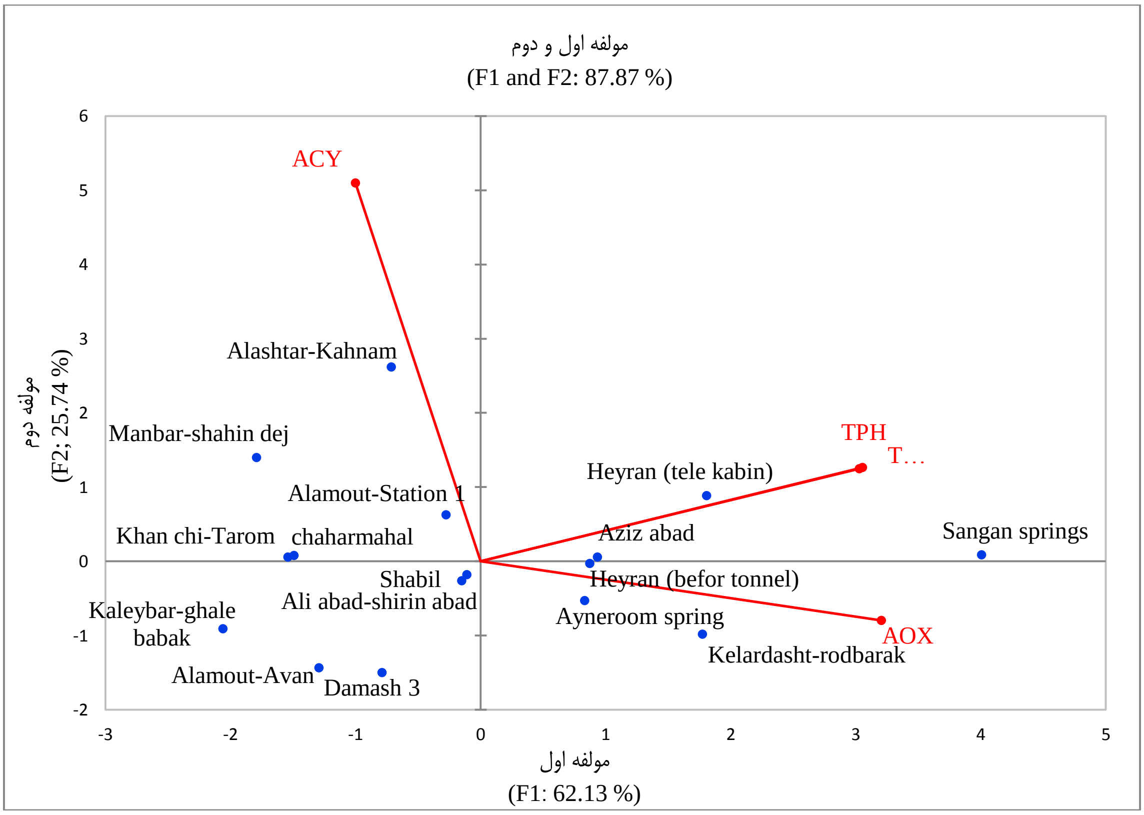
Figure 3- Antioxidant capacity (AOX) in ecotypes (n=16) of *E. parviflorum* (EPP)

یافته‌ها نشان داد که بین محتوی AOX با TPH ‏(r=0.71, *P*=0.002, n=16) و نیز بین AOX با TFL ‏(r=0.73, *P*=0.001, n=16) ارتباط و همبستگی مثبت و معنی‌داری برقرار است (جدول ۲). بالاترین محتوی فنلی کل، فلاونوئید کل و آنتی اکسیدان برای اکوتیپ EPP10 (چشمه سنگان) مشاهده گردید (شکل ۲ و ۳). در نتایج بررسی‌های مختلف نیز ظرفیت بالای آنتی‌اکسیدانی به غلظت بالایی از فلاونوئیدها و فنل‌ها نسبت داده شده است (۱، ۶، ۱۵ و ۲۱) که همسو با نتایج مشاهده در این تحقیق می‌باشد.

مقدار آنتوسیانین (ACY) در اکوتیپ‌های بید علفی‌پونه‌ای بین حداقل ۲۱/۱۵ mg/g DW برای اکوتیپ EPP12 (الموت-اوان) با ارتفاع ۱۸۵۷ متر بالاتر از سطح دریا و حداکثر ۱۹۰/۹۲ mg/g DW برای اکوتیپ EPP11 (الشتر-کهنام) با ارتفاع ۱۷۶۰ متر بالاتر از

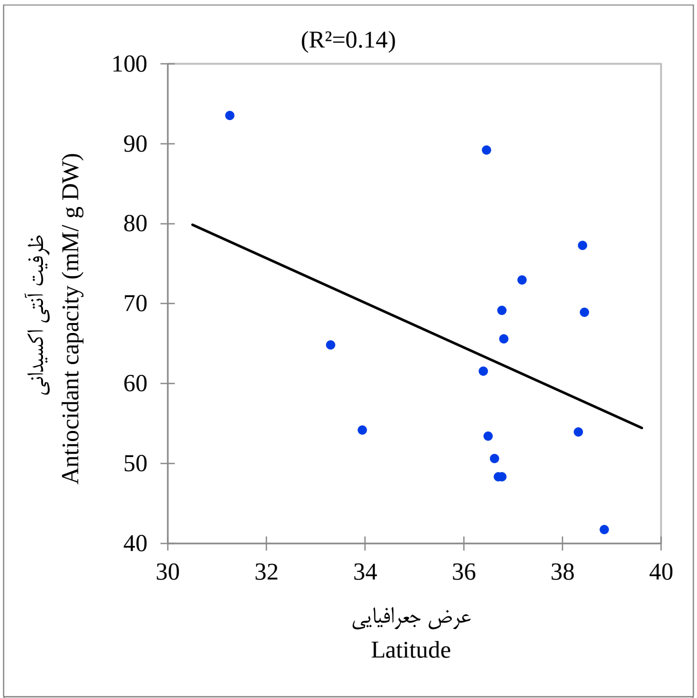
سطح دریا متغیر بود (شکل ۲) و همبستگی منفی ضعیفی بـین ACY با TFL AOX و TPH مشـاهده گردیـد (جـدول ۲). آنتوسـیانین‌هـا (ACY) پلی فنل‌هایی با فعالیت آنتی اکسیدانی شناخته شـده هسـتند که ممکن است مسئول برخی از فعالیت‌های بیولوژیک باشند (۱۱). در مطالعه‌ای روی زغـال اختـه همبسـتگی نسـبی بـین میـزان TPH و AOX گزارش شده، در حالی‌کـه رابطـه بـین ACY و AOX بسـیار ضعیف بوده است و به دنبال ایـن نتیجـه مشـاهده شـده، بـر اهمیـت ترکیبات فنولی غیر از آنتوسیانین ها و سهم آنها در فعالیت کلـی آنتـی اکسیدانی تاکید نمودند (۱۳) که در تایید نتیجه تحقیق حاضر می‌باشد و نشان می‌دهد سهم TPH درظرفیت آنتی اکسیدانی بیشتر از ACY می‌باشد. همچنین از آنجایی که ترکیبات فنولی جـزء ترکیبـات آنتـی اکسیدان می‌باشند بنابراین انتظار مـی‌رود کـه افـزایش میـزان فنـول رابطه مستقیم با افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی داشته باشد کـه ایـن امر در مطالعات انجام شده روی گیاهان این جنس مشاهده شده است (۱، ۶، ۱۶ و ۲۱) و تایید نتایج مشاهده شده در تحقیق حاضر می‌باشد.

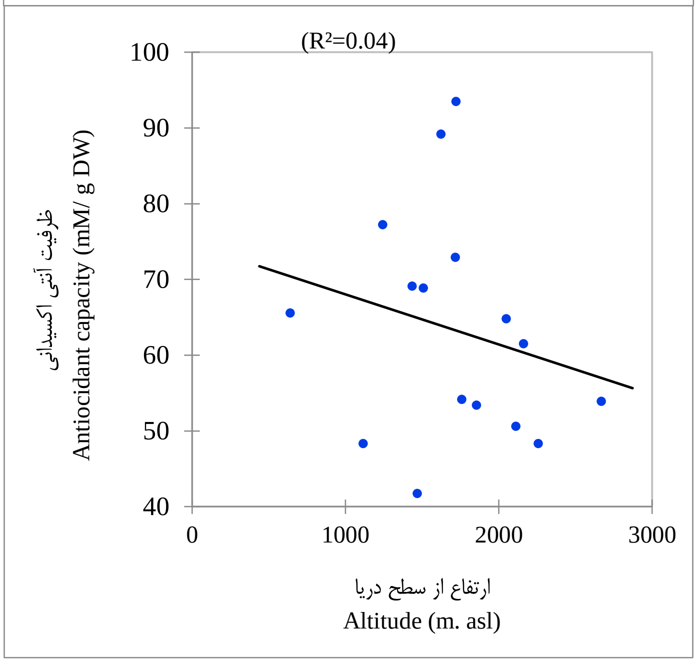
نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی ۴ صفت فیتوشـیمیایی مطالعه شده نشان داد که دو مولفه اول ۸۷/۸۷ درصد از کل واریـانس را توجیه کردند که سهم مولفه اول به تنهایی ۶۲/۱۳ درصـد و سـهم مولفه دوم ۲۵/۷۴ درصد بود. در مولفه اول TFL، TPH و AOX به ترتیب با ضریب ۰/۷۷۹، ۰/۷۶۵ و ۰/۸۵۸ قرار گرفتنـد. مولفـه دوم را ACY با ضریب ۰/۸۹۸تشکیل داد (شکل ۴). سهم بـالا از دو عنصـر اول، ارتباط معنی‌داری بین ۴ صفت فیتوشیمیایی داشت. اکوتیپ‌هـای *E. parviflorum* به وضوح براساس مولفه اول اصلی جدا شـدند. ۱۰ اکوتیپ شامل اکوتیپ های چهار محل، تله کابین حیران، کلیبر، تونل حیران، کلاردشت، چشمه عین روم، چشمه سنگان، عزیز آبـاد، منبـر، خان چای یک همبستگی با مولفه اصلی اول (PC1) نشان داده شـده توسط TFL، TPH و AOX داشتند که از این میان، ۶ اکوتیـپ تلـه کابین حیـران، تونـل حیـران، کلاردشـت، چشـمه عـین روم، چشـمه سنگان، عزیـز آبـاد دارای همبسـتگی مثبـت (r> 0.6) و ۴ اکوتیـپ چهارمحل، کلیبر، منبر و خان چای داری همبستگی منفـی (r> 0.6) با مولفه اصلی اول (PC1) داشتند.



شکل ٤- پلات دو بعدی با استفاده از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی نشان دهنده تنوع در میان اکوتیپ‌های بیدعلفی پونه‌ای (*E. parviflorum*)، محتوی فلاوئوئید کل (TFL)، محتوی فنل کل (TPH)، محتوی آنتوسیانین (ACY) و ظرفیت آنتی اکسیدانی (AOX)

Figure 4- The two-dimensional plot obtained by principle component analysis illustrating the variation among *E. parviflorum* ecotypes, Total flavonoid content (TFL), Total phenolic content (TPH), Anthocyanin content (ACY) and Antioxidant capacity (AOX)





شکل ۵- نمودار حاصل از تجزیه رگرسیون ارتباط بین ظرفیت آنتی اکسیدان (AOX) اکوتیپ های بیدعلفی پونه ای (*E. parviflorum*) با عرض جغرافیایی (A) و ارتفاع از سطح دریا (B)

Figure 5- The regression analysis of relationship between antioxidant capacities of the *E. parviflorum* ecotypes with latitude (A) and altitudes above sea level (B)

تنهـا ۴ اکوتیـپ شـامل دامـاش، الشـتر، المـوت (اوان)، المـوت همبستگی (r> 0.5) بـا مولفـه اصـلی دوم (PC2) نشـان داده شـده توسط ACY داشتند که از این میان الشتر و الموت دارای همبسـتگی مثبت و داماش و الموت (اوان) همبستگی منفی داشتند. بدین ترتیـب

از میان ۱۶ اکوتیپ بیـدعلفی پونـه ای (*E. parviflorum*) ایـران، ۶ اکوتیپ تله کابین حیران، تونل حیران، کلاردشت، چشـمه عـین روم، چشمه سنگان، عزیز آباد از محتوی ترکیبـات TFL، TPH و متعاقبـا ظرفیت آنتی اکسیدانی مطلوب برخوردار می‌باشند، که اکثـر۶ اکوتیـپ

متعلق به ارتفاعات زاگرس و تلاقی البرز و زاگرس مـی‌باشـند و فقـط یک اکوتیپ مربوط به ارتفاعات البرز می‌باشد و اکوتیـپ‌هـایی کـه از محتـوی مطلـوب TFL، TPH و AOX برخـوردار نمـی‌باشـند همبستگی منفی با مولفه اصلی اول (PC1) دارند و نیز اکوتیـپ‌هـایی که هیچ همبستگی با مولفه اصلی اول (PC1) ندارند اکثرا متعلـق بـه ارتفاعات البرز می‌باشند.

تجزیه و تحلیل رگرسیون روی داده‌هـای محتـوی AOX انجـام شد و هـیچ ارتبـاطی بـین ظرفیـت AOX بـا ارتفـاع از سـطح دریـا (R^2=0.04) و نیز با عرض جغرافیـایی(R^2=0.14) مشـاهده نگردیـد (شکل ۵). به عبارتی ظرفیت AOX در اکوتیـپ‌هـای تحـت مطالعـه متاثر از ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق اولین مطالعه‌ای است که ظرفیت AOX را با استفاده از اکوتیـپ‌هـای چندگانـه (n = 16) گونـه *E. parviflorum* بـرای ارزیابی تغییرات فیتوشیمیایی درون گروهی *E. parviflorum* نشـان می‌دهد. نتایج تحقیق نشان داد که بین TFL، TPH و AOX ارتباط مثبت معنی‌داری وجـود دارد. هـیچ ارتبـاط معنـی‌داری بـین محتـوی TFL، TPH و ظرفیت AOX با ارتفاع بالاتر از سطح دریا برای *E. parviflorum* یافـت نشـد. نتـایج نشـان داد کـه اکوتیـپ‌هـای *E. parviflorum* ایران (به ویژه اکوتیپ سـنگان EPP10) دارای مقـدار TFL، TPH و ظرفیت AOX بالا و مطلوبی نسبت به گـزارش‌هـای قبلی ارایه شـده در گونـه مـذکور هسـتند. اکثـر اکوتیـپ‌هـای دارای محتـوی قابـل ملاحظـه TFL، TPH و ظرفیـت AOX متعلـق بـه ارتفاعات زاگرس و تلاقی البرز و زاگرس می‌باشند نتایج ایـن مطالعـه نشان می‌دهد که در بین اکوتیپ های *E. parviflorum* ایران بـرای صفات مورد مطالعه تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که می‌تواند برای اجرای برنامه‌های اصـلاحی و حفاظـت ژرم پلاسـم مـورد اسـتفاده و بهره‌برداری قرار گیرد.

سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فن‌آوران کشور (شماره طـرح ۹۲۰۳۴۸۳۳) به خاطر حمایت مالی جهت انجام بخشی از این پژوهش تشکر می گردد. از دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه علـوم و تکنولـوژی نروژ جهت فراهم آوردن تجهیزات انجام بخشی از اجرای طرح تشـکر می‌گردد.

منابع

1- Arredondo M., Blasina F., Echeverry C., Morquio A., Ferreira M., and et al. 2004. Cytoprotection by *Achyrocline satureioides* (Lam) DC and some of its main flavonoids against oxidative stress. Journal of Ethnopharmacology 91: 13-20.

2- Baert N., Kim J., Karonen M., and Salminen J.P. 2017. Inter-population and inter-organ distribution of the main polyphenolic compounds of *Epilobium angustifolium*. Phytochemistry 134: 54-63.

3- Blumthaler M., Ambach W., and Ellinger R. 1997. Increase in solar UV radiation with altitude. Journal of photochemistry and Photobiology B: Biology 39: 130-134.

4- Granica S., Piwowarski J.P., Czerwińska M.E., and Kiss A.K. 2014. Phytochemistry, pharmacology and traditional uses of different *Epilobium* species (Onagraceae): a review. Journal of Ethnopharmacology 156: 316-346.

5- Hevesi Tóth B. 2009. Phytochemical and in vitro biological evaluation of potentially active compounds in *Epilobium* species. Thesis of doctoral (Ph. D.) dissertation. Semmelweis University, Budapest.

6- Hevesi Tóth B., Blazics B., and Kéry Á. 2009. Polyphenol composition and antioxidant capacity of *Epilobium* species. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 49: 26-31.

7- Jaakola L., Määttä-Riihinen K., Kärenlampi S., and Hohtola A. 2004. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. Planta 218: 721-728.

8- Kiss A., Kowalski J., and Melzig M.F. 2004. Compounds from *Epilobium angustifolium* inhibit the specific metallopeptidases ACE, NEP and APN. Planta Medica 70: 919-923.

9- Körner C. 2003 .Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems; with 47 tables. Springer Science & Business Media.

10- Markham K.R., Ryan K.G., Bloor S.J., and Mitchell K.A. 1998. An increase in the luteolin: apigenin ratio in Marchantia polymorpha on UV-B enhancement. Phytochemistry 48: 791-794.

11- Miguel M.G. 2011. Anthocyanins: antioxidant and/or anti-inflammatory activities. Journal of applied pharmaceutical Science 1: 7-15.

12- Monschein M., Jaindl K., Buzimkić S., and Bucar F. 2015. Content of phenolic compounds in wild populations of *Epilobium angustifolium* growing at different altitudes. Pharmaceutical Biology 53: 1576-1582.

13- Rohloff J., Uleberg E., Nes A., Krogstad T., Nestby R., and Martinussen I. 2015. Nutritional composition of bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) from forest fields in Norway–Effects of geographic origin, climate, fertilization and soil properties. Journal of Applied Botany and Food Quality 88: 274-289.

14- Seigler D.S. 2012. Plant secondary metabolism. Springer Science & Business Media.

15- Shikov A.N., Poltanov E.A., Dorman H.D., Makarov V.G., Tikhonov V.P., and Hiltunen R. 2006. Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of commercial water-soluble willow herb (*Epilobium*

angustifolium L.) extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 3617-3624.
16- Shikov A.N., Poltanov E.A., Dorman H.J.D., Makarov V.G., Tikhonov V.P., and Hiltunen R. 2006. Chemical Composition and in Vitro Antioxidant Evaluation of Commercial Water-Soluble Willow Herb (*Epilobium angustifolium* L.) Extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 3617-3624.
17- Spitaler R., Schlorhaufer P.D., Ellmerer E.P., Merfort I., Bortenschlager S., et al. 2006. Altitudinal variation of secondary metabolite profiles in flowering heads of *Arnica montana* cv. ARBO. Phytochemistry 67: 409-417.
18- Steenkamp V., Gouws M., Gulumian M., Elgorashi E., and Van Staden J. 2006. Studies on antibacterial, anti-inflammatory and antioxidant activity of herbal remedies used in the treatment of benign prostatic hyperplasia and prostatitis. Journal of Ethnopharmacology 103: 71-75.
19- Treben M. 1984. Health through God's pharmacy, advice and experiences with medicinal herbs. Wilhelm Ennsthaler, Steyr, Austria.
20- Uleberg E., Rohloff J., Jaakola L., Trôst K., Junttila O., et al. 2012. Effects of temperature and photoperiod on yield and chemical composition of northern and southern clones of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 60: 10406-10414.
21- Wojdyło A., Oszmiański J., and Czemerys R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry 105: 940-949.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 405-416
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۱۶-۴۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Screening of Antioxidant Capacity of *Epilobium parviflorum* Ecotypes Grown in Iran

M. Mohammadi Bazargani[1*]
Received: 09-04-2019
Accepted: 30-06-2020

Introduction: The phytochemical and biological properties of medicinal plants depend on the climatic conditions of the area under development, the growth stage, genetic factors and other factors. Therefore the study of the wild flora in the geographical areas with different climatic conditions is important. It has been proved that the extract of *Epilobium* has high antioxidant capacity, which is associated with a high concentration of flavonoids content. Studies on five species of *Epilobium* genus (*E. parviflorum* schreb., *E. roseum* schreb., *E. tetragonum* L., *E. montanum* L., *E. angustifolium* L.), had shown that *E. parviflorum* had the highest antioxidant capacity among studied species. The occurrence of *E. parviflorum* in wide range of altitudinal zones in Iran makes it as ideal species to study the variation of antioxidant capacity among ecotypes. The present study aims to screen *Epilobium parviflorum* ecotypes (n=16) of Iran in terms of antioxidant capacity (AOX).

Materials and Methods: Total phenol content (TPH), Total flavonoid (TFL), antioxidant capacity (AOX) and anthocyanin content (ACY) were measured by Folin- Ciocalteu, flavonoid-aluminum chloride (AlCl3), Ferric reducing antioxidant power (FRAP) and the differential PH methods, respectively. Regression analysis was used for studying the relationships between antioxidant capacity, altitude and latitude. The Pearson correlation coefficient was used to determine whether there is a linear relationship between variables.

Results and Discussion: There was a high correlation between total phenol content and total flavonoid in ecotypes ($r = 0.7$, $P = 0.002$, $n = 16$). There was a positive and significant correlation between AOX content with TPH ($r = 0.71$, $P = 0.002$, $n = 16$) and also between AOX with TFL ($r = 0.73$, $P = 0.001$, $n = 16$). According to several studies, high antioxidant capacity has been attributed to high concentrations of flavonoids and phenols, which is consistent with the results observed in this study. The results also showed that the Iranian *E. parviflorum* ecotypes had considerably TFL, TPH and AOX content as compare to previous reports on *E. parviflorum* (in other country) and also other *Epilobium* species. Principal component analysis showed that the two main components explained 87.87% total variation. The high contribution of the two first components suggested a considerable correlation between three phytochemical traits, the contribution of the first component alone was 62.13% and the portion of the second component was 25.74%. In the first component, TFL, TPH and AOX were with coefficients of 0.78, 0.77 and 0.88, respectively. The high contribution of the two first components had a significant relationship between three phytochemical traits. The ecotypes of *E. parviflorum* were clearly separated based on the first principal component. Ten ecotypes had a correlation with the first main component (PC1) shown by TFL, TPH and AOX. Among them six ecotypes had a positive correlation ($r> 0.6$) and 4 ecotypes had a negative correlation ($r> 0.6$) with the first main component (PC1). Thus, out of the 16 ecotypes of *E. parviflorum* in Iran, six ecotypes including EPP3, EPP6, EPP8, EPP10, EPP13 and EPP9 had the desired content of TFL, TPH and subsequently antioxidant capacity, most of which belonged to the Zagros and crossroad of Zagros and Alborz mountains. The ecotypes that did not have the desired content of TFL, TPH and AOX (negative correlation with the first main component, PC1) mostly belong to the Alborz Mountains. The highest levels of TPH, TFL and AOX capacity were observed for the Sangan ecotype with values of 1761, 32.64 mg/g DW and 93.50 mM/g DW, respectively, and the lowest was observed in Kaleybar ecotype. Out of 16 ecotypes, 6 ecotypes had the desired content of TFL, TPH, and subsequently AOX, most of which belonged to the Zagros and crossroad of Zagros and Alborz Mountains. Regression analysis showed no relation between AOX capacity with altitude ($R^2 = 0.04$) and also with latitude ($R^2 = 0.14$).

Conclusion: This research is the first study that screens AOX capacity by including multiple ecotypes (n=16) from *E. parviflorum* species to evaluate intra ecotypes phytochemical variation for *E. parviflorum*. We found positive and significant correlation between TFL, TPH and AOX. We did not find any significant correlation between TFL, TPH content and AOX capacity of *E. parviflorum* with altitude above sea. Our results also

1- Assistant Professor, Agriculture Institute, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: bazargani@irost.ir)

showed Iranian *E. parviflorum* ecotypes (especially Sangan ecotype, EPP10) have considerably TFL, TPH and AOX capacity compared to previous reports. The results of this study indicate that there is a remarkable variation among Iranian *E. parviflorum* ecotypes for the studied traits, which can be used to carry out breeding programs and protection of germplasm.

Keywords: Altitude, Antioxidant, *E. parviflorum*, Flavonoid, Latitude, Phenolic acid, Phytochemical variation

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 417-426
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۲۶-۴۱۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی تأثیر سطوح مختلف مصرف کودهای شیمیایی، آلی و کمپوست بر برخی ترکیبات شیمیایی اسانس شمعدانی معطر (*Pelargonum graveolens*)

مهدی مهران[1*]- حسین حسینی[2]- حسین اکبری[3]- علیرضا حاتمی[4]- علیرضا صفایی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، آلی و کمپوست بر مقدار، ترکیبات اسانس و اجزاء عملکرد شمعدانی معطر (*Pelargonum graveolens*)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کود آلی در یک سطح (۳ تن در هکتار)، کود شیمیایی در دو سطح (۷۵ و ۱۰۰ کیلو در هکتار) و کود کمپوست در دو سطح (۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) بودند. بوته‌های تیمار شده در اواسط مهرماه مصادف با دوران گل‌دهی برداشت گردید و اسانس آن‌ها توسط دستگاه کلونجر استخراج و پس از آبگیری توسط دستگاه GC آنالیز شد. نتایج نشان داد که تیمار با کودهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر درصد اسانس ندارد. همچنین، ترکیبات شیمیایی اسانس‌های حاصل از تیمارهای مختلف نیز بررسی شدند. سیترونلول (۴۴/۵-۵۶/۶ درصد)، سیترونلیل فرمات (۱۲/۲-۱۸/۳ درصد)، ژرانیول (۲/۲-۷/۶ درصد) و ایزومنتون (۱/۹-۶/۱ درصد) چهار ترکیب شاخص در اسانس شمعدانی معطر بودند. نتایج نشان داد که تیمار با کود کمپوست در مقیاس ۱۵ تن مقدار ترکیب سیترونلول را به ۵۱/۹۴ درصد در اسانس شمعدانی عطری افزایش می‌دهد. ولی تیمارهای دیگر تاثیر معنی‌داری بر دیگر ترکیبات اسانس شمعدانی معطر نداشتند. همچنین صفاتی نظیر متوسط ارتفاع بوته، متوسط تعداد شاخه اصلی، حداکثر وزن تر بوته، متوسط وزن تر هر بوته اندازه‌گیری شدند. در بررسی نوع کود بر صفات مذکور اثر معنی‌داری مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: شمعدانی معطر، کود آلی، کود شیمیایی، کود کمپوست، سیترونلول، سیترونلیل فرمات

مقدمه

کاربرد کود مناسب یکی از عوامل مهم در کشت گیاهان دارویی است. با روش صحیح تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی بازده عملکرد گیاه را افزایش داد و با اجتناب از مصرف بی‌رویه عناصر غذایی هزینه تولید را به حداقل کاهش داد که این امر می‌تواند راهی به‌سوی کشاورزی پایدار باشد (۱). در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی و زیستی از اهمیت خاصی برخوردارند، و استفاده از این منابع می‌تواند به کاهش مصرف کودهای شیمیایی کمک کند (۲).

استفاده از کود آلی سبب بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی و بیولوژیکی خاک شده، و تولید محصول را افزایش می‌دهد. کودهای آلی به‌طور طبیعی موادی با منشا زیستی یا منشا معدنی هستند که میزان عناصر و مواد غذایی و یا حلالیت‌پذیری عناصر یا هر دو ویژگی در آن‌ها پایین است. استفاده از این کود در سیستم ارگانیک و مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد، و سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود (۳). ممکن است کودهای آلی به‌طور فیزیکی در جریان فرآیندسازی برای مصارف کشاورزی تغییر یابند؛ اما فرآوری شیمیایی در آن‌ها رخ نمی‌دهد. مزایای کودهای آلی این‌است که مواد ملایم و غیر سوزنده دارند. از طرفی معایب این کودها، مصرف مقادیر بالای کود درصورت کمبود مواد غذایی در آن‌است (۴). نیتروژن در کودهای شیمیایی به‌صورت معدنی است و در محیطی مناسب در معرض نیترات‌سازی قرار می‌گیرد، و به عمق پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد، درصورتیکه این مکانیزم در کودهای دامی آهسته‌تر می‌باشد. مواد آلی مختلف گیاهی در اثر فرآیندهای گوناگون و تحت شرایط رطوبت، دما و هوای مناسب تبدیل به ماده‌ای به نام هوموس یا کمپوست می‌گردد. تولید کمپوست به دو شکل هوازی و بی هوازی انجام می‌گیرد. عمل کمپوست هوازی بدون پوشاندن توده موادآلی انجام می‌گیرد، درحالیکه کمپوست بی‌هوازی فرآیندی است که عمل کمپوست و تجزیه میکربی مواد آلی مختلط، در غیاب اکسیژن انجام

۱، ۲، ۴ و ۵- پژوهشگر، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی باریج، کاشان
(*- نویسنده مسئول: Email: mmehran61@gmail.com)
۳- دانشیار، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.79223

می‌شود (۵).

شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens*) گیاهی چندساله و به ارتفاع حدود ۹۰ سانتی‌متر و به رنگ سبز خاکستری می‌باشد. برگ‌ها به شکل قلبی تا دایره‌ای، ۵ تا ۷ گوشه‌ای به عرض ۲/۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است (۶). مواد تشکیل دهنده اسانس شمعدانی معطر شامل ژرانیول، سیترونلول، لینئول، ترینئون و الکل‌ها می‌باشد. بوی اسانس آن کمی شبیه اسانس گل رز و دارای رنگ سبز روشن می‌باشد. این اسانس خصوصاً موقعی ارزشمند است که محتوی مقادیر بیشتری سیترونلول باشد (۷). برای پایداری خصوصیات فیزیکوشیمیایی اسانس باید آنها را در ظرف دربسته و دور از نور نگهداری نمود (۸). از اسانس شمعدانی معطر در طب سنتی به‌عنوان ادرار آور، مقوی، ضدحساسیت، ضد آسم و ضد دیابت استفاده می‌شود (۹ و ۱۱). بیشتر مطالعات روی شمعدانی معطر بررسی ترکیبات اسانس آن بوده است. ترکیبات اسانس شمعدانی معطر در فصول برداشت مختلف توسط رم و همکاران بررسی شده است (۱۲). در مطالعه‌ای دیگر خصوصیات اسانس شمعدانی معطر وحشی رشد یافته در کشور پرتغال مورد بررسی قرار گرفت (۱۳).

نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی از آن‌است که کودهای آلی با اثرهای مطلوبی که قبلا ذکر شد، مقدار تولید اسانس گیاه را افزایش دادند. در سال ۱۳۸۲ اکبری‌نیا و همکاران در بررسی تاثیر کودهای شیمیایی، دامی و تلفیقی بر عملکرد و میزان ترکیبات اسانس دانه گیاه دارویی زنیان گزارش دادند که کود دامی عملکرد و میزان اسانس دانه را افزایش معنی‌داری داد (۱۴). در تحقیقی دیگر توسط رضایی و همکاران در بررسی اثر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه نخود تحت شرایط دیم بیشترین عملکرد دانه تحت شرایط پنجاه درصد کود شیمیایی و دامی و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) به‌دست آمد (۱۵). در گزارش مشابه دیگری مقدار اسانس و ترکیب‌های گیاه بابونه در شرایط کشت ارگانیک به مراتب بیشتر از کشت در حالت معمول آن بود (۱۴). در بررسی تاثیر مصرف کودهای ارگانیک و شیمیایی بر اسانس بابونه آلمانی توسط نیک‌نژاد و همکاران بیشترین بازده اسانس به ازای مصرف کود مخلوط (آلی و شیمیایی) حاصل شد که نسبت به شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (۱۶).

در این مطالعه اثر کودهای آلی، کمپوست، کود شیمیایی اوره و مخلوط هریک روی درصد اسانس شمعدانی معطر بررسی شد. سپس اسانس‌ها با استفاده از GC/MS آنالیز شدند تا اثر تیمارهای مختلف بر ترکیبات اسانس شمعدانی معطر مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین اجزاء عملکرد گیاه در هر کرت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی شرکت داروسازی باریج اسانس در ۴۵ کیلومتری مرکز شهرستان کاشان و در بخش مشهداردهال با عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱ دقیقه شرقی اجرا گردید. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا،۱۸۰۰ متر و آب و هوای آن معتدل کوهستانی است. طبق اطلاعات ایستگاه هواشناسی، میانگین بارندگی در ده سال گذشته،۱۵۰ میلیمتر و میانگین حداکثر درجه حرارت در۱۰ سال گذشته، ۲۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل درجه حرارت در۱۰ سال گذشته، ۱۲- درجه سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. زمین مورد آزمایش سال قبل به صورت آیش بوده است.

تیمار شمعدانی معطر با کودهای مختلف

این آزمون به صورت کرت‌های خرد شده کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. ابعاد هر کرت ۲×۲ متر و تعداد خطوط در هر کرت شامل ۳ خط با فواصل ۸۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. شمعدانی معطرها توسط قلمه ریشه‌دار شده تکثیر یافتند. آبیاری کرت‌ها بلافاصله شروع شد و به فاصله ۴ روز در نوبت صبح این آبیاری تکرار شد. وجین دستی علف‌های هرز نیز انجام شد. این علف‌های هرز شامل سلمه‌تره، تاج خروس، پیچک صحرایی و ورک بودند. برای اعمال تیمار آزمون، از ۳ نوع کود در دو سطح استفاده شد. کود زیستی یا ارگانیک (این کود BioGME نام دارد، که ترکیب گیاهی-جانوری است و با استفاده از فناوری نانو و بایوتکنولوژی ساخته شده است) در یک سطح (O) ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود شیمیایی اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) در دو سطح ۷۵ (N1) و ۱۰۰ کیلو (N2) در هکتار، و کود کمپوست (بقایای گیاهی) در دو سطح ۱۵ (C1) و ۲۰ تن در هکتار (C2) بود. آنالیز خاک منطقه و کودهای مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. تیمارها به صورت تکی، ترکیب دوتایی و سه‌تایی استفاده شده‌اند (جدول ۲). پس از اعمال تیمار، عملیات برداشت اندام هوایی شمعدانی معطر آغاز شد. مدت زمان کاشت تا برداشت این گیاه ۶ ماه به‌طول انجامید. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل میزان اسانس و ترکیب‌های موجود در اسانس بودند. همچنین در پایان فصل رشد، نمونه‌های تصادفی از هر کرت انتخاب شد و صفاتی نظیر متوسط ارتفاع بوته، متوسط تعداد شاخه اصلی، حداکثر وزن تر بوته، متوسط وزن تر هر بوته اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد، دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه حذف شد. پس از برداشت، بوته‌ها تا ثابت ماندن وزن خشک در آون قرار گرفتند و توزین شدند. بدین ترتیب عملکرد زیستی برای هر کرت در واحد سطح تعیین گردید.

جدول ۱- آنالیز خاک و کودهای مورد استفاده در تیمارها
Table 1- Analysis of soil and fertilizers used in the treatments

نمونه Sample	pH	فسفر ٪ Phosphorus %	نیتروژن ٪ Nitrogen %	پتاسیم ٪ Potassium %
خاک Soil	7.5	0.001	0.08	0.03
کود کمپوست Compost fertilizer	7.3	0.78	1.00	1.90
کود ارگانیک Organic fertilizer	6.3	2.33	0.63	0.56
کود اوره Urea fertilizer	8.1	0.0	46.0	0.0

جدول ۲- تیمارهای انجام شده با کود کمپوست، کود ارگانیک و کود اوره
Table 2- Treatments performed with compost, organic and urea fertilizers

کد نمونه Sample ID	کود اوره N	کود ارگانیک O	کود کمپوست C
Control	0	0	0
C1	0	0	1
C2	0	0	2
O	0	1	0
C1O	0	1	1
C2O	0	1	2
N1	1	0	0
N1C1	1	0	1
N1C2	1	0	2
N1O	1	1	0
N1OC1	1	1	1
N1OC2	1	1	2
N2	2	0	0
N2C1	2	0	1
N2C2	2	0	2
N2O	2	1	0
N2OC1	2	1	1
N2C1O2	2	1	2

جمع‌آوری و اسانس‌گیری از گیاه

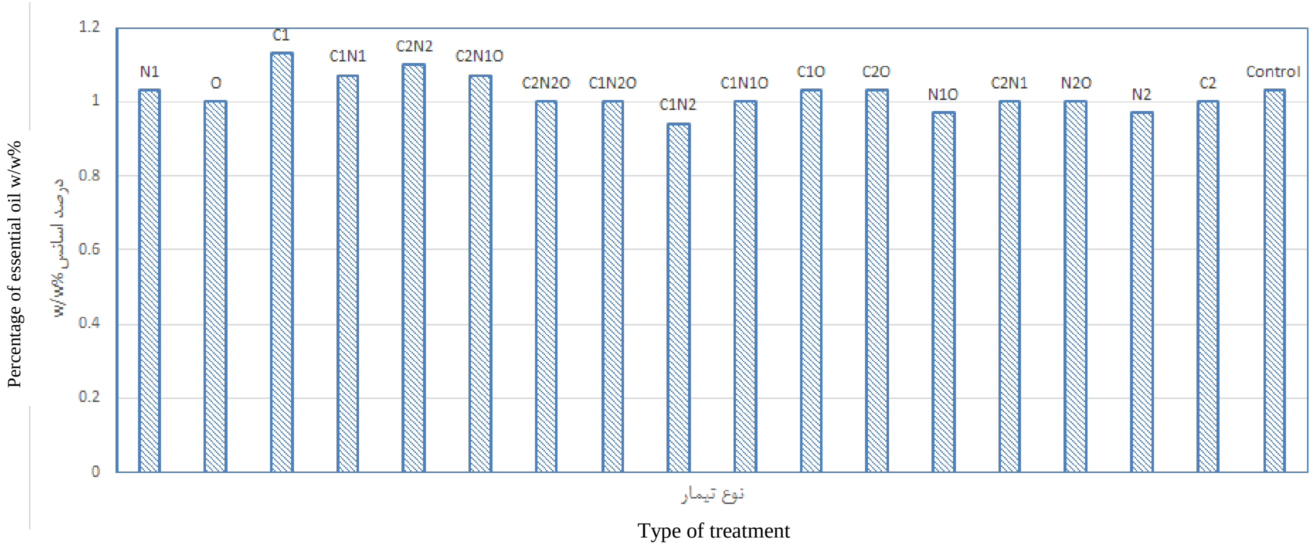
به طور کلی گیاهانی که از اندام هوایی آن‌ها استفاده می‌شود در زمانی‌که حداکثر رشد رویشی خود را داشته باشد برداشت می‌شوند، که اصولا این موقع قبل از فرا رسیدن فصل سرما می‌باشد. چون برای اسانس‌گیری شمعدانی معطر از اندام هوایی استفاده می‌شود قبل از شروع فصل سرما حداکثر رشد رویشی را دارد. بنابراین اندام هوایی تازه شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens*) مورد استفاده در این طرح در اواسط مهرماه در شرکت داروسازی باریج اسانس جمع‌آوری شد. گیاه تازه توسط قیچی باغبانی به اندازه‌های ریز خرد شد. ۱۰۰ گرم از برگ‌های تازه خرد شده از هر تیمار (۳ تکرار) وارد بالون یک لیتری شد و توسط دستگاه کلونجر عمل اسانس‌گیری (وزنی وزنی) به مدت ۴ ساعت انجام شد. اسانس به دست آمده با استفاده از مقدار مناسب سولفات سدیم (یک دهم وزن اسانس به‌دست آمده) آب‌گیری شد و تا زمان انجام آزمون در یخچال نگهداری شد.

شرایط دستگاهی کروماتوگرافی گازی-طیف سنج جرمی

دستگاه GC/FID مورد استفاده ساخت شرکت Varian مدل CP3800 با ستون کاپیلاری CP-Sil 8 CB با طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۳۲ میلی‌متر بود. برنامه دمایی آون از ۵۰ تا ۲۵۰ درجه تنظیم و دمای انژکتور ۲۳۰ و دمای دتکتور ۲۵۰ درجه و سرعت جریان گاز حامل ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دستگاه GC/MS مورد استفاده ساخت شرکت Agilent آمریکا، ستون کاپیلاری HP-5 با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر بود. برنامه دمایی آون از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه تنظیم و طیف جرمی از m/z=50 تا m/z=250 ثبت شد. دمای محفظه تزریق، تجزیه‌گر جرمی چهار قطبی و محفظه یونش به ترتیب ۲۸۰، ۱۵۰ و ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. جستجوی کتابخانه‌ای، در دو منبع WILEY و NIST انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از مقدار میزان اسانس (درصد بر اساس وزن تر نمونه) از نمونه‌های مختلف در شکل ۱ مشاهده می‌شود. درصد اسانس حاصل از اندام هوایی شمعدانی معطر (هر نمونه سه تکرار) در تیمارهای مختلف از ۰/۹۴ تا ۱/۱۳ درصد متفاوت است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر سطوح مختلف تیمار بر درصد اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود. بدین مفهوم که تیمار با کودهای مختلف با مقادیر متفاوت تاثیر معنی‌داری از نظر آماری بر میزان اسانس شمعدانی معطر در این تحقیق نداشته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین اسانس‌ها نشان داد که کمترین درصد اسانس به‌دست آمده، مربوط به نمونه C1N2 با مقدار ۰/۹۴ درصد و بیشترین درصد اسانس به‌دست آمده مربوط به نمونه C1 با مقدار ۱/۱۳ درصد می‌باشد. از آنجا که میزان درصد اسانس به غیر از حاصلخیزی خاک تابع شرایطی مانند ارتفاع از سطح دریا، نور، رطوبت و عوامل دیگر می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که آنالیز خاک در این مطالعه به روی مقدار اسانس ژرانیوم تاثیر معنی‌داری نداشته است. این نتایج با مطالعات قبلی که تیمار با کود ارگانیک میزان عملکرد اسانس بابونه، نعناء و مرزه را افزایش داده بود، هماهنگی ندارد (۱۴، ۱۷ و ۱۸).



شکل ۱- تاثیر سطوح مختلف کودهای آلی، کمپوست و اوره بر میزان اسانس شمعدانی معطر

Figure 1- The effect of different levels of organic, compost and urea fertilizers on the amount of geranium essential oil

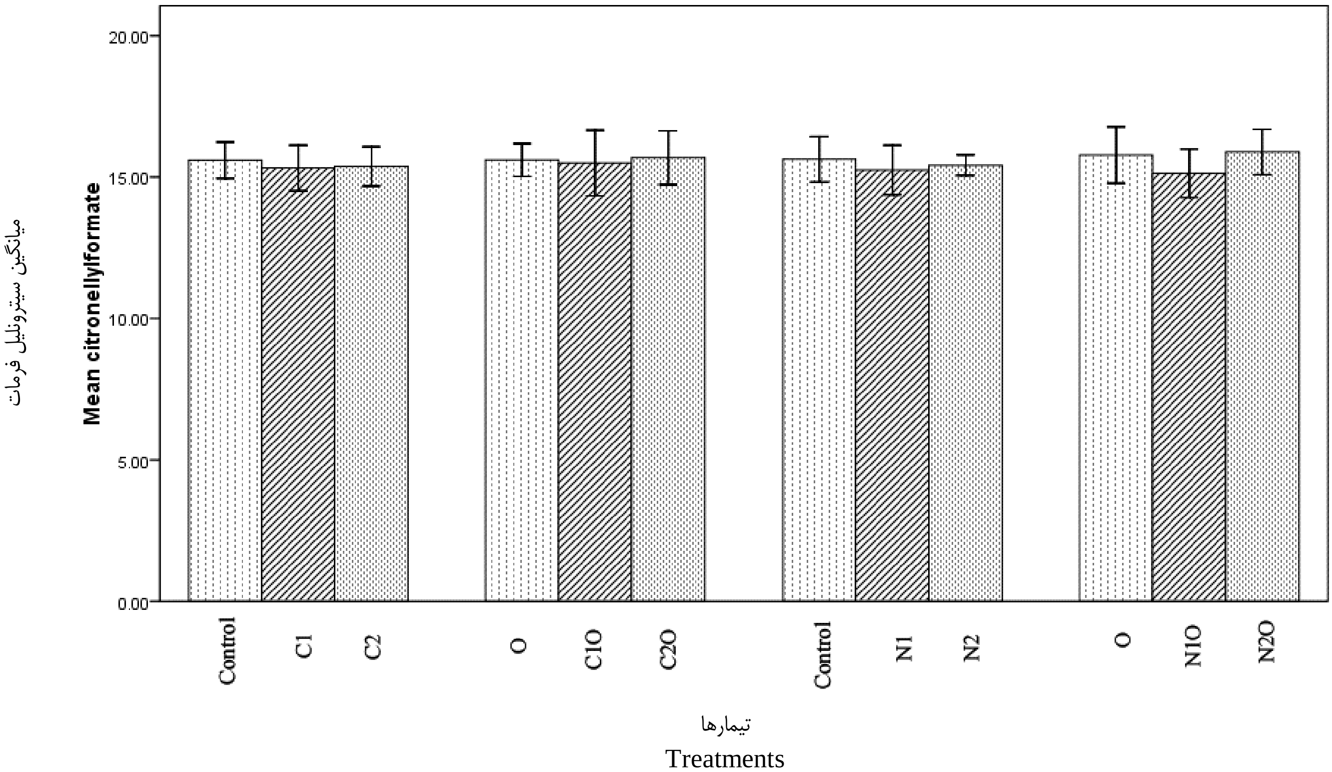
در زراعت گیاهان دارویی معطر علاوه بر درصد اسانس، نوع و میزان ترکیب‌های شیمیایی تشکیل دهنده اسانس نیز اهمیت دارد. بنابراین، در مرحله دوم تحقیق، تاثیر نوع و میزان کود به کار رفته بر ترکیبات اسانس شمعدانی معطر بررسی شد. تحلیل نتایج حاصل از دستگاه GC نشان داد که دو ترکیب بتا سیترونلول و سیترونلیل فرمات با مقادیر ۴۸/۳۳ و ۱۶ درصد ترکیبات شاخص موجود در اسانس ژرانیوم هستند. ژرانیول، ترانس دی هیدروکارون، ایزومنتون، ترانس رزاکسید، ترانس کاریوفیلن و جرماکرن D ترکیبات دیگر موجود در اسانس شمعدانی معطر بودند. به جهت وجود ترکیبات متعدد در اسانس شمعدانی معطر و پیچیدگی آنالیز برای هر کدام، تاثیر تیمارهای مختلف تنها به روی دو ترکیب شاخص این اسانس شامل بتا سیترونلول و سیترونلیل فرمات بررسی شد.

میانگین درصد سیترونلیل فرمات در گروه کنترل ۱۵/۷۸ درصد می‌باشد (شکل ۲)، که با افزایش سطح کود ازت، ارگانیک و کمپوست در سطح ۱ (N1C1O) به ۱۴/۳۰ درصد کاهش می‌یابد. بیشترین مقادیر سیترونلیل فرمات، مربوط به تیمار با مخلوط کود ارگانیک در سطح ۱،کود ازت در سطح ۲ و کود کمپوست در سطح ۲ (۱۶/۲۷ درصد) و تیمار با مخلوط کود ارگانیک در سطح ۱ و کود کمپوست در سطح ۱ (۱۶/۲۶ درصد) می‌باشد. البته آنالیز واریانس سیترونلیل فرمات تحت تاثیر کودهای نیتروژن، آلی و کمپوست نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در میانگین درصد سیترونلیل فرمات در سطوح مختلف کود ازت، ارگانیک و کمپوست وجود ندارد، که این نتیجه در شکل ۲ کاملا واضح می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کاربرد کودهای شیمیایی، آلی و کمپوست بر مقدار ترکیب سیترونلول در اسانس شمعدانی معطر

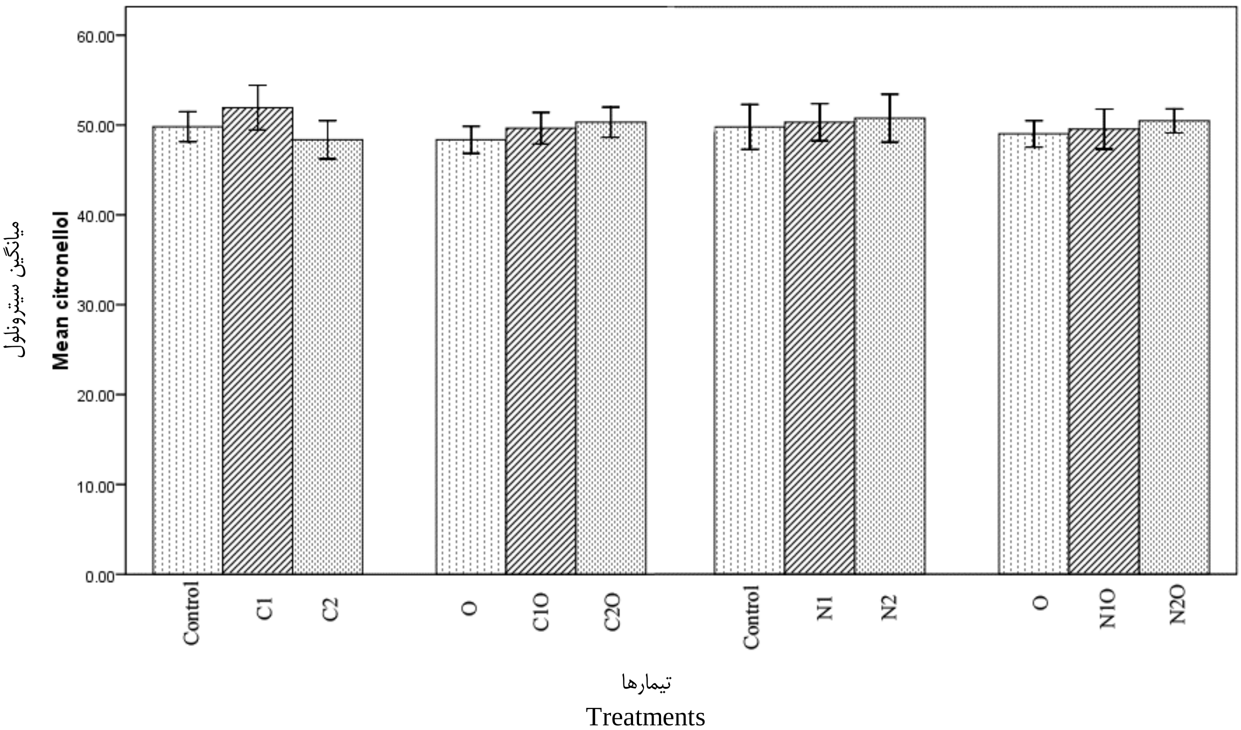
Table 3- ANOVA for the effect of chemical, organic and compost fertilizer on citronellol compound in *Pelargonium graveolens*

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of Squares	میانگین مربعات Mean Square	*P value*
مدل Model	8	133671.9	16708.9	0.00
کود اوره N fertilizer	2	13.2	6.6	0.349
کود ارگانیک O fertilizer (O)	1	4.9	4.9	0.376
کود کمپوست Compost (O)	2	30.5	15.3	0.093
کود کمپوست× کود ارگانیک O×C	2	45.5	22.8	0.032
خطا Error	46	280.9	6.1	
کل Total	54			



شکل ۲- اثر منابع مختلف کودی بر ترکیب سیترونلیل فرمات در اسانس شمعدانی معطر

Figure 2- The effect of different fertilizer on citronellyl formate compound in *Pelargonium graveolens*



شکل ۳- اثر منابع مختلف کودی بر ترکیب سیترونلول در اسانس شمعدانی معطر
Figure 3- The effect of different fertilizer on citronellol compound in *Pelargonium graveolens*

آنالیز واریانس سه طرفه، اثرات سطوح مختلف کود ارگانیک، ازت و کمپوست بر درصد سیترونلیل فرمات را نشان نداد. بررسی میزان ترکیب ژرانیول در اسانس نشان داد که این ترکیب از ۴/۹ درصد مربوط به تیمار N1 تا ۶/۸ درصد مربوط به تیمار C1O متغیر می‌باشد. اما آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان نداد. همچنین مطالعه روی ترکیب ایزومنتون نشان داد که بیشترین مقدار این ترکیب مربوط به تیمار N2C2O با مقدار ۵/۸ درصد و کمترین مقدار ایزومنتون مربوط به تیمار N2C1 با مقدار ۳/۶ درصد است. تجزیه واریانس این ترکیب نیز تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها آشکار نکرد.

اما در مورد سیترونلول که جزء شاخص در اسانس شمعدانی معطر می‌باشد، تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار ترکیبی با کود آلی و کود کمپوست بر ترکیب بتاسیترونلول معنی‌دار است. آزمون تعقیبی LSD بیانگر تفاوت معنی‌دار C1O0 (کود کمپوست در سطح ۱ بدون استفاده از کود آلی) از سایر کودهای C و O در مقدار بتاسیترونلول می‌باشد ($p<0.05$) (جدول ۳). همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد ترکیب بتاسیترونلول در تیمار C1 با مقدار ۵۱/۹۸ در سطح بالاتری نسبت به سایر تیمارها قرار گرفته است. سیترونلول جزء ترکیبات مونوترپنوئید است که در مسیر بیوسنتز خود نیاز به ATP و NADPH دارد که نیتروژن و فسفر برای تشکیل آن‌ها ضروری می‌باشد (۱۹). بنابراین اثر کود کمپوست احتمالا به دلیل مقادیر نسبتا بالاتر ترکیبات ضروری برای سنتز سیترونلول بیشتر می‌باشد. اما افزایش بیش از حد کود کمپوست (تیمار در سطح ۲) اثر معنی‌داری روی سیترونلول موجود در اسانس نداشته است. نتایج این آزمایش با نتایج سایر محققین روی گیاه زیره سبز و ریحان با تاثیر مثبت کود کمپوست بر اسانس گیاه مطابقت دارد (۲۰ و ۲۱).

جهت آنالیز آماری صفاتی نظیر متوسط ارتفاع بوته، متوسط تعداد شاخه اصلی، حداکثر وزن تر بوته، متوسط وزن تر هر بوته و عملکرد در هرکرت از آنالیز ANOVA استفاده شد، که در صورت معنی‌دار شدن از آزمون تعقیبی توکی استفاده می‌شود. همانطورکه جدول ۴ نشان می‌دهد در بررسی نوع کود بر متوسط ارتفاع بوته، متوسط تعداد شاخه اصلی، حداکثر وزن تر بوته، متوسط وزن تر هر بوته و عملکرد در هرکرت اثر معنی‌دار مشاهده نشد ($P>0.05$). در مورد کود شیمیایی اوره، تحقیقات نشان داده است که بیشتر گیاهان دارویی پاسخ مستقیمی به افزایش نیتروژن نشان نمی‌دهند (۲۲). که یکی از دلایل عدم تاثیرگذاری آن می‌تواند آبشویی اوره باشد. اما در برخی مطالعات در مورد استفاده از کود دامی، کود فسفر و کودهای تلفیقی، افزایش عملکرد شاخص‌های مورد مطالعه مشاهده شده است (۲۳ و ۲۵).

جدول ٤- تاثیر کودهای آلی، شیمیایی و کمپوست بر شاخص‌های عملکرد شمعدانی معطر

Table 4- The effect of organic, chemical and compost fertilizers on yield index of *Pelargonium graveolens*

تیمار **Treatment**	متوسط ارتفاع بوته (سانتی‌متر) **Mean of plant height (cm)**	متوسط تعداد شاخه اصلی (عدد) **Mean of main branch numbers (number)**	حداکثر وزن تر بوته (کیلوگرم) **Maximum fresh plant weight (Kg)**	متوسط وزن تر هر بوته (کیلوگرم) **Mean fresh plant weight (Kg)**	عملکرد در هرکرت (کیلوگرم) **Plot yield (Kg)**
C1	70.567	16.233	4.967	4.467	24.867
C1O1	73.367	15.533	7.100	5.100	29.700
C2	56.667	13.533	5.100	3.567	21.033
C2O1	67.200	15.433	8.667	5.100	28.433
Control	68.167	14.567	5.833	4.067	24.400
N1	66.967	15.333	5.600	4.200	23.833
N1C1	70.100	13.867	6.600	4.833	29.067
N1C2	71.100	14.333	5.667	4.267	25.600
N1O1	70.000	14.767	6.567	4.567	26.000
N1O1C1	71.567	17.233	5.800	4.067	24.567
N1O1C2	65.633	17.100	5.967	5.200	25.100
N2	62.533	14.000	5.367	3.500	21.700
N2C1	66.767	13.567	5.267	3.900	23.533
N2C2	69.633	14.600	6.500	5.000	26.500
N2O	67.100	14.667	6.567	4.233	25.467
N2O1C1	68.767	13.667	6.267	4.700	28.200
N2O1C2	70.233	15.000	8.100	5.067	32.833
O1	68.000	15.533	7.067	3.733	22.200
P-value	0.682	0.896	0.879	0.795	0.856

در این طرح با توجه به اینکه عملکرد صرفا سطح سبز در واحد سطح بوده لذا اجزاء عملکرد آن شامل متوسط وزن تر، وزن تر تک بوته، تعداد شاخه و ارتفاع بوته‌ها می‌شود. که عملکرد تر ارتباط مسقیم با راندمان اسانس نیز دارد. لذا به نظر می‌رسد به دلیل وجود ازت در اغلب تیمارها و همچنین غنی بودن خاک پایه از نظر ازت قاعدتا عملکرد رشدی تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است.

نتیجه‌گیری

بسیاری از محققان بر این باورند که گیاهان کشت شده در سیستم کشاورزی ارگانیک و استفاده از ترکیب کمپوست به علت دارا بودن کیفیت خاک بهتر، متابولیت‌ها ویتامین‌ها و ترکیبات فنولی بیشتری در مقایسه با گیاهانی که در سیستم متداول رشد می‌کنند، دارند. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این پژوهش و همچنین دو مقوله هزینه و پیامدهای آلودگی زیست محیطی، کودهای شیمیایی اوره گزینه مناسبی جهت کشت و پرورش شمعدانی معطر نمی‌باشد. تیمار با کود کمپوست در سطح ۱۵ تن در هکتار نه تنها از نظر میزان بازدهی درصد اسانس کاهش نشان نداده بلکه در افزایش میزان ترکیب سیترونلول در اسانس حاصل تاثیر خوبی داشته است، بنابراین این کود می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی مورد استفاده باشد. با این‌حال در خصوص علت تاثیر کودهای کمپوست نیاز به تحقیقات جامع‌تری می‌باشد.

سپاسگزاری

از شرکت داروسازی باریج اسانس جهت فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی، کشت و پرورش گیاه و حمایت مالی تشکر می‌نماییم.

منابع

1- Ajmal M., Hafiza I., Rashid S., Asna A., Muniba T., Muhammad Z., et al. 2018. Biofertilizer as an alternative for chemical fertilizers, Journal of Agriculture and Allied Sciences 7(1): 1-7.

2- Rezakhani A., and Hadi M.R.H.S. 2017. Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.), Iranian Journal of Field Crop Science 48(3): 777-86.

3- Omidbaigi R., Sefldkon F., and Kazemi F. 2003. Roman chamomile oil: Comparison between hydro-distillation and supercritical fluid extraction, Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6 (3): 191-194.

4- Barker A. V. 2016. Science and technology of organic farming. CRC Press.

5. Haug R. T. 1993. The practical handbook of compost engineering. CRC Press.
6- Mozaffarian V. 2013. Indentification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang moaser. Tehran.
7- Fayed S. A. 2009. Antioxidant and anticancer activities of *Citrus reticulate* (Petitgrain Mandarin) and *Pelargonium graveolens* (Geranium) essential oils, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(5),740-747.
8- Zargari A. 2004. Medicinal Plants. Tehran University.
9- Abe S., Maruyama N., Hayama K., Inouye S., Oshima H., Yamaguchi H. 2004. Suppression of neutrophil recruitment in mice by geranium essential oil, Mediators of inflammation, 13 (1), 21-24.
10- Liu R. H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action, The Journal of nutrition, 134 (12), 3479S-3485S.
11- Maruyama N., Ishibashi H., Hu W., Morofuji S., Inouye S., Yamaguchi H., et al. 2006. Suppression of carrageenan- and collagen II-induced inflammation in mice by geranium oil, Mediators of inflammation, 2006, 1-7.
12- Verma R. S., Rahman L.U., Verma R.K., Chauhan A., and Singh A. 2013. Essential oil composition of *Pelargonium graveolens* L'Her ex Ait. cultivars harvested in different seasons, Journal of Essential Oil Research 25(5): 372-9.
13- Gomes P. B., Mata V. G., Rodrigues A. 2004. Characterization of Portuguese-grown geranium oil (*Pelargonium sp*.), Journal of Essential Oil Research 16(5): 490-495.
14- Vildova A., Stolcova M., editors. Quality characterization of chamomile in organic and traditional agriculture. International symposium on chamomile research, 2006.
15- Rezaei-chiyaneh E., Tajbakhsh M., Ghiyasi M., and Amirnia R. 2015. Effect of integrated organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming coditions, Research in Field Crops 3(1): 55-69.
16- Niknejad M., Lebaschy M., Jaimand K., and Hatami F. 2013. Effect of organic and chemical fertilizers on essential oil of *Matricaria chamomilla* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(2).
17- Elansary H.O., Yessoufou K., Shokralla S., Mahmoud E.A., and Skalicka-Woźniak K. 2016. Enhancing mint and basil oil composition and antibacterial activity using seaweed extracts, Industrial Crops and Products 92: 50-56.
18- Rezaei A., Ebadi M., and Pirani H. 2019. Effect of different levels of seaweed fertilizer on growth parameters, yield and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Horticulture Science 33(4).
19- Bergman M.E., Chávez Á., Ferrer A., and Phillips M.A. 2020. Distinct metabolic pathways drive monoterpenoid biosynthesis in a natural population of *Pelargonium graveolens*, Journal of Experimental Botany 71(1): 258-271.
20- A.H. S., P. R. M. 2011. Investigation the Effect of Compost, Vermicompost, Cow and Sheep Manures on Yield, Yield Components and Essence Percentage of Cumin (*Cuminum cyminum*), Journal of Horticulture Science 24(2): 142.
21- Esmaielpour B., Rahmanian M., Heidarpour O., and Shahriari M.H. 2017. Effect of vermicompost and spent mushroom compost on the nutrient and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants 20(5): 1283-1292.
22- Brewster J. L. 2008. Onions and other vegetable alliums. CABI.
23- Pant S. 2005. Effect of different doses of nitrogen and phosphorus on the corm and cormel development of gladiolus (*Gladiolus sp*.) cv. American beauty, Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science 26: 153-157.
24- Arefi I.H., Kafi M., and Khazaei H. 2013. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium nutrient elements on yield, and yield components of Persian shallot (*Allium altissimum*), International Journal of Agriculture 3(3): 516.
25- Azizi H., Rezvani Moghaddam P., Parsa M., Khorasani R., and Shoor M. 2018. The Effect of Cow Manure, Nitrogen, Phosphorus and Corm Weight on the Yield Characters of Colchicum (*Colchicum kotschyi Boiss*.). Journal of Horticultural Science 32(3): 359-370.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 417-426
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۲۶-۴۱۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigation of the Effects of Chemical, Organic and Compost Fertilizers on Chemical Composition of Essential Oil of *Pelargonium graveolens*

M. Mehran[1*]- H. Hosseini[2]- H. Akbari[3]- A. Hatami[4] -A. Safaie [5]
Received: 09-04-2019
Accepted: 13-08-2020

Introduction: One of the important factors in the succeeding the medicinal plant cultivation is the use of appropriate fertilizers. Plants grown with appropriate fertilizers have more secondary metabolites than those that grown in the usual system. On the other hand, there is increasing concern about soil interrelated environmental problems such as desertification, soil degradation, loss of fertility and erosion. So, the use of suitable fertilizer for plant growth is very important. Geranium (*Pelargonium graveolens*) oil is widely used as a floral substitute of the rose scent, due to its smell very similar to rose, being therefore one of the most valuable natural materials for the cosmetic and perfumery industries. Geranium oil is obtained from steam distillation of the flowers or green foliage of *Pelargonium graveolens* or some of its hybrids. Geranium oil is sometimes listed on the label of supplements promoted for athletic performance, weight loss, and body building. Sometimes it is used for nerve pain (neuropathy), depression, diarrhea and various skin conditions or to help with healing. Also, geranium oil is likely safe when taken by mouth in food amounts. Analyses of phytochemical profile of geranium oil included the major constituents such as citronellol, citronellyl formate, geraniol and isomenthone. The aim of this study was to evaluate the compounds of geranium essential oil in treatment of three types of fertilizers including organic, chemical and compost fertilizer.

Materials and Methods: In order to investigate the effects of organic, chemical and compost fertilizers on chemical composition of essential oil of geranium, an experiment was conducted at Barij research farm, Kashan, Iran, in 2015 as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications. Treatments included; organic fertilizer at one level (3 tons/ha), chemical fertilizer as urea at two levels (75 and 100 kg/ha), compost fertilizer as plant debris at two levels (15 and 20 tons/ha) and control (no fertilizer). The aerial parts of the treated geranium were collected during stage of flowering in October, and their essential oils were obtained from Clevenger apparatus, and after dehydration were analyzed by GC device. The GC analysis was carried out using Varian 3800 GC, equipped with a CP-Sil 8 fused silica capillary column (60 m × 0.32 mm i.d., 0.25 µm f.t.); carrier gas, Helium; flow rate 1.0 ml/min; split ratio, 1:50 and using a flame ionization detector. The column temperature was programmed at 50 °C heated to 250 °C at a rate of 3.0 °C/min, then kept constant at 250 °C for 20 min; injector temperature, 230 °C; detector temperature, 250 °C. Also, plant height, number of branches per plant, average fresh weight of the plant, maximum fresh weight of the plant and plant yield were measured. Data analysis was done by SPSS Statistic 17.0.

Results and Discussion: The results showed that treatment with different fertilizers had no significant effect on essential oil percentage. In the cultivation of aromatic herbs, despite the percentage of essential oil, the type and composition of the essential chemical composition is also important. So, the chemical compounds of essential oils obtained from different treatments were studied. Citronellol (44.5%-56.6%), citronellyl formate (12.2%-18.3%), geraniol (2.2%-7.6%), and isomenthone (1.9%-6.1%) were found as four major components in essential oil of geranium. However, it’s found that the amount of citronellol (51.94%) reach to the highest level in the essential oil obtained from germanium treated with compost fertilizer at level of 15 tons/ha. However, other treatments had no significant effect on other compounds of essential oil. Several studies indicate that the use of compost on land may soil parameters and improve several plant and which would make compost an interesting option for soil restoration purposes, as well as take advantage of its fertilizer properties. Other potential benefits of compost application are enhanced nutrient availability for plants, improved biological activity, and the suppression of soil borne diseases. Moreover, many authors have reported higher yields with compost application and better quality of the harvested crops. Also, no significant differences among geranium for plant height, number of branches per plant, average fresh weight of the plant, maximum fresh weight of the

1, 2, 4 and 5- Researcher, Barij Medicinal Plants Research Center, Kashan
(*- Corresponding Author Email: mmehran61@gmail.com)
3- Associate Professor of Biostatistics, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health Kashan University of Medical Science

plant and plant percentage were observed.

Conclusion: The results point to the beneficial effects of a compost fertilizer at level of 15 tons/ha as alternative nutrition systems on the growth characteristics. So, in addition to reducing costs, can be achieved high quality essential oil.

Keywords: Chemical fertilizer, Citronellol, Citronellyl formate, Compost fertilizer, Organic fertilizer, *Pelargonium graveolens*

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 427-438
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۳۸-۴۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

مطالعه سازگاری برخی ارقام و یک ژنوتیپ ایرانی آلبالو با استفاده از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز و فلورسنس میکروسکوپی

عباس جولانی[۱]- یاور شرفی[۲]*- جواد صباغ پور هریس[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱

چکیده

آلبالو (*Prunus cerasus* L.) متعلق به خانواده Rosaceae، زیر خانواده پرونوئیده، یکی از مهمترین میوه‌های هسته‌دار مناطق معتدله می‌باشد. ایران بعد از کشورهای ترکیه و آمریکا سومین کشور تولید کننده آلبالو در دنیا است. اگرچه اکثر ارقام آلبالو خودسازگار می‌باشند ولی اخیراً ارقام خودناسازگار یا کمی خودناسازگار گزارش شده و به مرور زمان بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود. در این مطالعه روابط خود و دگر(نا)سازگاری برخی ارقام و دو ژنوتیپ برتر ایرانی آلبالو، با استفاده از ردیابی نفوذ لوله گرده در خامه با میکروسکوپ فلورسنت، و روش PCR با آغازگرهای دیجنریت بررسی شد. ارقام شامل ارقام 'متئور'، 'مونت مورنسی'،'محلی'،'مجارستانی دیررس' و یک ژنوتیپ برتر گزینش شده از مناطق مختلف ایران بویژه استان‌های آذربایجان شرقی و غربی بودند. در مطالعه میکروسکوپی، ترکیب تلاقی‌ها بر اساس همپوشانی گلدهی ارقام و ژنوتیپ انتخابی صورت گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که در تلاقی 'محلی' X 'مونت مورنسی' بیشترین تشکیل میوه نهایی (۱۵/۵ درصد) مشاهده گردید. درهمه تلاقی‌ها تعداد لوله گرده از کلاله تا ورودی تخمدان کاهش یافت. همچنین، نتایج مربوط به شناسایی آلل‌های ناسازگاری نشان دادند که در هیچکدام از ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه تمامی آلل‌ها یکسان نبودند و این نشانگر سازگاری همه آن‌ها با همدیگر بود. بطور کلی نتایج هر دو روش همدیگر را تایید و نشان داد که همه ارقام و ژنوتیپ انتخابی را می‌توان در احداث باغات آلبالو با هم کشت نمود.

واژه‌های کلیدی: آلبالو، آلل ناسازگاری، خودناسازگاری، میکروسکوپ فلورسنت، روابط سازگاری

مقدمه

آلبالو از جمله میوه‌های مهمی است که دارای استفاده‌های متعدد تغذیه‌ای، دارویی و بهداشتی است و افزایش تولید آن به عنوان یک محصول استراتژیک نیازمند توجه بیشتری می‌باشد (۲۷). اکثر ارقام و ژنوتیپ‌های آلبالو خودسازگار هستند ولی اخیراً ارقام خودناسازگار آن گزارش شده‌اند. بنابراین، برای گرده‌افشانی، تلقیح و تولید محصول تجاری، نیازمند دانه گرده سازگار با مادگی خود می‌باشند. ایران دارای تنوع نسبتاً بالایی از درختان آلبالو بوده و غنی از منابع ژنتیک این ژرم‌پلاسم می‌باشد (۳، ۵، ۱۲، ۱۸ و ۲۷). به دلیل آلوتتراپلوئید بودن آلبالو که باعث پیچیده‌تر شدن تفرق صفت خودناسازگاری در نتاج می‌شود مطالعات کمتری در ارتباط با روابط سازگاری ارقام و ژنوتیپ‌های آن در ایران صورت گرفته است (۲۷، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۴۱ و ۴۲).

برای شناسایی سازگاری بین ارقام و ژنوتیپ‌ها از روش‌های گرده‌افشانی کنترل شده در مزرعه و محاسبه درصد میوه‌بندی، گرده‌افشانی کنترل شده در آزمایشگاه و بررسی نفوذ لوله گرده در خامه از طریق میکروسکوپ فلورسنت و روش‌های مختلف مولکولی (۱۵، ۱۶، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳) استفاده می‌شود. جهت ارزیابی وضعیت سازگاری یک رقم یا ژنوتیپ خاص و انتخاب بهترین گرده‌زا برای آن، گرده‌افشانی کنترل شده در شرایط مزرعه و محاسبه درصد میوه‌بندی چند هفته پس از گرده‌افشانی، به عنوان یک روش متداول مورد استفاده قرارمی‌گیرد. این روش به دلیل تاثیر عوامل محیطی مختلف از دقت پایینی دارد و به دلیل طولانی بودن سن نونهالی درختان میوه بسیار زمان‌بر و نیاز به درختان بالغ است. همچنین، در شرایط آزمایشگاهی با ایجاد شرایط کنترل شده از لحاظ دما، رطوبت و فتوپریود و ردیابی نفوذ لوله گرده در درون خامه با استفاده از میکروسکوپ فلورسنت، می‌توان سازگاری گرده با مادگی را در ارقام

۱، ۳ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد میوه‌کاری و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: y.sharafi@shahed.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.78796

مختلف بررسی کرد. از آنجا که چنین آزمایش‌هایی کمتر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند، نسبت به روش قبلی دارای دقت بیشتری بوده و به زمان کمتری نیاز دارند ولی وضعیت باردهی و خصوصیات میوه در این روش قابل پیگیری نیست (۱، ۴، ۶، ۷، ۱۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۳۰).

اخیراً مطالعه سازگاری بین ارقام مختلف درختان میوه از طریق شناسایی آلل‌های S با استفاده از روش‌های مختلف مولکولی به عنوان یک روش جدید، ارزان و سریع مورد توجه بیشتری قرار گرفته که تحت تاثیر شرایط محیطی و نونهالی قرار نمی‌گیرد. به طوریکه حتی پس از جوانه‌زنی بذر و خروج اولین برگ‌ها در آزمایشگاه، می‌توان DNA گیاهان را استخراج کرده و اقدام به شناسایی گروه‌های سازگار، با استفاده از آغازگرهای اختصاصی با روش PCR کرد. دو رقم یا ژنوتیپ در صورتی که دارای آلل‌های ناسازگاری مشابه باشند از نظر گرده‌افشانی به عنوان ارقام دگرناسازگار تلقی شده و نمی‌توانند در احداث باغ با هم کشت شوند. ولی در صورت داشتن آلل‌های ناهمسان با هم سازگار بوده و می‌توانند با هم کشت شوند. این روش در سیب، گلابی، گیلاس، آلبالو، زردآلو، آلو، بادام و اکثر درختان میوه دیگر که ناسازگاری در آنها مطرح بوده به طور موفقیت‌آمیزی کاربردی شده است و آغازگرهای ویژه نیز برای شناسایی آلل‌های خودناسازگاری در این گیاهان طراحی و به کار گرفته شده‌اند (۳۱، ۳۲، ۳۳ و ۳۴).

با توجه به آلوتتراپلوئید بودن ارقام و ژنوتیپ‌های آلبالو سیستم خودناساگاری آن بسیار پیچیده‌تر از گیاهان دیپلوئید می باشد. چون پلی پلوئید باعث از بین رفتن خودناسازگاری می شود و در برنامه های اصلاحی گیاهان خودناسازگار بعنوان یکی از روشهای غلبه بر خودناساگاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، در حالت پلی پلوئیدی ممکن است برخی از آلل‌های ناسازگاری غیر فعال شوند و یا بخاطر جهش به صورت سازگار بیان شوند. بنابراین، با احتساب متفاوت بودن هر چهار آلل ناسازگاری، گرده‌های آلبالو بصورت دیپلوئید و با شش ژنوتیپ ظاهر می‌شوند که در صورت فعال بودن همه آلل‌ها خودناسازگاری ۱۰۰ درصد خواهد بود ولی در صورت غیر فعال بودن یک آلل و یا چند آلل حالت‌های مختلفی ایجاد می‌شوند (۲، ۸، ۹، ۱۳، ۱۴، ۲۴ و ۲۷). در حالت تتراپلوئید دانه‌های گرده بجای دو ژنوتیپ در حالت دیپلوئید، شش ژنوتیپ تولید می‌کنند. بنابراین، برخلاف حالت دیپلوئید که در صورت یکسان نبودن فقط یک آلل گرده با مادگی ۵۰ درصد گرده‌ها منجر به لقاح می‌شوند در حالت تتراپلوئید در صورت غیر فعال بودن هردو آلل (در گرده و مادگی) تنها یک ششم گرده‌ها قدرت تلقیح پیدا می‌کنند (۱۱، ۱۶، ۱۹، ۲۵ و ۳۸).

تا بحال در مورد شناسایی روابط سازگاری بین ارقام و ژنوتیپ های آلبالو تحقیقاتی انجام و گروههای خودسازگار و خودناسازگار گزارش شده‌اند (۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۴، ۳۱، ۳۰، ۳۲ و ۴۳). اولین بار با مطالعه میکروسکوپی، ناسازگاری ارقام Tschernokorka و Crisanaآلبالو را نشان دادند (۱۷). سپس برای اولین بار حضور S- ریبونوکلئازها در خامه ارقام آلبالو گزارش شد (۴۲). توبوت (۳۸) با مطالعه میکروسکوپی همچنین، با استفاده از الکتروفورز پروتئین‌های خامه، ناسازگاری ارقام تتراپلوئید آلبالو شامل ‘Cacˇanski Ujfehertoi،ˇanskiRubin’, ‘Erdi Botermo B’, ‘KoroD’ و ‘FurtoD’ را نشان دادند (۳۲). همچنین، در تحقیقی برخی آلل‌های ناسازگاری غیر فعال در برخی ارقام آلبالو شناسایی و توالی‌یابی شدند (۳۱). آلل های ناسازگاری ارقام اروپایی در مطالعه‌ای شناسایی شد (۱۷). همچنین در تحقیق مشابه برخی آلل های ناسازگاری غیر فعال در برخی ارقام آلبالو شناسایی و توالی‌یابی شدند (۲۲).

هدف تحقیق حاضر تعیین روابط سازگاری گرده با مادگی چند رقم و ژنوتیپ برتر آلبالو با استفاده از گرده‌افشانی کنترل شده در مزرعه و آزمایشگاه و در نهایت با روش PCR بود. تا بطور دقیق وضعیت خود(نا)سازگاری و دگر(نا)سازگاری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جهت توصیه برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و یا احداث باغ‌های آلبالو در کشور مشخص شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی شامل ارقام ’متئور‘،’مونت مورنسی‘،’محلی‘ آذربایجان غربی، مجارستانی دیررس‘ و یک ژنوتیپ گزینش شده ایرانی از استان آذربایجان شرقی بودند که همگی در یک باغ خصوصی در کرج روی پایه محلب پیوند شده بودند. روابط سازگاری آنها با روش‌های گرده‌افشانی کنترل شده در باغ و آزمایشگاه و PCR بررسی شد.

در روش گرده‌افشانی کنترل شده در باغ چهار شاخه مناسب در چهار جهت اصلی شمال، جنوب، شرق و غرب درخت انتخاب شدند. یادآور می‌شود که انتخاب ارقام و ژنوتیپ‌های گرده‌زا بر اساس همپوشانی گلدهی پایه‌های مادری و پایه‌های پدری بکار رفته در تحقیق انجام شد به گونه‌ای که پایه‌های پدری بکار رفته برای تلقیح هر پایه مادری یک الی دو روز قبل از پایه مادری شکوفا شود.

برای جمع‌آوری دانه گرده، گل‌های با کیفیت بالا و آزمون جوانه‌زنی دانه‌های گرده به روش اورتگا و همکاران (۲۳) عمل شد. با توجه به آلوتتراپلوئیدی آلبالو که عامل از بین رفتن خودناسازگاری گامتوفیتیک بوده و اکثر ارقام آلبالو بصورت کامل یا قسمتی خودبارور هستند، لازم بود که همه گیاهان مادری اخته شوند. گل‌های اخته شده در پایان بوسیله کیسه‌های پارچه‌های ململ به ابعاد۷۰×۵۰ سانتیمتری پوشانیده شدند. پس از آخرین گرده‌افشانی، تعداد گل‌های گرده‌افشانی شده در هر شاخه ثبت و کیسه‌ها مجدداً روی شاخه‌ها

قرار گرفتند (۲۵). به منظور تعیین درصد تشکیل میوه و همچنین ریزش گل‌های گرده‌افشانی شده در چهار نوبت بعد از عمل گرده-افشانی نتایج ثبت گردید. بدین ترتیب که کیسه‌ها باز شده و گل‌های گرده‌افشانی شده بطور جداگانه در هر رقم شمارش شدند. با توجه به تعداد گل‌های گرده‌افشانی شده در هر شاخه، در هر شمارش درصد میوه‌های تشکیل شده ملاک تجزیه آماری قرار گرفت. شمارش میوه‌ها در سه نوبت بعد از گرده‌افشانی انجام شد. شمارش اول ۱۶ روز، شمارش دوم ۴۲ روز، شمارش سوم ۹۰ روز پس از گرده‌افشانی انجام گرفت (۲۵).

برای بررسی فلورسنس میکروسکوپی در این بخش نیز تلاقی‌ها مثل روش قبلی صورت گرفت و جهت مطالعات میکروسکوپی، مادگی‌های تلاقی شده در مزرعه پنج روز پس از گرده‌افشانی از شاخه‌ها جدا و به آزمایشگاه منتقل شده و در محلول فیکساتور (FAA) شامل پنج درصد فرمالدئید پنج درصد، پنج درصد اسیداستیک‌گلاسیال و ۹۰ درصد الکل اتیلیک ۷۰ درصد تثبیت شدند (۲۵). سپس مادگی‌ها از محلول فیکساتور خارج شده و سه بار با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس در داخل ویال‌های شیشه‌ای حاوی ۱۰ میلی‌لیتر سولفاید سدیم ۵ درصد قرار گرفتند. در مرحله بعد به منظور نرم شدن بافت مادگی از محلول هیدروکسید سدیم استفاده شد. سپس رنگ‌آمیزی مادگی‌ها با محلول آنلین بلو به مدت ۱۲ ساعت انجام گرفت. مادگی‌ها از محلول سولفاید سدیم خارج شده و سه بار با آب مقطر شستشو داده شدند و بعد به منظور رنگ‌آمیزی لوله‌های گرده به مدت ۱۰ تا ۱۵ ساعت داخل محلول رنگی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که اطراف ویال‌های شیشه‌ای حاوی مادگی‌ها برای جلوگیری از نفوذ نور به داخل با فویل آلومینیومی پوشانده شده و در محل تاریک قرار گرفتند. در مرحله بعدی مادگی های خارج شده از ویال‌های شیشه‌ای سه بار با آب مقطر شستشو داده شده و سپس زیر بینوکولار قرار گرفتند. ابتدا با یک پنس باریک زوائد و کرک‌های موجود بر روی خامه و تخمدان پاک شدند خامه‌ها روی لام قرار گرفته و یک قطره گلیسرین یا آب جهت بهبود کیفیت نمونه‌ها به آن اضافه شد و سپس لامل روی آن قرار داده شده و با اندکی فشار با انگشت نمونه‌ها له شده و آماده مشاهده با میکروسکوپ گردید (۳۹). رشد لوله گرده ارقام مختلف با میکروسکوپ فلورسنس (مدل المپیاکوس و طول موج UV یعنی ۳۴۰ نانومتر) در چهار قسمت کلاله، ۱/۳ بالای خامه، وسط خامه و ۱/۳ پایین خامه مورد بررسی قرار گرفتند. تحت این شرایط کالوز به رنگ زرد روشن تا زرد مایل به سبز دیده می شود در حالی که بافت زمینه به رنگ خاکستری تا آبی مشاهده گردید.

ده تلاقی بر اساس همپوشانی گلدهی ارقام و ژنوتیپ‌ها صورت گرفت. در بخش باغ طرح آزمایشی بکار رفته طرح کاملاً تصادفی با ده تیمار (ده ترکیب تلاقی) با سه تکرار بود. همچنین، طرح آماری بخش آزمایشگاه طرح کاملاً تصادفی با ده تیمار (ده ترکیب تلاقی) در ده تکرار (حداقل ده مادگی از هر تلاقی) بود. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. ضرایب هبستگی صفات از نوع پیرسون بود.

جهت شناسایی آلل‌های ناسازگاری استخراج DNA، بررسی کیفیت و کمیت آن طبق روش یامانه و همکاران (۴۲) صورت گرفت. آغازگرها، چرخه‌های PCR، الکتروفورز محصول PCR، عکس‌بردای نوارها نیز به روش ساترلند (۳۵) و تائو (۳۶) انجام گرفت. آغازگرهای مورد استفاده و توالی آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.

در PCR با هر دو جفت آغازگر دیجنریت شرایط واسرشت‌سازی در دمای۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت دو دقیقه و ۳۱۰ چرخه شامل واسرشت‌سازی در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد برای ده ثانیه، اتصال آغازگر در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت دو دقیقه، توسعهٔ آغازگر در دمای ۶۸ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲:۳۰ دقیقه و به دنبال آن توسعهٔ نهایی انجام گردید.

جدول ۱- آغازگرهای مورد استفاده در پژوهش و توالی آن‌ها

Table 1- Primers and their sequences.

نام آغازگر Primer name	توالی آغازگر Primer sequence	نوع آغازگر Primer
PaConsIF(FAM	5'-(C/A)CT TGT TCT TG(C/G) TTT (T/C)GC TTTCTT C-3'	رو به جلو Forward
EMPC1consRD	5'-GCC A(C/T)T GTT G(A/C)A CAA A(C/T)T GAA-3'	معکوس Reverse
EM-PC2consFD	5'-TCA-CMA-TYC-ATG-GCC-TAT-GG-3'	رو به جلو Forward
EMPC3consRD	5'-AWS-TRC-CRT-GYT-TGT-TCC-ATT-C-3'	معکوس Reverse

نتایج و بحث

نتـایج مربـوط بـه درصـد تشـکیل میـوه و مطالعـات میکروسکوپی

داده‌های مربوط به جدول تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که بین تلاقی‌های مختلف از نظر درصد تشکیل میوه اولیه، ثانویه و نهایی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. همچنین، مقایسه میانگین درصد تشکیل میوه اولیه، ثانویه و نهایی در شکل ۱ نشان داد که بیشترین درصد تشکیل میوه اولیه (۷۲/۲۱) و کمترین (۱/۸۰) به ترتیب مربوط به تلاقی Montmorency x Meteor و Majarestani x Genotype 1 بود.

همچنین، بیشترین و کمترین درصد تشکیل میوه نهایی به ترتیب در تلاقی‌های Mahalli x Montmorency (۱۵/۵ درصد) و Montmorency x Genotype 1 (صفر درصد) مشاهده گردید. البته باید یادآور شد که دلیل کاهش شدید درصد تشکیل میوه نهایی در تلاقی‌ها دست کاری مادگی‌ها در مرحله اخته کردن و گرده افشانی مصنوعی بوده است که به نوعی به مادگی‌ها تنش وارد می‌کند. همچنین، شرایط بارندگی در زمان انجام تلاقی‌ها احتمال زیاد باعث کاهش بیشتر درصد تشکیل میوه نهایی شده است.

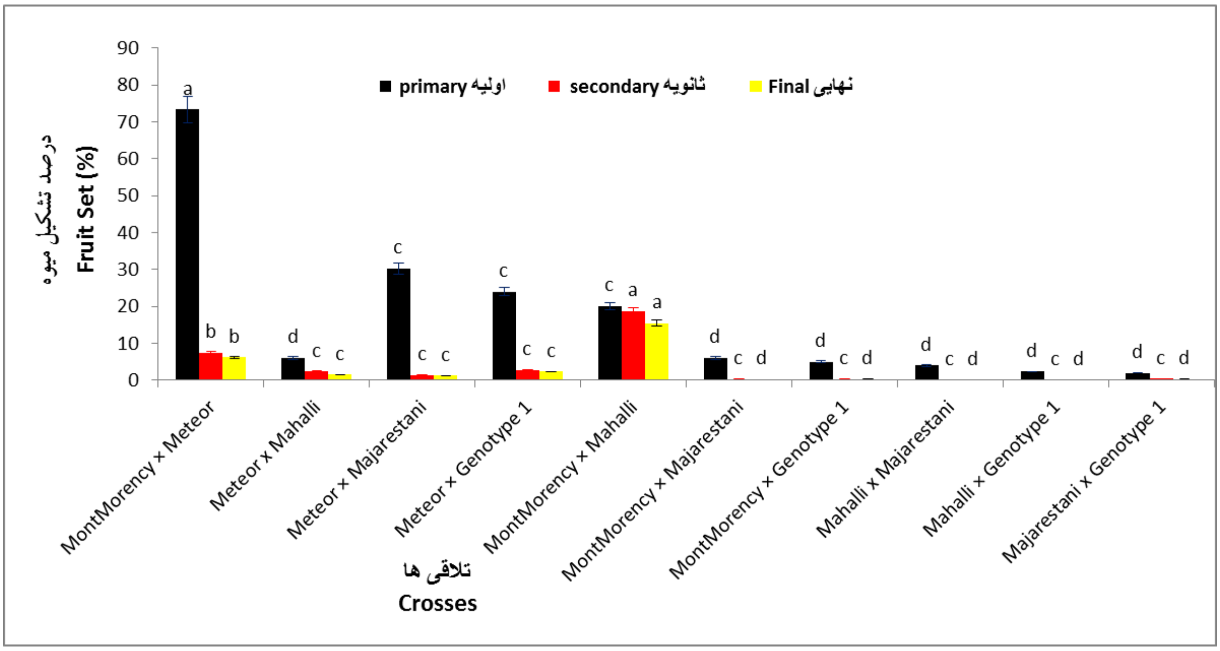
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) **درصد تشکیل میوه در تلاقی‌ها**

Table 2- Analysis of variance (mean of square) **for fruit set in crosses.**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	تعداد گل Flower number	اولیه Primary	ثانویه Secondary	نهایی Final
		درصد تشکیل میوه Fruit set percentage			
تلاقی Cross	9	1464.10**	1264.04**	67.17**	61.41**
خطا Error	20	112.40	42.90	2.17	3.8
ضریب تغییرات CV (%)		12.13	5.16	6.35	8.71

**: معنی‌دار در سطح یک درصد.

**; Significant in 1%.



شکل ۱- درصد تشکیل میوه اولیه، ثانویه و نهایی در تلاقی‌ها

Figure 1- Primary, secondary and final fruit set in crosses. (DMRT, *p≤0.01*)

اطلاعات مربوط به جدول تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۳ نشان داد که بین تلاقی‌های مختلف از نظر تعداد گرده در سطح کلاله، درصد جوانه‌زنی گرده در سطح کلاله، تعداد لوله گرده در ابتدا، وسط و انتهای خامه و ابتدای تخمدان، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت.

مقایسه میانگین تعداد گرده در سطح کلاله، درصد جوانه‌زنی گرده در سطح کلاله، در شکل ۲ نشان داد که بیشترین (۷۳/۳۳) و کمترین (۲/۰۰) تعداد لوله گرده در ابتدای تخمدان به ترتیب مربوط به تلاقی‌های Meteore x Majarestani و Meteore x Mahalli بود. همچنین، بیشترین (۷/۲۵) و کمترین (۰/۱) تعداد لوله گرده در ابتدای تخمدان به ترتیب مربوط به تلاقی‌های Mahalli x Majarestani و Meteore x Genotype 1 بود (شکل ۳). بر اساس گزارش محققان زیادی ثابت شده است که هر چه تعداد لوله گرده در قسمت‌های مختلف خامه بویژه در ورودی تخمدان بیشتر باشد نشانگر سازگاری بهتر ارقام با همدیگر بوده و متعاقب آن باعث افزایش تشکیل میوه می‌گردد (۳۲) که در مطالعه حاضر نیز این پدیده به روشنی مشاهده گردید.

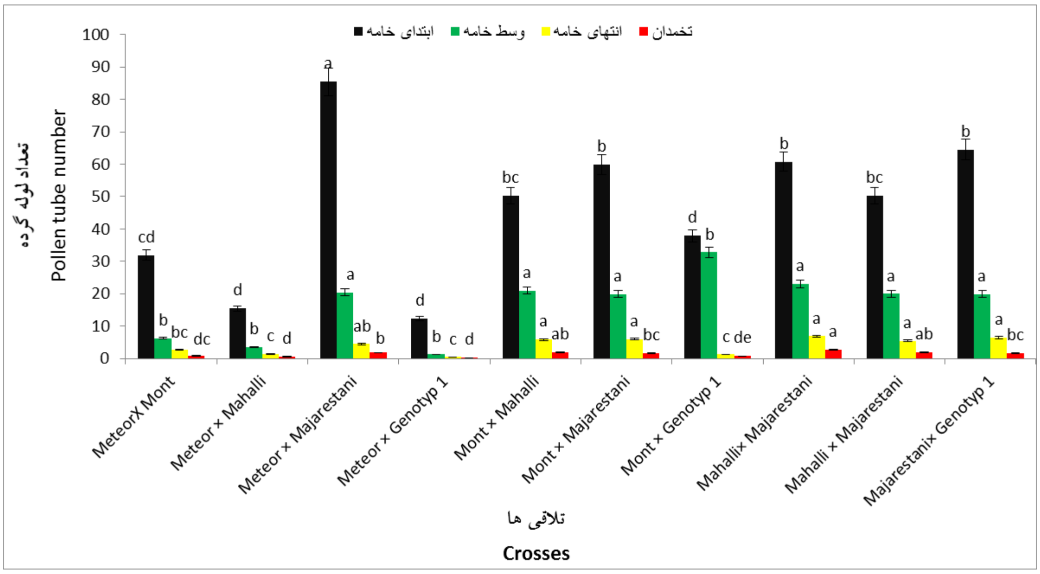
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس روند رشد لوله گرده در خامه در تلاقی‌ها

Table 3- Analysis of variance for the pollen tube growth pattern in the styles of crosses.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square					
		تعداد گرده در سطح کلاله Pollen number on style	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	ابتدای خامه Style begin	وسط خامه Style middle	انتهای خامه Style end	تخمدان Ovary
تلاقی Cross	9	30438.10**	26984.30**	8641.50**	894.7**	64.3**	6.7**
خطا Error	20	750.80	495.90	712.20	30.83	8.70	.00
ضریب تغییرات CV (%)		21.30	20.40	27.70	29.90	8.40	5.70

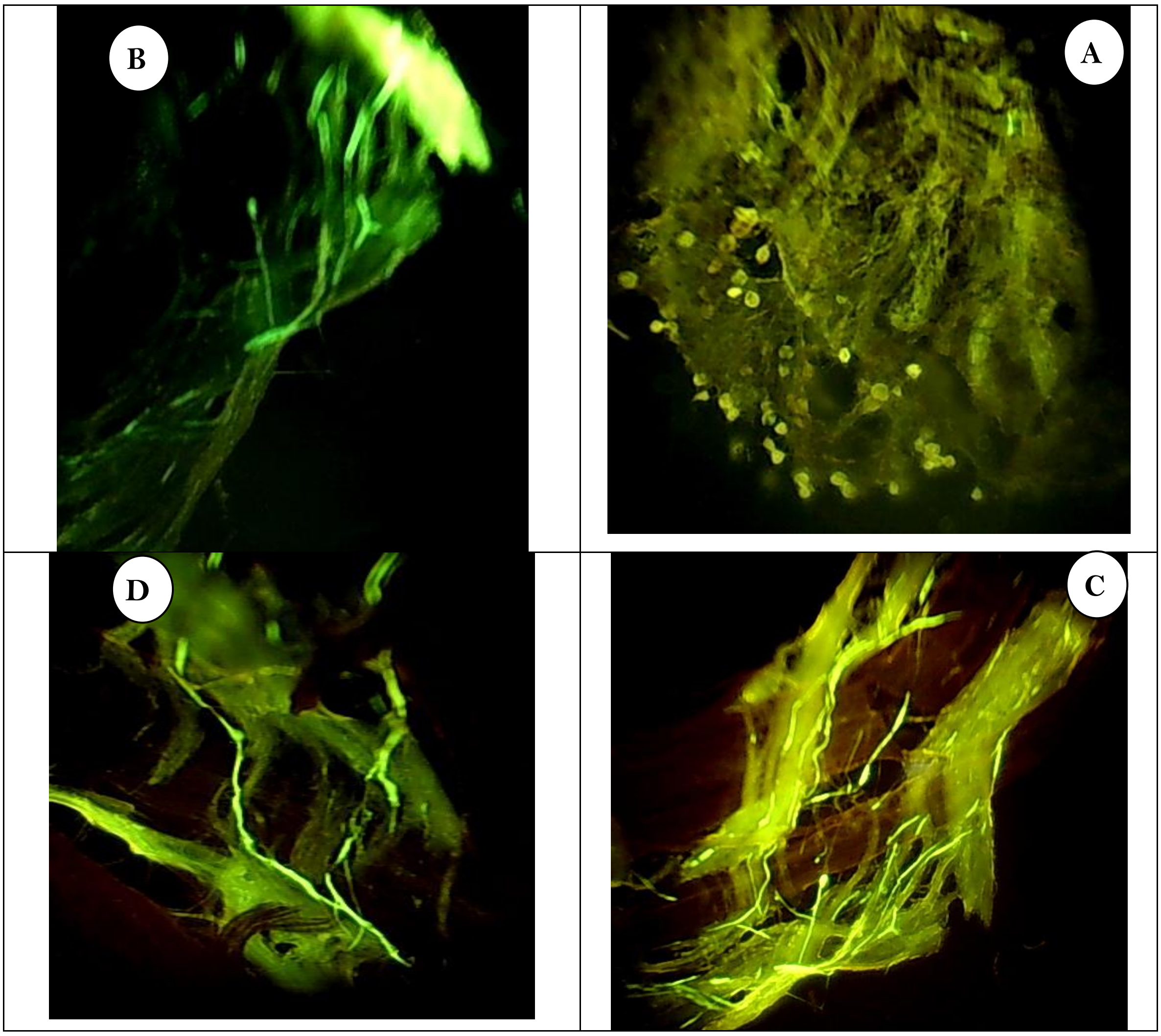
**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

**: Significant at 1% of probability level



شکل ۲- تعداد لوله گرده در قسمت‌های مختلف خامه در تلاقی‌ها

Figure 2- Pollen tube number in different parts of the pistils in crosses. (DMRT, *p≤0.01*)



شکل ۳- سطح کلاله (a)، اول خامه (b)، وسط خامه (c) و اول تخمدان (d) در تلاقی رقم 'متئور' با گرده ژنوتیپ ۱

Figure 3-A) Stigma surface, B) upper part of style, C) middle of style and D) ovary beginning, respectively in cross between 'Meteore' with pollen of genotype 1

جدول ضرایب همبستگی جدول ۵ بین درصد جوانه زنی دانه گرده در سطح کلاله و تعداد لوله گرده در قسمت-های مختلف خامه و تخمدان نشان داد که ضریب همبستگی بین (۰/۳۶ – ۰/۸۳) بود. همبستگی مثبت و بالایی بین آنها وجود داشت و بیشترین همبستگی بین تعداد گرده در وسط خامه و تعداد لوله گرده در ابتدای تخمدان (۰/۸۳) وجود داشت و کمترین همبستگی (۰/۳۶) بین درصد جوانه‌زنی گرده در سطح کلاله و تعداد لوله گرده در انتهای خامه وجود داشت. به عبارتی تعداد لوله گرده در وسط تخمدان بیشترین اثر در سازگاری گرده با مادگی را دارد.

نتایج واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز

آغازگرهای دیجنریت اینترون اول (-PaConsI-F/EM PC1consRD)، در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها دو آلل ناسازگاری را تکثیر کردند. هیچ آللی از رقم مجارستانی توسط این آغازگرها تکثیر نشد و فقط در ژنوتیپ یک سه آلل تکثیر شد. اندازه نوارها اکثراً کوچکتر از ۵۰۰ جفت باز بود که در محدوده ۱۰۰۰–۲۵۰ جفت باز بودند (جدول ۴). بطور کلی اندازه نوارهای حاصل از تکثیر آلل‌ها با استفاده از این آغازگرها خیلی نزدیک به هم بودند (شکل ۴)، لذا تخمین و تعیین آلل‌های خودناسازگاری مشکل بود. در این پژوهش آغازگرهای دیجنریت اینترون اول، در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها دو آلل S خودناسازگاری تکثیر کردند. هر چند که در برخی سه آلل تکثیر شده بود ولی در هیچکدام همه چهار آلل آلبالو تکثیر نشده است و این نشانگر عدم توانایی این آغازگرها در تکثیر آلل چهارم بود. این نتایج با گزارش نتایج اورتگا و همکاران (۲۳) مطابقت داشت.

جدول ۵- ضرایب همبستگی مربوط به گرده و لوله گرده در خامه و تخمدان تلاقی‌ها

Table 5- Correlation value among pollen number and germination percentages and tube numbers in different parts of styles and ovary in crosses

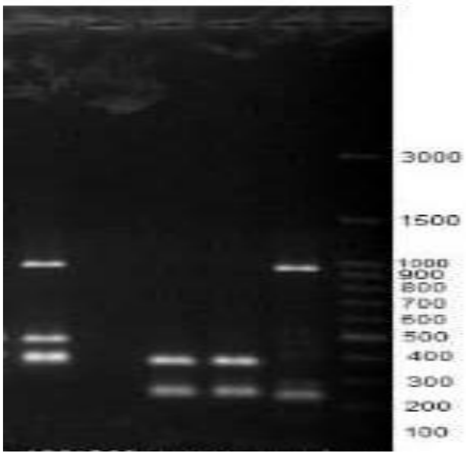
	تعداد گرده Pollen number	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	ابتدای خامه Style begin	وسط خامه Style middle	انتهای خامه Style end
درصد جوانه‌زنی Germination percentage	0.78**				
ابتدای خامه Style begin	0.74**	0.61**			
وسط خامه Style middle	0.73**	0.41**	0.82**		
انتهای خامه Style end	0.63**	0.36**	0.69**	0.78**	
تخمدان Ovary	0.54**	0.52**	0.67**	0.83**	0.76**

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

**: Significant at 1% of probability level.

برخلاف آغازگرهای دیجنریت اینترون اول، آغازگرهای اینترون دوم (EM-PC1consRD/EM-PC2consFD)، در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها دو آلل ناسازگاری را تکثیر کردند که کوچکتر از ۱۰۰۰ جفت باز داشتند. اندازه نوارهای حاصل از تکثیر آلل‌ها با استفاده از این آغازگرها برخلاف آغازگرهای دیجنریت اینترون اول خیلی نزدیک به هم نبوده و تفاوت زیادی داشتند، لذا تخمین و تعیین آلل های خودناسازگاری در آنها در مقایسه با آغازگرهای قبلی راحت‌تر بود. در این پژوهش آغازگرهای دیجنریت اینترون دوم، در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها دو آلل S خودناسازگاری تکثیر کردند. در هیچکدام همه چهار آلل آلبالو تکثیر نشده است و این نشانگر عدم توانایی این آغازگرها در تکثیر آلل چهارم بود.

جفت آغازگر (EM-Pc2consFD&EM-Pc3consRD)، در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها سه آلل ناسازگاری را تکثیر کردند. ولی اندازه نوارها اغلب شبیه آغازگرهای اینترون اول بودند. بطور کلی اندازه نوارهای حاصل از تکثیر آلل‌ها با استفاده از این آغازگرها نیز خیلی نزدیک به هم بودند (جدول ۴)، لذا تخمین و تعیین آلل‌های خودناسازگاری مشکل بود. در این پژوهش آغازگرهای دیجنریت اینترون اول، در اکثر ارقام و ژنوتیپ‌ها دو آلل S خودناسازگاری تکثیر کردند. هر چند که در برخی سه آلل تکثیر شده بود ولی در هیچکدام همه چهار آلل آلبالو تکثیر نشده است و این نشانگر عدم توانایی این آغازگرها در تکثیر آلل چهارم بود.



شکل ٤- تکثیر آلل‌ها خودناسازگاری ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه آلبالو با استفاده از آغازگرهای PaConsI-F/EM-PC1consRD

چاهک‌های روی ژل از راست به چپ به ترتیب شامل 'متئور'، 'مونت مورنسی'، 'محلی'، 'مجارستانی' و ژنوتیپ یک می‌باشند.

Figure 4- S alleles amplified by PaConsI-F/EM-PC1consRD in the studied sour cherry cultivars and genotypes

Cultivars argument are 'Meteor', 'Mont Morency', 'Mahalli', 'Majarestani' and Genotype 1 from right to left.

با توجه به نتایج مربوط به درصد تشکیل میوه، تعداد لوله گرده در قسمت‌های مختلف خامه و نوارهای مربوط به آلل‌های ناسازگاری مشاهده شد که هیچ نوع ناسازگاری در بین ارقام و ژنوتیپ مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود و نتایج هر سه روش همدیگر را تایید می کنند. بنابراین، این گیاهان بدون مشکل گرده‌افشانی، لقاح و تشکیل میوه در احداث باغات آلبالو می‌توانند بعنوان گرده‌زای مناسب برای همدیگر کشت شوند.

مطابق نتایج بدست آمده در این مطالعه؛ لانساری و آیزونی (۱۵)، برای اولین بار با مطالعه روند رشد لوله گرده در خامه با میکروسکوپ فلورسنت در تلاقی‌های دی‌آلل بین ارقام Tschrnokoka، Crisana، Meteore و Montmorency آلبالو و دو رقم ناسازگار گیلاس گزارش نمودند که برخی نتاج حاصل از تلاقی‌های ارقام خودبارور؛ خودناسازگاری نشان می‌دهند و این نشانگر این است که والدین این نتاج حامل تعداد زیادی آلل ناسازگاری فعال هستند که قبلا مورد توجه قرار نگرفته‌اند. همچنین، ایشان در این مطالعه ثابت نمودند که ارقام Tschrnokoka و Crisana خودناسازگار هستند ولی ارقام Meteore و Montmorency حالت نیمه خودناسازگاری دارند. پدیده متفاوتی که آنها گزارش کردند این بود که در مطالعه آنها توقف رشد لوله‌گرده در ارقام خودناسازگار گیلاس در خامه صورت گرفت. ولی در ارقام خودناسازگار آلبالو لوله‌های گرده در ابتدا سرعت رشد بالا و مشابه ارقام خودبارور داشتند ولی ۷۲ ساعت بعد از گرده‌افشانی لوله‌ها در خامه چند شاخه شده و جهت رشد آنها برعکس و به سمت کلاله برمی‌گردند. البته سرعت رشد لوله‌گرده در رقم مونت مورنسی بالاتر از متئور بود. سرعت رشد لوله های گرده گیلاس در خامه آلبالو بیشتر از سرعت رشد لوله‌های گرده خود آلبالو بود که این نتایج در مطالعه حاضر نیز مشاهده گردید.

جدول ٤- آلل‌های ناسازگاری تکثیر شده با جفت آغازگرها بر اساس اندازه نوارها (جفت باز)

Table 4- S alleles amplified with primers based on band size (base pair)

جفت آغازگرها **Primer pairs**	'متئور' **'Meteore'**	'مونت مورنسی' **'Montmorency'**	'محلی' **'Mahalli'**	'مجارستانی' **'Majarestani'**	ژنوتیپ ۱ **Genotype 1**
PaConsI-F/EM-PC1consRD	280/1000	290/370	295/380	-	370/440/500
EM-PC1consRD/EM-PC2consFD	1100/1300	800/1000	900/1200	1150/1250	1100
EM-Pc2consFD&EM-Pc3consRD	1050/890/620	600/700/880	950	490/680	570/870/1100

توبوت و همکاران (۳۸)، در ایستگاه ایست مالینگ انگلستان؛ سازگاری ۳۶ جمعیت از رقم Crisana (Kros) را با استفاده از استخراج و الکتروفورز پروتئین‌های خامه و PCR مطالعه کرده و گزارش نمودند که در زیموگرام حاصل از الکتروفورز پروتئین‌های خامه در بیشتر نتاج سه نوار و در برخی دو و در برخی چهار نوار وجود داشت که هر کدام از آنها نشانگر یک آلل ناسازگاری می‌باشند که با PCR ثابت گردید.

لایسک و همکاران (۱۹)، آلل‌های ناسازگاری ۲۱ رقم از نقاط مختلف اروپا را از طریق تکثیر اینترون‌های اول و دوم ژن SRNase شناسایی کرده و ۱۵ آلل ناسازگاری شامل S1، 'S1، S4، S6، S6m، S9، S12، S13، 'S13، S26، S35، S36a، S36b و S36bc بودند بیشترین فراوانی مربوط به آلل S13 بود. همچنین، از بین ۲۱ رقم مورد مطالعه ۱۷ رقم خودبارور بودند. نتایج حاصل از این مطالعه باعث شد که در احداث باغات آلبالوی جدید در اروپا انتخاب ارقام گرده‌زا با دقت بیشتری صورت گیرد. در مطالعه حاضر بیشترین فراوانی مربوط به اندازه نوار ۱۰۰۰ جفت باز بود.

تاکنون ۱۲ آلل ناسازگاری فعال و نه آلل ناسازگاری غیر فعال در آلبالو شناسایی شده‌اند که آلل‌های ناسازگار فعال شامل S1، S4، S6، S9، S12، S13، S14، S15، S26، S33، S34، و S35 هستند و آلل‌های ناسازگار غیر فعال شامل 'S1، S6m، S6mc، 'S13، S13m ، S36a، S36b، S36bc و S36b3 هستند. باید ذکر شود که آلل‌های ناسازگاری غیر فعال با پسوند پریم یا ام انگلیسی مشخص می‌شوند. و اکثر آنها از گونه *P. froticosa* به ارث رسیده اند (۱۱، ۳۰ و ۳۲). برخی از آلل‌های فوق در گیلاس نیز شناسایی شده‌اند و این نشانگر این است که این آلل‌ها از گیلاس به آلبالو منتقل شده‌اند. چون آلبالو دورگ بین گیلاس و گونه *P. froticosa* می‌باشد. همچنین، آلل‌های ناسازگار غیر فعال در آلبالو در گیلاس فعال هستند و این هم نشانگر این است که تتراپلوئید شدن آلبالو باعث غیر فعال شدن آلل‌های ناسازگاری در آلبالو شده است. بطور کلی پلی‌پلوئیدی باعث از بین رفتن خودناسازگاری گامتوفیتیک می-شود. همچنین، افزایش یا کاهش ناگهانی دما باعث غیر فعال شدن آلل‌های ناسازگاری می‌شود. شاید در برخی سال‌ها که پس از سرمای دیرسر بهاره در برخی درختان میوه خودناسازگار مثل بادام، گیلاس و آلبالو میوه محدودی تشکیل می شود همین پدیده باشد.

چهار آلل ناسازگاری شامل Sa، Sb، Sc و Sd در گونه *P. froticosa* شناسایی شده‌اند که اخیراً این آلل‌ها با نام‌های S26، S33، S35، S36a، S36b، S36b2 و S36b3 مشهور هستند (۱۳). همچنین، یامانه (۳۶)، گزارش کرد که در همه ارقام آلبالو (خودبارور و خود نابارور) حداقل یک آلل فعال ناسازگاری گیلاس وجود دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها در مطالعات مربوط به درصد تشکیل میوه و روند نفوذ لوله گرده به سمت تخمدان بهترین تلاقی 'محلی' X 'مونت مورنسی' بود که درصد تشکیل میوه همچنین، تعداد لوله گرده در قسمت‌های مختلف خامه و تخمدان در آنها بیشتر از سایر تلاقی‌ها بودند. این نتایج نشانگر سازگاری بهتر و اثر مثبت گرده رقم محلی روی رقم مجارستانی است که این رقم اکثر درختان تحت کشت باغات آلبالو در ایران را تشکیل می‌دهد و رقم محلی می‌تواند بعنوان بهترین گرده‌زا برای آن در نظر گرفته شود. همچنین، تکثیر آلل‌های ناسازگاری توسط آغازگرهای دیجنریت جنس *Prunus* نشان داد که هر جفت آغازگر حداکثر سه نوار مربوط به آلل‌های ناسازگاری را تکثیر نمود و هیچکدام از جفت آغازگرها نتوانستند هر چهار آلل ناسازگاری را تکثیر کنند. بطور کلی، با توجه به اینکه در هیچکدام از پنج رقم و ژنوتیپ همه چهار آلل باهم یکسان نبودند نشانگر تایید نتایج مربوط به تشکیل میوه و روند رشد لوله گرده و نهایتاً سازگاری بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود که در نتیجه می‌توان بدون هیچ محدودیتی این ارقام را بعنوان گرده‌زای مناسب همدیگر در احداث باغات آلبالو باهم کشت نمود. همچنین، با توجه به اهمیت پرورش آلبالو و تولید و ورود ارقام جدید آن جهت اطمینان از گرده‌افشانی و تشکیل میوه بهتر است که از روش نوین مولکولی جهت شناسای روابط سازگاری آنها استفاده نمود.

منابع

1- Atlagić J., Terzić S., and Marjanović-Jeromela A. 2012. Staining and fluorescent microscopy methods for pollen viability determination in sunflower and other plant species. Industrial crops and products 35(1): 88-91.

2- Ayanoglu H., Bayazit S., Inan G., Bakir M., Akpinar AE Kazan K., and Ergul A. 2007. AFLP analysis of genetic diversity in Turkish green plum accessions (*Prunus cerasifera* L.) adapted to the Mediterranean region. Scientia Horticulterae 114: 263-267.

3- Chen X., Huairui Shu., and Xuesen Chen. 2004. Studies on self--incompatibility in stone fruit trees. Chinese Bulletin of Botany 21: 755-764.

4- Cropotova J., Tylewicz U., Cocci E., Romani S., and Dalla Rosa M. 2016. A novel fluorescence microscopy approach to estimate quality loss of stored fruit fillings as a result of browning. Food Chemistry 194: 175-183.

5- Dafni Amots., Michael Hesse., and Ettore Pacini. 2012. Pollen and pollination: Springer Science & Business Media.

6- Eftekhari M., and Sharafi Y. 2020. Microscopic study of fertilization and fruit set in apricot cultivars sprayed by zinc. Journal of Horticultural Plant Nutrition 2: 1-14.

7- Eftekhari M., and Sharafi Y. 2020. Microscopic study of the effect of Boron foliar application on pollen tube penetration and fruit set in apricot cultivars. Journal of Horticultural Plant Nutrition 3: 119-130.

8- Fahrni C.J. 2007. Biological applications of X-ray fluorescence microscopy: exploring the subcellular topography and speciation of transition metals. Current Opinion in Chemical Biology 11(2): 121-127.

9- FAO. 2018. FAO statistical database. http://apps.fao.org.(visited 10 january 2018)

10- Gu Chao., J Wu., Y-H Du., Y-N Yang., and S-L Zhang. 2013. Two different *Prunus* S fb alleles have the same function in the Self-incompatibility reaction. Plant Molecular Biology Reporter 31(20): 425-34.

11- Gu Chao, Jun Wu., Shu-Jun Zhang., Ya-Nan Yang., Hua-Qing Wu., M Awais Khan., Shao-Ling Zhang, and Qing-Zhong Liu. 2011. Molecular analysis of eight S fb alleles and a new S fb-like gene in *Prunus Pseudocerasus* and *Prunus* speciosa. Tree genetics & Genomes 7(5): 891-902.

12- Halasz J., Hegdus A. and pedryec A. 2006. Review of the molecular background of self-incompatibility in Rosaceae fruit trees. Journal of Horticultural Sciences 12: 7-19.

13- Hauk N., Yamane H., Tao R. and Iezzoni A.F. 2002. Self-compatibility and incompatibility in tetraploid sour cherry (*Prunus cerasus* L.). Sex Plant Reproduction 16: 14-19.

14- Hegedűs A., Lénárt J., and Halász J. 2012. Sexual incompatibility in Rosaceae fruit tree species: Molecular interactions and evolutionary dynamics. Biologia Plantarum 56(2): 201-09.

15- Hegedus A., Szabo Z., Nyeki J., Halasz J. and Pedryec A. 2006. Molecular analysis of S-haplotypes in peach, a self-compatible *Prunus* species. Journal of American Society. Horticultural Sciences 131: 738-743.

16- Kubitscheck U. 2017. Fluorescence microscopy: from principles to biological applications: John Wiley & Sons.

17- Lansari A., and Iezzoni A. 1990. A preliminary analysis of self incompatibility in Sour cherry, Hortscience 25(12): 1636-1638.

18- Lech W. and Tylus K. 1983. Pollination, fertilization, and fruit set of some sour cherry varieties. Acta Horticulturae 139: 33–39.

19- Lisek A., Danuta Kucharska, Agnieszka Głowacka., and Elżbieta Rozpara. 2017. Identification of S-haplotypes of European cultivars of sour cherry, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 34(12): 163-168.
20- Losada J.M. and Herrero M. 2014. Glycoprotein composition along the pistil of (Malusdomestica) and the modulation of pollen tube growth. BMC Plant Biology 14(1): 1-7.
21- Mable B.K. 2004. Polyploidy and self-compatibility: Is there an association? New Phytologist 162: 803–811.
22- Makovics-Zsohár N., and Halász J. 2016. Self-incompatibility system in polyploid fruit tree species- A review, The International Journal of Plant Reproductive Biology 8(1): 24-33.
23- Mularczyk-Oliwa M., Bombalska A., Kaliszewski M., Włodarski M., Kopczyński K., Kwaśny M., Szpakowska M., and Trafny E.A. 2012. Comparison of fluorescence spectroscopy and FTIR in differentiation of plant pollens. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 97: 246-254.
24- Nathanael R., Hauck, Hisayo Yamane, Ryutaro Tao., and Amy F. Iezzoni. 2006. Accumulation of nonfunctional S-haplotypes results in the breakdown of gametophytic Self-incompatibility in tetraploid *Prunus*. Genetics Society of America 172: 1191–1198.
25- Ortega E., Martinez-Garca P., Dicenta F., Boskovic R. and Tobutt K.R. 2002. Study of self-compatibility in almond progenies from self-fertilization by florescence microscopy and stylar ribonuclease assay. Acta Horticulturae 591: 229-232.
26- Radunić M., Jazbec A., Ercisli S., Čmelik Z., and Ban S.G. 2017. Pollen-pistil interaction influence on the fruit set of sweet cherry. Scientia Horticulturae 224: 358-366.
27- Sabbaghpoor Heris J., Sharafi Y., and Buzari B. 2020 Investigation of the Compatibility among some Sour Cherry Cultivars and Genotypes in Iran. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21(1): 47–58.
28- Salesses G., and Bonnet A. 1994. Citological studies of tetra-, hepta-, and octoploid interspecific hybrids between *P. cerasifera, P. spinosa and P. domestica.* Acta Horticulturae 359: 26–32.
29- Schneckenburger H. 2005. Total internal reflection fluorescence microscopy: technical innovations and novel applications. Current Opinion in Biotechnology 16(1): 13-18.
30- Sedgley M. 1990. Flowering of deciduous perennial fruit crops. Horticultural Reviews 12: 223-264.
31- Sharafi Y. 2019. Effects of zinc on pollen gamete penetration to pistils in some apple crosses assessed by fluorescence microscopy. Caryologia 72: 63-73.
32- Sharafi Y., and Raina M. 2020. Effect of boron on pollen attributes in different cultivars of *Malus domestica* L. National Academy Science Letters 43(4): 399-403.
33- Sharafi Y., Talebi S.F., and Talei D. 2017. Effects of heavy metals on male gametes of sweet cherry. Caryologia 70: 166-173.
34- Sharafi Y., Talebi S.F., and Talei D. 2017. Effects of heavy metals on male gametes of sweet cherry, Caryologia 70: 166-173.
35- Sutherland Bruce G., Kenneth R., Tobutt, and Timothy P Robbins. 2008. Trans-specific S-Rnase and S fb alleles in *Prunus* Self-incompatibility haplotypes. Molecular Genetics and Genomics 279(95): 65-78.
36- Tao Ryutaro, Akiko Watari., Toshio Hanada., Tsuyoshi Habu., Hideaki Y., Masami Y., and Hisayo Y. 2007. Self-compatible peach (*Prunus Persica)* has mutant versions of the S haplotypes found in Self-incompatible *Prunus* Species. Plant Molecular Biology 63(1): 109-23.
37- Tatsuya Tsukamoto., Nathanael R., Hauck, Ryutaro Tao, Ning Jiang and Amy Iezzoni F. 2010. Molecular and genetic analyses of four nonfunctional S haplotype variants derived from a common ancestral S haplotype identified in sour cherry (*Prunus cerasus* L.). Genetics Society of America 184: 411–427.
38- Tobutt K.R., Boskovic R., Cerovic´·R., Sonneveld T., and Rusic D. 2004. Identification of incompatibility alleles in the tetraploid species sour cherry. Theor Appl Genet 108: 775–785.
39- Tsukamoto T., Hauck N.R., Tao R., Jiang N., and Iezzoni A. F. 2006. Molecular characterization of three nonfunctional haplotypes in sour cherry (*Prunus cerasus*). Plant Molecular Biology 62: 371–383.
40- Tsukamoto T., Hauck N.R., Tao R., Jiang N., and Iezzoni A.F. 2008. Genetic and molecular characterization of three nonfunctional haplotypes in sour cherry (*Prunus cerasus*). Journal of Experimental Botany 59(11): 3169-3185.
41- Tsukamoto T., Hauck N.R., Tao R., Jiang N., and Iezzoni A.F. 2008. Molecular and genetic analyses of four nonfunctional S haplotype variants derived from a common ancestral S haplotype identified in sour cherry (*Prunus cerasus* L.). Genetics Society of America 411-427.
42- Yamane H., Kazuo Ikeda., Nathanael R., Hauck, Amy F. Iezzoni and Ryutaro Tao. 2003. Self-incompatibility (S) locus region of the mutated S6-haplotype of sour cherry (*Prunus cerasus*) contains a functional pollen S allele and a non-functional pistil S allele. Journal of Experimental Botany 54(392): 2431-2437.
43- Yeloff D., and Hunt C. 2005. Fluorescence microscopy of pollen and spores: a tool for investigating environmental change. Review of Palaeobotany and Palynology 133(3): 203-219.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 427-438
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۳۸-۴۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Compatibility Relationships of some Sour Cherry Cultivars and Genotypes Using PCR and Florescence Microscopy

A. Joulani[1]- Y. Sharafi[2*]- J. Sabbaghpour Heris[3]
Received: 09-04-2019
Accepted: 22-09-2020

Introduction: Sour cherry (*Prunus cerasuc* L.) is one of the most important stone fruit of Rosaceae family which have a high nutritional value. Based on FAO statistics, Iran was ranked the 3rd to 6th among the main sour cherry producer countries in the world. Most of the sour cherry cultivars are self-compatible, but self-incompatible cultivars have been reported currently. Allotetraploidy of sour cherry complicates the self-incompatibility segregation in the progeny, so this studies have been less accomplished in Iran. The sour cherry is an allotetraploid species which possibly stand up as a result of usual hybridization between the dwarf cherry *P. fruticosa* and sweet cherry *P. avium*. Similar to other species of the *Prunus*, the phenomenon of gametophytic self-incompatibility (GSI) happens in sour cherry. It prevents self-fertilization and facilitate fertilization with pollen of other genotypes within same species. Self-incompatibility consists of arresting pollen-tube growth in the pistil if the pollen tube contains the same S-allele that is present in the pistil. The phenomenon of self-incompatibility in plants of Rosaceae family is controlled by two genes at the S-locus. The specificity of the pistil is encoded by a gene responsible for the synthesis of the ribonuclease protein (S-RNase), whereas the specificity of the pollen is controlled by the gene encoding an F-box protein (S-haplotype-specific F-box protein – SFB) 3a). The tightly linked genetic unit of the pistil S-allele (SRNase) and pollen S-allele is called S-haplotype.

Materials and Methods: In the present study, pollen-pistil compatibility relationships among some sour cherry cultivars and selected genotypes were investigated by controlled pollination and pollen tube penetration by fluorescence microscopy. Cultivars were include ‘Meteor’, ‘Mont Morency’, ‘Majarestani’ and ‘Mahalli’ so, genotype1 were selected. After controlled pollination fruit setting was studied and the pollen tubes growth along the style was studied using fluorescent microscope. Crosses were selected based on synchronized flowering time among cultivars and genotypes and included ‘Mont Morency’ × ‘Meteor’, ‘Meteor’ × ‘Mahalli’, ‘Meteor’ × ‘Majarestani’, ‘Meteor’ × ‘Genotype 1’, ‘Mont Morency’ × ‘Mahalli’, ‘Mont Morency’ × ‘Majarestani’, ‘Mont Morency’ × ‘Genotype 1’, ‘Mahalli’ × ‘Majarestani’, ‘Mahalli’ × ‘Genotype 1’ and ‘Majarestani’ × ‘Genotype 1’, respectively**.**

For each cross, 2 branches were randomly selected in female cultivars in winter. On each branch, including 30 floral buds at ‘balloon stage’ were tagged and bagged to prevent the entrance of any foreign pollen. On the day of anthesis, ready-to-dehisce anthers were collected from male cultivar, maintained on a moist filter paper in petri plates at 4 ºC in refrigerator till they dehisce. Pollens from these anthers were used as a source of male gametes later. Once stigma turned receptive, cross-pollination treatments were carried out in the field as designed scheme for 12 successive days. After every 24 hrs. up to 120 hrs. post-pollination, 12 pistils per treatment were fixed in FAA (formaldehyde/glacial acetic acid/70% alcohol in the ratio of 1:1:18) for 24 hrs. Followed by washings with water to remove traces of alcohol, if any, and cleared in 5% KOH at 60 ºC for fluorescence microscopy. Staining regime, as described in Sabbaghpour *et al.* (2020) the number of pollen tubes in the upper and mid-parts of the style and in the ovary was employed to enable visualization of the pollen germination on the stigma. Percentage of pollen germination was determined as the proportion of pollen grains that germinated on the stigma to the total number present on a scale of 100. Pollen tube number at three levels was calculated as an average of 5 (n=10). For an easy understanding of growth pattern of pollen tubes inside the style and ovary, the stylar portion, which measures 1.8 ± 0.07 cm on an average, was divided into two parts: the middle and the base. A single, longitudinal incision was then carefully given on one portion of the style using a fine needle and made wide open. Pollen tubes inside the style were critically observed under fluorescence microscope at 100x magnification. Number of them was carefully recorded and data generated for different experimental sets.

Results and Discussion: Results showed that maximum pollen tube number penetrated to the ovary and final fruit set were observed in cross ‘Mahalli’×‘Majarestani’. Also, minimum pollen tube in the ovary and final fruit

1, 3 and 2- M.Sc. Students of Pomology and Assistant Professor, Departement of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: y.sharafi@shahed.ac.ir)

set were observed in ‘Meteor’×‘Mahalli’ and ‘Meteor’×‘Genotype 1’ crosses.

Conclusion: Based on the obtained results cross-incompatibility was not observed among the studied cultivars and genotypes. Therefore, they could be planted in the sour cherry breeding programs and orchards establishment based on their blooming time.

Keywords: Florescent microscopy, Pollen, Pollination, Self-incompatibility, Sour cherry

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 439-450
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۵۰-۴۳۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر گرده‌افشانی مصنوعی گرده اینتگریما بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه پسته رقم فندقی (*Pistachio vera* L.) در استان خراسان

حسن فرهادی[1*]- محمد مهدی شریفانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۹

چکیده

درختان پسته دوپایه هستند و گرده‌افشانی به منظور پر کردن مغز میوه ضروری است. به منظور بررسی اثر گرده‌افشانی مصنوعی گرده اینتگریما با استفاده از دو روش اسپری و قلم مو بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه پسته رقم فندقی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یکی از باغ‌های پسته آستان قدس رضوی واقع در شهرستان بردسکن در سال ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو روش گرده‌افشان اسپری و استفاده از قلم مو با پنج ترکیب آرد- گرده و سه تکرار بودند. نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد که استفاده از گرده آزاد گونه اهلی اثرات مثبت معنی‌داری بر اکثر صفات نسبت به سایر تیمارهای گرده گونه اینتگریما دارد و به میزان زیادی تعیین کننده تشکیل میوه در پسته است. البته تیمار IF4 (۰/۵ گرم گرده اینتگریما+ ۰/۲۵ گرم آرد) در صفت ریزش نهایی میوه با میانگین ۷/۵۰ درصد افزایش کمتری از لحاظ این صفت را در بین سایر تیمارهای آرد- گرده نسبت به شاهد نشان داد. همچنین در ارتباط با صفت خندانی در تیمار IF4 به میزان ۹/۳۹ درصد نسبت به شاهد افزایش مشاهده شد در حالی‌که در تیمارهای IF1 (۲ گرم گرده اینتگریما+ ۰/۲۵ گرم آرد)، IF2 (۱/۵ گرم گرده اینتگریما+ ۰/۲۵ گرم آرد)، IF3 (۱ گرم گرده اینتگریما+ ۰/۲۵ گرم آرد) به ترتیب ۴۲/۲۱، ۳۶/۶۳، ۱۷/۴۹ درصد کاهش خندانی نسبت به شاهد مشاهده شد. در ارتباط با صفت پوکی تیمار IF4 با میانگین ۵/۲۹ درصد کاهش کمتری از لحاظ این صفت را نسبت به شاهد نشان داد در حالی‌که در تیمارهای IF1، IF2، IF3 به ترتیب ۴۷/۳۸، ۳۸/۰۸، ۲۷/۶۵ درصد افزایش پوکی نسبت به شاهد مشاهده شد. طبق نتایج روش گرده‌افشان اسپری نسبت به روش گرده‌افشان قلم مو در صفات مرحله دوم تشکیل میوه، مرحله نهایی تشکیل میوه، وزن تازه میوه، وزن تازه مغز و خندانی به ترتیب ۱/۴۵، ۱۱/۰۸، ۱/۱۵، ۶/۶۶، ۷/۹۳ درصد افزایش و در ارتباط با صفات ریزش میوه و پوکی به ترتیب ۱/۰۴ و ۱۱/۸۳ درصد کاهش نشان داد. در بررسی اثر متقابل روش گرده‌افشان × ترکیب آرد- گرده، روش گرده‌افشان اسپری در تیمار IF4 در صفات مرحله دوم و مرحله نهایی تشکیل میوه به ترتیب با میانگین ۲۸/۹۷، ۶۳/۴۱، ۴۱/۱۳ درصد نسبت به سایر تیمارها کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان داد. همچنین در ارتباط با صفت پوکی در تیمار IF4 در روش گرده‌افشان اسپری ۴۱/۱۳ درصد نسبت به شاهد کاهش مشاهده شد در حالی‌که سایر تیمارها نسبت به شاهد از لحاظ این صفت افزایش نشان دادند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد بتوان با استفاده از تیمار IF4 در روش گرده‌افشان اسپری تا حدودی باعث افزایش برخی صفات مانند خندانی و کاهش پوکی در باغ‌های پسته شد.

واژه‌های کلیدی: پسته، پوکی، تلاقی کنترل‌شده، خندانی

مقدمه

ایران به عنوان بزرگترین کشور تولید کننده و صادر کننده پسته (*Pistacia vera* L.) در میان کشورهای مهم تولید کننده پسته در جهان از جمله آمریکا، ترکیه، ایتالیا و یونان می‌باشد. به دلیل طبیعت دگر گرده‌افشان پسته دست‌یابی به عملکرد بالا در گرو ایجاد شرایط محیطی کاملا مناسب و باروری بالای گل‌های ماده است (۳). از آنجایی که بخش خوراکی و قابل مصرف این میوه مغز آن می‌باشد و برای تشکیل مغز، گرده‌افشانی و تلقیح ضروری است. بنابراین در رابطه با تشکیل میوه، گرده‌افشانی و تلقیح نسبت به بسیاری از میوه‌ها اهمیت بیشتری دارد (۱۶).

برای گرده‌افشانی مطلوب وجودی تعدادی درخت نر در باغ الزامی است و باید نسبت مشخصی از درختان نر و ماده در باغ وجود داشته باشد. در پسته بهترین زمان گرده‌افشانی دو روز بعد از باز شدن گل‌ها

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: farhadi.hassan66@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.82663

تعیین شده است و مشخص شده است که گرده‌افشانی قبل و بعد از این دوره، موجب کاهش تشکیل میوه و بذر می‌شود (۶). از طرفی گیاهان بخاطر اینکه کم‌تحرک هستند، بنابراین باید از عوامل دیگر مانند باد، حشرات و عوامل دیگر برای گرده‌افشانی استفاده شود (۱۸). بنابراین مدیریت گرده‌افشانی و انجام گرده‌افشانی مصنوعی مورد نیاز است (۱۱).

بنابراین استفاده از روش‌های مصنوعی گرده‌افشانی مانند گرده‌افشانی با دست، گرده پاش‌ها، محلول‌پاشی و بارور کردن دانه گرده (الکترواستاتیک) از اهمیت خاصی برخوردار است. با استفاده از این روش‌ها می‌توان توانایی صنعت پسته کشور را در زمینه رقابت با دیگر کشورها از نظر عملکرد و کیفیت مطلوب تضمین نمود. بر اساس آزمایشات انجام شده، نشان داده شده است که با استفاده از این روش‌ها در کنار گرده‌افشانی طبیعی اثرات مثبتی بر روی صفاتی مانند درصد میوه‌های بارور شده، میزان نهایی تشکیل میوه و در نهایت عملکرد و بارآوری درختان تأثیر مثبت داشته و درصد پوکی نیز به میزان قابل توجهی کاهش یافته است (۳). لذا استفاده از این روش‌ها برای گرده‌افشانی مصنوعی باغات پسته مناسب به نظر می‌رسد. از طرفی گرده‌افشانی مصنوعی راه حل موقتی برای مواقعی است که گرده‌افشانی طبیعی کافی نباشد (۲). قابل ذکر است که گرده‌افشانی مصنوعی سه مرحله دارد: ۱- جمع‌آوری گرده ۲- ذخیره‌سازی گرده ۳- قرار دادن گرده بر روی کلاله (۱۹). اکثر درختان نر زودتر از درختان ماده گل می‌دهند و معمولا گرده خود را زمانی آزاد می‌کنند که درختان ماده آمادگی ندارند.

در پژوهشی ریاضی و راحمی (۱۷) تأثیر پنج گرده مختلف را بر ویژگی‌های مغز و دانه سه رقم پسته مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که تلاقی بین‌گونه‌ای بین پسته اهلی با سایر گونه‌های پسته امکان‌پذیر می‌باشد. طبق نتایج آن‌ها زمانی که از گرده *P. mutica* به جای گرده *P. atlantica* استفاده شد تأثیرات بیشتری روی وزن مغز و شکوفایی پوست میوه مشاهده شد. در بین منابع گرده، گرده *P. vera* مغز بزرگتر و خندان‌تری را نشان داد. زراعتکار (۲۰) نیز در پژوهشی تأثیر سوسپانسیون دانه گرده غنی شده با عنصر بر، بر تشکیل میوه و کیفیت خشک میوه پسته رقم اوحدی در شرایط گرده‌افشانی کنترل‌شده را مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد که تیمار بوریک اسید ۰/۰۱ درصد به همراه دانه گرده ۰/۱ درصد، بالاترین درصد تشکیل میوه، خندانی و تعداد میوه در خوشه را نسبت به سایر محیط‌های سوسپانسیون تولید کرد. همچنین در پژوهشی برای گرده‌افشانی رقم سیریت (Sirit) از این روش استفاده شد. دانه گرده ارقام نر جمع‌آوری و بعد از گلدهی کامل، گل‌های ماده روی آن‌ها پاشیده شدند. نتایج نشان داد که تعداد میوه در خوشه و درصد میوه‌های پر افزایش و میزان میوه‌های پوک کاهش یافت. به علاوه گزارشی در مورد گرده‌افشانی مصنوعی گرده گونه اینتگریما با استفاده از دو روش اسپری و قلم مو بر خصوصیات کمی و کیفی میوه پسته رقم فندقی گزارش نشده است. گونه اینتگریما (*P. integerrima* S.) بخاطر اینکه دارای سرعت رشد بالایی نسبت به سایر گونه‌ها به ویژه گونه اهلی می‌باشد و سریع‌تر به مرحله باردهی می‌رسد بنظر می‌رسد بتوان از آن به عنوان یک والد پر رشد در تلاقی با پایه‌های متدوال در باغات پسته کشور بهره برد (۹).

مشکلاتی که باعث ناباروری و یا ریزش میوه در درختان میوه می‌شوند را می‌توان به اثرات متقابل والدین، فرآیندهای متفاوت فیزیولوژی تولید مثل و نیز شرایط محیط تقسیم کرد. واکنش اندام نر و ماده که منجر به عقیمی می‌شود، بیشتر در مراحل اولیه (قبل یا پس از تلقیح) نمایان می‌گردد. گاهی این مشکلات به صورت بی‌نظمی‌هایی در رشد و نمو تخمدان از زمان شروع باروری تا بلوغ بذر در گیاهان مختلف گزارش شده است. میکسل (۱۴) گزارش کرد که ناباروری در گیاه فیتولاکا ممکن است در حین تشکیل کیسه جنین و یا در زمان رشد اولیه جنین اتفاق بیافتد. در پسته مشکل ریزش اولیه میوه به مرگ تخمک قبل از زمان گرده‌افشانی و نیز نابودی کیسه جنینی پس از آن، نابودی اندام‌های تخمدان و جنین اولیه در مراحل مقدماتی رشد ذکر شده و این روند ادامه می‌یابد و می‌توان برخی از این مشکلات را در مراحل مختلف رشد نیز مشاهده کرد (۱۳). با توجه به مشکلات فوق الذکر و عدم همزمانی گرده‌افشانی در درختان پسته در بسیاری از مناطق کشور استفاده از گرده گونه اینتگریما که یکی از گونه‌های پر رشد، مقاوم به ورتیسیلیوم و بسیاری از خصوصیات خوب دیگر است ضرورت می‌یابد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثرات گرده‌افشانی مصنوعی والد نر گونه اینتگریما بر خواص بذر حاصل از تلاقی با رقم فندقی و هم چنین مقایسه آثار گرده گونه اینتگریما با گرده پسته اهلی در کمیت و کیفیت میوه و بذر پسته می‌باشد تا بتوان بر پاره‌ای از مشکلات فوق غلبه کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از باغ‌های پسته آستان قدس رضوی واقع در شهرستان بردسکن- شهر انابد واقع در ۲۹۷ کیلومتری شهر مشهد در سال باغی ۹۷- ۱۳۹۶ بر روی درختان ۱۴ ساله رقم پسته فندقی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل دو روش گرده‌افشان (اسپری و قلم مو) و پنج ترکیب آرد- گرده (جدول ۱) با سه تکرار بودند. درختان پسته رقم فندقی مورد آزمایش جهت رشد در فضای باغ به مختصات جغرافیایی "۴۸٬۰۱ °۵۷/۸۰ طول شرقی، "۱۴٬۲۱ °۳۵/۲۳ عرض شمالی و ارتفاع ۸۷۵ متر از سطح دریا قرار گرفته بودند.

جدول ۱- تیمارهای گرده‌افشانی مورد استفاده در پژوهش
Table 1- Used pollination treatments in this experiment

	میزان آرد و گرده اینتگریما Integerrima flour and pollen levels
Open pollination (Control)	گرده‌افشانی آزاد (شاهد)
IF1	۰/۵ سی‌سی آرد (۰/۲۵ گرم) + ۴ سی‌سی گرده اینتگریما (۲ گرم) 0.5 cc flour (0.25 g) + 4 cc integerrima pollen (2 g)
IF2	۰/۵ سی‌سی آرد (۰/۲۵ گرم) + ۳ سی‌سی گرده اینتگریما (۱/۵ گرم) 0.5 cc flour (0.25 g) + 3 cc integerrima pollen (1/5 g)
IF3	۰/۵ سی‌سی آرد (۰/۲۵ گرم) + ۲ سی‌سی گرده اینتگریما (۱ گرم) 0.5 cc flour (0.25 g) + 2 cc integerrima pollen (1 g)
IF4	۰/۵ سی‌سی آرد (۰/۲۵ گرم) + ۱ سی‌سی گرده اینتگریما (۰/۵گرم) 0.5 cc flour (0.25 g) + 1 cc integerrima pollen (0. 5 g)

I = Integerrima, F = Flour

هر تکرار یک درخت داشت و از هر درخت پنج شاخه که حداقل دارای سه تا چهار جوانه گل می‌باشد انتخاب شد و چهار شاخه از آن‌ها برای گرده‌افشانی کنترل شده و یک شاخه جهت کنترل منفی در نظر گرفته شد (شکل ۱). قبل از باز شدن کامل خوشه‌های گـل، بـر روی شاخه‌ها با الکل ۷۰ درصد اسپری شد تا از احتمال وجـود گـرده‌هـای ناخواسته جلوگیری گردد. شاخه‌ها به‌وسیله کیسه‌های دو لایه ململ به ابعاد ۴۵ ×۳۰ سانتی‌متـر پوشـانده شـد. در زمـان بسـتن کیسـه‌هـای عایق‌بندی، با توجه به رشد طولی جوانه انتهایی، حدوداً ۱۵سانتی‌متر از فضای انتهایی کیسه خالی در نظر گرفته شد. دانه‌های گرده درخت نر گونه اینتگریما به عنـوان والـد نـر از منطقـه ارزوئیـه اسـتان کرمـان جمع‌آوری و تا زمان آماده بودن والدهای ماده، گرده‌ها در دمـای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. بـه منظـور اطمینـان از گـرده‌افشـانی کنترل شده، در مرحله تورم جوانه، خوشه‌ها بـا کیسـه‌هـای پارچـه‌ای مناسب ایزوله گردید. بعد از انتقال گرده‌ها به محـل بـاغ در ادامـه بـا استفاده از سرنگ ۵۰ سی‌سی ترکیب آرد گنـدم (الـک ۲۰۰) و گـرده اینتگریما با نسبت‌های مختلف به داخل کیسـه‌هـای عـایق تزریـق و عمل گرده‌افشانی بـا دو روش اسـپری و قلـم مـو بـر روی جمعـاً ۳۰ درخت صورت گرفت. در فاصله هر گرده‌افشانی، دست و وسـایل کـار با الکل اتیلیک ۷۰ درصد ضدعفونی گردید تا از آلودگی به دانـه‌هـای گرده ناخواسته جلوگیری شود. این اقدام برای هر خوشـه سـه مرتبـه تکرار گردید. پس از گرده‌افشانی هنگامی که کلاله‌ی گل‌ها، قهـوه‌ای رنگ شد و گل‌ها به صورت دانه ارزنی رسـیدند کیسـه‌هـای ململ از روی شاخه‌ها برداشته و با کیسه‌های توری بزرگ تعویض شدند تـا از میوه‌های تشکیل شده مراقبت‌های لازم در خصـوص کنتـرل آفـات و سایر موارد صورت پذیرد. برای اندازه‌گیری درصد تشـکیل میـوه ابتـدا قبل از اینکه گرده‌افشانی انجام شود از هر درخـت ۴ خوشـه در چهـار جهت انتخاب و تعداد گل آنها شمارش شد، بعد از انجام گرده‌افشانی و تشکیل میوه، تعداد میوه‌های تشکیل شده در هر خوشه در ۳ نوبت بـا توجه به متوسط تعداد گل در هر خوشه محاسبه شد. اولین مرحلـه ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی، دومین مرحله ۵۲ روز بعد از گرده‌افشانی قبـل از به مغـز رفـتن میـوه و در نهایـت سـومین مرحلـه ۱۱۵ روز بعـد از گرده‌افشـانی و در زمـان برداشـت محصـول بـود. در اواخـر تابسـتان برداشت میوه‌ها انجام شد و برخی صفات کمی و کیفـی انـدازه‌گیـری شد. برای محاسبه وزن تر میوه، ۱۰۰ عدد میوه با اسـتفاده از تـرازوی دیجیتالی وزن و متوسط وزن یک میوه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک میوه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در خشک کن با دمـای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و سـپس وزن شـدند و متوسـط وزن خشک یک میوه محاسبه شـد. بـه منظـور محاسـبه درصـد خنـدانی، دهان‌بستی و پوکی تعداد ۱۰۰ عدد میوه برای هر تکرار در نظر گرفته شد. در نهایت داده‌های حاصـل توسـط نـرم افـزارهـای SAS 9.1 و Minitab 16 تجزیه و تحلیل آماری شده، میانگین داده‌ها بـا آزمـون LSD ۵ درصد مقایسه و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسـم شدند.

نتایج و بحث

مرحله اول تشکیل میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کـه تـأثیر مخلـوط آرد-گـرده بـر تشکیل میوه رقم فندقی در مرحله اول معنی‌دار ($P\leq۰/۰۱$) شد ولی در مورد اثر ساده گرده‌افشان و اثر متقابل مخلوط و گـرده‌افشـان تفـاوت معنی‌داری ($P\leq۰/۰۵$) مشاهده نشد (جدول ۲).

در مقایسه بین تیمارهای مختلف مخلوط آرد-گرده در ارتبـاط بـا مرحله اول تشکیل میوه (جدول ۳)، تیمـار IF2 (۰/۲۵ گـرم آرد+ ۱/۵ گرم گرده)، IF3 (۰/۲۵ گـرم آرد+ ۱ گـرم گـرده) و IF4 (۰/۲۵ گـرم آرد+ ۰/۵ گرم گرده) نسبت به شاهد به ترتیب ۸/۵۰، ۱۰/۲۰، ۱۱/۸۴ درصد کاهش نشان دادند. طبق نتایج در بین تیمارها فقط تیمـار IF1 (۰/۲۵ گرم آرد+ ۲ گرم گرده) که بیشترین میـزان گـرده اینتگریمـا را دارا بود ۰/۵۳ درصد نسبت بـه شـاهد در مرحلـه اول تشـکیل میـوه

افزایش نشان داد. این نتایج با آزمایشی که توسط آک و کوزدره (۲) انجام شد مطابقت ندارد؛ آنها گزارش کردند که با افزایش غلظت گرده در سطح کلاله رقابت برای رشد لوله‌های گرده به وجود آمده و در نتیجه میزان تشکیل میوه کاهش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با مرحله اول تشکیل میوه مطابقت ندارد. طبق پژوهش حاضر تیمار IF1 با بالاترین غلظت گرده بیشترین میزان تشکیل میوه اولیه را نشان داد. البته میوه‌بندی اولیه شرط کافی برای تشکیل نهایی میوه نمی‌باشد، زیرا هر چه میزان گل‌های تلقیح شده اولیه بیشتر باشد در طی فصل رشد ریزش بیشتری مشاهده می‌شود (۲).

d c b a

شکل ۱- بازدید در مرحله تمام گل (a)، عایق بندی شاخه‌ها (b)، روش گرده‌افشان قلم مو (c) و روش گرده‌افشان اسپری (d) در شاخه‌های پسته

Figure 1- Viewed in full bloom (a), Insulation of branches (b), Brush pollination method (c) and Spray pollinator method (d) in pistachio branches

جدول ۲- تجزیه واریانس تیمارهای گرده‌افشانی بر تشکیل و ریزش میوه پسته رقم فندقی

Table 2– ANOVA of pollination treatments on fruit set and drop in pistachio cv. Fandoghi

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تشکیل میوه Fruit set مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله نهایی Final stage	ریزش میوه Fruit drop
تکرار Replication	2	45.605 ^{ns}	1.722 ^{ns}	0.345 ^{ns}	6.445 ^{ns}
گرده‌افشان Pollination (A)	1	45.092 ^{ns}	0.300 ^{ns}	2.505**	7.222 ^{ns}
مخلوط آرد- گرده Blend of flour - pollen (B)	4	117.692*	105.967**	54.102**	88.127*
A×B گرده‌افشان × مخلوط آرد- گرده	4	16.390 ^{ns}	4.639 ^{ns}	0.589 **	1.432 ^{ns}
خطا Error	18	28.586	1.801	0.114	24.613
ضریب تغییرات CV (%)		7.51	9.81	6.83	5.32

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

* ,**: Significant at 1% and 5% level probability and ns no significant, respectively.

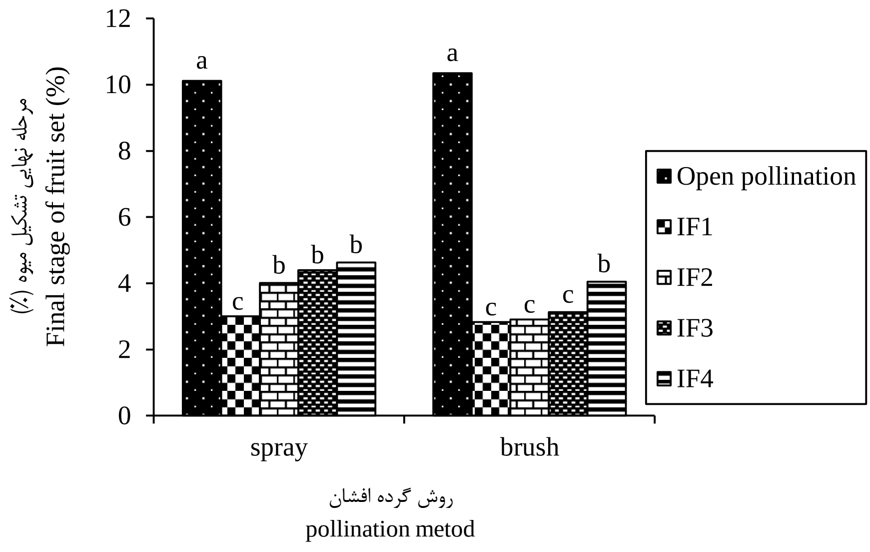
مرحله دوم تشکیل میوه

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) میزان تشکیل میوه رقم فندقی در مرحله دوم در ارتباط با اثر ساده مخلوط آرد - گرده تفاوت معنی‌داری (P≤۰/۰۱) نشان داد ولی در مورد اثر ساده گرده‌افشان و اثر متقابل مخلوط و گرده‌افشان تفاوت معنی‌داری (P≤۰/۰۵) مشاهده نشد. در مقایسه بین تیمارهای مختلف آرد-گرده

از لحاظ این صفت (جدول ۳)، تیمارهای IF1، IF2، IF3 و IF4 نسبت به شاهد به ترتیب ۴۲/۸۳، ۴۰/۸۴، ۴۸/۰۳، ۴۴/۶۲ درصد کاهش نشان دادند. طبق نتایج با کاهش میزان غلظت گرده اینتگریما در مخلوط مورد نظر، میزان تشکیل میوه در بین تیمارها نتایج متفاوتی نشان داد به طوری‌که بیشترین و کمترین میزان تشکیل میوه به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار IF3 با میانگین ۲۱/۱۳ و ۱۰/۹۷ درصد متغیر بوده است. در بین تیمارهای آرد- گرده، تیمار IF4 با میانگین ۱۱/۷۰ درصد کمترین کاهش را از لحاظ تشکیل میوه نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). طی مطالعه‌ای کرین وایواکایری (۴) بیان داشتند که به طورکلی استفاده از درختان نر گونه‌های اهلی برای دست‌یابی به بالاترین میزان تلقیح و حجم مغز توصیه شده است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد به طوری‌که گرده آزاد گونه‌های اهلی نسبت به گرده گونه اینتگریما میزان تشکیل میوه بیشتری در سطح شاهد نسبت به سایر تیمارهای آرد- گرده نشان داد.

مرحله نهایی تشکیل میوه

طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد صفت مرحله نهایی شکیل میوه رقم فندقی معنی‌دار ($P\leq۰/۰۱$) شد (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل مخلوط آرد - گرده و تیمار گرده‌افشان (شکل ۲)، بیشترین میزان تشکیل میوه در تیمار شاهد در هر دو تیمار گرده‌افشان اسپری و قلم مو مشاهده شد. طبق نتایج در روش گرده‌افشان اسپری، بیشترین و کمترین میزان کاهش تشکیل میوه نسبت به شاهد به ترتیب با میانگین ۷۰/۳۵ و ۵۴/۲۴ درصد در تیمارهای IF1 و IF4 مشاهده شد. همچنین در تیمار گرده‌افشان قلم مو، بیشترین و کمترین میزان کاهش تشکیل میوه نسبت به شاهد به ترتیب با میانگین ۷۲/۶۵ و ۶۰/۸۶ درصد در تیمارهای IF1 و IF4 مشاهده شد. روش گرده‌افشان با استفاده از قلم مو نسبت به اسپری کاهش بیشتری در ارتباط با میزان تشکیل میوه در مرحله نهایی تشکیل میوه نشان داد. همچنین در هر دو تیمار گرده‌افشان با کاهش میزان غلظت گرده اینتگریما در مخلوط مورد نظر، درصد تشکیل میوه در تیمار IF4 نسبت به سایر تیمارهای آرد - گرده افزایش نشان داد که احتمالا به دلیل رقابت کمتر دانه‌های گرده در سطح کلاله می‌باشد. از طرفی تمامی تیمارهای آرد - گرده کاهش معنی‌داری در ارتباط با تشکیل میوه نسبت به شاهد نشان دادند، به طوری‌که بیشترین کاهش میزان تشکیل میوه در روش قلم مو در تیمار IF1 با میانگین ۲/۸۳ درصد و بیشترین میزان کاهش تشکیل میوه در روش اسپری در تیمار IF1 با میانگین ۳ درصد مشاهده شد. یکی از دلایل اصلی در کاهش تشکیل نهایی میوه در پژوهش حاضر ممکن است مربوط به سطح کلاله گل‌های پسته باشد. گزارش شده است که گرده‌افشانی تکمیلی با استفاده از سوسپانسیون گرده بر روی کیوی فروت موفق‌تر از آلو می‌باشد که احتمالا به دلیل سطح کلاله بزرگتر در کیوی فروت می‌باشد که باعث تسهیل در جذب گرده می‌شود (۱۰).



شکل ۲- اثر متقابل گرده‌افشان × مخلوط آرد- گرده بر مرحله نهایی تشکیل میوه پسته رقم فندقی

Figure 2- Interaction effect of pollination × blend of flour - pollen on the final stage of fruit set in Pistachio cv. Fandoghi (LSD, *P≤0.05*)

IF1 (0.5 cc flour (0.25 g) + 4 cc integerrima pollen (2 g), IF2 (0.5 cc flour (0.25 g) + 3 cc integerrima pollen (1/5 g), IF3 (0.5 cc flour (0.25 g) + 2 cc integerrima pollen (1 g), IF4 (0.5 cc flour (0.25 g) + 1 cc integerrima pollen (0. 5 g)

ریزش میوه

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) میزان ریزش میوه در ارتباط با اثر ساده مخلوط آرد-گرده معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد ولی در مورد اثر ساده گرده‌افشان و اثر متقابل مخلوط و گرده‌افشان تفاوت معنی‌داری (P≥۰/۰۵) مشاهده نشد. در مقایسه بین تیمارهای مختلف آرد – گرده از لحاظ این صفت، تیمارهای IF1، IF2، IF3، IF4 نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰/۰۶، ۸/۹۶، ۸/۴۳، ۷/۵۰ درصد افزایش ریزش میوه نشان دادند. نتایج مربوط به مخلوط مورد نظر نشان داد که با کاربرد گرده اینتگریما در تیمارهای مختلف میزان ریزش میوه نسبت به شاهد روند افزایشی حاصل نموده است. البته با کاهش غلظت گرده اینتگریما میزان ریزش در بین تیمارهای آرد-گرده کاهش نشان داد به طوری‌که بعد از شاهد کمترین میزان ریزش میوه در تیمار IF4 با میانگین ۹۳/۴۹ درصد و بیشترین میزان ریزش میوه در تیمار IF1 با میانگین ۹۶/۱۵ درصد مشاهده شد (جدول ۳). هر چند گل‌های درخت پسته به شرایط محیطی نامساعد حساس می‌باشد؛ از طرفی ریزش گل و عدم تشکیل میوه می‌تواند به دلیل مشکلات در گرده‌افشانی نیز بوجود بیاید. گاهی ریزش گل‌ها به دلیل نقص ساختار گل، عدم تلقیح و از بین رفتن تخمدان صورت می‌گیرد. بعد از باز شدن گل‌ها، ریزش گل و میوه ممکن است در سه مرحله اتفاق افتد: اولین ریزش میوه مربوط به گل‌های گرده‌افشانی نشده می‌باشد؛ علت آن به نقص مادگی و عقیمی گل‌ها نسبت داده می‌شود. ریزش دوم میوه مربوط به میوه‌چه‌های تلقیح نشده‌ای بوده که در اثر ناسازگاری گرده‌افشانی ریزش می‌نمایند. سومین ریزش میوه مربوط به سقط جنین می‌باشد که بر اثر رقابت تغذیه‌ای و یا ژنتیکی می‌باشد که این حالت نیز بسته به نوع رقم متفاوت می‌باشد (۸).

جدول ۳- تشکیل میوه در پسته رقم فندقی تحت تأثیر محیط‌های مختلف مخلوط آرد- گرده

Table 3- Fruit set in pistachio cv. Fandoghi under different blends of flour and pollen

	تشکیل میوه (٪) Fruit set (%)			ریزش میوه (٪) Fruit drop (%)
مخلوط آرد- گرده Blend of flour-pollen	اولیه Primary	ثانویه Secondary	نهایی Terminal	
شاهد Open pollination	**75.73[a]**	**21.13[a]**	**10.23[a]**	**86.47[b]**
IF1	76.14[a]	12.08[b]	2.91[d]	96.15[a]
IF2	69.29[ab]	12.50[b]	3.46[cd]	94.99[a]
IF3	68.00[ab]	10.97[b]	3.76[c]	94.44[ab]
IF4	66.76[b]	11.70[b]	4.34[b]	93.49[ab]
LSD 5%	6.48	1.62	0.40	6.01

بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means in each treatment and for each column followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$).

جدول ٤- اثر روش‌های گرده‌افشانی (اسپری و قلم مو) بر تشکیل و ریزش میوه پسته رقم فندقی

Table 4– The effect of pollination methods (spraying and brush) on fruit set and drop of pistachio cv. Fandoghi

روش گرده‌افشانی Pollination method	تشکیل میوه (٪) Fruit set (%)			ریزش میوه (٪) Fruit drop (%)
	اولیه Primary	ثانویه Secondary	نهایی Terminal	
اسپری Spray	69.96[a]	13.78[a]	5.23[a]	92.62[a]
قلم مو Brush	72.14[a]	13.58[a]	4.65[b]	93.60[a]
LSD 5%	4.10	1.02	0.25	3.80

بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means in each treatment and for each column followed by the same letter are not significantly different basd on LSD test ($p \leq 0.05$).

وزن تر میوه

طبق نتایج تجزیه واریانس، هیچ یک از اثرهای ساده و متقابل در مورد صفت وزن تر میوه اثر معنی‌دار (P≤۰/۰۱) نشان نداد (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در رقم فندقی پسته

Table 5– ANOVA for pollination treatments on some fruit traits of pistachio cv. Fandoghi

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن تر میوه Fresh weight of nuts	وزن خشک میوه Dry weight of nuts	وزن تازه مغز Fresh weight of kernel	وزن خشک مغز Dry weight of kernel	خندانی میوه Dehiscent of nuts	پوکی میوه Blankness of nuts
تکرار Replication	2	0.028 ns	0.010 ns	0.0008ns	0.00007 ns	13.235 ns	9.741 ns
گرده افشان Pollination (A)	1	0.002 ns	0.034 ns	0.027**	0.032**	114.660**	65.357**
مخلوط آرد- گرده Blend of Flour - Pollen (B)	4	0.039 ns	0.136**	0.048**	0.077**	1007.678**	291.441**
A×B گرده‌افشان × مخلوط آرد- گرده	4	0.003 ns	0.022 ns	0.001 ns	0.018**	37.911 ns	44.746**
خطا Error	18	0.017	0.009	0.002	0.0005	14.788	7.688
ضریب تغییرات CV %		7.69	9.20	5.57	4.59	8.13	11.78

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

* ,**؛ Significant at 1% and 5% level probability and ns no significant, respectively.

مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که از نظر وزن تر میوه بین دو تیمار گرده‌افشان اسپری و قلم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. از طرفی در روش گرده‌افشان با اسپری نسبت به قلم مو به میزان ۱/۱۵ درصد افزایش وزن تر مشاهده شد (جدول ۶). نتایج مربوط به مخلوط آرد - گرده نشان داد که با کاربرد تیمار گرده اینتگریما در مخلوط مورد نظر میزان وزن تر میوه نسبت به شاهد کاهش یافت. البته با کاهش غلظت گرده میزان وزن تر میوه در بین تیمارها افزایش یافت به طوری‌که بیشترین میزان کاهش این صفت در تیمار IF1 با میانگین ۱/۸۶ گرم و کمترین کاهش وزن تر میوه در تیمار IF3 با میانگین ۱/۷۱ گرم مشاهده شد. بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). پژوهش‌های پیشین نشان داد که یکی از مهمترین دلایل تأثیر گذاری نوع دانه گرده بر افزایش یا کاهش وزن میوه بخاطر وجود زنیا در پسته می‌باشد. افزایش وزن کل میوه در اثر گرده پسته اهلی با تحقیقات آک مطابقت دارد (۱).

وزن خشک میوه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) در ارتباط با اثر ساده گرده‌افشان و اثر متقابل مخلوط و گرده‌افشان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی اثر ساده مخلوط آرد- گرده در سطح یک درصد (P≤۰/۰۱) اثر معنی‌داری نشان داد. در مقایسه بین تیمارهای مختلف آرد-گرده از لحاظ این صفت (جدول ۶)، تیمارهای IF1، IF2، IF3، IF4 نسبت به شاهد به ترتیب ۲۸، ۲۴/۸، ۲۳/۲، ۸ درصد کاهش نشان دادند. طبق نتایج با کاهش میزان غلظت گرده اینتگریما در مخلوط مورد نظر، میزان وزن خشک میوه در بین تیمارها روند کاهشی حاصل نموده است به طوری‌که بیشترین و کمترین میزان تشکیل میوه به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار IF2 با میانگین ۱/۲۵ و ۰/۹۰ گرم متغیر بوده است. در پژوهشی ابراهیمی و همکاران (۷) نشان دادند که گرده اهلی گونه اهلی عملکرد بیشتر از گرده گونه‌های آتلانتیکا و بنه دارد که در نهایت منجر به وزن میوه بیشتری می‌شود که در پژوهش حاضر نیز گرده گونه اهلی نسبت به گرده گونه اینتگریما وزن بیشتری نشان داد.

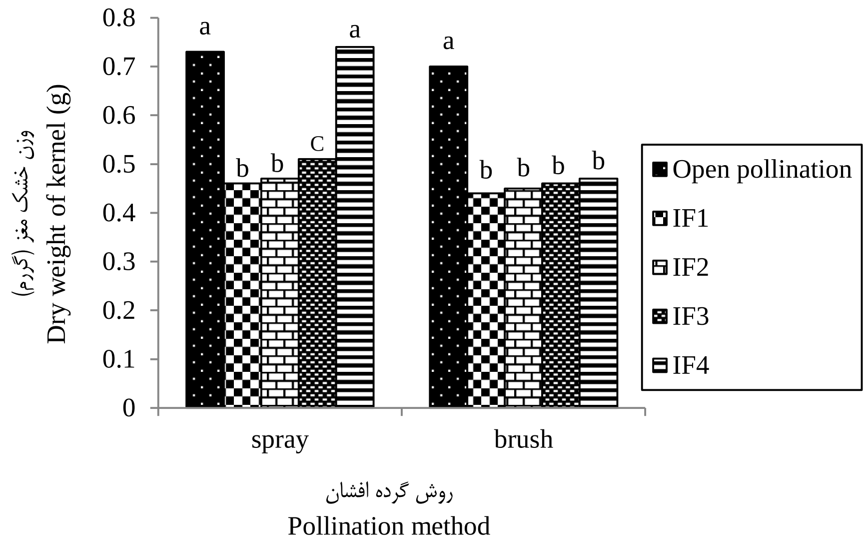
وزن تازه مغز

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر ساده گرده‌افشان و مخلوط آرد- گرده بر وزن تازه مغز معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد ولی اثر متقابل گرده‌افشان در مخلوط مورد نظر (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده از نظر وزن تازه مغز بین دو تیمار گرده‌افشان اسپری و قلم مو از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان داد به طوری‌که در روش گرده‌افشان با استفاده از اسپری از لحاظ این صفت به میزان ۶/۶۶ درصد نسبت به تیمار قلم

مو افزایش مشاهده شد (جدول ۶). در مقایسه بین تیمارهای مختلف مخلوط آرد -گرده از لحاظ این صفت، تیمارهای IF1، IF2، IF3، IF4 نسبت به شاهد به ترتیب ۲۳/۷۱، ۱۴/۴۳، ۳/۰۹ درصد کاهش نشان دادند. نتایج مربوط به مخلوط مورد نظر (جدول ۷) نشان داد که بیشترین میزان وزن تازه مغز در سطح شاهد با میانگین ۰/۹۷ گرم و کمترین میزان وزن تازه مغز در سطح دوم گرده با میانگین ۰/۷۴ گرم مشاهده شد. همچنین تیمار IF4 نسبت به سایر تیمارها، بیشترین میزان از لحاظ این صفت را با میانگین ۰/۹۴ گرم نشان داد. در پژوهشی کاکا و بیلژن (۱۲) گزارش کرد که کاربرد گرده *P. vera* برای تولید درصد بیشتر مغز مؤثرتر از کاربرد گرده *P. mutica* و *P. atlantica* بود که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت به طوری‌که استفاده از گرده گونه اینتگریما باعث کاهش وزن تازه مغز شد درحالی‌که گرده آزاد گونه اهلی باعث افزایش وزن تازه مغز در رقم فندقی شد.

وزن خشک مغز

طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد صفت وزن خشک مغز رقم فندقی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد (جدول ۵). در بررسی اثر متقابل مخلوط آرد - گرده و تیمار گرده‌افشان (شکل ۳)، بیشترین میزان کاهش وزن خشک مغز نسبت به شاهد در روش گرده‌افشان اسپری و قلم مو در تیمار IF1 به ترتیب با میانگین ۴۰/۲۹ و ۳۸/۷۰ درصد مشاهده شد. همچنین در تیمار گرده‌افشان با استفاده از قلم مو نسبت به اسپری کاهش بیشتری در ارتباط با وزن خشک مغز مشاهده شد. در تیمار اسپری با کاهش میزان غلظت مخلوط مورد نظر، وزن خشک مغز افزایش نشان داد به طوری‌که در تیمار IF4 نسبت به سایر تیمارها، بیشترین افزایش وزن خشک مغز با میانگین ۰/۷۱ گرم مشاهده شد. در پژوهشی ریاضی و راحمی (۱۵) با مقایسه گرده‌های سه گونه پسته اهلی، آتلانتیکا و بنه بر ویژگی‌های بذر و وزن مغز میوه نشان دادند که استفاده از گرده گونه اهلی مؤثرتر از دو گونه دیگر می‌باشد. در پژوهش حاضر نیز گرده گونه اهلی نسبت به گرده گونه اینتگریما وزن خشک بیشتری نشان داد.



شکل ۳- اثر متقابل گرده‌افشان × مخلوط آرد- گرده بر وزن خشک مغز پسته رقم فندقی

Figure 3- Interaction effect of pollination × blend of flour - pollen on kernel dry weight of pistachio cv. Fandoghi (LSD, *P≤0.05*)

IF1 (0.5 cc flour (0.25 g) + 4 cc integerrima pollen (2 g), IF2 (0.5 cc flour (0.25 g) + 3 cc integerrima pollen (1/5 g), IF3 (0.5 cc flour (0.25 g) + 2 cc integerrima pollen (1 g), IF4 (0.5 cc flour (0.25 g) + 1 cc integerrima pollen (0. 5 g)

خندانی میوه

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر ساده گرده‌افشان و مخلوط آرد - گرده بر صفت خندانی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد ولی اثر متقابل گرده‌افشان در مخلوط مورد نظر (P≤۰/۰۵) معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌های اثرات ساده از نظر خندانی بین دو تیمار گرده‌افشان اسپری و قلم مو از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان داد. در روش گرده‌افشان با استفاده از اسپری از لحاظ این صفت به میزان ۷/۹۳ درصد نسبت به تیمار قلم مو افزایش مشاهده شد (جدول ۶). در مقایسه بین تیمارهای مختلف مخلوط آرد- گرده از لحاظ این صفت، تیمارهای IF1، IF2، IF3 نسبت به شاهد به ترتیب ۴۲/۲۱، ۳۶/۶۳، ۱۷/۴۹درصد کاهش نشان دادند. از طرفی تیمار IF4 با میانگین ۹/۳۹ درصد نسبت به شاهد از نظر این صفت افزایش نشان داد. نتایج مربوط به مخلوط مورد نظر (جدول ۷) نشان

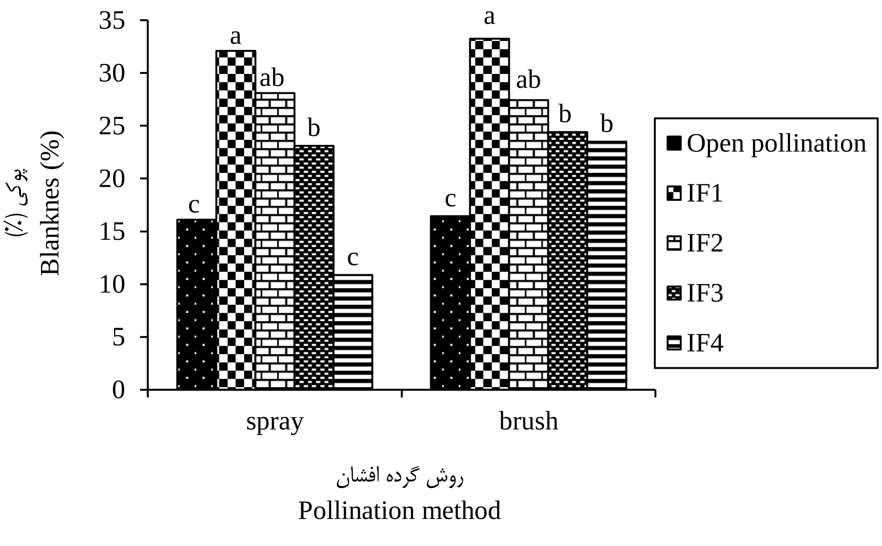
داد که بیشترین میزان خندانی در تیمار IF4 با میانگین ۶۳/۰۳ درصد و کمترین میزان خندانی در سطح دوم گرده با میانگین ۳۳/۰۰ درصد مشاهده شد. از طرفی تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارهای آرد- گرده، بیشترین میزان از لحاظ این صفت را با میانگین ۵۷/۱۱ درصد نشان داد. در پژوهشی دهقانی و صادقی (۶) نشان دادند که عامل کاهش خندانی در پسته اهلی بعد از گرده‌افشانی با گرده گونه آتلانتیکا در نتیجه نازک‌تر شدن ضخامت درون‌بر در محل درزهای کناری پسته و همچنین بزرگتر شدن زاویه در محل درزهای درون‌بر می‌باشد. اصولا گرده‌افشانی با گرده‌های وحشی باعث کوچک شدن بذر پسته می‌شود که احتمالاً در نتیجه عدم تشکیل هورمون کافی در بذر، هدایت مواد غذایی به طرف آن کم می‌شود (۵). کاهش رشد بذر ممکن است باعث کاهش اعمال فشار مکانیکی به درزهای کناری پسته شده و در نتیجه درصد خندانی کاهش می‌یابد.

پوکی میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد صفت پوکی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد (جدول ۵). در بررسی اثر متقابل مخلوط آرد - گرده و تیمار گرده‌افشان (شکل ۴)، کمترین میزان پوکی با میانگین ۱۰/۸۸ درصد در روش اسپری در تیمار IF4 مشاهده شد. طبق نتایج در تیمار قلم مو نیز با کاهش غلظت گرده میزان پوکی کاهش نشان داد به طوری‌که کمترین میزان پوکی با میانگین ۲۳/۵۰ درصد در تیمار IF4 مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان افزایش پوکی در بین تیمارها در دو روش گرده‌افشان اسپری و قلم مو در تیمار IF1 به ترتیب با میانگین ۳۲/۰۹ و ۳۳/۲۵ درصد مشاهده شد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر در روش گرده‌افشان با استفاده از قلم مو نسبت به روش اسپری افزایش بیشتری در ارتباط با پوکی مشاهده شد. نتایج پژوهش‌های انجام شده در زمینه تلاقی پسته اهلی با گرده گونه آتلانتیکا و زیر گونه آن بنه نشان می‌دهد که میوه‌های تولید شده دارای پوکی بیشتر و وزن کمتری نسبت به گرده‌افشانی پسته اهلی با گرده پسته گونه‌های اهلی بوده‌اند (۱۵). طبق نتایج فقط تیمار IF4 که با گرده گونه اینتگریما گرده‌افشانی شده بود پوکی کمتری نسبت به شاهد نشان داد. همچنین در پژوهشی دهقانی شورکی و صادقی (۶) نشان دادند که گرده‌افشانی پسته اهلی با گرده گونه آتلانتیکا به علت عدم رشد خوب لوله گرده در خامه پسته اهلی، تخمک و بذر سقط شده و در نتیجه میزان پوکی را افزایش داده است، همچنین سیاه شده بند ناف و جنین باعث عدم رشد بذر می‌شود. در پژوهش حاضر نیز رقم فندقی که با گرده اهلی گرده‌افشانی شده بود پوکی کمتری نسبت به گونه اینتگریما نشان داد.

همبستگی صفات مورد بررسی

ضرایب همبستگی صفات تحت بررسی در جدول ۸ نشان داد که بین صفات مختلف، همبستگی مثبت و منفی معنی‌دار مشاهده گردید، به طوری‌که بین مرحله دوم و مرحله نهایی تشکیل میوه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (۸۸ درصد) در بین صفات نسبت به هم وجود داشت. همچنین بین صفت وزن خشک مغز با پوکی (۸۷- درصد) همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت.



شکل ٤- اثر متقابل گرده‌افشان × مخلوط آرد- گرده بر پوکی میوه پسته رقم فندقی

Figure 4- Interaction effect of pollination × blend of flour - pollen on blankness of nut pistachio cv. Fandoghi (LSD, *p≤0.05*)
IF1 (0.5 cc flour (0.25 g) + 4 cc integerrima pollen (2 g), IF2 (0.5 cc flour (0.25 g) + 3 cc integerrima pollen (1/5 g), IF3 (0.5 cc flour (0.25 g) + 2 cc integerrima pollen (1 g), IF4 (0.5 cc flour (0.25 g) + 1 cc integerrima pollen (0. 5 g)

جدول ٦- اثر روش‌های گرده‌افشانی (اسپری و قلم مو) بر برخی صفات میوه پسته رقم فندقی

Table 6- The effect of pollination methods (spraying and brush) on some fruit triats of pistachio cv. Fandoghi

روش گرده‌افشان Pollination method	وزن تازه میوه (گرم) Fresh weight of nuts (g)	وزن تازه مغز (گرم) Fresh weight of kernel (g)	خندانی میوه (٪) Dehiscent of nuts (%)	پوکی میوه (٪) Blankness of nuts (%)
اسپری Spray	1.73a	0.90a	49.25a	22.05b
قلم مو Brush	1.71a	0.84b	45.34a	25.01a
LSD 5%	0.10	0.03	2.95	2.12

بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means in each treatment and for each column followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).

جدول ۷- تأثیر محیط‌های مختلف مخلوط آرد- گرده بر برخی صفات مورد مطالعه در میوه پسته رقم فندقی

Table 7- The effect of blend of flour and pollen treatments on some fruit traits of pistachio cv. Fandoghi

مخلوط آرد- گرده Blend of flour- pollen	وزن تازه میوه (گرم) Fresh weight of nuts (g)	وزن تازه مغز (گرم) Fresh weight of kernel (g)	خندانی میوه (٪) Dehiscent of nuts (%)	پوکی میوه (٪) Blankness of nuts (%)
شاهد Open pollination	1.86a	0.97a	57.11a	17.19c
IF1	1.66a	0.74d	33.00c	32.67a
IF2	1.69a	0.83c	36.19c	27.76b
IF3	1.71a	0.87bc	47.12b	23.76b
IF4	1.68a	0.94ab	63.03a	16.28c
LSD 5%	0.16	0.05	4.66	3.36

بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means in each treatment and for each column followed by the same letter are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در پسته رقم فندقی

Table 8- Correlation coefficients between traits measured in Pistachio cv. Fandoghi

	1	2	3	4	5	6	7	8	17	19
صفات Traits	مرحله اول تشکیل میوه Fruit set 1	مرحله دوم تشکیل میوه Fruit set 2	مرحله نهایی تشکیل میوه Fruit set 3	ریزش میوه Fruit drop	وزن تازه میوه Fresh weight of nuts	وزن خشک میوه Dry weight of nuts	وزن تازه مغز Fresh weight of kernel	وزن خشک مغز Dry weight of kernel	خندانی میوه Dehiscent of nuts	پوکی میوه Blankness of nuts
1	1									
2	0.43**	1								
3	0.26 ns	0.88**	1							
4	-0.01ns	-0.52**	-0.66**	1						
5	0.70**	0.59**	0.56**	-0.22ns	1					
6	0.20ns	0.69**	0.69**	-0.40*	0.59**	1				
7	-0.13ns	0.44**	0.67**	-0.39*	0.41*	0.67**	1			
8	0.04ns	0.63**	0.73**	-0.39*	0.39*	0.87**	0.77**	1		
17	-0.03 ns	0.55**	0.76**	-0.52**	0.45*	0.80**	0.84**	0.86**	1	
19	0.09 ns	-0.49**	-0.62**	0.44**	-0.39*	-0.86**	-0.75**	-0.88**	-0.87**	1

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

*, **: Significant at 1% and 5% level probability and ns no significant, respectively

نتیجه‌گیری

زمانی‌که گرده‌افشانی فاکتور محدود کننده در باغ‌های پسته است، گرده‌افشانی مصنوعی با استفاده از مخلوط آرد و گرده می‌تواند به صورت تجاری استفاده شود. طبق نتایج این آزمایش در بین تیمارهای مخلوط آرد - گرده، استفاده از گرده اینتگریما فقط در تیمار IF4 در

صفات مربوط به پوکی و خندانی نسبت به شاهد نتایج مطلوب‌تری در روش گرده‌افشان اسپری نشان داد در حالی‌که در سایر صفات رقم فندقی که با گرده آزاد گونه اهلی گرده‌افشانی شده بود نتایج مطلوب‌تری نشان داد. از طرفی در تمامی صفات به جز مرحله اول تشکیل میوه، تیمار گرده‌افشان با استفاده از اسپری نتایج مطلوب‌تری نسبت به تیمار گرده‌افشان قلم مو نشان داد که می‌تواند به دلیل پخشیدگی بهتر گرده‌ها در روش گرده‌افشان اسپری باشد. همچنین بیشترین میزان کاهش صفات در تیمار IF1 در روش گرده‌افشان قلم مو مشاهده شد به طوری‌که این تیمار بیشترین میزان غلظت گرده اینتگریما را در مخلوط مورد نظر دارا بود. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی به نظر می‌رسد زمانی که گرده‌افشانی فاکتور محدود کننده در باغ‌های پسته است، بتوان با استفاده از تیمار IF4 در روش گرده‌افشان اسپری تا حدودی باعث افزایش برخی صفات مانند خندانی و کاهش پوکی در باغ‌های پسته شد. البته به‌دلیل تحقیقات اندک موجود در ارتباط با نقش دانه‌های گرده ارقام مختلف بر روی صفات کمی و کیفی میوه‌های حاصله، تحقیقات بیشتری در این خصوص باید انجام شود.

منابع

1- Ak B.E., and Kaska N. 1998. Determination of viability and germination rates of *Pistacia* spp. Pollen kept for artificial pollination. Journal of Acta Horticulturae 470: 300-306.

2- Ak B.E., and kuzdere H. 2001. An investigation on artifial facilities in pistachios by using an atomizer, pp: 145- 148. http:// resources. Ciheam. Org/ om/ pdf/ c56/ 01600168. Pdf.

3- Ahmadi Afzadi M. 2008. Specialized Journal of Pistachio. Iranian Pistachio Society Publications. (In Persian)

4- Crane J.C., and Iwakiri B.T. 1980. Xenia and metaxenia in pistachio. Journal of Horticultural Science 15(2):184-185.

5- Crane J.C. 1985. Pistachio. CRC Handbook of fruit set Development. Boca Ratian. Florida. CRC Press. Inc. U.S.A.

6- Dehghani Shuraki Y., and Sedgley M. 1994. Effect of pistil age and pollen parents on pollen tube growth and fruit production of pistachio. Journal of Horticultural Science 69: 1019- 1027. (In Persian)

7- Ebrahimi N., Piri S., Imani A., and Kashanizadeh S. 2011. Effects of Supplementary Pollination on Qualitative and Quantitative Traits of Pistachio in Qazvin Region. International Journal of Nuts and Related Sciences 2(4): 33-36.

8- Fallah M., Rasouli M., Sharafi Y., and Imani A. 2014. Study of Compatibility Relationships among Some Almond Cultivars and Genotypes Using of SAlleles Identification. Journal of Nuts 5(2):49-56.

9- Ferguson L., and Haviland D.R. 2016. Pistachio Production Manual. University of California Agriculture and Natural Resource Publication. Pp, 334.

10- Hopping M.E., and Jerram E.M. 1980. Supplementary pollination of tree fruits. Development of suspension media. New Zealand Journal of Agricultural Research 23: 509–515.

11- Hopping M.E., and Jerram E.M. 1982. Supplementary pollination of tree fruits. 2. Field trials on kiwifruit and Japanese plums. New Zealand Journal of Agricultural Research 23: 517–521.

12- Ka-Ka N., and Bilgen A.M. 1988. Top – working of wild pistachio in Turkey, Grasselly, c.(ed.), Programme de Recherche Agrimed, Rapport EUR 11557,1996, pp. 317- 325.

13- Shuraki Y.D., and Sedgley M. 1996. Fruit development of *Pistacia vera* (Anacardiaceae) in relation to emblyo aborlion and abnorntalities at maturity. Australian Journal of Botany 44: 35-45.

14- Mikesell J. 1988. Comparative development of viable and aborted ovules in *Phytolacca americana* L. (Phytolaccaceae). International Journal of Botanical Gazette 149:196-202.

15- Riazi Q. 1992.The effect of various pollen grain on growth and development of *P. vera* nuts. S. Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran.

16- Riazi G.H., and Rahemi M. 1995. The effects of various pollen sources on growth and development of *Pistacia vera* L. nuts. Journal of Acta Horticulture 419: 67-72.

17- Riazi G., Rahemi M., and Khanizadeh S. 1996. Effect of selected pistachio pollens on development and quality of pistachio nuts of three commerically grown cultivar. Journal of plant nutrition 19: 635- 641.

18- Shivannaa K.R. 2015. Management of Pollination Services to Enhance Crop Productivity. Journal of Plant Biology and Biotechnology, Plant Diversity, Organization, Function and Mprovement 1: 698- 711.

19- Vaknin Y., Gan-mor S., Bechar A., Ronen B., and Eisikowith D. 2002. Effects of supplementary pollination on cropping successand fruit quality in pistachio. Journal of Plant Breed 121:451-455.

20- Zeraatkar H., Karimi H.R., Shamshiri M.H., and Tajabadipur A. 2013. Preliminary evaluation of artificial pollination in pistachio using pollen suspension spray. Journal of Plant Know 2:94-98.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 439-450
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۵۰-۴۳۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effects of Artificial Pollination of Integerrima Pollen on some Quantitative and Qualitative Characteristics of Pistachio Nuts cv. 'Fandoghi' (*Pistachio vera* L.) in Khorasan Province

H. Farhadi[1]*- M. Sharifani[2]
Received: 31-08-2019
Accepted: 08-06-2020

Introduction: Iran, is the largest producer and exporter of pistachio (*Pistacia vera* L.), among the major pistachio producing countries in the world including USA, Turkey, Italy and Greece. Due to the altered nature of the pistachio, the high yield of the pistachio is due to the fact that the environment is quite suitable and fertility of the female flowers is high. As the edible and consumable part of this fruit is its kernel, it is essential for brain formation, pollination and inoculated. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of artificial parent pollination of Integrima species on seed properties obtained by crossing with 'Fandoghi' pistachio cultivar and also to compare the effects of Integerrima pollen with domestic pistachio pollen on the quantity and quality of pistachio fruits and seeds.

Materials and Methods: The experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications in one of Astan Qods Razavi pistachio gardens in Bardsaskan-Anabed city, 297 km from Mashhad during 2018-2019. Experimental treatments included two pollinator methods (spray and brush) and five flour-pollen combinations. Each replicate had one tree and five branches that were selected from each tree with at least three to four flower buds. Four of them were controlled for pollination and one branch was considered for negative control. The branches were insulated by two-layer bags. The fruits were harvested in late summer and some quantitative and qualitative traits were measured.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that the effect of flour-pollen blend on fruit formation of 'Fandoghi' cultivar in the first stage was significant ($p \leq 0.01$), but there was not a significant difference between the simple effect of their pollen and the interaction of their mixture and pollen ($p \leq 0.05$). The amount of fruit formation in the second stage showed a significant difference with respect to the simple effect of flour-pollen blend ($p \leq 0.01$) but there were no significant differences between the mixture and pollinator for simple and their interaction effects ($p \leq 0.05$). All of the simple and interactions effects of variations were significant ($p \leq 0.01$) on the final stage of fruits shape of 'Fandoghi' cultivar. Fruit loss was significantly ($p \leq 0.01$) affected by simple effect of flour-pollen blend, but there was no significant difference ($p \leq 0.05$) of simple and interaction effects of their pollen between blend and pollen variations. None of the simple and interaction effects of variations were not significant on wet weight of fruit. No significant difference was observed between the effect of pollen and pollen interactions between the mixture and their pollen, and the effect of simple mixture of flour-pollen show significant ($p \leq 0.01$). The effect of pollen and flour-pollen mixture on dehiscent was significant ($p \leq 0.01$), but the interaction of pollen in the mixture was not significant. Correlation coefficients of traits under evaluation showed that there was a significant positive and negative correlation between different traits, so that the highest positive and significant correlation (88%) was observed between the second stage and the final stage of fruit formation.

Keywords: Blackness, Controlled crosses, Dehiscent, Pistachio

1 and 2- Ph.D. Student and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: farhadi.hassan66@gmail.com)

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 451-463
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۶۳-۴۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر زئولیت و بافت خاک بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه پرچینی برگ نو (*Ligustrum vulgare*) در سطوح مختلف آبیاری

یحیی سلاح ورزی[1*]- سمیه سرفراز[2]- محسن ذبیحی[3]- مریم کمالی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

چکیده

خشکی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان در فضای سبز شهری شناخته شده است. از طرفی استفاده از تکنیک‌های جدید برای حفظ رطوبت خاک ضروری به نظر می‌رسد. از جمله این تکنیک‌ها جهت افزایش نگهداری آب در خاک استفاده از مواد جاذب رطوبت طبیعی مثل زئولیت است. بنابراین به منظور بررسی اثر زئولیت و بافت خاک بر صفات کمی و کیفی گیاه پوششی برگ نو تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۷ طراحی و اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل چهار نوع بافت خاک (۱۰۰ ٪ خاک، ۱۰۰ ٪ شن، ۸۰ ٪ شن +۲۰ ٪ زئولیت، ۸۰٪ خاک + ۲۰٪ زئولیت) و سه سطح آبیاری (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) بود. با توجه به نتایج به دست آمده، کاهش سطوح آبیاری منجر به کاهش صفات رویشی از جمله وزن تر و خشک گیاه برگ نو، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی شد. در بین چهار بستر کشت استفاده شده در این آزمایش، بیشترین وزن تر ساقه (۱۸ گرم)، وزن تر ریشه (۲۹ گرم)، وزن تر کل (۵۶ گرم) و وزن خشک کل (۲۰ گرم) در تیمار خاک+زئولیت، و بیشترین وزن تر برگ، حجم ریشه و ارتفاع گیاه در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت و کمترین حجم ریشه بدون اختلاف معنی دار در دو تیمار شن و شن+زئولیت بود. ضمن اینکه در تیمارهای حاوی زئولیت میزان نشت یونی نسبت به سایر بسترهای کشت کمتر بود. همچنین بیشترین مقدار عدد شاخص سبزینگی برگ (۷۲) و کلروفیل b (۳۱/۵ میلیگرم بر گرم وزن تر) در تیمار شن+زئولیت و ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد بستر کشت حاوی خاک و همچنین بستر کشت حاوی خاک و زئولیت در شرایط کم آبیاری، محیط مناسب تری برای رشد گیاه برگ نو بوده و بسترهای سبک شنی منجر به کاهش رشد گیاه در شرایط بدون تنش و همچنین تحت تنش خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، فضای سبز، کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر زندگی گیاهان بوده و منجر به کاهش رشد و تولید در گیاهان می‌گردد. خشکی تولید را در ۲۵ ٪ زمین‌های کشاورزی جهان محدود کرده است. نگاهی به اطلاعات و آمار موجود نشان می‌دهد که میزان آب مصرفی در فضای سبز شهری سهم قابل توجهی از مصارف عمومی را به خود اختصاص داده است. توجه به الگوی مصرف آب در آبیاری فضای سبز نشان می‌دهد که راندمان مصرف آب در این بخش کمتر از ۴۰ ٪ است (۴). در شرایط خشکی تحمل تنش و سازگاری با شرایط هیدرولیکی یکی از مهمترین ویژگی‌ها برای گیاهان محسوب می‌شود (۷). فرآیند پسابیدگی در طول تنش خشکی به‌وسیله تغییرات در ارتباطات آبی و فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی، تغییر در ساختار غشا سلول و اندامک‌های داخل سلولی صورت می‌گیرد. در این شرایط ترکیبی از عوامل محیطی و فیزیولوژیکی منجر به کاهش رشد در گیاهان می‌گردد و جذب آب بیشتر، بستگی به در دسترس بودن آب و کارایی آب قابل استفاده دارد (۱۱). یکی از عوامل مهم و تاثیر گذار بر هدایت هیدرولیکی، میزان مصرف و ذخیره آب، بافت خاک است (۳۸). در بررسی انواع بافت خاک مشخص شده که خاک‌های رسی از لحاظ مواد غذایی غنی بوده، اما چسبنده و هنگام مرطوب شدن قالب پذیر بوده و دارای خلل و فرج کمی هستند. بنابراین نفوذ ریشه در آن به

۱ و ۴- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته دکتری، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Selahvarzi@umac.ir)
۲ و ۳- کارشناسان شهرداری مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.83164

سختی صورت گرفته و زهکشی پایینی دارند و به دلیل زهکشی پایین مواد مغذی در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرند. خاک‌های لومی مواد مغذی گیاه را در خود حفظ کرده و زهکشی مناسبی دارند. در حالیکه خاک‌های شنی به دلیل زهکشی بالا قادر به حفظ مواد مغذی خود نیستند و آب به راحتی از آن خارج می‌شود (۲). بافت خاک یک عامل غیر زیستی مهم در توزیع مواد معدنی و نگهداری مواد آلی خاک و توده میکروبی است. توزیع منافذ تاثیر مهمی بر فراوانی قارچها و باکتری‌ها دارد که خود نقش مهمی در معدنی شدن کربن ایفا می‌کند (۲۰). از طرفی تخصیص منابع جدید آب برای فضای سبز، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، با مشکلاتی جدی روبرو است. بنابراین آب تخصیص یافته به آبیاری فضای سبز دارای ارزش زیادی بوده و باید به صورت بهینه و با راندمان بالا استفاده شود (۱۶). در این راستا اصطلاح خشک منظر سازی برای فضای سبز شهرها توسط برنامه ریزان به دلیل کمبود منابع آب مطرح شده است. این برنامه مشتمل بر چند اصل بوده که از جمله آن به اصلاح خاک بستر در فضای سبز اشاره دارد (۴). امروزه یکی از روش‌های جدید و موثر به منظور اصلاح بستر و حفظ آب و مواد معدنی در خاک، استفاده از زئولیت‌هاست. زئولیت‌ها، سدیم آلومینو سیلیکات‌هایی با ساختار داربستی هستند که یون‌های بزرگ و مولکول‌های آب حفره‌های آن‌ها را اشغال کرده و در ساختار آن‌ها متحرک می‌باشند، به طوری که واکنش‌های تعویض یون و آبگیری آن‌ها، به صورت برگشت پذیر انجام می‌شود (۱۲). زئولیت‌ها به علت تخلخل بالا و ساختمان بلوری قادر به جذب آب تا ۷۰ ٪ حجم خود می‌باشند. به‌طوریکه به عنوان تنظیم کننده آب عمل کرده و می توان از آن‌ها برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت به ویژه در مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد (۲۱). قدرت جذب آب زئولیت‌ها و از دست دادن آن بدون تخریب ماتریکس می‌تواند سطح آب را در مناطق کم رطوبت کنترل کند. با تغییر در مقدار رطوبت خاک، انرژی گرمایی توده خاک نیز به مقدار قابل ملاحظه ای تغییر می‌کند (۳۶). از طرفی زئولیت‌ها دارای عناصری نظیر پتاسیم، کلسیم، سدیم، سیلیسیم، آلومینیوم، منیزیم، آهن و فسفر هستند که می‌توانند به عنوان بهترین مکمل غذایی و کود کشاورزی محسوب شده و در بهره برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا نمایند. مشخص شده است که کاربرد زئولیت، ثابت ماندن مخزن آب در منطقه ریشه را در طول دوران خشکی تضمین کرده و به انتشار افقی آب در خاک کمک می‌کند و می‌تواند اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی را تعدیل کند (۳۰). در فضای سبز شهری ترویج استفاده از گونه‌های متحمل به خشکی از یک طرف و همچنین تعیین نیاز آبی گیاهان موجود می‌تواند در کاهش مصرف آب موثر باشد. گونه‌های متحمل به خشکی از نظر ریخت شناسی و فیزیولوژی دارای خصوصیاتی هستند که آن‌ها را برای این مناطق مناسب می‌سازد (۳۳). گیاهان متحمل به خشکی در پنج گروه درختان، نخل‌ها، درختچه‌ها، گیاهان پوششی و تاک‌ها تقسیم بندی می‌شوند. در میان این گروه‌ها، گونه‌های زینتی بسیاری یافت می‌شوند که مساعد برای مناطق خشک هستند (۸). از جمله گیاهان پوششی و پرچینی پرکاربرد در فضای سبز می‌توان به گیاه برگ نو اشاره کرد (۳۴). برگ نو با نام علمی *Ligustrum vulgar* L. متعلق به تیره Oleaceae می‌باشد. این گیاه بومی مناطق گرم، کشورهای اروپایی و آسیایی از جمله ایران است (۳۴). برگ نو به صورت درختچه ای با ارتفاع ۲ الی ۴ متر و دارای برگ‌های خزان کننده می‌باشد، اما به دلیل آنکه در فصل زمستان همواره تعدادی از برگ‌ها روی تنه گیاه، باقی می‌مانند، گیاه ظاهری همیشه سبز از خود نشان می‌دهد. رنگ برگ‌ها در فصل زمستان قرمز- قهوه‌ای بوده که از این نظر، ظاهری زیبا به گیاه می دهد (۱۵). این گیاه به دلیل هرس‌پذیری، شکل‌پذیری، زیبایی و دوام از ارزش بالایی در فضای سبز برخوردار است (۱۷). با توجه به اینکه گیاه برگ نو یکی از گیاهان چند ساله پرچینی پرکاربرد در فضای سبز شهری است، پژوهش فوق با هدف بررسی اثر تنش خشکی و بافت خاک بر رشد و برخی صفات کمی و کیفی گیاه برگ نو طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۳ تکرار در گلخانه‌های علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان ۱۳۹۷ اجرا شد. متوسط دمای روزانه و شبانه در گلخانه به ترتیب برابر با ۲ ± ۲۵ و ۲ ± ۱۸ درجه سانتی گراد بود و رطوبت نسبی بین ۷۰-۶۰ ٪ تنظیم شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ نوع بافت خاک (۱۰۰ ٪ خاک، ۱۰۰ ٪ شن، ۸۰ ٪ خاک +۲۰ ٪ زئولیت، ۸۰ ٪ شن + ۲۰ ٪ زئولیت) و سه سطح آبیاری (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) بود. نهال یکساله برگ نو از تولیدات گیاهی سازمان پارک‌های مشهد خریداری شد. زئولیت طبیعی مورد استفاده از شرکت معدنی افرازند سمنان تهیه گردید. ذرات زئولیت (با اندازه ۳-۱ میلی متر)، چندین مرتبه با آب مقطر آبشویی شدند تا در حد امکان املاح اضافی آن خارج گردند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. تعیین ظرفیت زراعی به منظور اعمال سطوح آبیاری، به روش وزنی بود. بدین منظور ابتدا گلدان‌های یکدست با وزن و شکل یکسان تهیه و با استفاده از ترازو به صورت هم وزن از خاک مزرعه پر شدند. سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و پس از پوشاندن سطح گلدان‌ها به وسیله فویل آلومینیمی (جهت جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک گلدان) به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر

گلدان پس از زهکشی آب اضافی، به ظرفیت مزرعه برسد. در این مرحله گلدان‌ها به سرعت وزن شده و خاک آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت کاملا خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال سطوح آبیاری مختلف مشخص گردید. خاک، شن، خاک با ۲۰ ٪ وزنی زئولیت و شن با ۲۰ ٪ وزنی زئولیت، به میزان ۴ کیلوگرم در گلدان‌های ۴ کیلوگرمی با قطر دهانه ۴۰ سانتیمتر ریخته شد. سپس نهال‌های یکساله برگ نو در گلدان‌های مورد نظر کاشته شدند. برای استقرار نهال‌ها و سازگار شدن آن‌ها با شرایط جدید، نهال‌ها به مدت یک ماه بدون اعمال تنش آبیاری شدند. سپس به منظور ارزیابی تنش کم آبی، گلدان‌های برگ نو به مدت ۳ ماه، به صورت منظم در معرض سه سطح آبیاری ذکر شده (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) قرار گرفتند. به این ترتیب با وزن کردن روزانه تمامی گلدان‌ها در ساعت ۹ صبح، وضعیت رطوبتی آن‌ها مشخص گردید و نقصان رطوبتی گلدان‌های شاهد (۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) با اضافه نمودن مقدار آب لازم به صورت روزانه و رساندن آن‌ها به حد ظرفیت زراعی جبران شد. در مورد سایر گلدان‌ها نیز بسته به تیمار مورد نظر (۵۰ و ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی)، مقدار آب لازم جهت ایجاد تنش خشکی مربوطه اضافه گردید. اضافه وزن گیاهان نیز ثابت در نظر گرفته شد. در جدول ۱ نتایج آنالیز بافت خاک مورد آزمایش و در جدول ۲ ٪ مواد تشکیل دهنده زئولیت استفاده شده در این آزمایش آمده است.

جدول ۱- درصد اجزای تشکیل دهنده خاک
Table 1- Percentage of soil components

	Sand شن	**Silt** سیلت	**Clay** رس
لومی Loamy	14	42	18
شنی Sandy	71	15	14

جدول ۲- درصد اجزای تشکیل دهنده زئولیت
Table 2- Percentage of zeolite components

	P_2O_3 (%)	**K_2O (%)**	**Na_2O (%)**	**MgO (%)**	**CaO (%)**	**T_1O_2 (%)**	**Fe_2O_3 (%)**	**Al_2O_3 (%)**	**SiO_2 (%)**
زئولیت Zeolite	0.15	18.32	1	1.1	2.15	0.15	1.18	11.98	64

اندازه‌گیری صفات رویشی

پس از مشاهده علایم تنش و قبل از برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی و طول شاخه جانبی در هر گلدان اندازه‌گیری شد. گیاهان از محل طوقه برداشت شده، برگ و ساقه آن‌ها جدا شده و وزن تر محاسبه گردید. ریشه‌ها به صورت کامل و با حداقل آسیب دیدگی از خاک خارج شد. سپس جهت جلوگیری از پلاسیدگی ریشه‌ها بلافاصله به یخچال انتقال یافتند. اندازه گیری بیشترین طول ریشه در محل گلخانه و بلافاصله پس از تخریب گلدان‌ها انجام گرفت. پس از شستشوی ریشه‌ها، حجم ریشه توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه (قانون ارشمیدوس) بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری گردید (۱۴). در ادامه ریشه و اندام هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و سپس وزن خشک ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتال مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ مورد اندازه گیری قرار گرفتند. قطر ساقه با استفاده از کولیس (Model 22855, POWER FIX) و سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (Model Li-Cor– 1300,USA) مورد اندازه گیری قرار گرفت.

اندازه‌گیری صفات فیزیوشیمیایی

محتوای رطوبت نسبی (Relative Water Content) برگ در برگ‌های کاملا توسعه یافته بعد از مشاهده علایم اولیه پژمردگی ناشی از تنش، مطابق با رابطه زیر محاسبه شد (۲۸).

RWC= (FW-DW)/ (SW-DW)× 100

در این رابطه RWC محتوای رطوبت نسبی، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و SW وزن آماس برگ بود.

جهت تعیین پایداری غشاء سلول‌های برگی از شاخص نشت الکترولیت استفاده گردید. در این روش ابتدا قطعات برگی با اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات پس از شست و شو همراه با ۱۰ میلی

لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت بوسیله شیکر شدیدا تکان داده شدند. در این مرحله نشت الکترولیت اولیه (Ci) بوسیله دستگاه هدایت سنج، ساخت شرکت JEN WAY مدل ۴۳۱۰ اندازه گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش جهت کشته شدن سلول‌های برگی، به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق نشت الکترولیت ثانویه (Cm) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش اندازه‌گیری شد. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت (EL) از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۲۸).

$$EL = (Ci/Cm) \times 100$$

شاخص سبزینگی برگ (اسپد) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) در سه قسمت از سه برگ مشابه، تازه و سالم شامل ابتدا، وسط و انتهای بوته اندازه‌گیری و میانگین آن برای بوته مورد نظر ثبت شد (۲۹). جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید، برگ‌های تازه به میزان ۰/۲ گرم را کاملا خرد کرده و در یک هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۶٪ سائیده تا به صورت یک توده یکنواختی درآید (عمل سائیدن و له کردن در محیط خنک و در جای کم نور صورت گرفت). مخلوط حاصل از کاغذ صافی رد شد و به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه انجام گرفت (۹). در مخلوط سانتریفیوژ شده دو فاز تشکیل می‌شود که محلول فاز بالا را برداشته و با استفاده از اسپکتروفتومتر ساخت شرکت Bio Quest انگلستان، مدل CE 2502 میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۶۶، ۶۵۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. غلظت کلروفیل a (Chl a)، b (Chl b)،کلروفیل کل (total) Chl)) و کارتنوئید (Carotenoid Cx+c) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$Chl\ a\ (g/ml) = 15/65\ A_{666nm} - 7/34\ A_{653nm}$$

$$Chl\ b\ (g/ml) = 27/05\ A_{653nm} - 11/21\ A$$

$$Chl\ (total) = Chla + Chlb + Cx + c$$

$$Carotenoid\ Cx{+}c = (1000\ A_{470nm} - 2.860\ Chl\ a - 129.2\ Chl\ b) / 245$$

تجزیه آماری داده‌های این پژوهش توسط نرم‌افزار JMP 8 تجزیه و تحلیل گردید. رسم نمودارها با استفاده از Excel و مقایسات میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در گیاه برگ نو نشان داد اثر ساده بستر کشت در تمام صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در این آزمایش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). همچنین سطوح آبیاری اعمال شده بر تمام صفات مورفولوژیک به جز وزن تر ریشه، طول ریشه، میانگین طول شاخه جانبی و ارتفاع گیاه اثر معنی دار داشت. برهمکنش دو تیمار بستر کشت و سطوح آبیاری بر وزن تر برگ، طول ریشه، سطح برگ، تعداد برگ و طول شاخه جانبی معنی دار بود. بررسی میانگین مربعات حاصل از جدول ۴ مربوط به صفات فیزیوشیمیایی گیاه نیز نشان داد اثر ساده بستر کشت بر محتوای آب نسبی برگ، نشت یونی، میزان کلروفیل b، کلروفیل کل و مقدار کارتنوئید موجود در برگ گیاه برگ نو معنی دار است. سطوح متفاوت آبیاری بر تمام صفات فیزیوشیمیایی اندازه گیری شده به جز کلروفیل a اثر گذار بود. همچنین با توجه به نتایج جدول ۴ برهمکنش بستر کشت و سطوح آبیاری منجر به ایجاد اختلاف معنی داری در میزان صفات محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، شاخص سبزینگی برگ، کلروفیل b و کارتنوئید شد.

وزن تر اجزای گیاه (ساقه، ریشه، برگ)، وزن تر و خشک کل گیاه برگ نو

با توجه به نتایج جدول ۵ با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی میزان وزن تر و خشک گیاه کم شد. به طوریکه در تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی مقدار وزن تر ساقه، وزن تر کل و وزن خشک کل گیاه به ترتیب ۲۵/۶، ۲۷/۶ و ۱۷٪ نسبت به شاهد آبیاری (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) کاهش داشت. بررسی اثر نوع بافت خاک نشان داد بیشترین وزن تر ساقه (۱۸ گرم)، وزن تر ریشه (۲۹ گرم)، وزن تر کل (۵۶ گرم) و وزن خشک کل (۲۰ گرم) در تیمار خاک+زئولیت بود و سه تیمار بافتی دیگر بر صفات فوق تاثیر یکسان داشتند (جدول ۵). طبق نتایج جدول ۶ مربوط به برهمکنش دو تیمار بافت خاک و تنش خشکی، وزن تر برگ در شرایط آبیاری با ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی و در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. همچنین با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی وزن تر برگ در ۴ تیمار مربوط به بافت خاک یعنی شن، شن+زئولیت، خاک، خاک+زئولیت به ترتیب ۵۷، ۶۷، ۳۰ و ۳۴ ٪ کاهش داشت. به این ترتیب مشاهده شد که با کم کردن آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی کمترین کاهش وزن تر برگ در دو تیمار خاک و خاک+ زئولیت بود (جدول ۶).

طول و حجم ریشه، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، طول شاخه جانبی، سطح برگ

کم آبیاری ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی منجر به کاهش حجم ریشه، قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی نسبت به شاهد آبیاری شد. با تشدید کم آبیاری از ۵۰ به ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی نیز مقادیر این صفات کم شد هرچند این کاهش معنی دار نبود. بیشترین حجم ریشه (به ترتیب برابر ۳۰/۴ و ۳۴ سانتیمتر مکعب) و ارتفاع گیاه (به ترتیب ۶۲ و ۷۰ سانتیمتر) در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت مشاهده شد و کمترین حجم ریشه بدون اختلاف معنی دار در دو تیمار شن و شن+زئولیت بود (جدول ۵).

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در گیاه برگ نو

Table 3- Average squares of variance analysis for morphological traits measured in *Ligustrum vulgare*

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر کل Total fresh weight	وزن خشک کل Total dry weight	طول ریشه Root length	حجم ریشه Root volume	سطح برگ Leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه جانبی Number of lateral shoot	طول شاخه جانبی Length of lateral shoot
بستر کشت Planting bed (A)	3	84.621**	160.674**	303.288**	1524.992**	166.489**	458.546**	354.407**	83781616.09**	26.081**	7.596**	8678.250**	13.509**	151.066**
سطوح آبیاری FC(%) Irrigation levels (B)	2	36.488**	37.104**	41.245ns	460.466**	12.315**	81.444ns	98.361**	457976669.848**	26.882ns	3.115*	88.194ns	13.861**	5.244ns
A ×B	6	3.578*	3.357ns	4.074ns	21.697ns	3.491ns	243.852*	16.213ns	5942239.0.49*	80.900ns	0.598ns	310.750*	2.787ns	30.266**
خطا Error	24	1.530	7.988	14.133	26.491	7.774	77.162	8.250	2229214.738	58.813	0.762	123.889	2.111	6.725
درصد تغییرات CV (%)		16.29	23.56	15.03	13.73	19.68	14.94	11.36	8.89	13.61	13.31	10.30	19.89	1685

ns، *، ** به ترتیب بیانگر اختلاف غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **; indicate no significant difference and significant difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ٤- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیوشیمیایی اندازه گیری شده در گیاه برگ نو

Table 4- Average squares of variance analysis for physiochemical traits measured in *Ligustrum vulgare*

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ Relative water content of leaf	نشت یونی Ion leakage	شاخص سبزینگی برگ Spad Index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid
بستر کشت Planting bed (A)	2	446.660**	764.735**	62.039ns	207.058ns	42.194*	244.671*	36.769**
سطوح آبیاری FC(%) Irrigation levels (B)	2	2877.871**	1168.818**	535.351**	14.146ns	187.351**	482.112**	60.813**
A ×B	6	214.529*	148.093*	150.414*	163.728ns	46.871**	155.668ns	9.735*
خطا Error	24	65.404	57.742	49.819	81.539	12.250	78.323	2.927
درصد تغییرات CV (%)		15.39	94.18	11.83	23.98	17.45	15.67	15.76

ns، *، ** به ترتیب بیانگر اختلاف غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **; indicates no significant difference and significant difference at 5 and 1% respectively.

با اضافه کردن ۲۰٪ زئولیت به حجم خاک قطر ساقه ۴۲٪ افزایش نشان داد این در حالی است که قطر ساقه بین سایر تیمارهای بافتی اختلاف معنی داری نداشت. دو تیمار شن و شن+ زئولیت تعداد شاخه جانبی کمتری نسبت به دو تیمار خاک و خاک+زئولیت داشتند. طبق نتایج حاصل از جدول ۶ طول ریشه در تیمار ۱۰۰٪ خاک و آبیاری با ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی ۴۴ سانتی‌متر بود ولی با کاهش آب آبیاری به ۵۰٪ ظرفیت زراعی طول ریشه به ۷۳ سانتی‌متر افزایش پیدا کرد و در تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ۵۳ سانتی‌متر در همین تیمار بافتی رسید. تیمار خاک+زئولیت در دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی به ترتیب با ۱۵۴ و ۱۵۰ برگ بیشترین تعداد برگ را داشت. همچنین نتایج نشان داد با کاهش مقدار آب آبیاری از ۵۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی میانگین طول شاخه جانبی در بستر شن ۳۹٪، در بستر شن+زئولیت ۱۶٪، در بستر خاک ۳/۸٪ و در بستر خاک + زئولیت ۰/۴٪ کاهش داشته است. ضمن اینکه سطح برگ با ۱۱۵۰۰ سانتیمتر مربع در هر گیاه برگ نو در تیمار خاک+زئولیت و آبیاری با ظرفیت کامل زراعی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود.

نشت یونی و محتوای نسبی آب برگ

برهمکنش اثر نوع بافت بستر کشت و تنش خشکی نشان داد با کاهش مقدار آب آبیاری، نشت یونی سلول‌های برگی گیاه برگ نو به تدریج رو به افزایش گذاشت و در عین حال محتوای نسبی آب برگ به تدریج کم شد. به این ترتیب نشت یونی در شاهد آبیاری (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) در تیمارهای شن، شن+زئولیت، خاک و خاک+زئولیت به ترتیب ۳۵، ۲۳، ۴۳ و ۲۶٪ بود و در تنش شدید ۲۵٪ ظرفیت زراعی در همین تیمارها به ترتیب به ۴۳، ۳۴، ۵۵ و ۵۱ ٪ رسید. محتوای نسبی آب برگ در شرایطی که محیط بستر کشت با تیمار خاک+زئولیت پر شده بود و با ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی آبیاری شد ۷۱ ٪ و در تیمار شن+زئولیت در همین سطح آبیاری ۶۵ ٪ بود (جدول ۶).

شاخص سبزینگی برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید

مقدار کلروفیل a در تیمار ۱۰۰٪ شن ۴۰/۶ و در تیمار خاک ۳۱/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. خشکی منجر به افزایش کلروفیل کل شد به‌طوری‌که مقدار این صفت در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی ۵۰ میلی گرم بر گرم بود و در تنش ۲۵٪ به ۶۳ میلی‌گرم افزایش یافت. همچنین در بین چهار بستر استفاده شده میزان کلروفیل در بستر خاک (۵۰/۱ میلی‌گرم) و خاک+زئولیت (۵۴/۴ میلی‌گرم) کاهش داشت. بیشترین مقدار عدد اسپد (۷۲) و کلروفیل b (۳۱/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شن+زئولیت و ۲۵٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد. مقدار کارتنوئید موجود در برگ گیاه برگ نو در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی در تیمار خاک ۷/۵ و در تیمار خاک+زئولیت ۸/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود.

بحث

وزن تر و خشک زیست توده، به عنوان صفت پایدار در اندازه گیری میزان رشد گیاهان، می‌تواند در ارزیابی میزان تولید در شرایط تنش خشکی موثر باشد. تنش خشکی اعمال شده در سطوح ۵۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی منجر به کاهش صفات رویشی از جمله وزن تر و خشک، تعداد برگ و سطح برگ شد. در واقع تنش خشکی با کاهش سطح برگ و اختلال در دستگاه فتوسنتزی، منجر به پیری زودرس در برگ‌ها شده و در نتیجه تعداد برگ کاهش یافت (۱۰). از آنجا که با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توام با کاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی شدیدی پیدا می‌کند که منجر به کاهش میزان رشد و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود (۲۳). به عبارتی در شرایط تنش، گیاه دچار محدودیت تغذیه‌ای شده و به دنبال آن تولید اندام هوایی کمتر و انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می‌یابد (۴۰). اگرچه در مطالعه حاضر تیمارهای آبیاری اعمال شده بر ارتفاع گیاه پرچینی برگ نو اثر معنی دار نداشت، اما در تحقیقات مشاهده شد که در گیاه پرچینی زرشک زینتی با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی ارتفاع گیاه و طول شاخه کاهش یافت (۳۳).

تعداد شاخه جانبی به عنوان یکی از شاخص‌های زیبایی در درختچه‌های زینتی مورد توجه قرار می‌گیرد. بررسی اثر تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های جانبی نشان داد اگرچه با اعمال تنش از ۱۰۰ به ۵۰٪ ظرفیت زراعی تعداد شاخه کم شد ولی بین دو سطح تنش اعمال شده یعنی ۵۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی از این نظر اختلاف معنی داری وجود نداشت. تعداد شاخه در گیاهان معمولا تابعی از وزن و تعداد گره در ساقه می‌باشد (۳۳)، بنابراین با توجه به کاهش وزن گیاه، سطح و تعداد برگ در اثر افزایش تنش، کاهش تعداد شاخه دور از انتظار نیست. با توجه به اینکه ارتفاع و تعداد شاخه جانبی در گیاه برگ نو، به عنوان گیاهی که در فضای سبز به عنوان پرچین کاربرد دارد، از اجزای مهم در زیبایی و کارایی این گیاه به شمار می‌رود، گزینش بوته‌هایی که شاخه خود را در شرایط تنش حفظ می‌کنند و در عین حال کاهش ارتفاع معنی داری ندارند، می‌تواند در بهبود کارایی این گیاه پرچینی در این شرایط موثر باشد.

جدول ۵- اثر ساده تنش خشکی و بافت خاک بر صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در گیاه برگ نو

Table 5-. Comparison of mean simple effects of drought stress and soil texture on quantitative and qualitative traits in *Ligustrum vulgare*

تیمارها Treatments		وزن تر ساقه Stem fresh weight (g plant^{-1})	وزن تر ریشه Root fresh weight (g plant^{-1})	وزن تر کل Total fresh weight (g plant^{-1})	وزن خشک کل Total dry weight (g plant^{-1})	حجم ریشه Root volume (cm^3)	ارتفاع Height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/gfw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/gfw)
بستر کشت Planting bed	شن Sand	10.14^{b}	17.93^{b}	31.80^{b}	12.96^{bc}	22.88^{b}	53.72^{b}	6.21^{b}	6.66^{bc}	40.69^{a}	61.97^{a}
	شن+زئولیت Sand + zeolite	11.18^{b}	19.97^{b}	34.22^{b}	13.13^{b}	24.66^{b}	58.66^{b}	6.24^{b}	6.60^{bc}	36.84ab	59.23^{a}
	خاک Soil	8.50^{b}	16.22^{b}	27.37^{b}	10.25^{c}	30.44^{a}	62.22^{a}	5.56^{b}	7.77^{ab}	31.21^{b}	50.17^{b}
	خاک+زئولیت Soil + Zeolite	18.11^{a}	29.24^{a}	56.50^{a}	20.30^{a}	34.11^{a}	70.77^{a}	7.91^{a}	8.77^{a}	41.86^{a}	54.47^{ab}
سطوح آبیاری (FC٪) Irrigation levels	100	13.74^{a}	19.31^{a}	44.19^{a}	15.65^{a}	28.58^{a}	52.91^{a}	6.07^{a}	8.50^{a}	36.53^{a}	50.79^{b}
	50	12.01^{ab}	20.31^{a}	36.29^{b}	13.86^{b}	23.66^{b}	54.62^{a}	6.50^{ab}	7.00^{b}	36.62^{a}	55.28^{b}
	25	10.22^{b}	22.90^{a}	31.97^{b}	12.98^{b}	23.58^{b}	53.16^{a}	7.09^{b}	6.41^{b}	33.79^{a}	63.31^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۱ درصد ، بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means with similar letters in each column do not have significant difference based on LSD test (*$p \le 0.01$*)

جدول ٦- برهمکنش تنش خشکی × بافت خاک بر صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در گیاه برگ نو

Table 6- Interactions effects of drought stress ×soil texture on quantitative and qualitative traits in *Ligustrum vulgare*

بستر کاشت Planting bed	سطوح آبیاری Irrigation levels (FC%)	وزن تر برگ leaf Fresh weight (g plant^{-1})	طول ریشه Root length (cm)	تعداد برگ Leaf Number	طول شاخه جانبی branch (cm) length	سطح برگ Leaf area (cm^2)	نشت یونی ion leakage (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content (٪)	شاخص سبزینگی برگ Spad	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/gfw)	کارتنوئید carotenoid (mg/gfw)
شن Sand	100	5.16^{cd}	67.03	92.67^{e}	14.13^{cd}	5783^{cd}	35.19^{bcde}	62.51^{ab}	93.50^{de}	17.93^{d}	8.48^{de}
	50	2.21^{e}	71.33^{a}	82.33^{ef}	14.53^{cd}	5605^{d}	36.51^{bcd}	54.58^{bc}	57.20^{cd}	20.27^{bcd}	11.81^{bc}
	25	0.77^{f}	67.00^{ab}	72.33^{f}	8.75^{e}	1632^{f}	43.19^{bc}	25.16^{d}	62.73^{abcd}	25.65^{ab}	13.65^{ab}
شن+زئولیت Sand + zeolite	100	5.44^{c}	55.33^{bcd}	94.00^{e}	16.36^{bc}	5197^{d}	23.46^{e}	65.59^{ab}	44.90^{e}	16.49^{d}	9.93^{cde}
	50	1.80^{ef}	64.67^{abc}	80.67^{ef}	11.50^{de}	3673^{e}	31.86^{cde}	46.90^{c}	72.03^{ab}	19.13^{cd}	11.26^{bcd}
	25	1.44^{ef}	64.67^{abc}	75.33^{ef}	9.65^{e}	2090^{f}	34.23^{cde}	27.87^{d}	72.77^{a}	31.54^{a}	16.18^{a}
خاک Soil	100	11.26^{a}	44.00^{d}	124.3^{cd}	21.59^{a}	7362^{bc}	4307^{bc}	64.69^{ab}	52.70^{de}	18.56^{d}	7.50^{e}
	50	8.66^{b}	73.67^{a}	21.3^{cd}	19.72^{ab}	5451^{d}	4778^{b}	66.94^{ab}	65.53^{abc}	18.27^{d}	8.81^{de}
	25	7.88^{b}	53.33^{bcd}	113.3^{d}	18.97^{ab}	2206^{f}	5577^{a}	56.86^{bc}	60.17^{bcd}	16.04^{d}	7.40^{e}
خاک+زئولیت Soil + Zeolite	100	10.92^{a}	50.00^{cd}	154.7^{a}	22.21^{a}	11500^{a}	26.02^{de}	71.24^{a}	59.20^{cd}	15.05^{d}	8.88^{de}
	50	7.15^{b}	53.67^{bcd}	150.07^{ab}	14.13^{cd}	9096^{b}	33.22^{cde}	55.77^{bc}	58.33^{cd}	16.95^{d}	10.82^{bcd}
	25	5.74^{c}	52.67^{bcd}	134.7^{bc}	14.07^{cd}	6415^{c}	51.13^{a}	32.63^{d}	59.20^{cd}	24.87۴^{bc}	15.53^{a}
LSD		2.08	14.80	18.76	4.391	795/6	12.81	13.63	11.89	5.89	2.88

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۱ درصد ، بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means with similar letters in each column do not have significant difference based on LSD test (*$p \leq 0.01$*)

بطور کلی در این مطالعه مشخص شد که کاهش نیاز آبی از ۱۰۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی، روی ارتفاع گیاه و کاهش آب مصرفی از ۵۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی روی تعداد شاخه فرعی در گیاه برگ نو تاثیر منفی ندارد و می‌توان با کاهش مقدار آب مصرفی به تعداد شاخه مناسب در این گیاه رسید که ضمن کاهش مصرف آب زیبایی گیاه نیز حفظ شود.

همانطور که در نتایج گزارش شد طول ریشه در تیمار ۱۰۰٪ خاک و آبیاری با ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی ۴۴ سانتی‌متر بود ولی با کاهش آب آبیاری به ۵۰٪ ظرفیت زراعی طول ریشه به ۷۳ سانتی‌متر افزایش پیدا کرد و در تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ۵۳ سانتی‌متر در همین تیمار بافتی رسید. در سایر تیمارهای مربوط به نوع بستر نیز افزایش طول ریشه در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. این طور به نظر می‌رسد کمبود آب باعث توسعه ریشه به بخش‌های عمیق‌تر و مرطوب‌تر خاک می‌شود و فرآیند توسعه برگ را سریعاً تحت تاثیر قرار می‌دهد اما فعالیت فتوسنتزی به مقدار کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرد. جلوگیری از توسعه برگ میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام هوایی کاهش می‌دهد و سهم بیشتری از مواد کربوهیدراته گیاه در ریشه توزیع می‌گردد که در آنجا ریشه توانایی جذب آب و مواد معدنی بیشتری را می‌یابد که در نهایت منجر به افزایش طول ریشه می‌گردد (۶).

با توجه به نتایج به‌دست آمده بیشترین وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن تر کل و وزن خشک کل در تیمار خاک+زئولیت بود. مطالعات نشان داد که مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش وزن تر شاخه در گیاهانی مانند گوجه فرنگی و خربزه گردید (۳۰). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از سوپرجاذب منجر به افزایش وزن خشک ریشه در گیاهانی از جمله کتان روغنی (۲۴) گردید. این امر به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه می‌باشد (۳۹).

تاثیر تنش خشکی روی مورفولوژی نهال داغداغان در مشهد بین آبیاری یک روز در میان و چهار روز یک بار نشان داد صفات ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک و نسبت سطح برگ کاهش معنی داری داشته ولی در قطر یقه اختلاف معنی‌داری بین شاهد و خشکی مشاهده نشد (۳۵).

نتایج تحقیق تنش خشکی روی سنجد پرخار در چین نشان داد که نهال‌ها به‌صورت خوابیده رشد کرده و شاخه‌ها و برگ‌های نازک‌تر و با زوایای بیشتری نسبت به شاهد دارد (۱۹).

گزارش شده است که دلیل کاهش وزن گیاه در اثر تنش خشکی، کاهش پتانسیل اسمزی سلول و کاهش طول سلول و تقسیم در ساقه است. سوپر جاذب، با توانایی زیاد نگهداری آب، می‌تواند اثرهای بد تنش را کاهش دهد. سوپرجاذب باعث بازماندن روزنه‌ها به مدت طولانی می‌شود و سپس باعث تثبیت مناسب با دی‌اکسیدکربن و افزایش وزن خشک در گیاه می‌گردد (۴). عابدی و سهراب (۳) در پژوهشی اثر کانی زئولیت را بر سه نوع خاک سبک، متوسط و سنگین بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان آب در دسترس گیاه در هر بافت نسبت به شاهد افزایش داشت. در این پژوهش کاربرد زئولیت موجب بهبود ساختمان خاک به دلیل افزایش چسبندگی خاکدانه‌ها شد.

محتوای نسبی آب، شاخص مناسبی از وضعیت آب برگ می‌باشد. با کاهش مقدار آب آبیاری، نشت یونی سلول‌های برگی گیاه برگ نو به تدریج رو به افزایش گذاشت و در عین حال محتوای نسبی آب برگ به تدریج کم شد. به عبارتی تنش خشکی سبب تغییر در غشای سلولی و در نتیجه افزایش نشت الکترولیت سلول‌ها شده است (۱۳). کاهش پتانسیل اسمزی و محتوای نسبی آب برگ برای حفظ تورژسانس در پاسخ به تنش آبی در بسیاری از گونه‌های زینتی کشت شده در فضای سبز مثل نیلوفر، شاهپسند درختی (*Lantana camara*)، گل کاغذی (*Bougainvillea glabra*)، ناترک (*Dodonaea triquetra*) و شمشاد (*Buxus hyrcana*) گزارش شده است (۳۱). همچنین تنش خشکی منجر به کاهش وزن خشک و شاخص سطح برگ در کوکب کوهی (*Rudbeckia hirta*)، محتوای نسبی آب برگ در گیاه برگ نوی درخشان (*Ligustrum lucidum*) و شیشه شور (*Callistemon citrinus*)، قطر ساقه در بداغ (*Viburnum opulus*) و تعداد برگ در آکاسیا (*Acacia tortilis*) شده است (۳۷). طبق نتایج به‌دست آمده محتوای نسبی آب برگ در شرایطی که محیط بستر کشت با تیمار خاک+زئولیت پر شده بود و با ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی آبیاری شد و در تیمار شن+زئولیت در همین سطح آبیاری ۶۵٪ بود که نسبت به سایر تیمارها مقدار بیشتری بود. منطبق با این نتایج غلامحسینی و همکاران (۱۷) به تاثیر مثبت زئولیت در افزایش محتوای نسبی آب برگ آفتابگردان (*Helianthus annuus*) اذعان نمودند که دلیل آن را خاصیت برگشت پذیری جذب و دفع آب توسط زئولیت دانستند. نعیمی و همکاران (۲۷) گزارش کردند که استفاده از زئولیت تحت تیمارهای تنش کم آبی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفت رطوبت نسبی برگ در کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo*) داشت و بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ در تیمار کاربرد زئولیت در شرایط آبیاری معمول به دست آمد و کمترین میزان آن نیز مربوط به تیمار عدم کاربرد زئولیت در شرایط تنش کم آبی در مرحله گلدهی بود.

با توجه به نتایج جدول ۶ در هر چهار بستر کشت با افزایش تنش، مقدار رنگدانه‌های کلروفیلی و کارتنوئید افزایش یافت. تعدادی از محققان بیان کردند که طی تنش، به دلیل وجود سلول‌های بیشتر در واحد وزن برگ، مقدار کلروفیل ممکن است افزایش یابد (۱۸). کارتنوئیدها ترکیبات تتراترپنی می‌باشند که به عنوان حامی

رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی شناخته شده اند که می‌توانند انرژی اضافی طول موج‌های کوتاه را بگیرند و اکسیژن یک‌تایی را به اکسیژن سه تایی تبدیل کرده و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی اکسیدانی از خود بروز دهند (۲۲). در تنش‌های شدید، میزان کارتنوئید، که به عنوان حمایت کننده‌ای برای کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری به شمار می‌روند، افزوده می‌شود تا مانع تخریب بیشتر کلروفیل‌ها گردد (۲۴). این نتایج با یافته‌های عبدالله و خوشبین (۱) و محمد خانی و حیدری (۲۵) مبنی بر افزایش کارتنوئید در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. احمدی آذر و همکاران (۵) با بررسی اثر خشکی و سوپرجاذب زئولیت بر گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*) گزارش کردند که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید معنی‌دار بود. به‌طوری‌که هم در کلروفیل a و هم در کلروفیل b بیشترین مقادیر در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار زئولیت استفاده شده و کمترین مقادیر کلروفیل در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و زئولیت شاهد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده کاهش سطح آبیاری منجر به کاهش صفات رویشی از جمله وزن تر و خشک گیاه برگ نو، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی شد. در بین چهار بستر کشت استفاده شده در این آزمایش، بیشترین وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن تر کل، وزن خشک کل و سطح برگ در تیمار خاک+زئولیت و بیشترین وزن تر برگ، حجم ریشه و ارتفاع گیاه در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت و کمترین حجم ریشه بدون اختلاف معنی دار در دو تیمار شن و شن+زئولیت بود. همچنین در تیمارهای حاوی زئولیت میزان نشت یونی نسبت به سایر بسترهای کشت کمتر بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد بستر کشت حاوی خاک و همچنین بستر کشت حاوی خاک و زئولیت در شرایط کم آبیاری محیط مناسب تری برای رشد گیاه برگ نو بوده و بسترهای سبک شنی منجر به کاهش رشد گیاه در شرایط بدون تنش و همچنین تحت تنش خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از واحد ویژه خدمات تخصصی علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد بابت تامین بخشی از هزینه‌های این پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Abdalla M.M., and El-Khoshiban N.H. 2007 The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Apply Science Research 3: 2062-2074.
2- Abdulazeez A. 2017. Effects of soil texture on vegetative and root growth of *Senna obtusifolia* seedlings indigenous to Bichi, Sudan savannah of Northern Nigeria, in Green house conditions. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science 10(4): 70-74.
3- Abedi Kupai J., and Sphrab F. 2004. Influence of zeolite and bentonite minerals on soil hydraulic properties. Proceedings of the 12th Iranian Conference of Crystallography and Mannology, University of Chamran, Ahvaz, pp. 567-562.
4- Abedi-Koupai J., Sohrab F., and Swarbrick G.W. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. Journal of Plant Nutrition 31: 317-331.
5- Ahmadi Azar F., Hasanloo T., and Feizi V. 2015. Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*). Journal of Plant Researches 28(3): 459-474.
6- Banwarie L., Kaushik S.K., and Gautam R.C. 1994. Effect of soil moisture regime, kaolin spray and phosphorus fertilizer on nodulation, P uptake and water use of lentil (*Lense culinaris*). Indian Journal of Agronomy 39:241-245.
7- Beikircher B., and Mayr S. 2009. Intraspecific differences in drought tolerance and acclimation in hydraulics of *Ligustrum vulgare* and *Viburnum lantana*. Tree Physiology, Page 1 of 11.
8- Burger D.W., Hartin J.S., Hodel D.R., Lukaszewski T.A., Tjosvold S.A., and Wagner S.A. 1987. Water use in California's ornamental nurseries. California Agriculture 41: 7-8.
9- Dere S., Günes T., and Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - A, B and total carotenoid contents of some Algae species using different solvents. Turkish Journal of Botany 22: 13-17.
10- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185–212
11- Fathi A., and Tari D.B. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10(1): 1-6
12- Franz Ch. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulture 132: 203-215.
13- Fu J., Fry J., and Huang B. 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. Horticultural Science 39: 1740-1744.

14- Ganjali A., Kafi M., Bagheri A., and Shahriari F. 2005. Investigation of Physiomorphological Aspects of Drought Resistance in Chickpea (*Cicer arientinum* L.) Genotypes, PhD Thesis. Mashhad Ferdowsi University.
15- Ghahraman A. 1986. Iran Color Flora. Forests and Rangelands Research Institute Publications.
16- Ghasemi Ghehsareh M., Khosh-Khui M., and Abedi-Koupai J. 2010. Effects of superabsorbent polymer on water requirement and growth indices of *Ficus benjamina* L. 'Starlight'. Journal of Plant Nutrition 33: 785-795.
17- Ghasemi Z. 2014. Effect of irrigation with refined and unrefined municipal wastewater on growth indices and heavy metal accumulation in rosemary and tron species. M.Sc. thesis, Department of Environment, Yazd University.
18- Guan B.H., Ge Y., Fan M.Y., Niu X.Y., Lu Y.J., and Shang J. 2003. Phenotypic plasticity of growth and morphology in *Mosla chinensis* responds to diverse relative soil water content. Acta Ecologica Sinica 23(2): 259-263.
19- Guo, W., Li, B., Zhang, X., Wang, R. 2007. Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. Journal of Arid Environments, 69: 385–399.
20- Hamarashid N.H., Othman M.A., and Hussain M.A.H. 2010. Effects of soil texture on chemical compositions, microbial populations and carbon mineralization in soil. Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany) 6(1): 59–64.
21- Harb E.M.Z., and Mahmoud M.A. 2009. Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium*) grown under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4rd Conference on Recent Technologies in Agriculture, Pp 586-592.
22- Inze D., and Montagu M.V. 2000. Oxidative stress in plants. Cornavall Great Britain.
23- Kafi M., Zand A., Kamkar B., Sharifi H., and Goldani M. 2001. Plant Physiology (translation) Mashhad University Press. 379 p.
24- Keikhaii F. 2001. Effect of superabsorbent PR 3005 A on water content and some quantitative and qualitative characteristics of oily flax. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
25- Mohammadkhani N. and Heidari R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan Journal Biological Science 10: 4022-4028.
26- Mortezaii Nejad F., and Jazi Zade A. 2017. Effects of drought stress on physiological and morphological indices of chicory for introduction in urban green space. Plant Process and Function 6(21): 279-290.
27- Naeemi M., Akbari G.A., Shirani Rad A.H., Hassanlou T., and Akbari G.A. 2012. The Effect of Zeolite and Selenium Foliar Application under Water Deficit Stress on Water Relationships and Antioxidant enzymes in paper pumpkin. Journal of Agricultural Agronomy 14(1): 67-81.
28- Omae H., Kumar A., Kashiviba K., and Shono M. 2007. Assessing drought tolerance of Snap bean *(Phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. Plant Production Science 10(1): 28-35.
29- Oneill P.M., Shanahan J.F., and Schepers J.S. 2006. Use chlorophyll florescence assessments to differentiate corn hybrid respond to variable water conditions. Crop Science 46: 681-687.
30- Polat E., Karaca M., Demir H., and Naci Onus A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of fruit and ornamental plant research. Special ed. 12: 183-189.
31- Rastegar S., Zakeri A., and Zakeri B. 2016. Effect of drought stress on vegetative growth and biochemical changes of six tropical ornamental species. Plant Process and Function 5(16): 157-164.
32- Salar N., Farah pour M., and Bahadori F. 2005. The Effect of Terra-Cotta hydrophilic polymer on irrigation period in melon. Third Specialized Training-Agricultural and Industrial Application of Super absorbable Hydrogels.
33- Setayesh R., Kafi M., and Nabati J. 2016. Determination of drought tolerance threshold of ornamental Barberry shrub in Mashhad climatic conditions. Journal of Horticultural Science 30(4): 714-722.
34- Starr F., Starr K., and Loope L. 2003. *Ligustrum* spp. OVERVIEW. United States Geological Survey--Biological Resources Division. Haleakala Field Station, Maui, Hawai.
35- Tabatabaei S.A.H, Jalilvand H., Ahani H. 2014. Drought stress response in Caucasian hackberry: growth and morphology, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 5(3): 158-169.
36- Taylor T.N., Remy W., and Hass H. 1995. Fossil arbuscular mycorrhizae from the early Devonian. Mycologia 87(4): 560-573.
37- Toscano S., Ferrante A., and Romano D. 2019. Response of mediterranean ornamental plants to drought stress. Horticulture Science 5(6):1-20.
38- Wakeel A., Hassan A., Aziz T., and Iqbal M. 2002. Effect of different levels and soil texture on growth and nutrient uptake of maize. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 39(2).
39- Yadav M., and Rhee K.Y. 2012 Superabsorbent nanocomposite (*alginate-g-PAMPS/MMT*): synthesis, characterization and swelling behavior. Carbohydrate Polymers 90: 165-173.
40- Yang F., and Miao L.F. 2010. Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. Silva Fennica, 44: 23–37.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 451-463
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۶۳-۴۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Study on the Effect of Zeolite and Soil Texture on Quantitative and Qualitative Characteristics of *Ligustrum vulgare* in Different Irrigation Levels

Y. Selahvarzi[1*]- S. Sarfaraz[2]- M. Zabihi[3]- M. Kamali[4]

Received: 25-09-2019
Accepted: 11-05-2020

Introduction: Drought is known as one of the most important factors limiting the growth and production of plants in urban landscape. Drought has limited production of 25% of the world's agricultural lands. Water allocated to the landscape irrigation has high value and should be used optimally with high efficiency. Soil texture is a classification instrument used both in the field and laboratory to determine soil classes based on their physical texture. Soil texture can be determined using qualitative methods such as texture by feel, and quantitative methods such as the hydrometer method. Soil texture has agricultural applications such as determining crop suitability and predicting the response of the soil to environmental and management conditions such as drought or calcium (lime) requirements. Soil texture focuses on the particles that are less than two millimeters in diameter which include sand, silt, and clay. Soil texture affects the water content and drainage ability of soils. This is because texture controls the nature of soil pores, i.e. the voids or spaces between the mineral particles in a clay soil. For example, there are many minute pores or micro pores between the tiny clay particles. Being small, they tend to retain water but to exclude air. As a result, clay soils are prone to drain poorly and to become waterlogged. By contrast, sandy soils are dry soils. On the other hand, application of new techniques to maintain soil moisture is essential. One of these techniques for increasing soil water retention is use of natural moisture absorbing materials such as zeolite. Zeolites are one of the new and effective substances to improve the soil water retention and preserve water and minerals in the soil. Zeolites contain elements such as potassium, calcium, sodium, silicon, aluminum, magnesium, iron and phosphorus that can be considered as the best dietary supplement and fertilizer and play an important role in the utilization and production of the most agricultural products.

Ligustrum vulgar L., belongs to the *Oleaceae* family, is native to warm regions, European and Asian countries including Iran. This plant is one of the most widely used perennial plants in the landscape spaces. This study was designed to investigate the effects of drought stress and soil texture on growth and some qualitative and quantitative traits of the *Ligustrum vulgare*.

Materials and Method: In order to investigate the effect of zeolite and soil texture on quantitative and qualitative traits of *Ligustrum vulgare* under drought stress, a factorial experiment was conducted based on completely randomized design with three replications, in the greenhouse of Agricultural Faculty, Ferdowsi University of Mashhad in 2019. The treatments consisted of four types of soil texture (100% soil, 100% sand, 80% soil + 20% zeolite, 80% sand + 20% zeolite) and three levels of irrigation (25, 50 and 100% field capacity).

Plant height, number of leaves, number of lateral branches, maximum root length, root volume, shoot and root dry weight and length of lateral branches were measured in each pot. Physiochemical traits such as relative water content, electrolyte leakage and photosynthetic pigments were also measured. Statistical analysis of data was analyzed by JMP8 software. Graphs were plotted using excel and all mean comparisons were performed by LSD test at $P<0.05$%.

Results and Discussion: According to the results, decreasing irrigation levels reduced vegetative traits such as fresh weight and dry weight. Relative water content also decreased, but ion leakage increased by decreasing irrigation levels. The highest stem fresh weight (18 g), root fresh weight (29 g), total fresh weight (56 g) and total dry weight (20 g) were observed in soil + zeolite, and the highest leaves fresh weight, root volume and plant height were obtained in soil and soil + zeolite treatments. The lowest root volume was observed in sand and zeolite treatments which had no significant differences. In addition, ion leakage was lower in the treatments containing zeolite than the other treatments. The highest amount of SPAD (72) and chlorophyll b (31.5 mg / g fresh weight) were observed in sand + zeolite treatment and 25% field capacity. According to the results, it

1 and 4- Assistant Professor and Graduated Ph.D. in Horticulture, Horticulture Department, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Selahvarzi@umac.ir)
2 and 3- Mashhad Municipality Experts

seems that soil and soil + zeolite in low irrigation conditions were more suitable environment for growth of *Ligustrum vulgare* and sandy bedding would reduce plant growth in normal conditions as well as under drought stress.

Keywords: Chlorophyll, Electrolyte leakage, Leaf area, Relative water content, Urban landscape

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 465-479
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۷۹-۴۶۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف کود آهن بر پارامترهای رویشی و فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی در سیستم آب‌کشت

مهدی مرادی[1*]- حمیدرضا روستا[2]- احمد استاجی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۴

چکیده

به‌منظور تعیین بهترین روش کاربرد و نوع کود آهن بر جذب و تاثیر آن بر فرآیند فتوسنتز و رشد گیاه گوجه‌فرنگی، آزمایشی بصورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش کاربرد کود (اضافه کردن به محیط ریشه و محلول پاشی) و نوع کود آهن ($FeSO_4$، Fe-DTPA، Fe-EDTA و Fe-EDDHA) با ۳ تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که ارتفاع، وزن تر و وزن خشک گیاه تحت تاثیر روش کاربرد و نوع کود آهن قرار گرفت، به طوری که بیشترین و کمترین مقدار پارامترهای مذکور به ترتیب در تیمار Fe-EDTA در محیط ریشه و محلول‌پاشی $FeSO_4$ بدست آمد. مقدار آهن ریشه و شاخساره گیاه نیز تحت تاثیر نوع کود آهن و روش کاربرد قرار گرفت به‌طوری که تیمار Fe-EDTA در محیط ریشه و محلول‌پاشی آن به ترتیب بیشترین مقدار آهن ریشه و شاخساره را به خود اختصاص داد. همچنین عناصر میکرو و برخی از عناصر پرمصرف نظیر منیزیم و فسفر تحت تاثیر نوع کود و روش کاربرد عناصر قرار گرفتند. با توجه به تاثیر معنی‌دار کودهای مذکور و روش کاربرد، حداکثر محتوای کلروفیل (a، b و کل)، نسبت کلروفیل فلورسانس متغیر به حداکثر (F_v/F_m) و شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI) برگ‌های جوان و پیر در تیمار Fe-EDTA از طریق ریشه بدست آمد و بیشترین مقدار کارتنوئید و قندهای محلول به ترتیب در تیمار $FeSO_4$ در محیط ریشه و محلول پاشی آن بدست آمد. لذا با توجه به نتایج این آزمایش، کود آهن Fe-EDTA بیشترین تاثیر را نسبت به سایر منابع آهن بر رشد رویشی گوجه‌فرنگی داشت.

واژه‌های کلیدی: آب‌کشت، تغذیه، گوجه‌فرنگی، منابع آهن

مقدمه

امروزه با توجه به محدودیت کمی و کیفی منابع آب و خاک و لزوم تامین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد کشور، اتخاذ سیاست‌های جدید در این زمینه ضروری است. بر همین اساس در سال‌های گذشته توجه ویژه‌ای به تولید محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل‌شده به ویژه نظام‌های کشت بدون خاک معطوف شده است. لذا به منظور تولید محصول با کیفیت بالا در این‌گونه سیستم‌های کشت نیاز به اجرای یک سیستم مدیریتی قوی به ویژه در زمینه تغذیه می‌باشد (۱۵). به طور کلی امروزه ارتباط بین غلظت عناصر غذایی با کیفیت محصول به خوبی مشخص شده و در این زمینه تحقیقات زیادی نیز انجام شده است. عناصر ضروری ممکن است در ساختار گیاه و یا برخی فرآیندهای سوخت و سازی آن مورد نیاز باشند، به‌طوری که کمبود آنها سبب بروز نارسایی‌هایی در گیاه شده، که اغلب به صورت علائمی بر روی اندام‌های مختلف و یا کل گیاه قابل مشاهده می‌باشد. در نقطه مقابل بیشبود برخی عناصر سبب بروز اختلالاتی در رشد و نمو گیاه می شود (۱۲).

آهن یکی از عناصر ضروری و حیاتی برای تمام موجودات زنده محسوب می‌شود و یکی از عناصری می‌باشد که در بسیاری از فرایندهای متابولیکی، نظیر فتوسنتز و تنفس نقش دارد (۱۶). دسترسی گیاه به آهن یکی از عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد و با توجه به اینکه عنصر آهن در بافت خاک به وفور یافت می‌شود ولی به دلیل حلالیت پایین، گیاه قادر به جذب این عنصر از خاک نیست (۳۹). لذا کمبود آهن سبب ایجاد اختلالاتی در سیستم‌های فتوسنتزی و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد و در میان

۱- مدرس گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: moradi.ob@gmail.com)
۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.82785

فرآیندهای مختلف فتوسنتز، فتوسیستم II حساسیت بیشتری به کمبود آهن نسبت به فتوسیستم I دارد، زیرا کمبود آهن باعث تخریب و تجزیه پروتئین D1 که در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ قرار دارد و همچنین پروتئین‌هایی که در سطح تیلاکوئید قرار دارند، می‌شود (۲ و ۲۵). همچنین کمبود آهن سبب تغییر در غلظت و جذب یکسری عناصر نیز می‌گردد (۳۶). از طرفی آهن از مهمترین ترکیبات آنزیم‌های مرتبط با انتقال الکترون مثل سیتوکروم، پروتئین و سولفور آهن می‌باشد (۳۷). در پژوهش‌های انجام گرفته برای تعیین بهترین منبع جهت جلوگیری از اختلالات کمبود آهن در گیاهان نتایج متناقضی بدست آمده است. به طوری که در یک تحقیق کاربرد منابع مختلف آهن روی گیاه فلفل نشان داد که پارامترهای رویشی، غلظت عناصر و پارامترهای فوسنتزی تحت تاثیر منابع مختلف آهن قرار گرفت و تیمار کودی $FeSO_4$ به عنوان منبع کود آهن مناسب برای محلول‌پاشی بر روی گیاه فلفل مدنظر گرفته شد (۳۱). همچنین کاربرد آمینوکلات‌های مختلف آهن روی فعالیت آنزیمی و مقدار عناصر بافت گیاه گوجه فرنگی تحت شرایط تنش خشکی متفاوت بود و تیمار کلات گلایسین آهن بهترین نتیجه را در پی داشت (۷). ولی کاربرد کودهای مختلف آهن تفاوت معنی‌داری روی خصوصیات رشدی گیاه آفتابگردان و ذرت نداشت (۳۷).

روش کاربرد عناصر غذایی نیز می‌تواند بر خصوصیات رشدی گیاه موثر باشد به طوری که در پژوهشی کاربرد کود آهن به دو روش محلول پاشی و اضافه کردن به محلول غذایی تحت شرایط کمبود آهن در گیاه توت‌فرنگی نشان داد که گیاهانی که در کود آهن به محلول غذایی آنها اضافه گردید از رشد بهتر و میوه‌ی با کیفیت بهتر برخوردار بودند (۲۵). همچنین کاربرد کودهای مختلف آهن به دو روش محلول پاشی و اضافه کردن به محیط ریشه سبب تغییر در رشد گیاه اسپاتی‌فیلوم[1] گردید (۱۸). لذا با توجه به افزایش روز افزون استفاده از سیستم‌های کشت بدون خاک و اجرای شیوه‌های مدیریتی دقیق در گلخانه به منظور افزایش کیفیت و کمیت محصولات، آزمایشی با هدف تعیین بهترین روش کاربرد و نوع کود آهن بر خصوصیات رشدی گیاه گوجه فرنگی در سیستم آب‌کشت صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی بر روی گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) رقم رد استون در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان (دمای روز ۳± ۲۵ درجه سانتی‌گراد، دمای شب ۳±۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت حدود ۶۲-۵۵ ٪) انجام شد. بذرهای گوجه فرنگی در گلدان‌های یونولیتی ۴ لیتری حاوی محیط کشت پرلیت کشت شدند. در هفته اول بذرها هر روز در دو نوبت صبح و عصر با آب دیونیزه آبیاری شدند. با شروع هفته دوم، ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی (جدول ۱) جایگزین آب آبیاری شد (۳۲). گیاهچه‌ها در مرحله ۴ برگی به بستر کشت اصلی که گلدان‌های مشبک کوچک پر شده با محیط کشت پرلیت بودند، منتقل شدند. در طول هفته به طور روزانه pH و هدایت الکتریکی (EC) محلول غذایی اندازه‌گیری و در محدوده pH= ۶/۵-۷ و EC= ۱/۵-۲ دسی زیمنس بر متر تنظیم می‌شد. جهت تأمین آهن از ۴ منبع متفاوت سولفات آهن ($FeSO_4$)، دی‌اتیلن تری‌آمین پنتااستیک اسید (Fe-DTPA)، اتیلن دی‌آمین تترااستیک اسید (Fe-EDTA) و اتیلن دی‌آمین بیس هیدروکسی فنالاتیک اسید (Fe-EDDHA) به دو روش اضافه کردن به محلول غذایی و محلول‌پاشی گیاه (با غلظت یکسان ۲۰ میکرومولار) صورت گرفت. محلول غذایی هر هفته یک‌بار تعویض شد. اعمال تیمار کودهای آهن بعد از انتقال نشاءها و همزمان با تعویض محلول صورت می‌گرفت. پس از اعمال تیمارها به مدت حدود ۷۰ روز، گیاهان برداشت و به منظور اندازه‌گیری فاکتورها به آزمایشگاه منتقل شدند.

در پایان آزمایش، پارامترهای رویشی نظیر ارتفاع، تعداد گره، تعداد گل، قطر ساقه، وزن تر و وزن خشک ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک، گیاه از گلدان بیرون آورده شد و به دو قسمت بخش هوایی و ریشه تقسیم شد و وزن تر ریشه و ساقه با ترازوی دقیق توزین گردید سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن خشک ریشه و ساقه اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه Chlorophyll Fluorimeter (مدل Pocket PEA، کمپانی Hansatech ساخت کشور انگلستان) استفاده گردید. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس پارامتر F_v/F_m و PI ثبت نمود. روش کار بدین صورت بود که از هر گلدان دو برگ بالغ و دو برگ جوان از گیاه انتخاب و در گیره‌های مخصوص جهت ایجاد شرایط تاریکی به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از این مدت میزان فلورسانس کلروفیل ثبت گردید. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید ابتدا ۰/۲۵ گرم برگ تازه را خرد و آن را در یک هاون چینی سرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده تا به صورت توده یکنواختی درآید سپس مخلوط حاصل در لوله‌های فالکون ۲۰ میلی‌لیتر ریخته شده و به مدت ۱۰ دقیقه با دور در دقیقه (rpm) ۳۵۰۰ سانتریفیوژ گردید. میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل T80 UV/VIS ساخت کشور چین) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۶ و ۶۶۳/۶ نانومتر قرائت گردید (۲۹).

1- *Spathyphyllum illusion*

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر در گیاه، ۰/۵ گرم از برگ‌های بالغ و ریشه خشک شده با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ وزن و در کروزه چینی تمیز خشک ریخته شد. سپس به مدت ۶ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. به خاکستر بدست آمده، ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ۲ نرمال اضافه و روی هات پلیت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از این که رنگ آن به زرد لیمویی تغییر نمود آن را از کاغذ صافی عبور داده و حجم عصاره‌ی حاصل با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان غلظت عناصر پتاسیم با استفاده از شعله‌سنج (مدل PFP7، ساخت کشور آلمان) و کلسیم، منیزیم، روی، مس، بر، منگنز و آهن در گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل GBCAVANTA-PM، ساخت کشور استرالیا) اندازه‌گیری شد (۳۳). جهت اندازه‌گیری فسفر که به روش آمونیوم مولیبدات و آمونیم وانادات (زرد) انجام شد، ابتدا ۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در مرحله قبل را با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات وانادات مخلوط کرده و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. در نهایت غلظت فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل T80 UV/VIS ساخت کشور چین) با طول موج ۴۷۰ نانومتر تعیین شد (۲۳). جهت تعیین قندهای محلول ۰/۵ گرم از برگ‌های بالغ و جوان با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و محلول حاصل را در لوله فالکون ریخته و سپس ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه (rpm) قرار داده شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره را با ۳ میل‌لیتر آنترون (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون به علاوه ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط شده و محلول بدست آمده ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و مقدار قند محلول محاسبه گردید (۱۰).

آنالیز داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون توکی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

پارامترهای رویشی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که روش تیمار و نوع کود آهن و اثر متقابل آنها بر خصوصیات رویشی نظیر ارتفاع، تعداد گره، وزن تر شاخساره و ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید، ولی اثر متقابل روش تیمار و نوع کود آهن تاثیر معنی‌داری بر قطر ساقه و تعداد گل نداشت. به طوری که مقایسه میانگین بین تیمارها حاکی از آن است که حداکثر و حداقل ارتفاع، تعداد گره، وزن تر شاخساره و ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه به ترتیب در تیمار کاربرد Fe-EDTA به محیط ریشه و محلول پاشی FeSO4 بدست آمد (جدول ۳). بر اساس نتایج بدست آمده، کاربرد Fe-EDTA سبب افزایش قطر ساقه و تعداد گل گردید همچنین در بین روش‌های کاربرد نیز اضافه کردن کود آهن به محیط ریشه در مقایسه با محلول پاشی باعث افزایش قطر ساقه و تعداد گل شد (جدول ۴).

آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد که در صورت کمبود این عنصر سنتز کلروفیل مختل شده و برگ‌های گیاه کلروزه شده و در نهایت منجر به زوال برگ می‌گردد و این امر سبب می‌شود که سطح فتوسنتز کننده گیاه کاهش یابد (۲۷). همچنین کمبود آهن مانع از تشکیل برگ‌های جدید شده و رشد گیاه متوقف می‌گردد (۴). تیمار آهن موجب افزایش رشد گیاه و افزایش کیفیت گل رز نسب به تیمار شاهد گردید که این امر را به افزایش مقدار سایتوکنین و جیبرلین تحت تاثیر کود آهن نسبت دادند (۱). گزارشات زیادی از تاثیر کاربرد کودهای مختلف آهن بر خصوصیات رشد گیاه وجود دارد؛ گیاهان تیمار شده با کودهای آهن حاوی اسیدهای آمینه تحت شرایط تنش منجر به افزایش ماده خشک اندام‌های هوایی گوجه فرنگی گردید (۷). بیشترین تعداد شاخه، قطر ساقه، وزن تر و وزن خشک گیاه فلفل در سیستم آکواپونیک تحت تاثیر منابع مختلف آهن در تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن بدست آمد (۳۱). همچنین کاربرد کلات آهن و نانو کود آهن بر پارامترهای رویشی گیاه ریحان، سبب افزایش خصوصیات رویشی این گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید که در این میان تیمار نانو کود آهن تاثیر بهتری داشت (۲۶). تفاوت از لحاظ نوع کود مصرفی بر خصوصیات رویشی گیاه، احتمالاً به خاطر مقدار آهنی است که تحت شرایط مختلف از خود آزاد می‌کند و با توجه به نقشی که آهن در گیاه ایفا می‌کند می‌توان استنباط کرد که بین منابع مختلف آهن تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

روش کاربرد نیز می‌تواند بر خصوصیات رشدی موثر باشد و تحقیقات زیادی مبنی بر روش‌های مختلف کاربرد کودها گزارش گردید به طوری که محمدی پور و همکاران (۱۸) گزارش کردند که با کاربرد کود نانو کلات آهن، سولفات آهن، Fe-EDTA و Fe-EDDHA به دو روش محلول پاشی و اضافه کردن به محیط کشت (خاک) گیاه اسپاتی‌فیلوم، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین نوع کود و روش کاربرد وجود داشت به طوری که بیشترین ارتفاع و وزن خشک گیاه در تیمار کودی Fe-EDDHA به محیط خاکی بدست آمد. وزن تر و خشک گیاه زمانی که کود آهن به دو صورت محلول پاشی و اضافه کردن به محیط ریشه تحت شرایط کبود آهن استفاده گردید، افزایش یافت، ولی استفاده آهن به همراه محلول غذایی تاثیر بهتری بر پارامترهای وزن تر و خشک گیاه توت فرنگی نسبت به محلول‌پاشی داشت (۲۵)، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. تفاوت در روش تغذیه و تاثیر آن بر خصوصیات رشد گیاه را می‌توان اینگونه استنباط

کرد که زمانی که آهن از طریق سیستم ریشه وارد بافت گیاه می‌شود به تمام قسمت‌های گیاه انتقال پیدا کرده در نهایت فعالیت آنزیم‌هایی که در آنها آهن به عنوان کوفاکتور عمل می‌کند در تمام قسمت‌های گیاه فعال می‌شود ولی در روش محلول پاشی اضافه شدن آهن موضعی بوده و اثرات آن کمتر می‌باشد (۲۵).

عناصر معدنی برگ و ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵ و ۸) حاکی از آن است که اثر متقابل روش تیمار و منابع مختلف آهن بر میزان منیزیم، روی، مس، آهن و منگنز ریشه و ساقه و فسفر بخش هوایی گیاه گوجه‌فرنگی معنی‌دار گردید به‌طوری که بیشترین مقدار منیزیم ریشه و بخش هوایی در تیمار کاربرد سولفات آهن به محیط ریشه گزارش گردید و کمترین مقدار فسفر در تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن مشاهده گردید ولی بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). همچنین نتایج مربوط به مقایسه میانگین بین تیمارها (جدول ۹) نشان داد که بیشترین مقدار آهن موجود در ریشه و بخش هوایی گیاه گوجه‌فرنگی به ترتیب در تیمار کاربرد Fe-EDTA به صورت محلول‌پاشی و اضافه کردن به محیط ریشه بدست آمد و محلول‌پاشی Fe-EDDHA بیشترین مقدار منگنز، روی و مس بخش هوایی را به خود اختصاص داد. کاربرد Fe-EDTA، Fe-DTPA و Fe-EDDHA به ترتیب حداکثر تاثیر را بر مقدار روی، مس و منگنز ریشه داشت. ولی در ارتباط با کلسیم و پتاسیم ریشه و بخش هوایی، نتایج نشان دادند که اثر متقابل بین منابع آهن و روش کاربرد معنی‌دار نبود، ولی اثرات ساده‌ی روش تیمار و منابع آهن معنی‌دار گردید. کاربرد منابع مختلف آهن از طریق ریشه بیشترین مقدار کلسیم و پتاسیم بخش هوایی و ریشه را به خود اختصاص داد و در بین منابع مختلف آهن کاربرد Fe-DTPA بیشترین تاثیر را بر مقادیر کلسیم و پتاسیم ریشه و بخش هوایی داشت (جدول ۶).

نتایج تحقیقات روستا و حمیدپور (۳۰) نشان داد که محلول‌پاشی Fe-EDDHA تحت شرایط آکواپونیک و هیدروپونیک سبب افزایش مقدار پتاسیم، منیزیم، آهن و کاهش غلظت عناصر روی، مس و منگنز نسبت به تیمار شاهد در گیاه گوجه‌فرنگی گردید. همچنین کاربرد منابع مختلف آمینوکلات آهن تحت شرایط تنش سبب تغییر در غلظت عناصر آهن، روی و پتاسیم گردید به طوری که منبع کودی که تاثیر بیشتری بر مقدار آهن گیاه داشت سبب افزایش مقدار پتاسیم و کاهش روی برگ‌ها گردید (۷). در آزمایشی مقدار عناصر منگنز و روی تحت شرایط کمبود آهن افزایش پیدا کرد ولی زمانی که کمبود آهن بهبود پیدا کرد مقدار این عناصر کاهش یافت (۳). گیاهان سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آهن سبب تغییر در مقدار آهن ریشه و بخش هوایی گردید به‌طوری‌که بیشترین مقدار آهن در تیمار کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی بدست آمد (۲۸). تاثیر تیمار آهن و تفاوت در نوع کود مصرفی بر غلظت عناصر بافت گیاه احتمالاً به خاطر تاثیر آهن بر افزایش رشد شاخساره و رشد ریشه بوده و در نهایت مقدار جذب عناصر پر مصرف نظیر فسفر، پتاسیم و منیزیم افزایش یافته و از طرف دیگر به خاطر وجود رقابت در جذب ریز مغذی‌ها به خاطر وجود کانال‌های انتقال مشابه در غشا سلولی، جذب سایر ریز مغذی‌ها نظیر مس، روی و منگنز تحت تاثیر آهن قرار گرفته و مقدار جذب آنها کاهش می‌یابد (۱۷).

همچنین در آزمایشی کاربرد آهن و منگنز به طریق محلول‌پاشی و اضافه کردن به محیط ریشه منجر به تغییراتی در غلظت آهن و منگنز بخش هوایی و ریشه گیاه سویا گردید به‌طوری که بیشترین مقدار آهن و منگنز ریشه و بخش هوایی در تیمار محلول‌پاشی آهن بدست آمد (۱۹). مورگان (۲۰) طی ارزیابی نشان داد که محلول‌پاشی آهن تاثیری بر مقدار منگنز بافت گیاه سویا نداشت. همچنین کاربرد کودهای مختلف آهن به دو روش محلول‌پاشی و کاربرد خاکی سبب تغییر در مقدار پتاسیم، فسفر، منیزیم، آهن، روی و منگنز گیاه اسپاتی‌فیلوم گردید (۱۸). محلول‌پاشی آهن روی گیاهان توت‌فرنگی تحت شرایط کمبود آهن، بیشترین غلظت روی و آهن برگ را به خود اختصاص داد ولی اضافه کردن آهن به محلول غذایی و کاربرد از طریق ریشه بیشترین تاثیر را بر مقدار فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم داشت (۲۵) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۱- ترکیب محلول غذایی مورد استفاده برای تغذیه گوجه فرنگی

Table 1- The composition of nutrient solution used for tomato nutrition

ترکیب شیمیایی Chemical composition	غلظت Concentration
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$ (mM)	5
KH_2PO_4 (mM)	0.2
K_2SO_4 (mM)	0.2
$MgSO_4.7H_2O$ (mM)	0.3
NaCl (mM)	0.1
$MnSO_4.H_2O$ (µM)	7
$ZnCl_2$ (µM)	0.7
$CuSO4.5H_2O$ (µM)	0.8
H_3BO_3 (µM)	2
$Na_2MoO_4.2H_2O$ (µM)	0.8

محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱۰) نشان داد که اثرات ساده و متقابل منابع مختلف آهن و روش تیمار بر محتوای قندهای محلول برگ‌های جوان، رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدهای برگ‌های جوان و بالغ گیاه گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل و نوع کود آهن تاثیری بر میزان قندهای محلول برگ‌های بالغ گیاه گوجه‌فرنگی نداشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف آهن بر خصوصیات رویشی گیاه گوجه‌فرنگی

Table 2- ANOVA for the effect of application methods and different Fe sources on the vegetative characteristics of tomato

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد گره Number of node	تعداد گل Number of flower	وزن تر شاخساره Fresh weight shoot	وزن خشک شاخساره Dry weight shoot	وزن تر ریشه Fresh weight root	وزن خشک ریشه Dry weight root
روش‌های کاربرد Application methods	1	420.01**	1.17**	18.37**	30.37**	785.47**	352.74**	881.97**	5.73*
منابع آهن Sources of Fe	3	199.82**	0.59**	56.82**	106.04**	781.30**	356.53**	678.23**	21.87**
روش‌های کاربرد× منابع آهن Application methods*Sources of Fe	3	86.77*	0.084^{ns}	2.82**	5.26^{ns}	278.72*	133.53**	174.67*	3.44*
خطا Error	16	20.87	0.056	0.42	29.3	60.97	9.32	46.92	0.78
ضریب تغییرات (درصد) CV%		5.46	3.09	5.75	10.69	7.78	16.39	10.51	4.54

ns عدم تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

جدول ۳- برهمکنش روش‌های کاربرد × منابع مختلف آهن بر خصوصیات رویشی گیاه گوجه‌فرنگی

Table 3- Interaction effect of application methods ×different Fe sources on the vegetative characteristics of tomato

روش کاربرد Application methods	منابع آهن Sources of Fe	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد گره No. of node (plant^{-1})	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight (g plant^{-1})	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight (g plant^{-1})	وزن تر ریشه Root fresh weight (g plant^{-1})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g plant^{-1})
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	Fe-EDDHA	89.4 ±2.9^{b}	13±0.6^{c}	108± 5.8^{b}	63.27±1.2^{b}	16.52±1.2^{bc}	4.62±0.3^{cd}
	Fe-EDTA	98.5 ±2.6^{a}	16.33±0.3^{a}	130.67±3.9^{a}	94±5.2^{a}	40.79±2.9^{a}	8.39±0.6^{a}
	Fe-DTPA	82.83 ± 2.6^{bc}	9.33±0.3^{d}	91.89±4.6^{c}	69.48۴±7.1^{b}	15.88±1.5^{bc}	4.96±1.1^{c}
	$FeSO_4$	80.67 ± 2.2^{c}	9.67±0.3^{d}	93.88±6.7^{c}	58.03±5.1^{b}	16.67±0.66^{bc}	5.09±1.3^{c}
محلول‌پاشی برگی Foliar spray	Fe-EDDHA	79.67 ± 2.6^{c}	9.67±0.3^{d}	91.67±3.75^{c}	55.67±1.5^{b}	13.59±0.82^{cd}	3.23±0.2^{de}
	Fe-EDTA	81.93 ± 3.5^{bc}	14.67±0.3^{b}	102.67±2.9^{bc}	67.33±1.5^{b}	19.44±2.9^{b}	7.40±0.56^{ab}
	Fe-DTPA	84.67 ± 2^{bc}	9.33±0.3^{d}	95±3.2^{bc}	55.75±2.4^{b}	15.63±1.4^{bcd}	6.02±0.2^{bc}
	$FeSO_4$	71.67 ± 2.4^{d}	7.67±0.3^{e}	89.33±3.8^{c}	55.54±0.5^{b}	10.52±0.62^{d}	2.51±0.1^{e}

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

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

جدول ٤- اثرات ساده محلول‌پاشی و نوع کود آهن بر قطر ساقه و تعداد گل‌های اولیه

Table 4- Simple effect of application methods and different Fe sources on stem diameter and number of primary flowers

تیمار Treatment	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد گل‌های اولیه Number of primary flowers (flower plant−1)
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	7.92±0.1[a]	18.08±0.67[a]
محلول‌پاشی برگی Foliar spray	7.48±0.05[b]	15.83±0.33[b]
Fe-EDDHA	7.77±0.2[a]	15.67±0.63[b]
Fe-EDTA	7.7±0.6[a]	21.67±1.8[a]
Fe-DTPA	8.04±0.1[a]	18.67±0.5[ab]
$FeSO_4$	7.28±0.2[b]	11.83±0.5[c]

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.
Columns and group’s treatments with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Duncan’s multiple range test.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف آهن بر غلظت عناصر پر مصرف در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 5- ANOVA for the effect of application methods and different Fe sources on macronutrient concentrations (%DW) of tomato

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square Mg		K		P		Ca	
		ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots
روش‌های کاربرد Application methods	1	0.022**	0.00039ns	0.03*	0.23**	0.31**	0.0002ns	0.006**	0.014**
منابع آهن Sources of Fe	3	0.03**	0.0004**	0.06**	0.2**	0.065**	0.0015**	0.007**	0.022**
روش‌های کاربرد× منابع آهن Application methods*Sources of Fe	3	0.007**	0.001**	0.002ns	0.002ns	0.0096**	0.0002ns	0.0003ns	0.001ns
خطا Error	16	0.002	0.0018	0.006	0.002	0.002	0.0002	0.0002	0.0007
ضریب تغییرات (درصد) CV%		2.23	2.25	13.39	3.57	11.93	11.05	4.58	4.54

ns عدم بدون تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns: non- significant, * and **: significant at 5% and 1% of probability level, respectively.

جدول ٦- اثرات ساده دو روش کاربرد کود آهن و منابع مختلف آهن بر غلظت عناصر پر مصرف در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 6- Simple effect of application methods and different Fe sources on macronutrient concentrations (%DW) of tomato

تیمار Treatment	Ca شاخساره Shoots	Ca ریشه Roots	P شاخساره Shoots	P ریشه Roots	K شاخساره Shoots	K ریشه Roots
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	0.33±0.1[a]	0.61±0.14[a]	0.133±0.005[a]	0.47±0.14[a]	1.35±0.006[a]	0.61±0.006[a]
محلول‌پاشی برگی Foliar spray	0.30±0.02[b]	0.56±0.02[b]	0.126±0.005[a]	0.54±0.033[a]	1.15±0.033[b]	0.54±0.033[a]
Fe-EDDHA	0.29±0.008[c]	0.54±0.14[c]	0.13±0.006[ab]	0.5±0.16[a]	1.23±0.1[b]	0.58±0.006[b]
Fe-EDTA	0.34±0.08[b]	0.61±0.14[b]	0.12±0.005[b]	0.26±0.15[c]	1.13±0.01[c]	0.52±0.03[bc]
Fe-DTPA	0.37±0.01[a]	0.66±0.01[a]	0.15±0.015[a]	0.29±0.15[bc]	1.51±0.17[a]	0.71±0.07[a]
Fe-$FeSO_4$	0.30±0.006[c]	0.53±0.012[c]	0.11±0.001[b]	0.36±0.11[b]	1.12±0.04[c]	0.47±0.04[c]

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.
Columns and group’s treatments with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan’s multiple range test

جدول ۷- برهمکنش دو روش کاربرد کود آهن × منابع مختلف آهن بر غلظت عناصر فسفر و منیزیم گیاه گوجه‌فرنگی

Table 7- Interaction effect of application methods ×different Fe sources on P and Mg concentrations (%DW) of tomato

منابع آهن Sources of Fe	روش‌های کاربرد Application methods	Mg		P	
		ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	Fe-EDDHA	0.4±0.001[c]	0.54±0.001[a]	0.67±0.006[a]	0.13±0.006[a]
	Fe-EDTA	0.37±0.0003[d]	0.39±0.0005[c]	0.38±0.006[bc]	0.126±0.006[a]
	Fe-DTPA	0.37±0.0005[d]	0.4±0.0006[c]	0.36±0.006[bc]	0.15±0.006[a]
	Fe-$FeSO_4$	0.54±0.0002[a]	0.57±0.0009[a]	0.47±0.002[b]	0.126±0.002[a]
محلول پاشی برگی Foliar spray	Fe-EDDHA	0.52±0.004[ab]	0.55±0.0006[a]	0.33±0.015[dc]	0.13±0.015[a]
	Fe-EDTA	0.37±0.002[d]	0.38±0.0006[c]	0.15±0.002[e]	0.12±0.002[a]
	Fe-DTPA	0.5±0.0006[b]	0.44±0.0007[b]	0.22±0.006[e]	0.15±0.006[a]
	Fe-$FeSO_4$	0.54±0.001[a]	0.55±0.0001[a]	0.27±0.001[de]	0.1±0.001[a]

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

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

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف آهن بر غلظت عناصر کم مصرف در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 8- ANOVA for the effect of application methods and different Fe sources on micronutrient concentrations of tomato

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean of square							
		Mn		Fe		Cu		Zn	
		ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots
روش‌های کاربرد Application methods	1	23877.04**	1624.81**	6169.63*	2109.23 **	0.43 ns	1.08 **	1.93 ns	100.04 **
منابع آهن Sources of Fe	3	3376.85**	317.92**	3631.93 **	3947.20 **	140.13 **	11.59 **	957.17 **	41.10 **
روش‌های کاربرد× منابع آهن Application methods*Sources of Fe	3	5755.72**	375.881**	248.005 *	1699.002 **	199.14**	0.134 *	630.25 **	21.21 **
خطا Error	16	24.49	1.8	0.006	20.3	0.74	0.2	45.47	0.87
ضریب تغییرات (درصد) CV%		3.34	3.49	8.64	4.17	5.64	23.19	15.58	4.88

ns بدون تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

به‌طوری که جدول مقایسه میانگین بین تیمارها (جدول ۱۱) نشان داد که بیشترین و کمترین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل برگ‌های جوان و بالغ و همچنین مقدار کارتنوئید موجود در برگ‌های بالغ به ترتیب در تیمار کاربرد Fe-EDTA به همراه محلول غذایی (ریشه) و محلول پاشی سولفات آهن بدست آمد. همچنین بیشترین مقدار قندهای محلول و کمترین مقدار کارتنوئید برگ‌های جوان در تیمار محلول‌پاشی Fe-EDTA مشاهده شد.

کلروفیل‌ها و کاروتنوییدها ترکیبات آبدوستی هستند که در اندامک‌های خاصی همچون کلروپلاست و کروموپلاست سلول گیاهی سنتز و اندوخته می‌شوند. در گیاهان سبز، کاروتنوییدها در کلروپلاست بافت‌های سبز یافت می‌شوند درحالیکه رنگ آنها، به دلیل حضور غالب کلروفیل، مستور می‌باشد. کاروتنوییدها از طرق مختلف در فتوسنتز نقش دارند و با مولکول کلروفیل ارتباط مستقیم دارند؛ از جمله اینکه هم در فرایند انتقال انرژی به کلروفیل و هم در حفاظت نوری و جلوگیری از خسارت اکسیداتیو به کلروفیل نقش ایفا می‌کنند. در شرایط طبیعی نیز به ازای هر ۳-۴ مولکول کلروفیل یک مولکول کارتنوئید وجود دارد و رابطه مثبتی بین مقدار کلروفیل و کارتنوئید در بافت فعال فتوسنتزی وجود دارد (۶، ۳۸،۳۴).

جدول ۹- برهمکنش دو روش کاربرد کود آهن × منابع مختلف آهن بر غلظت عناصر کم مصرف (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 9- Interaction effect of application methods ×different Fe sources on micronutrient concentrations (mg kg-1 DW) of tomato

روش‌های کاربرد Application methods	منابع آهن Sources of Fe	Mn		Fe		Cu		Zn	
		ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots	ریشه Roots	شاخساره Shoots
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	Fe-EDDHA	105.3±0.75[e]	27.07±0.19[f]	118.7±0.12[b]	93.2±0.13[d]	17.9±0.23[c]	1±0.006[b]	16.7±0.37[c]	41.4±0.81[cd]
	Fe-EDTA	131.5±6.6[d]	36.88±1.86[d]	148.4±0.23[a]	115.03±1.004[c]	12.5±0.11[e]	0.6±0.057[c]	18.4±0.35[c]	34.2±0.58[d]
	Fe-DTPA	102.2±0.11[e]	26.27±0.03[f]	131±6.35[b]	112.3±0.88[c]	9.8±0.92[f]	0.2±0[d]	16.3±0.75[c]	38.3±0.49[cd]
	$FeSO_4$	126.8±3.46[d]	30.49±0.83[e]	96.6±3.81[c]	74.57±1.42[e]	20.1±0.11[b]	0.8±0.06[bc]	17±0.29[c]	58.1±0.77[ab]
محلول‌پاشی برگی Foliar spray	Fe-EDDHA	253.9±2.25[a]	65.27±0.57[a]	88.77±6.29[c]	95.6±0.63[d]	15.2±0.69[d]	1.5±0.29[a]	23.1±0.69[b]	64.7±0.06[a]
	Fe-EDTA	173.8±1.44[b]	48.75±0.4[b]	131.4±10.03[b]	159.6±0.83[a]	7.6±0.63[g]	0.9±0[bc]	26.5±0.92[a]	16±0.87[e]
	Fe-DTPA	161.8±1.04[c]	41.59±0.27[c]	82.7±1.25[c]	139.2±2.33[b]	9.8±0.63[a]	1±0.06[b]	16.7±0[c]	50.7±0.4[abc]
	$FeSO_4$	128.6±0.63[d]	30.92±0.15[e]	63.57±1.19[d]	74.9±0.8[e]	15.7±0.37[d]	0.9±0.11[bc]	18.4±0.29[c]	42.8±1.73[bcd]

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

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

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف آهن بر قندهای محلول، کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 10- ANOVA for the effect of application methods and different Fe sources on soluble sugars, chlorophylls and carotenoids contents of tomato

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	قندهای محلول Soluble sugars		کلروفیل a Chlorophyll a		کلروفیل b Chlorophyll b		کلروفیل کل Total Chlorophyll		کارتنوئید Carotenoid	
		برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves
روش‌های کاربرد Application methods	1	0.08**	0.23**	2.16**	4.48**	0.67**	1.31**	1.97**	7.29**	0.46**	0.45**
منابع آهن Sources of Fe	3	0.008[ns]	0.011**	0.88**	1.11**	0.17**	0.13**	0.93**	1.73**	0.28**	0.26**
روش‌های کاربرد× منابع آهن Application methods×Sources of Fe	3	0.01[ns]	0.007**	0.16**	0.47**	0.26**	0.33**	1.01**	1.41**	1.27**	1.17**
خطا Error	16	0.004	0.001	0.017	0.01	0.002	0.003	0.05	0.03	0.00007	0.0001
ضریب تغییرات CV (%)		9.21	4.58	10.45	9.08	7.04	8.57	12.02	9.93	3.20	4.76

ns بدون تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

محتوای بیشتر کلروفیل و کاروتنویید، توانایی جذب و انتقال انرژی را در گیاه افزایش می‌دهد.گزارش شده است محتوای کلروفیل a و b و کارتنوئید تحت تاثیر تغذیه گیاه قرار گرفته و تغذیه مناسب سبب بهبود محتوای این رنگیزه‌ها می‌گردد (۳۲). به‌طوری که کمبود آهن سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقدار کلروفیل a، b، کل وکارتنوئید گیاه نخود گردید (۱۱).کاربرد کود آهن تحت شرایط کمبود آهن سبب افزایش میزان کلروفیل برگ‌های جوان و بالغ گیاه نخود و عدس گردید (۱۴). شاخص SPAD گیاهان سویا و خیار تیمار شده با کلات آهن نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (۸). با توجه به نقش آهن در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، نوع کود آهنی که مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌تواند بر مقدار آهن آزاد شده در بافت گیاه اثر گذاشته و در نهایت مقدار کلروفیل را تحت تاثیر قرار دهد به‌طوری که کاربرد کلات آهن و نانوکلات آهن منجر به افزایش مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل گیاه ریحان نسبت به تیمار شاهد گردید و در این بین محلول‌پاشی کلات آهن تاثیر بهتری بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت (۲۶). تیمار گیاهان فلفل با منابع مختلف آهن در سیستم کشت آکواپونیک، سبب تغییر در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید شد و محلول پاشی سولفات آهن بهترین تاثیر را بر فاکتورهای مورد نظر داشت ولی منابع مختلف آهن تاثیری بر مقدار قندهای محلول گیاه فلفل نداشت (۳۱)، که با نتایج ما مبنی بر افزایش مقدار کلروفیل در تیمار Fe-EDTA مطابقت ندارد. روش تغذیه نیز در رابطه با مقدار عناصری که جذب می‌شود متفاوت است. کاربرد کود آهن به محیط ریشه سبب احیای سریعتر رنگ پریدگی گیاه توت‌فرنگی نسبت به محلول‌پاشی گردید این امر به خاطر افزایش مقدار کلروفیل در بافت‌های گیاه توت‌فرنگی تیمار شده با آهن محیط ریشه بود (۲۵). محتوای کلروفیل برگ گیاه اسپاتی‌فیلوم تحت تاثیر منابع مختلف آهن و روش کاربرد قرار گرفت به طوری که بیشترین مقدار کلروفیل بافت در تیمار محلول‌پاشی Fe-EDDHA و کمترین مقدار کلروفیل در تیمار کاربرد خاکی Fe-EDTA بدست آمد. این امر احتمالاً به دلیل مقدار کم آهن آزاد شده تحت شرایط خاکی در این آزمایش بوده است (۱۸).

پارامترهای فتوسنتزی (F_v/F_m و PI)

بررسی نتایج موجود در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱۲) بیانگر این مطلب است که اثر روش کاربرد و منابع مختلف آهن و اثر متقابل آنها بر F_v/F_m و PI برگ‌های جوان و بالغ به ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج برهمکنش روش تیمار و منابع مختلف آهن بر F_v/F_m و شاخص PI در جدول آورده شده است. بررسی مقایسه میانگین بین تیمارها نشان می‌دهد (جدول ۱۳) که بالاترین و پایین‌ترین مقدار F_v/F_m و شاخص PI برگ‌های بالغ و جوان به ترتیب در تیمارهای EDTA در محیط ریشه و محلول‌پاشی سولفات آهن بدست آمد، که وجود تفاوت در بین تیمارها در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های بالغ بود که این امر احتمالاً به خاطر تحرک کم آهن در گیاه می‌باشد.

کلروفیل فلورسانس یکی از راه‌های مصرف انرژی برانگیختگی در فتوسنتز می‌باشد که به‌طور گسترده‌ای در پژوهش‌های فتوسنتز به‌کار گرفته می شود. هم چنین از کلروفیل فلورسانس برای تعیین وضعیت فیزیولوژی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی استفاده می‌شود (۹). یکی از پارامترهای مهم کلروفیل فلورسانس نسبت F_v/F_m است. نسبت F_v/F_m حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می دهد (۳۵). تنش‌های محیطی که کارایی فتوسیستم II را تحت تأثیر قرار می‌دهند باعث کاهش نسبت F_v/F_m می‌شوند (۵). کمبود آهن از یک‌طرف به دلیل کاهش محتوای کلروفیل سبب کاهش سطح دریافت کنندگی نوری شده و از طرف دیگر سبب کاهش موثر بودن فتوسیستم II را دارد (۲۲،۱۳) و زمانی که محتوای کلروفیل کاهش یابد، کلروفیل موجود مقدار فوتون بیشتری را دریافت کرده و در نتیجه نسبت F_v/F_m کاهش می‌یابد (۲۱). مقدار F_v/F_m تحت شرایط کمبود آهن کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به تیمار شاهد داشت به طوری که مقدار F_v/F_m در تیمار شاهد حدود ۲۱ درصد بیشتر از مقدار F_v/F_m تحت شرایط کمبود آهن بود (۲۴). گزارش‌ها محدودی در زمینه تاثیر نوع کود آهن و روش تیمار بر پارامترهای فتوسنتزی وجود دارد، ولی آنچه که مشخص است مقدار آهنی است که از هر کود تحت شرایط مختلف در اختیار گیاه قرار می‌گیرد که می‌تواند بر خصوصیات رشدی موثر واقع گردد با این وجود طی گزارشی روستا و محسنیان (۳۱) نشان دادند که شاخص PI برگ‌های جوان و بالغ تحت تاثیر نوع کود آهن قرار گرفت و بیشترین شاخص PI در تیمار محلول پاشی سولفات آهن بدست آمد و در بین نوع برگ، برگ‌های جوان مقدار PI بیشتری نسبت به برگ‌های بالغ داشتند، که با نتایج این تحقیق مبنی بر اینکه زمانی که منابع مختلف آهن به صورت محلول‌پاشی استفاده شدند، برگ‌های جوان دارای شاخص PI بیشتری بودند، مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

از نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که منابع مختلف کود آهن و نحوه کاربرد آن تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات رشدی، فیزیولوژیکی و مقدار جذب عناصر معدنی گیاه گوجه‌فرنگی داشت. به‌طوری که کاربرد کود آهن Fe-EDTA به محلول غذایی بیشترین تاثیر را بر پارامترهای فیزیولوژیکی و رویشی این گیاه داشت.

جدول ۱۱- برهمکنش دو روش کاربرد کود آهن × منابع مختلف آهن بر قندهای محلول، کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 11- Interaction effect of application methods and different Fe sources on soluble sugars, chlorophylls and carotenoids contents (mg g-1 FW) of tomato

روش‌های کاربرد Application methods	منابع آهن Sources of Fe	قندهای محلول Soluble sugars		کلروفیل a Chlorophyll a		کلروفیل b Chlorophyll b		کلروفیل کل Total Chlorophyll		کارتنوئید Carotenoid	
		برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	Fe-EDDHA	0.65±0.02[a]	0.55±0.02[c]	1.94±0.02[a]	1.82±0.08[b]	0.81±0.04[a]	0.77±0.03[b]	2.73±0.1[a]	2.58±0.1[b]	0.22±0.002[a]	0.19±0.003[a]
	Fe-EDTA	0.63±0.02[a]	0.58±0.03[c]	2.03±0.01[a]	2.15±0.08[a]	0.81±0.01[a]	0.99±0.05[a]	2.81±0.1[a]	3.27±0.2[a]	0.23±0.003[a]	0.13±0.01[b]
	Fe-DTPA	0.66±0.003[a]	0.6±0.02[c]	1.39±0.01[b]	1.77±0.09[b]	0.72±0.04[a]	0.76±0.02[b]	2.08±0.1[b]	2.54±0.1[b]	0.2±0.04[b]	0.18±0.01[a]
	$FeSO_4$	0.71±0.03[a]	0.63±0.01[c]	0.97±0.01[cd]	0.55±0.02[d]	0.57±0.03[bc]	0.49.05[cd]	1.52±0.2[c]	1.04±0.1[cd]	0.17±0.03[c]	0.2±0.03[a]
محلول‌پاشی برگی Foliar spray	Fe-EDDHA	0.72±0.07[a]	0.74±0.01[b]	0.79±0.09[d]	0.68±0.03[cd]	0.55±0.03[bc]	0.33±0.02e	1.57±0.1[bc]	1.01±0.1[cd]	0.13±0.03[d]	0.11±0.01[bc]
	Fe-EDTA	0.87±0.01[a]	0.86±0.02[a]	1.29±0.02[b]	0.87±0.01[c]	0.59±0.06[b]	0.51±0.01[c]	1.98±0.1[bc]	1.39±0.1[c]	0.16±0.01[c]	0.1±0.01[c]
	Fe-DTPA	0.72±0.01[a]	0.71±0.01[b]	1.16±0.01[cb]	0.8±0.06[c]	0.46±0.03[cd]	0.37±0.02[de]	1.69±0.2[bc]	1.17±0.1[cd]	0.13±0.01[d]	0.11±0.01[bc]
	$FeSO_4$	0.81±0.05[a]	0.83±0.01[a]	0.6±0.02[e]	0.48±0.01[d]	0.37±0.05[d]	0.33±0.02[e]	0.95±0.2[d]	0.81±0.02[d]	0.13±0.05[d]	0.11±0.02[bc]

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

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

جدول ۱۲- نتایج تجزیه واریانس اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف آهن بر پارامترهای فتوسنتزی (Fv/Fm و PI) در گیاه گوجه‌فرنگی

Table 12- ANOVA for the effect of application methods and different Fe sources on the Fv/Fm and PI values of tomato

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square			
		کلروفیل فلورسانس متغییر به حداکثر (F_v/F_m)		شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI)	
		برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves
روش‌های کاربرد Application methods	1	0.03**	0.019**	0.74**	0.81**
منابع آهن Sources of Fe	3	0.003**	0.004**	0.77**	0.52**
روش‌های کاربرد× منابع آهن Application methods*Sources of Fe	3	0.0004*	0.0007*	0.1**	0.2**
خطا Error	16	0.0001	0.00015	0.004	0.006
ضریب تغییرات CV (%)		1.26	1.73	3.89	5.37

ns بدون تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۱۳- برهمکنش نحوه کاربرد کودهای آهن × منابع مختلف آهن بر پارامترهای فتوسنتزی (Fv/Fm و PI) در گیاه گوجه فرنگی

Table 13- Interaction effect of application methods ×different Fe sources on the Fv/Fm and PI values of tomato

روش‌های کاربرد Application methods	منابع آهن Sources of Fe	کلروفیل فلورسانس متغیر به حداکثر (F_v/F_m)		شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI)	
		برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves	برگ‌های بالغ Mature leaves	برگ‌های جوان Young leaves
محلول‌دهی از طریق ریشه Root-applied	Fe-EDDHA	0.75 ± 0.004^{b}	0.75 ± 0.001^{b}	1.76 ± 0.001^{b}	1.52 ± 0.079^{b}
	Fe-EDTA	0.77 ± 0.004^{ab}	0.79 ± 0.001^{a}	2.46 ± 0.001^{a}	1.36 ± 0.08^{a}
	Fe-DTPA	0.78 ± 0.003^{a}	0.75 ± 0.003^{b}	1.47 ± 0.003^{c}	1.45 ± 0.02^{bc}
	$FeSO_4$	0.74 ± 0.006^{c}	0.74 ± 0.02^{bc}	1.46 ± 0.02^{cd}	1.45 ± 0.02^{bc}
محلول‌پاشی برگی Foliar spray	Fe-EDDHA	0.67 ± 0.008^{e}	0.70 ± 0.001^{d}	1.26 ± 0.001^{e}	1.15 ± 0.04^{e}
	Fe-EDTA	0.71 ± 0.003^{d}	0.72 ± 0.01^{e}	1.82 ± 0.01^{b}	1.48 ± 0^{b}
	Fe-DTPA	0.72 ± 0.008^{cd}	0.72 ± 0.003^{c}	1.36 ± 0.003^{de}	1.32 ± 0.01^{cd}
	$FeSO_4$	0.66 ± 0.003^{f}	0.66 ± 0.0002^{e}	1.30 ± 0.0002^{e}	1.22 ± 0.01^{de}

حروف مشابه در هر ستون و گروه تیمار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Columns with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan’s multiple range test

لذا به منظور پیاده کردن برنامه صحیح مدیریت تغذیه‌ای، استفاده از منبع کود مناسب و نحوه کاربرد آن می‌تواند در بهبود عملکرد کمی و کیفی تاثیر گذار باشد. بنابراین در شرایط pH خنثی محلول غـذایی، کاربرد کود آهن Fe-EDTA به محلول غذایی را می‌توان بـه عنـوان موثرترین منبع در سیستم آب‌کشت برای گوجه‌فرنگی توصیه کرد.

منابع

1- Abad Farooqi A.H., Shukla Y.N., Sharma S., and Bansal R.P. 1994. Relationshio between gibberellin and cytokinin activity and flowering in *Rosa damascene* Mill. Plant Growth Regulation 14: 109-113.

2- Bertamini M., Nedunchezhian N., and Borghi B. 2001. Effect of iron deficiency induced changes in photosynthetic pigments, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase and photosystem activities in field grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) leaves. Photosynthetica 39: 59-65.

3- Bityutskii N., Pavlovic J., Yakkonen K., Maksimovi V., and Nikolic M. 2014. Contrasting effect of silicon on iron, zinc and manganese status and accumulation of metal-mobilizing compounds in micronutrient-deficient cucumber. Plant Physiology and Biochemistry 74: 205-211.
4- Briat J. F., Curie C., and Gaymard F. 2007. Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology 10(3): 276–282.
5- Calatayud A., and Barreno E. 2004. Response to ozone in two lettuce varieties on chlorophyll a fluorescence, photosynthetic pigments, and lipid peroxidation. Plant Physiology and Biochemistry 42: 549-555.
6- Delgado-Pelayo R., Gallardo-Guerrero L., and Hornero-Méndez D. 2014. Chlorophyll and carotenoid pigments in the peel and flesh of commercial apple fruit varieties. Food Research International.
7- Ghasemi S., Khoshgoftarmanesh A.H., Afyuni M., and Hadadzadeh H. 2014. Iron (II)–amino acid chelates alleviate salt-stress induced oxidative damages on tomato grown in nutrient solution culture. Scientia Horticulturae 165: 91-98.
8- Gonzalo M.J., Lucena J., and Hernández-Apaolaza L. 2013. Effect of silicon addition on soybean (*Glycine max*) and cucumber (*Cucumis sativus*) plants grown under iron deficiency. Plant Physiology and Biochemistry 70: 455-461.
9- Hakam P., khanizade S., Deell J.R., and Richr C. 2000. Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. HortScience 35: 184-186.
10- Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changesin concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84: 67-72.
11- Iturbe-Ormaetxe I., Moran J.F., Arrese-Igor C., Gogorcena Y., Klucas R.V., and Becana M. 1995. Activated oxygen and antioxidant defences in iron-deficient pea plants. Plant Cell Environ 18: 421–429.
12- Khoshgoftarmanesh A.H. 2007. *Principle of plant nutrition* (1th Edition). Sanati Esfahan University Press. Esphahan.
13- Larbi A., Abadia A., Abadia J., and Morales F. 2006. Down co-regulation of light absorption, photochemistry, and carboxylation in Fe-deficient plants growing in different environments. Photosynthesis Research 89: 113–126.
14- Mahmoudi H., Ksouri R., Gharsalli M., and Lacha M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). *Journal of* Plant Physiology 162: 1237-1245.
15- Malekuti M.J., and Bani-Gheybi M. 2000. Determine the effective critical nutrients in the soil, plants and fruit in order to increase yield and quality of strategic products (2th Ed). Dissemination of Agricultural Education. Kraj, Iran.
16- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. (2th Ed). Academic Press, New York. 31.
17- Milner M.J., Seamon J., Craft E., and Kochian L.V. 2013. Transport properties of members of the ZIP family in plants and their role in Zn and Mn homeostasis. Journal of Experimental Botany 64: 369-381.
18- Mohamadipoor R., Sedaghathoor S., and Khomami A.M. 2013. Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathyphyllum illusion*. European Journal of Experimental Biology 3(1): 232-240.
19- Moosavi A.A., and Ronaghi A. 2011. Influence of foliar and soil applications of iron and manganese on soybean dry matter yield and iron-manganese relationship in a Calcareous soil. Australian Journal of Crop Science 5(12): 1550-1556.
20- Moraghan J.T. 1992. Iron- manganese relationship in white lupine, grown on a Calciaquoll. Soil Science Society of America Journal 56: 471- 475.
21- Morales F., Abadia A., and Abadia J. 2006. Photoinhibition and photoprotection under nutrient deficiencies, drought and salinity. In: Demmig-Adams, B., et al. (Eds.), Photoprotection, Photoinhibition, Gene Regulation, and Environment. Springer, the Netherlands.
22- Morales F., Belkhodj R., Abadí A., and Abadí J. 2000. Photosystem II efficiency and mechanisms of energy dissipation in iron-deficient, field-grown pear trees (*Pyrus communis* L.). Photosynthesis Research 63: 9–21.
23- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA Circ. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D. C., U.S.A.
24- Osorio J., Osorio M. L., Correiaa P.J., Varennesc A., and Pestanaa M. 2014. Chlorophyll fluorescence imaging as a tool to understand the impact of iron deficiency and resupply on photosynthetic performance of strawberry plants. Scientia Horticulturae 165: 148–155.
25- Pestana M., Correia P.J., de-Varennes A, Abada J., and Faria E.A. 2001. Effectiveness of different foliar iron applications to control iron chlorosis in orange trees grown on a calcareous soil. Journal of Plant Nutrition 24(5): 613-622.
26- Peyvandi M., Parande H., and Mirza M. 2011. Comparison of Nano Fe Chelate with Fe Chelate Effect on Growth Parameters and Antioxidant Enzymes Activity of *Ocimum basilicum.* New Cell Mol Biotechnology 1(4): 1-12.
27- Pich A., Scholz G., and Stephan U. W. 1994. Iron-dependent changes of heavy metals, nicotianamine, and citrate in different plant organs and in xylem exudate of two tomato genotypes. Nicotianamine as possible copper translocator. Plant and Soil 165(2): 189-196.

28- Pooladvand S., Ghorbanli M., and Farzami S. M. 2012. Effect of various levels of iron on morphological, biochemical, and physiological properties of *Glycine max* var. Pershing. Iranian Journal of Plant Physiology 2(4): 531-538.
29- Porra R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b*. Photosynthesis Research 73: 149–156.
30- Roosta H.R., and Hamidpour M. 2013. Mineral nutrient content of tomato plants in aquaponic and hydroponic systems: effect of foliar application of some macro- and micro-nutrients. Journal of Plant Nutrition 36: 2070-2083.
31- Roosta H.R., and Mohsenian Y. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. Scientia Horticulturae 146: 182–191.
32- Roosta H.R., and Schjoerring J.K. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber (*Cucumis sativus* L., cv. Styx) plants. Journal of Plant Nutrition 30: 1933-1951.
33- Saberi Z. 2005. Application of Zeolit, Mica and some inert material as the substrate of tomato in hydroponic system. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture thesis of Esfahan University. (In Farsi).
34- Singh P., Agrawal M., and Agrawal S.B. 2011. Differences in Ozone Sensitivity at Different NPK Levels of Three Tropical Varieties of Mustard (*Brassica campestris* L.): Photosynthetic Pigments, Metabolites, and Antioxidants. Water Air Soil Pollution 214: 435–450.
35- Soltani A. 2004. *Chlorophyll Fluorescence and Its Application*. Internal Press. University of Agricultural Science and Natural Resource, Gorgan, Iran.
36- Tagliavini M., Abadia J., Rombola D., Abadia A., Tsipouridis C., and Marangoni, B. 2000. Agronomic means for the control of iron chlorosis in deciduous fruit plants. Journal of Plant Nutrition 23: 2007-2022.
37- Taiz L., and Zeiger E. 1998. *Assimilation of mineral nutrients. In: Plant Physiology* (2nd Edition). Sinauer Assoc. Inc., Publishers, Sunderland MA. Pp: 323-345.
38- Telfer A., Pascal A., and Gall A. 2008. Carotenoids in Photosynthesis. In: Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. (Eds). Carotenoids: natural fucntions, vol. 4. Basel, Switzerland; Boston.
39- Welch R. M., Allaway W. H., House W. A., and Kubota I. 1991. Geographic distribution of trace element problems. In: Mordvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M., Welch, R.M. (Eds.), Micronutrients in Agriculture, seconded. SSSA Book Series. Madison, WI, USA.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 465-479
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۷۹-۴۶۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Application Methods and Different Sources of Fe Fertilizer on the Growth and Physiological Characteristics of Tomato in Hydroponic System

M. Moradi[1*]-H.R. Roosta[2]-A. Estaji[3]
Received: 25-09-2019
Accepted: 14-09-2020

Introduction: Iron is an essential element for plant growth which is involved in many plant processes such as photosynthesis and activating enzymes involved in mitochondrial and photosynthetic electron transfer. Iron (Fe) deficiency is a common disorder affecting plants in many areas of the world, and is chiefly associated with high pH, calcareous soils. Plant Fe deficiency has economic significance, because crop quality and yields can be severely compromised. Deficiency or low activity of iron in the plant causes chlorophyll is not produced in sufficient quantities and the leaves are pale. The decrease of chlorophyll leading to the reduction of the plant food processor and finally the yield is reduced. Iron fertilizers are grouped into three main classes: inorganic Fe compounds (soluble ones such as $FeSO_4 \cdot 7HO$), synthetic Fe chelates [such as ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) and ethylenediamine-di (o-hydroxyphenylacetic acid) (EDDHA)] and natural Fe-complexes (humates and amino acids). Iron could be applied in different chemical forms, including chelates and inorganic Fe salts. To our knowledge, no published data for tomato growing under hydroponic conditions have assessed the effects of application methods and different sources of Fe Fertilizer on plant yields, growth and nutritional condition. Therefore, this work was carried out to study the effect of $FeSO_4$, Fe-EDTA, Fe-EDDHA and Fe-DTPA as a foliar spray and root-applied on the growth, yield, physiological characteristics of tomato plants under hydroponic system.

Material and Methods: Regarding to the role of application methods and Fe sources on the absorption of this element and the process of photosynthesis and plant growth, a factorial experiment was carried out to determine the best methods of application (add to nutrient solution and foliar spray) and iron fertilizer ($FeSO_4$, Fe-EDTA, Fe-DTPA and Fe-EDDHA) for growth and physiological characteristics of tomato in hydroponic system with three replications. Analysis of variance (ANOVA) was performed using the SAS program. If ANOVA determined that the effects of the treatments were significant ($P \leq 0.01$ for F-test), then the treatment means were separated by Tukey range test.

Result and Discussion: The results indicated that the plant height, dry and fresh weight affected by the application methods and iron fertilizer, so that the maximum and minimum plant height, and dry and fresh weight were obtained in application of Fe-EDTA to nutrient solution and foliar application of $FeSO_4$, respectively. Mohammadipour et al., (2013) reported that by applying nano-chelate fertilizer of iron, iron sulfate, Fe-EDTA and Fe-EDDHA by two methods of foliar application and root-applied (soil) of Spathiphyllum plant, a significant difference between the types of fertilizer and application method were used. So that the maximum height and dry weight of the plant were obtained in Fe-EDDHA fertilizer treatment to the root application. The root and leaf Fe concentration affected by source of iron and the method of application so Fe-EDTA added to nutrient solution and foliar application had the highest amount of Fe in the root and leaf, respectively. Cu, Mn, Zn and some macro elements such as; Mg and P also influenced by the type of fertilizer and method of application. Roosta and hamidpour (2013) showed that the foliar application of Fe-EDDHA under aquaponic and hydroponic conditions increased the amount of K, Mg, Fe and decreased the concentration of Zn, Cu and Mn compared to the control treatment in tomato plants. Current experiment results showed that the maximum chlorophyll content (a, b and total) and maximal quantum yield of PS II photochemistry (F_v/F_m) and performance index (P_i) values of young and old leaves were found with Fe-EDTA in nutrition solution and the highest carotenoids and sugar soluble content were found in $FeSO_4$ in nutrient solution and foliar application, respectively. Roosta and Mohsenian (2012) reported that there was also a linear relationship between leaf-Fe and chlorophyll content in pepper. The application of inorganic Fe salt (FeSO4) and Fe-chelates (Fe-EDDHA and Fe-EDTA) on pepper plants increased Chl a content in leaves of these plants compared to the control.

1- Lecturer, Department of Horticulture Science and Engineering, High Educational Complex of Torbat-e Jam
(*- Corresponding Author Email: moradi.ob@gmail.com)
2- Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Ph.D. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Additionally, several investigations have described the beneficial effects of foliar Fe. Iron deficiency caused a significant reduction in the amount of chlorophyll a, b, total and carotenoids of pea (Iturbe-Ormaetxe et l., 1995).

Conclusion: Based on the results, Fe-EDTA and Fe-EDDHA had the highest significant effect on vegetative growth of tomato, respectively. Thus, at neutral pH of nutrient solution as occurred in this experiment, application of Fe-EDTA in nutrition solution is suitable than the other source of iron fertilizer for tomato growth.

Keywords: Application methods, Hydroponic, Iron, Tomato

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 481-491
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۹۱-۴۸۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

اثر پیش‌تیمار پلی اتیلن گلیکول و ملاتونین بر مقاومت به سرما در نشاء خربزه خاتونی (*Cucumis melo* L.)

حسین نستری نصرآبادی[1*]- سید فرهاد صابرعلی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳

چکیده

سرما از جمله تنش‌های محیطی است که باعث بروز آسیب‌های فیزیولوژیکی به سلول‌های گیاهان حساس می‌شود. برای این منظور اثر پیش‌تیمار خشکی و کاربرد ملاتونین در جهت تحمل به سرما در نشاهای خربزه مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح تنش خشکی (شاهد، ۱۰ و ۲۰ درصد پلی اتیلن گلیکول)، دو سطح ملاتونین (شاهد و ۲۰۰ میکرو مولار) و دو سطح دمایی (شاهد و تنش سرما) بودند. نتایج نشان داد که با اعمال پیش تیمار خشکی گیاهان از محتوای پرولین بالاتری برخوردار بوده و همچنین با حفظ رطوبت نسبی، تنش دمای پایین را بهتر تحمل نمودند. بالاترین مقدار کلروفیل در تیمار بدون تنش خشکی، کاربرد ملاتونین و عدم تنش سرما به دست آمد. کاربرد ملاتونین بطور معنی‌داری باعث افزایش ۱/۹۸ درصد رطوبت نسبی و ۲۶/۶۰ درصد محتوای قند نسبت به شاهد گردید. مشخص گردید کاربرد ملاتونین باعث افزایش معنی‌دار ترکیبات فنلی تحت شرایط تنش شد و میزان نشت یونی بطور معنی‌داری کاهش یافت. بطور کلی نتایج نشان داد که پیش تیمار خشکی و کاربرد ملاتونین بطور موثری می‌تواند از خسارت ناشی از دمای پایین در مراحل اولیه رشد خربزه جلوگیری کند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، پلی اتیلن گلیکول، رطوبت نسبی، ملاتونین، نشت یونی

مقدمه

خربزه با نام علمی *Cucumis melo* L. متعلق به خانواده کدوییان است که منشاء اولیه آن از مناطق گرم آفریقا بوده و ایران به عنوان منشاء ثانویه این محصول با ارزش شناخته می‌شود. شهرستان تربت جام بزرگترین تولید کننده خربزه در ایران است که هر سال بطور متوسط ۱۸۰۰۰ هکتار از اراضی این منطقه به کشت این محصول اختصاص می‌یابد. از آنجائی‌که یکی از اهداف استفاده از مالچ پلاستیکی جلوگیری از صدمه سرمای دیررس بهاره است، کشاورزان به منظور زودرسی و تولید محصول نوبرانه از مالچ پلاستیک استفاده می‌کنند، که عدم جمع‌آوری مناسب مالچ‌های پلاستیکی پس از برداشت محصول باعث ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی فراوانی در منطقه می‌شود (۲۹ و ۳۰).

با ایجاد تغییر در شرایط محیطی در خزانه تولید نشاء، می‌توان درجات مختلفی از مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاه القاء نمود. تنش خشکی با تاثیر بر تنظیم اسمزی، تغییر در تولید هورمون‌ها و هدایت روزنه‌ای، کاهش رشد شاخساره و افزایش رشد ریشه‌ها می تواند سبب مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی بعدی شود (۱۰). قنبری و سیاری (۱۰) گزارش کردند که پیش تیمار خشکی سبب حفظ رشد نشاهای گوجه فرنگی در شرایط تنش سرمایی و حفظ محتوای آب نسبی و کلروفیل شد. همچنین بیان شده است که تیمار تنش خشکی در نشاء خیار سبب بهبود و حفظ ساختار غشاء در شرایط تنش سرما گردید (۷). ساتو و همکاران (۳۴) گزارش کردند که تنش خشکی در نشاهای کلم موجب بهبود نگهداری آنها در شرایط تاریکی و تنش دمای پایین شد. گزارش شده است که تیمار تنش خشکی در مرحله رشد رویشی موجب بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی و فتوسنتز گیاهان در هنگام تنش سرما در مراحل بعدی رشد می‌شود (۲۵). کایل و همکاران (۶) گزارش کردند که پیش تیمار خشکی باعث افزایش مقاومت به شوری و افزایش عملکرد در گوجه فرنگی گردید.

به خوبی شناخته شده است که گیاهان می‌توانند در برابر زیان های اکسیداتیو بوسیله تنظیم سیستم‌های آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی در جهت توازن ترکیباتی مانند رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروکسیل و هیدروژن پراکسید از خودشان محافظت کنند (۳۸). امروزه ثابت شده است که متابولیت‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی

۱ و ۲- استادیاران گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام
(*- نویسنده مسئول: Email: ho_nastari@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.84236

زیادی وجود دارد، که نقش مهمی در تنظیم پاسخ به تنش سرما دارند. ملاتونین (N-acetyl-5-methoxytrypatamine) یک ماده محافظتی است که در باکتری‌ها تا پستانداران وجود دارد (۳۸). ملاتونین یک ترکیب ایندولی است که بطور طبیعی در گیاهان سنتز می‌شود و در تنظیم رشد ریشه، شاخه، جوانه‌زنی بذر و تاخیر در پیری برگ نقش دارد (۲). بعلاوه نشان داده شده است که ملاتونین در ارتباط با استرس‌های محیطی مانند خشکی، دماهای بالا و پایین، فلزات سنگین و تنش شوری نیز دخالت دارد. گزارش شده است که ملاتونین با تنظیم کردن ثبات دیواره سلولی و سیالیت آن و همچنین فعال کردن آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، مقاومت گیاهان را به سرما افزایش می‌دهد (۸). در سالهای اخیر استفاده از ملاتونین در جهت بهبود مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است. باجوا و همکاران (۳) در مطالعه اثر ملاتونین بر روی گیاه آرابیدوپسیس بیان نمودند که ملاتونین باعث تنظیم و بیان ژن‌های مقاومت به سرما می‌گردد. گزارش شده است که کاربرد ملاتونین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در خربزه گردید (۳۸). یانگ و همکاران (۳۷) گزارش کردند که کاربرد ملاتونین بصورت اسپری و یا به همراه آبیاری باعث کاهش خسارت به سیستم فتوسنتزی در گوجه فرنگی می‌شود.

هدف از انجام این آزمایش استقرار بهتر گیاهچه‌های خربزه تحت شرایط نامساعد محیطی از جمله سرما و کاهش استفاده از مالچهای پلاستیکی و آلودگی‌های زیست محیطی بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر پیش تیمار تنش خشکی و ملاتونین بر مقاومت به تنش سرما در گیاهچه‌های خربزه، آزمایشی بصورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام طرح ریزی و اجرا گردید. در این آزمایش از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به منظور ایجاد تنش خشکی در سه سطح با پتانسیل اسمزی صفر (D0)، ۰/۱۸ (D1) و ۰/۵۸ (D2) مگاپاسکال (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد وزن بر حجم پلی اتیلن گلیکول) و ملاتونین در دو سطح صفر (M0) و ۲۰۰ (M1) میکرو مولار استفاده شد. ابتدا بذرها جهت ضدعفونی به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد قرار داده شدند و بعد از آن دوبار با آب مقطر شستشو گردیدند. سپس در گلدان‌های سایز ۱۴(قطر دهانه ۱۴ و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر) حاوی پرلایت، ورمی کولایت و کوکوپیت (به نسبت مساوی) کشت شدند. گلدان‌ها در گلخانه با دمای روز و شب به ترتیب ۲±۲۵ و ۲±۱۸ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و پس از سبز شدن بصورت روز در میان با محلول غذایی هوگلند آبیاری شدند. پس از ظهور ۴ برگ حقیقی تنش خشکی با اضافه کردن مقادیر مورد نیاز پلی اتیلن گلیکول به محلول آبیاری به مدت یک هفته انجام گردید و جهت جلوگیری از تنش ناگهانی، تیمار تنش خشکی در طی ۳ روز و هر روز با افزایش یک سوم غلظت مورد نظر اعمال شد (۱۰). پس از تنش خشکی، بازیابی به مدت سه روز انجام گردید و در طی این دوران ملاتونین بر اساس غلظت مورد نیاز به محلول غذایی اضافه شد (۳۷). سپس گیاهچه‌ها تحت تیمار تنش سرمایی در دو سطح شاهد (T0: بدون تنش) و شرایط سرما (T1) قرار گرفتند، گیاهان شاهد در شرایط گلخانه نگهداری شدند. به منظور تامین دمای پایین گیاهان به اتاقک رشد با دمای شب ۶ و روز ۱۲ درجه سانتی گراد (۳۸) به ترتیب به مدت زمان ۱۰ و ۱۴ ساعت، به مدت یک هفته انتقال یافتند. بعد از اعمال تیمار سرمایی گیاهان به مدت ۷۲ ساعت در شرایط گلخانه قرار گرفته و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. صفات مورد مطالعه شامل پرولین، میزان قندهای محلول، کلروفیل، میزان رطوبت نسبی برگ، مقدار فنل کل و میزان نشت یونی بود و نمونه‌های مورد مطالعه از برگ‌های حقیقی سوم تهیه شدند. میزان پرولین به روش بیتس و همکاران (۴)، قندهای محلول بر اساس روش هج و هوفریتر (۱۴)، مقدار کلروفیل a، b و کل بر مبنای روش رقامی و همکاران (۳۲)، محتوای رطوبت نسبی به روش کرامر (۲۳)، مقدار فنل کل بر اساس روش مک دونالد و همکاران (۲۸) و میزان نشت یونی به روش بلوم و ابرکن (۵) اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار SAS انجام گردید و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

میزان پرولین

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۱) که اثرات متقابل سه گانه‌ی تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار پرولین معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین نتایج نشان داد (جدول ۲) با افزایش تنش خشکی روند افزایشی در میزان تولید پرولین وجود دارد. بطوریکه بیشترین مقدار پرولین (۰/۸ میکرو مول بر گرم وزن تر) در بالاترین سطح پیش تیمار خشکی با عدم کاربرد ملاتونین و بدون تنش سرما (D2M0T0) ثبت شد و پس از آن روند کاهشی در تولید پرولین مشاهده شد. به نظر می‌رسد گیاهان پیش تیمار شده با بالاترین سطح تنش خشکی (D2) از محتوای پرولین بالاتری برخوردار بوده و شرایط سرما را بهتر تحمل می‌کنند و باعث کاهش روند افزایشی میزان تولید پرولین می‌گردد. در تمامی ترکیبات، کاربرد ملاتونین باعث افزایش میزان تولید پرولین گردید. کمترین مقدار تولید پرولین (۰/۴۳ میکرو مول بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد (D0M0T0) به دست آمد.

در چنین شرایطی یکی از مهمترین استراتژی‌های معمول مقاومت

به تنش در گیاهان، تولید بیش از حد انواع مختلف محلول‌های آلی سازگار می‌باشد. محلول‌های سازگار با وزن مولکولی کم و ترکیباتی با قابلیت حل شدن بالا هستند که معمولا حتی در غلظت‌های بالا هم سمی نیستند. عموما آنها از گیاهان در برابر تنش‌ها از طرق مختلف مثل شرکت در تنظیم اسمزی، سم زدایی اکسیژن فعال شده، استحکام غشاء سلولی و حفظ ساختار طبیعی آنزیم‌ها و پروتئین‌ها حفاظت می‌کنند (۹). تنظیم اسمزی یک مکانیزم برای حفظ روابط آبی تحت تنش اسمزی می‌باشد. تحت شرایط کمبود آب، تجمع مواد محلول، پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهد که باعث جذب آب به داخل سلول و کمک به حفظ فشار تورگور می‌شود. بوسیله تنظیم اسمزی، فعالیت‌های سیتوپلاسمی تقریبا در یک فضای نرمال اتفاق می‌افتد و به گیاهان برای انجام دادن بهتر دوره‌های رشدی، فتوسنتز و توزیع آسمیلات‌ها کمک می‌کند (۲۶). پرولین یکی از مهمترین محلول‌ها است که به صورت آزاد در پاسخ گسترده‌ای از گیاهان عالی، جلبک‌ها، حیوانات و باکتری‌ها برای کاهش پتانسیل آب تجمع می یابد. پرولین در برگ‌ها تحت شرایط پتانسیل پایین آب سنتز می‌شود. نقش‌های فیزیولوژیکی زیادی به پرولین ارتباط داده‌اند مانند: تثبیت ماکرو مولکول‌ها و ذخیره کربن و نیتروژن برای استفاده‌ی بعد از رفع کمبود آب (۳۹).

ژانگ و همکاران (۳۸) گزارش کردند که کاربرد ملاتونین باعث افزایش میزان تولید پرولین در دانهال‌های خربزه تحت تنش سرما می‌شود که با نتایج این تحقیق یکسان است. گزارشات متعدد دیگری مبنی بر افزایش میزان پرولین با کاربرد ملاتونین نیز وجود دارد (۳۳ و ۳۵). کاربرد ملاتونین در دانهال‌های خربزه به بالا نگهداشتن سطح پرولین کمک می‌کند و این عمل باعث حفظ آب درون سلول‌ها و حفظ ساختار سلولی می‌شود (۳۸).

محتوای رطوبت نسبی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص گردید که اثرات متقابل دوگانه خشکی و سرما در سطح احتمال یک درصد و اثرات ساده ملاتونین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین اثرات ساده ملاتونین (شکل D-۴) نشان داد که کاربرد ملاتونین بطور معنی داری باعث افزایش میزان ۱/۹۸ درصد محتوای رطوبت نسبی برگ نسبت به عدم کاربرد ملاتونین گردید. اثرات متقابل پیش تیمار خشکی و دما (شکل B-۱) نشان داد که با افزایش پیش تیمار خشکی روند کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ وجود دارد، ولی بر اساس نتایج مشخص گردید که بطور قابل توجهی میزان رطوبت نسبی برگ در ترکیب بالاترین سطح تنش خشکی (D2) تحت تنش سرما (T1) حفظ می‌شود، بطوری‌که اختلاف معنی‌داری بین بالاترین سطح تنش خشکی در شرایط سرما (D2T1) و عدم تنش سرما (D2T0) و همچنین سطح متوسط تنش خشکی در شرایط سرما (D1T1) وجود نداشت. بالاترین میزان رطوبت نسبی برگ (۸۷/۸۵ درصد) در شرایط عدم پیش تیمار خشکی و بدون تنش سرمایی (D0T0) به دست آمد و کمترین مقدار آن (۷۳/۳۷ درصد) در ترکیب بالاترین سطح پیش تیمار خشکی و عدم تنش سرما (D2T0) ثبت شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر خشکی، ملاتونین و دما بر برخی صفات نشاء خربزه خاتونی

Table 1- ANOVA for the effect of drought, melatonin and temperature on some traits of melon transplant

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	پرولین Proline	رطوبت نسبی RWC	کلروفیلa Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل Total Chl	قندهای محلول Soluble sugars	فنل کل Total phenol	نشت یونی Electrolyte leakage
خشکی Drought (D)	2	0.2331**	243.75**	2.846**	1.748**	9.052**	0.733 **	83.19**	**388.35****
ملاتونین Melatonin (M)	1	0.0110**	19.92*	1.432**	0.734**	4.216**	0.763**	0.92ns	**131.64****
دما Temperature (T)	1	0.0109**	130.11**	3.276**	0.757**	7.182**	0.264**	5.19**	**30.65****
D×M	2	0.0029**	0.01ns	0.111**	0.086*	0.382**	0.034ns	0.06ns	**2.76ns**
D×T	2	0.0125**	101.62**	0.941**	0.241**	2.109**	0.009ns	2.78**	**42.35****
M×T	1	0.0079**	2.51ns	0.144*	0.006ns	0.092ns	0.013ns	2.85*	**1.31ns**
D×M×T	2	0.0011*	2.23ns	0.086*	0.027ns	0.207*	0.003ns	0.22ns	**5.31ns**
خطا Erorr	24	0.0003	4.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.36	**1.69**

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

*and ** significant at 5% and 1% of probability levesl and ns non-significant. (RWC: Relative water content).

جدول ۲- اثرات متقابل پیش تیمار خشکی× ملاتونین×دما بر صفات مورد مطالعه نشاء خربزه

Table 2- Interaction effects of drought× melatonin ×temperature on studied traits of melon transplant

خشکی Drought	ملاتونین Melatonin	دما Temperature	پرولین Proline (µmol g^{-1} FW)	کلروفیل a Chl a (mg g^{-1})	کلروفیل کل Total Chl (mg g^{-1})
D0	M0	T0	0.43 g	5.18 b	**8.21 b**
		T1	0.49 e	4.27 ef	**6.76 de**
	M1	T2	0.46 f	6.10 a	**9.65 a**
		T3	0.60 d	4.57 d	**7.42 c**
D1	M0	T0	0.66 c	4.48 de	**6.93 de**
		T1	0.69 c	4.01 g	**6.21 fg**
	M1	T0	0.68 c	4.82 c	**7.48 c**
		T1	0.73 b	4.38 de	**7.01 d**
D2	M0	T0	0.80 a	3.98 g	**6.23 fg**
		T1	0.73 b	3.93 g	**6.02 g**
	M1	T0	0.77 a	4.29 e	**6.60 ef**
		T1	0.78 a	4.08 fg	**6.33 fg**

میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند و میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلافی ندارند.

The mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ significant level. Means followed by the same letter(s) in each column have not significantly difference. D0: 0, D1: %10 and D2: % 20 of PEG. M0: 0 and M1: 200 µmol of melatonin. T0: control and T1: cold stress.

کبیری و همکاران (۲۰) در بررسی کاربرد ملاتونین در القا مقاومت به تنش خشکی در بادرنجبویه گزارش کردند که کاربرد ملاتونین بطور معنی‌داری باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌شود که با نتایج به دست آمده مطابقت دارد. گزارشات متعددی مبنی برکاهش میزان رطوبت نسبی برگ تحت تنش خشکی وجود دارد (۱۵). قنبری و سیاری (۱۰) در مطالعه‌ای بیان نمودند که پیش تیمار تنش خشکی نشاهای گوجه فرنگی سبب حفظ میزان رطوبت نسبی نشاء گوجه فرنگی در شرایط تنش سرما می‌گردد که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مشابه است. میزان رطوبت نسبی آب گیاه شاخص مناسبی در جهت بررسی مقاومت به تنش‌های محیطی می باشد. کاهش میزان رطوبت نسبی برگ باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و میزان فتوسنتز می‌شود (۱۳). در هنگام تنش سرما به خاطر کاهش میزان تعرق و بسته شدن روزنه‌ها هدایت هیدرولیکی ریشه کاهش می‌یابد که باعث تنش آب نیز می‌گردد (۱۹). در این تحقیق مشخص شد که با پیش تیمار تنش خشکی میزان رطوبت نسبی برگ هنگام تنش سرما حفظ می‌گردد که احتمالا پیش تیمار تنش خشکی با تولید متابولیت‌های ثانویه باعث کاهش خسارت‌های ناشی از سرمازدگی می‌شود.

محتوای کلروفیل

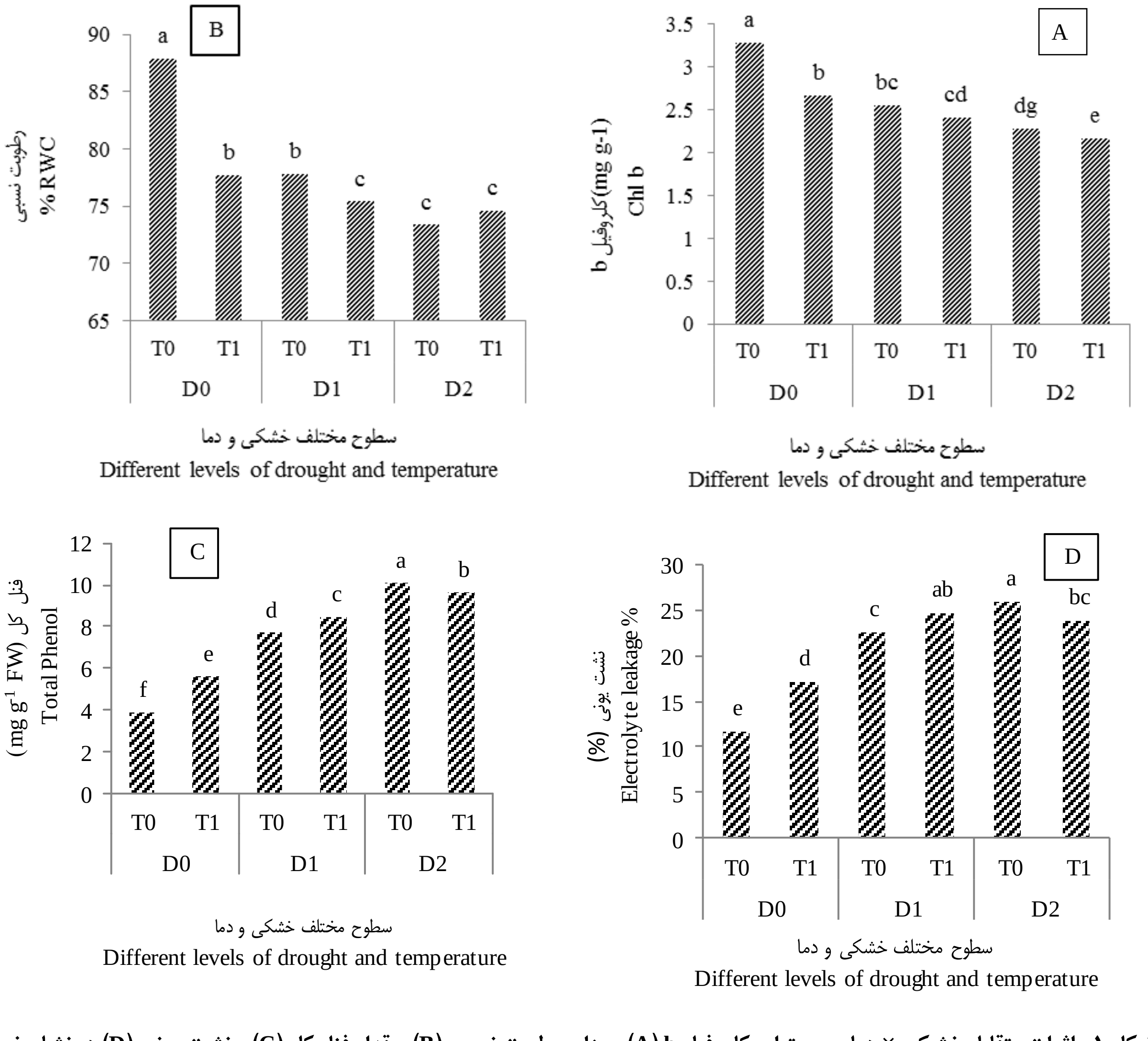
تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات متقابل سه گانه بر مقدار کلروفیل a و کل در سطح احتمال ۵ درصد اثرات معنی داری داشت و اثرات متقابل دو گانه تنش خشکی با ملاتونین و تنش خشکی با دما به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار شدند.

مقایسه میانگین نتایج نشان داد که پیش تیمار خشکی بطور معنی‌داری باعث کاهش مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل (جدول ۲) گردید. بر اساس نتایج مشخص شد، بالاترین سطح پیش تیمار تنش خشکی (D2) و کاربرد ملاتونین (M1) سبب حفظ کلروفیل a در شرایط تنش سرما می‌شود، بطوریکه از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین بالاترین سطح تنش خشکی و کاربرد ملاتونین در شرایط سرما (D2M1T1) با سطح متوسط تنش خشکی و عدم کاربرد ملاتونین در شرایط سرما (D1M0T1) وجود نداشت. بالاترین میزان کلروفیل a (۶/۱۰ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط عدم پیش‌تیمار خشکی، کاربرد ملاتونین و عدم تنش سرمایی (D0M1T0) به دست آمد که نسبت به شاهد ۱۷/۷۶ درصد افزایش نشان داد و کمترین مقدار آن (۳/۹۳ میلی‌گرم بر گرم) در بالاترین سطح تنش خشکی و عدم کاربرد ملاتونین در شرایط تنش سرما (D2M0T1) ثبت شد، که نسبت به شاهد ۲۴/۱۳ درصد کاهش داشت. روند مشابهی در خصوص مقدار کلروفیل کل به دست آمد (جدول ۲) بطوری‌که بیشترین (۹/۶۵ میلی گرم بر گرم) و کمترین (۶/۰۲ میلی‌گرم بر گرم) مقدار کلروفیل کل به ترتیب در ترکیب تیمارهای عدم پیش تیمار تنش خشکی، کاربرد ملاتونین با عدم تنش سرما (D0M1T0) و بالاترین سطح پیش تیمار تنش خشکی، عدم کاربرد ملاتونین و شرایط سرما (D2M0T1) ثبت گردید.

در بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه خشکی و کاربرد ملاتونین بر مقدار کلروفیل b (شکل ۲) مشخص گردید که با پیش تیمار تنش خشکی روند کاهش مقدار کلروفیل b نیز وجود دارد و در تمامی ترکیبات کاربرد ملاتونین باعث افزایش مقدار کلروفیل b گردید که این افزایش فقط در بالاترین سطح تنش خشکی معنی‌دار

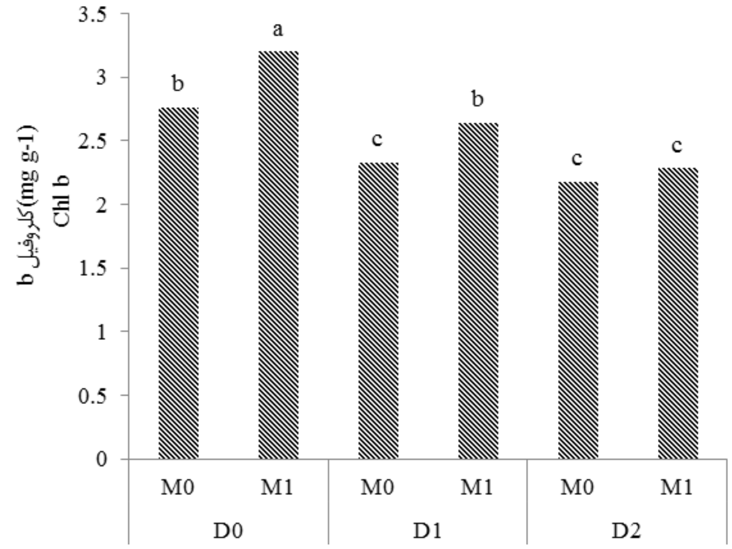
نبود. بیشترین مقدار کلروفیل b (۳/۲۰ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط عدم تنش خشکی و کاربرد ملاتونین (D0M1) و کمترین آن (۲/۱۷ میلی‌گرم بر گرم) در ترکیب بالاترین سطح پیش تیمار خشکی و عدم کاربرد ملاتونین (D2M0) ثبت شد. روند مشابهی در بررسی اثرات متقابل دوگانه خشکی و سرما (شکل ۱-A) به دست آمد، بطوری‌که بالاترین مقدار کلروفیل b (۳/۲۹ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط عدم پیش تیمار خشکی و سرما (D0T0) و کمترین آن (۲/۱۷ میلی‌گرم بر گرم) در بالاترین سطح تنش خشکی و شرایط سرما (D2T1) ثبت گردید که نسبت به شاهد ۳۲/۰۴ درصد کاهش نشان داد.

قنبری و سیاری (۱۰) در مطالعه اثر پیش تیمار تنش خشکی بر بهبود تحمل به سرما در نشاهای گوجه فرنگی گزارش کرده‌اند که سطوح مختلف پیش تیمار تنش خشکی بطور معنی‌داری باعث حفظ کلروفیل کل در شرایط تنش سرما می‌گردد. همچنین حلمی و همکاران (۱۶) بیان کردند که پیش تیمار دمایی سبب افزایش مقدار کلروفیل در نشا خیار تحت تنش سرما شده است. ژانگ و همکاران (۳۸) نیز گزارش کردند که کاربرد ملاتونین در شرایط تنش سرما در دانهال‌های خربزه باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a، b و کل می شود، همچنین گزارش شده است که ملاتونین باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل کل در بادرنجبویه (۲۰) تحت تنش خشکی گردیده است که با نتایج این تحقیق یکسان است.



شکل ۱- اثرات متقابل خشکی × دما بر محتوای کلروفیل b (A)، میزان رطوبت نسبی (B)، مقدار فنل کل (C) و نشت یونی (D) در نشاء خربزه

Figure 1– Interaction effects of drought ×temperature on chl b (A), % RWC (B), total phenol (C) and electrolyte leakage (D). D0: 0, D1: %10 and D3: %20 of PEG. T0: control and T1: cold stress in melon transplant. (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۲- اثر متقابل خشکی × ملاتونین بر مقدار کلروفیل b در نشاء خربزه

Figure 2- Interaction effect of drought ×melatonin on chl b. D0: 0, D1: %10 and D3: %20 of PEG. M0: 0 and M1: 200 µmol of melatonin in melon transplant. (DMRT, *p≤0.05*)

بیان شده است که کاربرد ملاتونین بصورت اسپری و یا همراه آبیاری باعث افزایش کارآیی سیستم فتوسنتزی در گوجه فرنگی می شود (۳۷). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط نامساعد محیطی و تنش‌ها از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است. گزارشات متعددی مبنی بر کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش‌های محیطی وجود دارد (۱۲ و ۱۵). تنش سرما باعث اختلال در تولید کلروفیل می‌شود و به کلروپلاست آسیب وارد می‌کند از طرفی تولید کلروفیل در برگ یکی از فرآیندهای حساس به دما است و از فاکتورهای موثر در اندازه‌گیری میزان مقاومت یا حساسیت یک گیاه به سرما است (۲۴). کاهش کلروفیل در شرایط تنش مربوط به افزایش تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن در سلول‌ها می‌باشد که باعث تجزیه آن می‌شود. احتمالا پیش تیمار تنش خشکی با افزایش پرولین و ترکیبات فنلی دیگر در سلول‌های گیاهی موجب کاهش اثرات تنش سرما و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (۱۰).

محتوای قند

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که فقط اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر روی میزان قندهای محلول اثرات معنی‌داری داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات ساده پیش تیمار خشکی (شکل C-۴) نشان داد که تحت تنش خشکی میزان قندهای محلول بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد و بیشترین میزان قند (۱/۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در بالاترین سطح پیش تیمار تنش خشکی ثبت شد. همچنین میزان قندهای محلول در گیاهان تحت تنش سرما بطور معنی‌داری افزایش یافت (شکل B-۴) بطوریکه نسبت به شاهد ۱۴/۷۸ درصد افزایش نشان داد. کاربرد ملاتونین نیز بطور معنی‌داری باعث افزایش ۲۶/۶۰ درصد میزان قندهای محلول نسبت به عدم کاربرد آن گردید (شکل A-۴). آکینیک و لوزل (۱) نیز در گیاه خیار افزایش قندهای محلول را در تیمار خشکی در مقایسه با شاهد گزارش کردند و در رقم متحمل به تنش در آزمایش آنها بیشترین تجمع قند مشاهده شد. کرپسی و گالیبا (۲۲) همبستگی بالایی را بین تجمع قند و مقاومت به شوری و خشکی گزارش کردند و اشاره کردند که این ویژگی می‌تواند به عنوان یک معیار تحمل به تنش باشد.

وظیفه اصلی کربوهیدرات‌ها محافظت اسمزی، تنظیم فشار اسمزی، ذخیره کربن و از بین بردن رادیکال‌های آزاد است (۳۱). در دوره تنش، گیاه به منظور ادامه تورژسانس سلول‌های خود، مولکول های درشت نشاسته را به ساکارز و سپس به فروکتوز و گلوکز تبدیل می‌کند که موجب منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلول‌ها و تنظیم اسمزی می‌شود (۱۱). کشاورز و همکاران (۲۱) بیان کردند که تجمع ساکاروز و دیگر قندهای ساده که در اثر سازگاری با سرما اتفاق می‌افتد در پایداری غشاء نقش مهمی دارد و باعث حفاظت غشاء در مقابل انجماد می‌شود. گزارش‌های متعددی درباره‌ی افزایش قندهای محلول در گیاهان هنگام تنش سرما وجود دارد (۱۸ و ۳۶). کبیری و همکاران (۲۰) گزارش کردند که کاربرد ملاتونین باعث افزایش قندهای محلول در گیاهچه‌های بادرشبویه تحت تنش اسمزی می‌شود که با نتایج به دست آمده در این تحقیق یکسان است. قندهای محلول جزء اسمولیت‌هایی هستند که در پاسخ به تنش کم‌آبی برای تنظیم اسمزی در گیاهان تجمع می‌یابند و نقش آن‌ها در حفظ ساختار ماکرو مولکول‌های سلول و از جمله ثبات بخشیدن به ساختار DNA گزارش شده است، به طوری که برخی دانشمندان مقدار قندهای

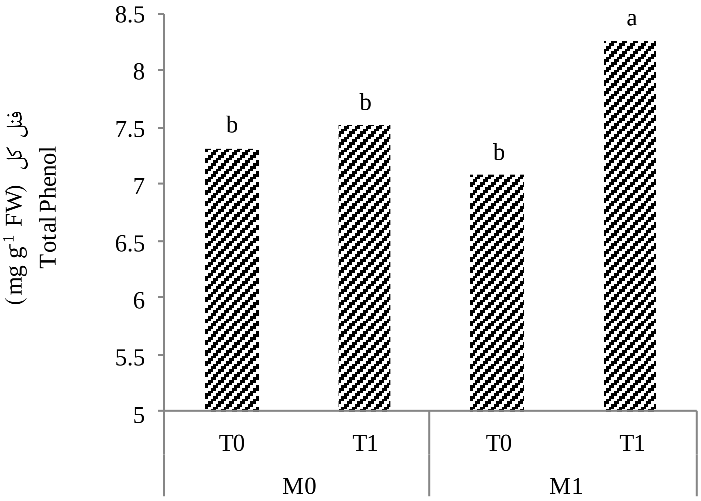
محلول را به عنوان شاخص خوبی برای بیان مقاومت به تنش محیطی ذکر نموده‌اند (۱۸ و ۳۶).

میزان فنل کل

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات متقابل دو گانه خشکی و سرما در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل ملاتونین و دما در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین نتایج (شکل C-۱) نشان داد، کمترین مقدار فنل در ترکیب شاهد (D0T0) به دست آمد و با افزایش میزان تنش خشکی مقدار فنل کل افزایش یافت، بطوری‌که بیشترین مقدار فنل در ترکیب بالاترین سطح پیش تیمار تنش خشکی و عدم تنش سرما (D2T0) ثبت شد و پس از آن روند کاهش مشاهده شد ولی اختلاف معنی‌داری بین شرایط سرما و شاهد وجود نداشت. به نظر می‌رسد گیاهان پیش تیمار شده با ۲۰ درصد پلی اتیلن گلایکول از محتوای فنل بالاتری برخوردار بوده و شرایط سرما را بهتر تحمل می‌کنند. بطور کلی افزایش محتوای ترکیبات فنلی تحت تنش‌های محیطی یک اتفاق عمومی بوده و در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است و نتایج به دست آمده با مطالعات مشابه یکسان است (۱۰ و ۱۷). مقایسه میانگین اثرات متقابل ملاتونین و دما (شکل ۳) نشان داد که در شرایط تنش دمای پایین، کاربرد ملاتونین باعث افزایش معنی‌دار مقدار فنل گردید و بین سایر ترکیبات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کاربرد ملاتونین بعنوان یک تعدیل کننده اثرات تنش‌های محیطی در بالا نگهداشتن میزان فنل در گیاهان تحت تنش کمک می‌کند که این عمل باعث حفظ آب درون سلول‌ها و حفظ ساختار سلولی می‌گردد (۳۸).

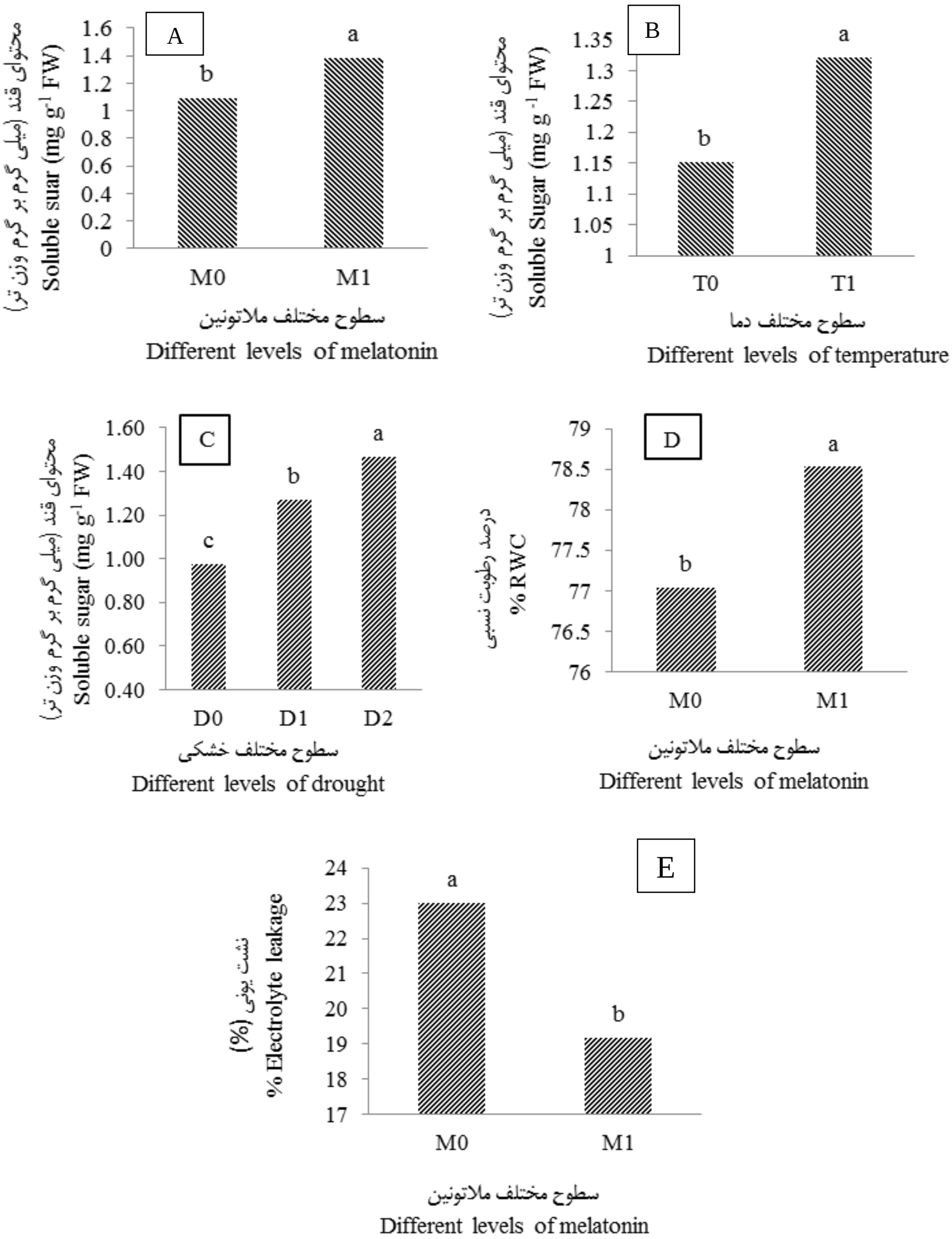
نشت یونی

بر اساس نتایج جدول تجزیه وازیانس (جدول ۱) مشخص گردید که اثرات ساده ملاتونین و اثرات متقابل دو گانه پیش تیمار خشکی و دما در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین اثرات ساده ملاتونین (شکل E-۶) نشان داد که کاربرد ملاتونین بطور معنی‌داری باعث کاهش ۱۴/۳۵ درصد نسبت به شاهد گردید. نتایج نشان داد که کاربرد ملاتونین می‌تواند با افزایش مقدار پرولین، ترکیبات فنلی و افزایش رطوبت نسبی مانع افزایش نشت یونی گردد که نتایج این تحقیق با نتایج کبیری و همکاران (۲۰) یکسان است. در بررسی اثرات متقابل پیش تیمار خشکی و دما (شکل D-۱) کمترین مقدار نشت یونی (۱۱/۸۳ درصد) در شاهد ثبت شد و بیشترین مقدار آن (۲۶/۰۲ درصد) در ترکیب بالاترین سطح پیش تیمار خشکی و عدم تنش سرما (D2T0) مشاهده شد. نتایج نشان داد که گیاهان پیش تیمار شده با بالاترین مقدار پلی اتیلن گلایکول (۲۰ درصد) از محتوای بالاتری از ترکیبات فنلی و پرولین برخوردار هستند و شرایط تنش سرما را بهتر تحمل می‌کنند بطوری‌که میزان نشت یونی بطور معنی‌داری در گیاهان تیمار شده با بالاترین سطح پلی اتیلن گلایکول و تنش سرما (D2T1) کاهش یافت. به نظر می‌رسد افزایش میزان ترکیبات فنلی و پرولین مانع افزایش تولید انواع گونه‌های واکنشگر اکسیژن (ROS) تحت تنش سرما شده و در نتیجه پراکسیداسیون چربی‌های غشایی کاهش یافته و مانع تخریب اسیدهای چرب غشاء می‌گردد، بنابراین میزان نشت مواد درون یاخته‌ای کاهش می‌یابد (۱۰ و ۲۷)



شکل ۳- اثر متقابل ملاتونین × دما بر میزان فنل کل در نشاء خربزه

Figure 3– Interaction effect of melatonin ×temperature on total phenol. M0: 0 and M1: 200 µmol of melatonin. T0: control and T1: cold stress in melon transplant. (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ٤- اثرات ساده تیمارهای مختلف بر محتوای قند، میزان رطوبت نسبی و نشت یونی نشاء خربزه

Figure4– Simple effect of different treatments on sugar content, RWC and electrolyte leakage. M0: 0 and M1: 200 µmol of melatonin. T0: control and T1: cold stress. D0: 0, D1: %10 and D3: %20 of PEG of melon transplant (DMRT, *p≤0.05*).

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجـرا شـده از محـل اعتبارات پژوهشی مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربـت جام می‌باشد که بدینوسیله از معاونت پژوهشی مجتمع تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

1- Akinic S., and Losel D.M. 2009. The soluble sugars determination in cucurbitaceae species under water stress and recovery periods. Advances in Environmental Biology 3(2): 175-183.

2- Arnao M.B., and Hernández-Ruiz J. 2014. Melatonin: Plant growthregulator and/or biostimulator during stress? Trends in Plant Science 19: 789–797.
3- Bajwa V.S., Shukla M.R., Sherif S.M., Murch S.J., and Saxena P.K. 2014. Role of melatonin in alleviating cold stress in Arabidopsis thaliana. Journal of Pineal Research 56: 238–245.
4- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1993. Rapid determination of free proline for water stress study. Plant and Soil 39(1): 205-207.
5- Blum A. 1996. Crop response to drought and the interpration adaptation. Plant Growth Regulation 20: 135-145.
6- Cayuela E., Munoz-Mayor A., Vicente-Agullo F., Moyano E., Garcia-Abellan J. O., Estan M.T., and Bolarin M. C. 2007. Drought pretreatment increases the salinity resistance of tomato plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 479-484.
7- Dong X., Bi H., Wu G., and Ai X. 2013. Drought-induced chilling tolerance in cucumber involves membrane stabilisation improved by antioxidant system. International Journal of Plant Production 7(1): 67-79.
8- Fan J., Hu Z., Xie Y., Chan Z., Chen K., Amombo E., and Fu J. 2015. Alleviation of cold damage to photosystem ii and metabolisms by melatonin in bermudagrass. Frontiers in Plant Science 6: 925.
9- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy 29: 185-212.
10- Ghanbari F., and Sayyari M. 2016. Chilling tolerance improving of tomato seedling by drought stress pretreatment. Iranian Journal of Horticultural Science 48(3): 669-679.
11- Ghorbani Javid M., Moradi F., Akbari G., and Allahdadi I. 2006. The role of some metabolites on the osmotic adjustment mechanism in annual cutleaf medic [*Medicago laciniata* (L.) Mill] under drought stress. Iranian Journal of Crop Sciences 8(2): 90-105. (In Persian)
12- Hamada A.M. 1996. Effect of Nacl, water stress or both on gas exchange and growth of wheat. Biologia Plantarum, 38: 405- 412.
13- HassanPour J.M., Kafi M., and Mirhadi M.J. 2008. Effect of drought stress on yield and some physiological characters in barley. Iranian Journal of Agricultural Science 39: 165-177. (In Persian)
14- Hedge J.E., and Hofreiter B.T. 1962. In: R. L. Whistler & B. Miller (Ed.), Carbohydrate Chemistry. Pp.17-22. Academic Press, New York.
15- Heidari N., Pouryousef M., and Tavakoli A. 2014. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Plant Research 27(5): 829-839.
16- Helmy Y.I., Singer S.M. and El-Abd S.O. 1999. Reduction chilling injury by short term cold acclimation of cucumber seedlings under protected cultivation. Acta Horticulturae 491: 177-184.
17- Hura K., Hura T., Rapacz M., and Pazek A. 2016. Effects of low-temperature hardening on the biochemical response of winter oilseed rape seedlings inoculated with the spores of Leptosphaeria maculans. Biologia 70(8): 1011-1018.
18- Jalilian M., Dehdari M., Amiri Fahliani R., and Movahedi Dehnavi M. 2017. Effect of Cold Tolerance in Different Sugar Beet Cultivars at Seedling Stage. Enivronmental Stresses in Crop Sciences, 10(3): 475-490. (In Persisn)
19- Joshi S.C., Chandra S. and Palni L.M.S. 2007. Differences in photosynthetic characteristics and accumulation of osmoprotectants in saplings of evergreen plants grown inside and outside a glasshouse during the winter season. Photosynthetica 45: 594-600.
20- Kabiri R., Hatami A., Oloomi H., Naghizadeh M., Nasibi F., and Tahmasebi Z. 2018. Study the Effect of Melatonin on Early Growth and Some Physiological and Germination Characteristics of Seed and Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica*) Seedling under Osmotic Stress. Iranian Journal of Seed Science and Technology 7(1): 25-40.
21- Keshavarz, H., Modares Sanavi S.A.M., Zarin Kamar F., and Dolatabadian A. 2011. Effect of foliar application of salicylic acid on some biochemical traits of two rapeseed cultivars under cold stress. Iranian Journal of Crop Sciences 42(4): 723-734. (In Persian)
22- Kerepesi I., and Galiba G. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheatseedlings. Crop Science 40: 482-487.
23- Kramer P.J. 1983. Plant water relations. Academic Press, New York.
24- Krasensky J., and Jonak C. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. Journal of Experimental Botany 63: 1593-1608.
25- Li X., Topbjerg H. B., Jiang D., and Liu F. 2015. Drought priming at vegetative stage improves the antioxidant capacity and photosynthesis performance of wheat exposed to a short-term low temperature stress at jointing stage. Plant and Soil 393(1-2): 307-318.
26- Ludlow M.M., and Muchow R.C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy 43: 107–153.
27- Maali-Amiri R., and Goldenkova-Pavlova I.V. 2007. Lipiid fatty acid composition of potato plants transformed with delta 12-desaturase gene from cyano-bacterium. Russian Journal of Plant Physiology 54(5): 678-685.
28- McDonald S., Prenzler P.D., Autolovich M., and Robards K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of

olive extracts. Food Chemistry 73: 73-84.
29- Nastari Nasrabadi H., Nemati S.H., Sobhani A., and Arooei H. 2012. Effect of mulch and interval irrigation on yield and fruit quality of tow melon cultivar of Khorasan Razavi Province. Journal of Horticultural Science 23(3): 327-333.
30- Nastari Nasrabadi H., Nemati S.H., Sobhani A., and Sharifi M. 2012. Study on morphologic variation of different Iranian melon cultivars (*Cucumis melo* L.). African Journal of Agricultural Research 7(18): 2764-2769.
31- Parida A. and Das A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.
32- Raghami M., Estaji A., Bagheri V., and Ariakia E. 2016. Effect of salinity and salicylic acid on some morphological traits of solanuum melongena under hydroponic system. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 27: 77-87. (In Persian)
33- Sarropoulou V.N., Therios I.N., and Dimass K.N. 2012. Melatonin promotes adventitious root regeneration in invitro shoot tip explants of the commercial sweet cherry rootstocks CAB-6P (*Prunus cerasus* L.), Gisela 6 (P.cerasus3 P. canescens) and MxM 60 (P. avium3 P.mahaleb). Journal of Pineal Research 52: 38–46.
34- Sato F., Yoshioka H., Fujiwara T., Higashio H., Uragami A., and Tokuda S. 2004. Physiological responses of cabbage plug seedlings to water stress during low-temperature storage in darkness. Scientia Horticulturae 101: 349-357.
35- Szafranska K., Glinska S., and Janas K.M. 2012. Changes in the nature of phenolic deposits after re-warming as a result of melatonin pre-sowing treatment of Vigna radiata seeds. Journal of Pineal Research 69: 34–40.
36- Wang L.J., Jiang W.B., Hung B.J. 2004. Promoting of 5-aminolevulinic acid on photosynthesis of melon (*Cucumis melo*) seedling under low light and chilling stress conditions. Physiologia Plantarum 121: 258-264.
37- Yang XL., Xu H., Li D., Gao X., Li TL., and Wang R. 2018. Effect of melatonin priming on photosynthetic capacity of tomato leaves under low-temperature stress. Photosynthtica 56(3): 884-892.
38- Zhang Y.P., Xu S., Yang S.J., and Chen Y.Y. 2017. Melatonin alleviates cold-induced oxidative damage by regulation of ascorbate–glutathione and proline metabolism in melon seedlings (*Cucumis melo* L.). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 92(3): 313-324.
39- Zhu J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology 53: 247–273.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 481-491
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۹۱-۴۸۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Polyethylene Glycol Pretreatment and Melatonin on Clod Resistance of 'Khatoni' Melon (*Cucumis melo* L.) Transplant

H. Nastari Nasrabadi[1]*- S.F. Saberali[2]
Received: 30-11-2019
Accepted: 12-02-2020

Introduction: Melon (*Cucumis melo* L.) is one of the most important vegetables in Cucurbitaceae family and one of the most important economic crops in the Torbat-e Jam city (Longitude: 60°48', latitude: 35°31', altitude: 928 m). Growth and yield of agricultural crops are affected by biotic and abiotic environmental stresses. Cold stress can be one of the most important environmental factors reducing crops yield. Cold acclimation in plant is a complex process involving many morphological, physiological and biochemical changes, including a significant reduction in tissue hydration during cold hardening. Melatonin (MEL, N-acetyl-5-methoxytryptamine) is a conserved substance, which has been discovered in all living organisms, from bacteria to mammals. MEL regulates the growth of root, shoot, and explant, activates seed germination and rhizogenesis, and delays leaf senescence. In addition, the most frequently mentioned functions of MEL are related to various abiotic stresses such as drought, radiation, low/high temperature, heavy metals, and salinity stresses.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of PEG priming and melatonin on cold stress resistance of melon seedlings, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in Torbat-e-Jam University. In this experiment polyethylene glycol 6000 was used to produce drought stress at three levels (0, 0.18 and 0.58 MPa) and melatonin was used at two levels (0 and 200 μmol). When melon seedlings were at 4 leaf stage, the amount of polyethylene glycol was added to the irrigation solution for a week and to prevent drought stress, drought stress was increased for 3 days and increased one third of the required concentration daily. Recovery was performed for three days after drought stress and during this period melatonin was added to the irrigation solution at the required concentration. Seedlings were then exposed to cold stress (T0: non-stress and T1: cold conditions). Control plants were kept in greenhouse conditions.

Results and Discussion: Comparison of the mean results showed that there was an increasing trend in proline production by increasing drought stress. The highest amount of proline (0.80 µmol g^{-1} FW) was recorded at the highest level of drought pretreatment with no melatonin and without cold stress (D2M0T0), and then a decreasing trend in proline production was observed. The results showed that melatonin significantly increased leaf relative water content compared to the control. Interaction effects of drought pretreatment and temperature showed that there was a trend of decrease in relative water content by increasing drought pretreatment. Ghanbari and Sayyari (8) reported that drought pretreatment stress maintains relative water content of tomato seedlings under cold stress conditions. Drought pretreatment significantly reduced the amount of chlorophyll a and total chlorophyll. The results showed that the highest levels of drought pretreatment stress (D2) and melatonin (M1) maintained chlorophyll a under cold stress conditions. Results showed that the amount of chlorophyll b was decreased by drought pretreatment stress, but it increased by melatonin application in all compounds. Based on the results, it was found that only simple effects of treatments at 1% of probability level had significant effects on soluble sugars content. Comparison of the mean simple effects of drought pretreatment showed that under drought stress the amount of soluble sugars increased significantly and the highest sugar content was recorded at the highest drought stress level. The amount of soluble sugars in plants under cold stress also increased significantly. Melatonin application also significantly increased the amount of soluble sugars. Kabiri *et al.* (19) reported that the use of melatonin increased soluble sugars in Moldavian balm seedlings under osmotic stress which is similar to this study results. It was found that melatonin significantly increased phenolic compounds under stress conditions and significantly decreased electrolyte leakage.

Keywords: Electrolyte leakage**,** Melatonin, Polyethylene glycol, Proline, Relative humidity

1 and 2- Assistant Professors, Department of Horticulture Science and Engineering, Torbat-e Jam University
(*- Corresponding Author Email: ho_nastari@yahoo.com)

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 493-504
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۵۰۴-۴۹۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر خشک کردن مادون قرمز بر خصوصیات کیفی میوه سماق (*Rhus coriaria* L.)

علی حسنی[1]- محمد هادی خوش تقاضا[2]*- محمد تقی عبادی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰

چکیده

در این تحقیق تاثیر روش خشک‌کردن مادون قرمز بر زمان خشک‌کردن و خصوصیات کیفی میوه سماق (تغییرات رنگ کل، میزان فنولیک کل، اسیدهای آلی و ویتامین ث) بررسی شد. خشک‌کن مادون قرمز در سه سطح شدت تابش (۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع) و سه سطح سرعت هوا (۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه) مورد استفاده قرار گرفت. برای یافتن نقاط بهینه از نظر کمترین زمان خشک‌شدن و تغییرات رنگ کل (ΔE) و بیشترین خواص شیمیایی در طی خشک‌کردن میوه سماق از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار شدت تابش و سرعت هوا بر صفات مورد بررسی میوه سماق به غیر از محتوای فنولیک کل بود. کمترین زمان خشک‌شدن مربوط به تیمار ۱/۵ m/s×۰/۵ W/cm^2 بود. کمترین تغییرات رنگ کل و بیشترین میزان اسیدهای آلی در تیمار ۱/۵ m/s ×۰/۲ W/cm^2 و بیشترین میزان ویتامین ث در تیمارهای ۱ m/s ×۰/۲ W/cm^2 و ۱ m/s ×۰/۳ W/cm^2 به دست آمد. بهترین نقطه خشک‌کردن سماق در تیمار شدت تابش ۰/۳ W/cm^2 و سرعت هوای ۰/۵ m/s با شاخص مطلوبیت ۰/۷۱ به دست آمد. در نهایت نتایج نشان داد که خشک‌کردن به روش مادون قرمز علاوه بر کاهش زمان خشک‌کردن روش مناسبی برای حفظ خواص شیمیایی و تغییرات رنگ کل میوه سماق است.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آلی، رنگ کل، محتوای فنولیک کل، ویتامین ث

مقدمه

سماق (*Rhus coriaria* L.) گیاهی از خانواده Anacardiaceae است که در سواحل ایسلند، مدیترانه، ایران و افغانستان رشد می‌کند و حاوی فلاوونوس، فنولیک اسید، سیتریک اسید و تارتاریک اسید است (۹ و ۲۷). سماق به عنوان ادویه در مناطق مختلف و به روش‌های مختلف آماده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۱). خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین روش محافظت مواد غذایی است و از آنجا که باعث کاهش فعالیت آب، کاهش فعالیت‌های میکروبی و کمترین تغییرات فیزیکی و شیمیایی در طی فرایند نگهداری می‌شود، یکی از عمومی‌ترین روش‌هایی است که در بهبود نگه‌داری مواد غذایی می‌تواند استفاده شود (۱). خشک‌کردن به دلیل تغییرات نامطلوب فیزیکی و شیمیایی که در اثر حرارت و حذف آب در ماده غذایی به وجود می‌آورد یکی از فرایندهای دشوار در صنعت غذا است (۳۹). تحقیقات متعددی نشان داده است که روش خشک‌کردن بر درصد و اجزای اسانس در گیاهان دارویی و معطر تأثیرگذار است (۱۹، ۲۳، ۳۱ و ۳۳). روش‌های مختلفی برای خشک‌کردن وجود دارد و مناسب بودن آن‌ها را می‌توان از روی بازده انرژی، زمان خشک‌کردن، حفظ مواد معطر و خواص کیفی دیگر محصول، بسته به تقاضای بازار، تشخیص داد. تعادل میان این فاکتورها اغلب برای رسیدن به اهداف اقتصادی ضروری است (۳۶).

روش‌های سنتی و قدیمی خشک‌کردن (روش سنتی سایه یا آفتاب) و خشک‌کردن با هوای گرم به دلیل استفاده از حداقل امکانات و دستگاه‌های ارزان قیمت، هنوز هم از مهمترین روش‌های مورد برای خشک‌کردن گیاهان هستند (۲۳). ولی در سال‌های اخیر روش‌های جدید خشک‌کردن جایگزین روش‌های سنتی و قدیمی شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: خشک‌کردن انجمادی، خشک‌کن مایکروویو، خشک‌کن مادون قرمز و خشک‌کردن تحت خلاء (۲۵). استفاده از خشک‌کن‌های مادون قرمز در سال‌های اخیر رونق زیادی داشته و به دلیل هزینه پایین، تجهیزات ساده و ارزان قیمت آن، در کشورهای در حال توسعه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۲۰). خشک‌کردن با تابش مادون قرمز فرایندی است که در آن مواد مرطوب به وسیله تابش مادون قرمز گرم می‌شوند. تابش مادون قرمز

---

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: khoshtag@modares.ac.ir)
۳- استادیار، گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.85009

یک نوع تابش الکترومغناطیسی است که طول موج آن بین ۰/۷۶ – ۴۰۰ میکرومتر است (۲۱). در خصوص مزایای کاربرد صنعتی روش مادون قرمز برای خشک کردن محصولات کشاورزی می‌توان به موارد مهم زیر اشاره نمود (۱۳): ۱– راندمان بالای تبدیل انرژی الکتریکی به گرما و منبع جایگزین مناسب برای انرژی گرمایی. ۲– نفوذ تابش به طور مستقیم به داخل محصول بدون گرم کردن محیط اطراف آن. ۳– دمای یکنواخت در محصول در حال خشک‌شدن.

در تحقیقی نمونه‌های نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) و جعفری (*Petroselinum crispum* L.) خشک‌شده به وسیله خشک‌کن مادون قرمز اجزای اسانس را در درصد بالایی حفظ کرد (۲۸). در تحقیق دیگری نمونه‌های برگ بو (*Laurus nobilis* L.) به وسیله خشک‌کن مادون قرمز، آون و مایکروویو خشک شدند. نتایج حاکی از آن بود که نمونه‌های خشک‌شده به وسیله خشک‌کن مادون قرمز دارای درصد اسانس بالاتری نسبت به نمونه‌های خشک‌شده به وسیله آون و مایکروویو بودند (۱۰). در تحقیقی که بایسال و همکاران بر روی خشک‌کردن سیر (*Allium sativum* L.) و هویج (*Daucus carota* L.) با استفاده از خشک‌کن‌های مادون قرمز، هوای گرم و مایکروویو داشتند به این نتیجه رسیدند که خشک‌کن مادون قرمز از نظر برخی ویژگی‌های کیفی نسبت به دو خشک‌کن دیگر برتری داشته است (۴). همچنین گزارش‌های متعددی در رابطه با استفاده از خشک‌کن مادون قرمز برای سایر محصولات کشاورزی مانند توت (۱۶)، سیب‌زمینی و هویج (۱۲) همچنین برنج (۷) گزارش شده است.

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و ادویه‌ای و تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر کمیت و کیفیت این گونه‌های ارزشمند و عدم وجود مطالعه‌ای در رابطه با روش خشک‌کردن مناسب میوه سماق، (سماق به دلیل استفاده بیشتر در صنایع آرایشی ، رنگ آمیزی، حفظ مواد غذایی، روش‌های دامپزشکی و فناوری های پردازش پوست از اهمیت اقتصادی چشمگیری در سطح جهان برخوردار است (۱۷)). این مطالعه با هدف بررسی تاثیر روش خشک‌کردن مادون قرمز بر زمان خشک‌شدن، تغییرات رنگ و خصوصیات فیتوشیمیایی (محتوای فنولیک کل، اسیدهای آلی و ویتامین C) میوه سماق انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه سماق

خوشه‌های میوه سماق همراه با شاخه‌ها و برگ‌های آن در شهریور ماه سال ۱۳۹۸ از جنگل‌های شهرستان سردشت در آذربایجان غربی کشور ایران تهیه گردید و سپس به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران منتقل شد. بخش مورد نیاز برای انجام پژوهش (میوه‌های سماق) بعد از جداسازی کامل از خوشه‌ها و قسمت‌های اضافی جهت خشک‌کردن و انجام آزمایش‌های مورد نظر استفاده شد.

خشک‌کن مادون قرمز

برای خشک‌کردن میوه‌های سماق با سامانه مادون قرمز از سه سطح شدت تابش لامپ مادون قرمز (۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع) و همچنین سه سرعت هوا (۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه) که مناسب گیاهان دارویی است، استفاده شد (۳۶). جهت تنظیم شدت تابش از دو عدد لامپ مادون قرمز که بر روی دستگاه نصب شده بود، استفاده گردید. فاصله قرارگیری لامپ‌ها نسبت به محصول به گونه‌ای تنظیم شد که شدت تابش‌های ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع ایجاد گردید (به ترتیب در فواصل ۳۶، ۲۶ و ۱۸ سانتی‌متر از سطح محصول). برای اندازه‌گیری سرعت هوای خروجی از محفظه خشک‌کن از یک بادسنج توربینی (Anemometer, Lutron- YK, 80AM, China) با دقت ۰/۱ m/s استفاده شد.

در این پژوهش از خشک‌کن مادون قرمز ساخت گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس استفاده شد (۲۱). برای آنالیز سینتیک انتقال جرم، تغییرات جرم در طی خشک‌شدن هر دو دقیقه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ ثبت می‌گردید. جهت انجام این کار، سینی حاوی نمونه که داخل خشک‌کن قرار داشت توسط میله‌ای به ترازو دیجیتالی که در پایین خشک‌کن قرار داشت متصل بود. ترازو دارای پورت اتصال به کامپیوتر بود که می توانست وزن محصول را در فواصل زمانی از طریق برنامه کامپیوتری نمایش دهد و به طور پیوسته اندازه‌گیری و ثبت نماید. برای تعیین محتوای رطوبتی اولیه، ۳ نمونه ۵۰ گرمی در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد و بعد از سه ساعت نمونه‌ها از آون خارج و توزین گردید و در نهایت رطوبت محصول بر پایه تر محاسبه شد (۸). محتوای رطوبتی اولیه میوه های سماق تقریباً ۱۷ درصد بر پایه وزن تر بود. خشک‌شدن تا زمانی که رطوبت محصول به ۷ درصد (بر پایه تر) برسد ادامه پیدا کرد (۳۸).

تغییرات کلی رنگ (ΔE)

برای بررسی تغییرات رنگ گیاه سماق در طی خشک‌کردن از رنگ‌سنج (Hunterlab مدل Color Flex) استفاده گردید. مولفه‌های رنگی در فضای رنگی (L^* a^*b^*) نشان داده شد. میزان روشنایی یا L^* از رنگ سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، میزان قرمزی یا a^*، از سبز (۱۲۰–) تا قرمز (۱۲۰+) و میزان زردی یا b^* از آبی (۱۲۰–) تا زرد (۱۲۰+) متغیر هستند. در نهایت تغییرات رنگ کل (ΔE) نسبت به نمونه تازه با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L^*)^2 + (b_0 - b^*)^2 + (a_0 - a^*)^2} \qquad (1)$$

در این رابطه، ΔE تغییرات کلی رنگ است و L_0 و a_0 و b_0 میزان روشنایی، قرمزی و زردی تصویر اولیه (نمونه های تازه به عنوان شاهد) هستند که به ترتیب دارای مقادیر ۵۹/۹۶، ۳/۲۱- و ۱/۷۴ می‌باشند.

برای اندازه‌گیری محتوای فنولیک کل، از معرف فولین سیوکالتیو به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر ساخت کشور کره جنوبی با مدل Smart Spec Flusساخت شرکت سامسونگ استفاده شد (۲۱). طول موج‌های به دست آمده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Y) در رابطه (۲) گذاشته، و در نهایت غلظت محتوای فنولیک کل (x) به دست می آمد:

$$Y = 0.0003x - 0.245 \qquad (۲)$$

در این رابطه، x، محتوای فنولیک کل نمونه ها بر اساس میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن خشک گیاه (mg/g DW) بیان شد.

ویتامین ث

برای اندازه گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون استفاده شد (۲۶). به این منظور برای استخراج اسیدآسکوربیک از اسید - متافسفریک استفاده شد. تیتراسیون با ماده رنگی ۲ و ۶ دی کلروفنل اندوفنل تا حصول رنگ صورتی ادامه یافت. مقدار اسیدآسکوربیک برحسب میلی‌گرم در صد گرم نمونه از رابطه (۳) بدست آمد:

$$\% \text{ Vitamin C} = \frac{(V_0 - V_1)\times m_1}{m_0} \times 100 \qquad (۳)$$

m_0: جرم آزمونه برحسب گرم در آزمایش تیتراسیون (۵ گرم سماق)

m_1: جرم اسید آسکوربیک برحسب میلی‌گرم

v_0: حجم محلول ماده رنگی برحسب میلی‌لیتر

v_1: حجم محلول ماده رنگی برحسب میلی‌لیتر، در آزمون شاهد

اسیدهای آلی

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از روش تیتراسیون استفاده گردید (۱۵). در این روش مخلوط به دست آمده باید به رنگ صورتی پایدار در آید و یا pH =۸/۲ برسد. مقدار خالی شده حجم داخل پیپت برای هر عصاره خوانده شده و در رابطه زیر (۴) قرار داده شد. عدد به دست آمده مقدار اسیدهای آلی میوه سماق را بیان می کند. (به دلیل بالا بودن میزان اسیدهای آلی در سماق رقیق سازی با آب دیونیزه تا ۱۰ برابر انجام گرفت).

$$TA = \frac{(V)(n)(meq.wt)(100)}{(1000)(v)} \qquad (۴)$$

V: سدیم هیدروکسید استفاده شده در آزمایش بر حسب میلی‌لیتر

n: نرمالیته محلول سدیم هیدروکسید

Meq.Wt: جرم سدیم هیدروکسید برحسب میلی‌گرم

v: حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن برای هر تیمار که شامل سه شدت تابش و سه سرعت هوا در سه تکرار بود، در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

بهینه‌سازی

منظور از بهینه‌سازی، یافتن شرایطی است که در آن پاسخ‌ها (متغیرهای وابسته) به سمت هدف مورد نظر (کمترین یا بیشترین مقدار) سوق داده شوند. در این تحقیق بهینه‌سازی بر اساس (بیشترین میزان فنولیک کل، اسیدهای آلی و ویتامین ث و کمترین زمان خشک‌شدن و تغییرات رنگ کل (ΔE) انجام گرفت. به منظور یافتن حالت‌های بهینه، از روش سطح پاسخ[1] (RSM) استفاده شد. با کمک این طرح آماری کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند (۵). در روش سطح پاسخ از طرح مرکب مرکزی[2] (CCD) استفاده شد. نقاط بهینه بر اساس شاخص مطلوبیت تفکیک شدند ، بالاترین شاخص مطلوبیت بدست آمده معرف بهترین تیمار خشک‌کن است. یافتن نقاط بهینه با استفاده از نرم‌افزار Design Expert 10 انجام شد.

نتایج و بحث

زمان خشک‌شدن

مطابق جدول ۱ اثر شدت تابش لامپ های مادون قرمز و سرعت هوای ورودی بر زمان خشک‌شدن نمونه ها در سطح ۱ درصد معنی دار شده اند. معادله (۵)، مدل تغییرات زمان خشک‌شدن سماق را در رابطه با پارامترهای مستقل خشک‌کن مادون قرمز نشان می‌دهد:

$$F = 1.37505 - 0.59048 \times I + 0.198 \times V - 2.124\, I \times V - 14.325 \times I^2 + 1.200 \times V^2 \qquad R^2=0.9 \qquad (۵)$$

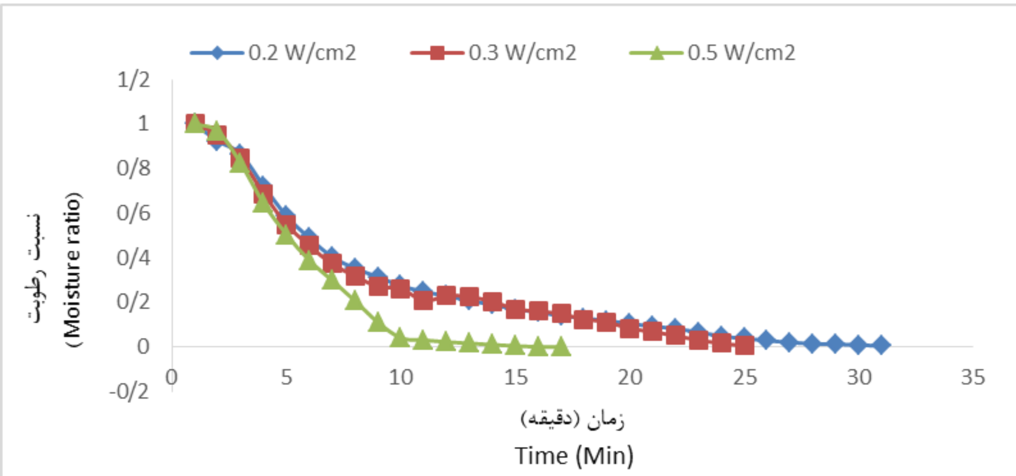
در این رابطه، F: زمان خشک‌شدن (min)، I: شدت تابش (W/cm^2) و V: سرعت جریان هوا است. علامت مثبت بیانگر همسو بودن و علامت منفی نشان از غیر همسو بودن با خروجی هستند.

با کاهش فاصله قرار گیری لامپ‌ها، شدت تابش افزایش و در نتیجه زمان خشک‌شدن کاهش پیدا کرده است. به طوری که شدت تابشW/cm^2 ۰/۵ نسبت به شدت تابش W/cm^2 ۰/۲ باعث افزایش

1- Respond Surface Methodology
2- Centered Central Composite Design

میزان خشک‌شدن و در نتیجه کاهش ۴۹ درصد زمان خشک‌شدن میوه سماق شده است. بیشترین و کمترین زمان خشک‌شدن به ترتیب مربوط به تیمار با شدت تابش ۰/۲ W/cm^2 و سرعت هوای ۰/۵ m/s و ۰/۵ W/cm^2 و سرعت هوا ۱/۵ m/s به ترتیب ۷۰ و ۳۶ دقیقه بود. این نتیجه منطبق با یافته های (۲۸) می باشد، چرا که با افزایش شدت تابش لامپ (کاهش فاصله نمونه ها از منبع حرارتی)، سرعت خشک‌کردن افزایش می‌یابد. در تحقیقی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن پاششی و انجمادی با غلظت‌های ۱۰ و ۱۲ درصدی مالتودکسترین بر روی میوه سماق انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش دما، سرعت خشک‌کردن محصول افزایش پیدا کرد. هم‌چنین نتایج بهینه‌سازی نشان داد که خشک‌کن انجمادی بر اساس فاکتورهای زمان خشک‌کردن، تغییرات رنگ کل (ΔE)، میزان خاکستر و فعالیت آب بود (۶). با افزایش توان لامپهای مادون قرمز، زمان خشک‌کردن به دلیل افزایش گرادیان حرارتی در داخل جسم و در نتیجه افزایش سرعت تبخیر رطوبت محصول کاهش یافت (۲). با توجه به شکل ۱ با افزایش شدت تابش (کاهش فاصله نمونه لامپ ها)، زمان خشک‌شدن کاهش پیدا کرد. به طوری که شدت تابش ۰/۵W/cm^2 نسبت به شدت تابش ۰/۲ W/cm^2 باعث افزایش میزان خشک‌شدن و در نتیجه کاهش ۴۹ درصدی زمان خشک‌شدن میوه سماق شد. بیشترین و کمترین زمان خشک‌شدن برابر با ۷۰ و ۳۶ دقیقه بود که به ترتیب مربوط به تیمارهای با شدت تابش W/cm^2 ۰/۲ و سرعت هوای ورودی ۰/۵ متر بر ثانیه و ۰/۵ W/cm^2 و سرعت هوای ورودی ۱/۵ متر بر ثانیه است. این نتیجه منطبق بر یافته‌های محققان دیگر (۳۳) می‌باشد، چرا که با افزایش شدت تابش مادون قرمز، سرعت خشک‌کردن افزایش می یابد. این امر به دلیل افزایش دمای محفظه خشک کن است که انتقال جرم را سریعتر انجام می دهد و باعث کاهش زمان خشک‌کردن می شود (۳۰). افزایش شدت تابش مادون قرمز سبب بالا رفتن دمای نمونه ها می‌گردد، در نتیجه رطوبت با سرعت بیشتری از محصول خارج می گردد. با توجه به شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت که در ابتدای فرآیند خشک‌شدن، محصول رطوبت بیشتری از دست می دهد اما بعد از گذشت زمان، خشک‌شدن محصول کاهش می‌یابد. بیشترین درصد رطوبت محصول در بیست دقیقه اول فرایند خشک‌شدن صورت گرفته است. در تحقیقات دیگر نیز نتایج مشابهی به دست آمد. در تحقیقی بر روی خشک‌کردن برگ اناریجه با استفاده خشک کن مادون قرمز، به این نتیجه رسیدند که در ابتدای فرایند خشک‌کردن، با توجه به اینکه رطوبت اولیه محصول زیاد بوده و نرخ کاهش رطوبت بیشتر است محصول زودتر خشک شده است ولی با گذشت زمان چون محتوای رطوبت محصول کاهش می یابد، به طور طبیعی میزان خشک‌شدن هم کاهش می یابد (۳۸). این روند در تحقیقات سایر محققان نیز دیده می شود (۳).

مطابق جدول ۱ اثر شدت تابش لامپ های مادون قرمز و سرعت هوای ورودی بر زمان خشک‌شدن نمونه ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده‌اند. ضریب تغییرات (CV) دارای مقدار کمی ۵/۴۵ می‌باشد و در نتیجه آزمایش از دقت مناسبی برخوردار بوده است. نتایج مقایسه میانگین زمان نهایی خشک‌شدن در جدول ۲ آورده شده است. مطابق این جدول در سطح احتمال یک درصد، در شدت تابش‌ها (۰/۲، ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع) و سرعت های هوا (۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه) اختلاف معنی داری وجود دارد. در واقع کلیه تیمارها از نظر زمان خشک شدن با هم اختلاف معنی‌داری داشتند.



شکل ۱- خشک شدن سماق در خشک کن مادون در شدت تابش های مختلف و سرعت هوای m/s

Figure 1- Sumac fruit drying in an infrared dryer at different intensities of radiation and air speed of 0.5 m/s

تغییرات رنگ کل (ΔE)

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که خشک‌کن مادون قرمز بر تغییرات رنگ کل سماق در سطح یک درصد معنی‌دار است همچنین اثرات متقابل دو فاکتور نیز در سطح یک درصد بر تغییرات رنگ کل معنی‌دار شده است. معادله (۶)، مدل تغییرات رنگ کل را در رابطه با پارامترهای خشک‌کن مادون قرمز نشان می‌دهد. در این رابطه ΔE تغییرات رنگ کل و I شدت تابش لامپ‌های مادون قرمز (W/cm^2) می‌باشد:

$$\Delta E = 7700 + 35666.66 \times I + 45852 \times I^2 + 1.257\ V \times I$$
$$R^2 = 0.79 \qquad (۶)$$

با توجه به بزرگتر بودن میانگین مربعات شدت تابش نسبت به سرعت هوا این نتیجه به دست می‌آید که تاثیر شدت تابش لامپ‌ها بیشتر از سرعت هوا بوده است. طبق نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۲) بیشترین تغییرات رنگ کل مربوط به تیمار با شدت تابش $۰/۵W/cm^2$ و سرعت هوا ۱/۵ متر بر ثانیه با مقدار ۳/۸۵۷ بوده است. کمترین تغییرات رنگ نیز مربوط به تیمار $۰/۲\ W/cm^2$ و سرعت هوا ۱/۵ متر بر ثانیه با مقدار ۲/۹۰۴ بوده است. هر چقدر سرعت خشک‌شدن بیشتر و دمای خشک‌کردن (شدت تابش لامپ‌ها کمتر) پایین‌تر باشد رنگ محصول بهتر حفظ می‌شود و مانع از تخریب رنگدانه‌های آن می‌گردد (۱۲). مقایسه میانگین تغییرات رنگ کل برای اثر متقابل سرعت در شدت تابش در جدول (۲) نشان می‌دهد که تیمارهای ۰/۵ × ۰/۵، ۰/۵× ۱ و ۱/۵× ۰/۳ با هم و تیمارهای ۰/۲ × ۱ و۰/۲ × ۱/۵ و دو تیمار ۰/۵ × ۰/۳ و ۱ × ۰/۳ اختلاف معنی‌داری ندارند.

محتوای فنولیک کل

میزان فنولیک کل نمونه‌های خشک‌شده سماق در محدوده (۰/۳− ۱/۳ نانومتر) متغیر بود. نتایج آنالیز واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات ساده شدت تابش و سرعت هوای ورودی تاثیر معنی‌داری بر میزان فنولیک کل نداشتند. در حالی که اثر متقابل آن‌ها بر میزان فنولیک کل در سطح یک درصد معنی‌دار شد. دلیل آن شاید به این خاطر است که اثر تک تک آنها تاثیر نداشته ولی این دو فاکتور تواما بر فنولیک کل تاثیر می گذارند.

اسیدهای آلی

اثر شدت تابش و سرعت هوا در سطح یک درصد بر مقدار اسیدهای آلی معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل دو فاکتور نیز در سطح یک درصد معنی دار شده است. معادله (۷)، مدل اسیدهای آلی را در رابطه با پارامترهای خشک‌کن مادون قرمز نشان می‌دهد:

$$D = 0.44362 - 0.54452 \times I + 0.245 \times V - 32.124\ I \times V$$
$$+ 11.235 \times I^2 + 48 \times V^2 \qquad R^2 = 0.78 \qquad (۷)$$

در این رابطه، D، اسیدهای آلی (mg/100g)، و I و V به ترتیب شدت تابش لامپ‌های مادون قرمز (W/cm^2) و سرعت هوا (m/s) را نشان می‌دهند. بیشترین و کمترین میزان اسیدهای آلی میوه سماق به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱ m/s و $۰/۲\ W/cm^2$ و۰/۵ m/s و $۰/۵\ W/cm^2$ با مقادیر غلظت‌های ۱/۳۸۹ و ۰/۷۸۷ میلی‌گرم بر صد گرم می‌باشند (جدول ۲). با افزایش شدت تابش لامپ‌ها و افزایش زمان قرارگیری محصول در داخل خشک‌کن غلظت اسیدهای آلی کاهش پیدا کرده است. همچنین گیاهان و میوه‌هایی که مواد موثره آن ها در قسمت های سطحی برگ یا میوه است، نسبت به انرژی گرمایی بالا بسیار حساس‌اند و افزایش درجه حرارت (افزایش شدت تابش لامپ‌ها از ۰/۲ به ۰/۳ و ۰/۵ وات بر سانتی‌متر مربع) تاثیر منفی بر مواد فیتوشیمیایی آن‌ها خواهد داشت (۱۸).

جدول ۲ مقایسه میانگین را برای سرعت‌ها و شدت تابش‌های مختلف مادون قرمز نشان می‌دهد. تیمار $۰/۵\ W/cm^2$ نشان می‌دهد که این تیمار بر روی اسیدهای آلی اثر معنی‌داری ندارد. همچنین تیمارهای ۰/۲ و ۰/۳ وات بر سانتی‌متر مربع با سرعت ۰/۵ m/s نیز اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. بین تیمارهای گفته شده (۰/۵ با ۰/۲ و ۰/۳وات بر سانتی‌متر مربع) اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

ویتامین ث

متغیر شدت تابش در سطح یک درصد بر مقدار ویتامین ث معنی‌دار بود، اما سرعت هوا اثر معنی‌داری نشان نداد. اثرات متقابل دو فاکتور نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. معادله (۸) مدل ویتامین ث را در برابر پارامترهای مستقل خشک‌کن مادون قرمز نشان می‌دهد. ث نشان‌دهنده میزان ویتامین ث (mg/100g) و I شدت تابش لامپ‌های مادون قرمز (W/cm^2) را نشان می‌دهد:

$$C = -2.1358 - 3.458 \times I + 1.248 \times I^2$$
$$R^2 = 0.79 \qquad (۸)$$

جدول ۲ مقایسه میانگین غلظت ویتامین ث را نشان می‌دهد. برای شدت تابش $۰/۵\ W/cm^2$ و سرعت‌های مختلف هوا، اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین بین تیمارهای ۰/۲ و ۰/۳ وات بر سانتی متر مربع و سرعت هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما بین سطوح تیمار با شدت تابش‌های مختلف اختلاف معنی‌داری بود. بیشترین غلظت ویتامین ث در این خشک‌کن مربوط به تیمار ۱ m/s و شدت تابش $۰/۲\ W/cm^2$ با مقدار mg/100g ۰/۳۲۱ است. کمترین غلظت ویتامین ث مربوط به تیمار W/cm^2 ۰/۵ و ۱/۵ m/s می‌باشد. اگر چه مدت زمان خشک‌شدن در این خشک‌کن پایین بوده است ولی شدت تابش بالا باعث از بین رفتن

ویتامین ث موجود در نمونه‌های سماق شده است. کاهش ویتامین ث، ناشی از قرارگیری بیشتر محصول در داخل خشک‌کن و افزایش شدت تابش لامپ‌ها بوده است، در نتیجه سبب تغییر ماهیت محصول و آسیب‌های حرارتی شده است. به طور کلی دماهای بالا بر کمیت و کیفیت خواص فیتوشیمیایی گیاهان دارویی و معطر تاثیرگذار است. این تاثیر نه فقط در دوره خشک‌کردن بلکه در دوره انبارداری هم ادامه دارد و سبب کاهش میزان مواد موثره می‌شود. نتایج مشابهی در منابع مختلف گزارش شده است (۱۸).

جدول ۱- آنالیز واریانس اثر شدت تابش و سرعت جریان هوا بر خواص کیفی میوه سماق در خشک‌کن مادون قرمز

Table 1- ANOVAfor the effect of radiation intensity and air velocity on quality characteristics of sumac fruit in infrared dryer

منابع تغییر **Source of variations**	درجه آزادی **df**	زمان خشک‌شدن **Drying time (min)**	فنول کل **Total phenol (mg/100g)**	ویتامین ث **Vitamin C (mg/100g)**	اسیدهای آلی **Organic acid (mg/100g)**	تغییرات رنگ کل **Total change color (ΔE)**
شدت تابش Intensity of radiation (I)	2	2833.33**	0.02ns	0.04**	0.65**	1.78**
سرعت هوا (V)Air velocity	2	293.59**	0.008ns	0.35**	0.06**	0.14**
V×I	4	63.31**	0.05**	0.006*	0.07**	0.003**
خطا Error	9	2.77	0.008	0.001	0.03	0.003
ضریب تغییرات CV (%)		5.45	4.27	15.31	20.52	11.18

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

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

جدول ۲- اثر شدت تابش و سرعت هوا بر خواص کیفی میوه سماق

Table 2-The effect of radiation intensity and air velocity on quality characteristics of sumac fruit

تیمار **Treatment (V×I) (m/s ×W/cm²)**	زمان خشک‌شدن **Drying time (min)**	ویتامین ث **Vitamin C (mg/100g)**	اسیدهای آلی **Organic acid (mg/100g)**	رنگ کل **Total change color (ΔE)**
0.5×0.2	88h	0.26b	1.21c	3.26cd
0.5×0.3	53.33e	0.30c	1.24c	3.21c
0.5×0.5	41c	0.14a	0.78a	3.71e
1×0.2	72fg	0.32d	1.28c	3.11b
1×0.3	57.33e	0.31d	1.11b	3.27dc
1×0.5	37.52b	0.16a	0.84a	3.68e
1.5×0.2	71.33f	0.28c	1.38d	2.9a
1.5×0.3	50.42d	0.28cd	1.11cb	3.68a
1.5×0.5	36a	0.16a	0.85a	3.85f

*وجود حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارقام در سطح احتمالیک درصد در هر ستون بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly at 1 % according to Duncan’s multiple rang test.

V و I به ترتیب سرعت هوا و شدت تابش مادون قرمز می باشند.

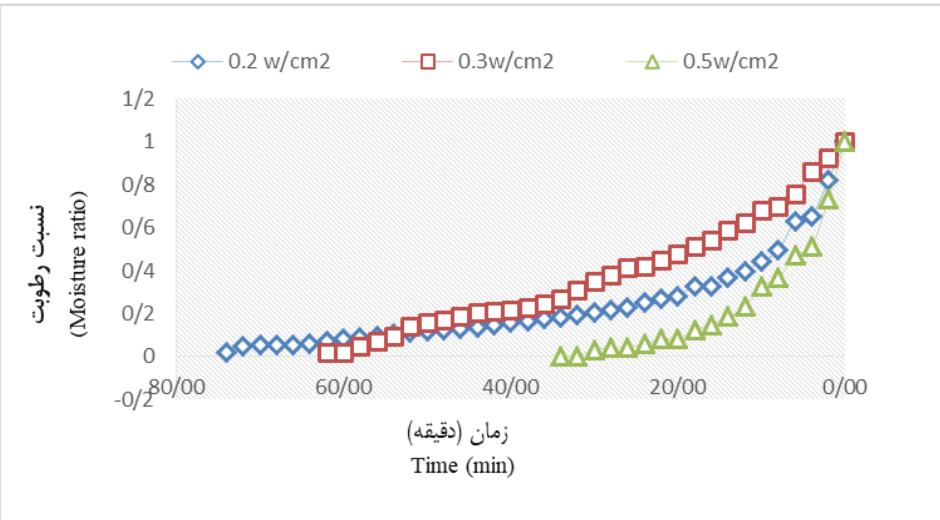
V and I are the incoming air velocity and infrared intensity, respectively.

بهینه‌سازی خشک کردن مادون قرمز

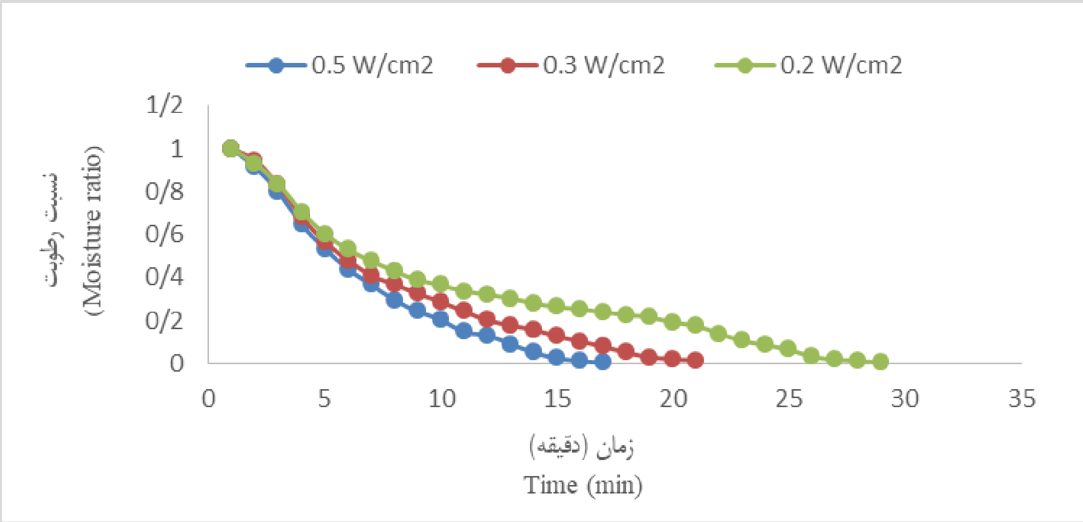
نقطه بهینه که نرم افزار برای خشک‌کن مادون قرمز مشخص کرد (جدول ۳)، در صورتی که شدت تابش لامپ‌ها W/cm^2 ۰/۳ و سرعت هوا m/s ۰/۵ تنظیم شود، بهترین نقطه از نظر کمترین تغییرات رنگ و بیشترین مقدار خواص شیمیایی به دست آمد که دارای بالاترین شاخص مطلوبیت، ۰/۷۱ بود. در تحقیقی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن مایکروویو، سایه و آفتاب بر خصوصیات کیفی میوه سماق (زمان خشک‌شدن، تغییرات رنگ کل، اسیدهای آلی و ویتامین ث) (*Rhus coriaria* L.) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که بهترین نقطه خشک‌کردن سماق به وسیله خشک‌کن مایکروویو از نظر کمترین زمان خشک‌شدن و تغییرات رنگ و بیشترین مواد شیمیایی در توان ۸۱۵ وات بدست آمد. در نهایت کمترین تغییرات رنگ و بیشترین مقدار اسیدهای آلی و ویتامین ث در روش خشک‌کردن سنتی در سایه مشاهده شد (۱۱).

جدول ۳- نقطه بهینه به دست آمده برای خشک‌کن مادون قرمز
Table 3- Optimized point for infrared dryer

ردیف No.	متغیر Variable	مقدار Value
1	مطلوبیت Desirability	0.71
2	تغییرات رنگ کل Total color change	2.46
3	اسیدهای آلی (mg/100g) Organic acid	1.25
4	ویتامین ث (mg/100g) Vitamin C	0.33
5	فنول کل (mg/100) Total phenol	2397.97
6	زمان خشک‌شدن (min) Drying time	182
7	سرعت جریان هوا (m/s) Air velocity	0.5
8	شدت تابش (W/cm^2) Intensity of radiation	0.3
9	سطح Surface	1



شکل ۲- خشک‌شدن سماق در خشک کن مادون قرمز در شدت تابش‌های مختلف و سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه
Figure 2- Drying in an infrared dryer at different intensities of radiation and air velocity of 1.5 m/s



شکل ۳- خشک شدن سماق در خشک کن مادون قرمز در شدت تابش های مختلف و سرعت هوای ۱ m/s

Figure 3- Drying in an infrared dryer at different intensities of radiation and air speed of 1 m/s

نتیجه‌گیری

خشک‌کن مادون قرمز سبب کاهش زمان خشک‌شدن میوه سماق نسبت به روش خشک‌کردن سنتی سایه و آفتاب شد. از طرفی میزان اسیدهای آلی و ویتامین ث میوه سماق در خشک‌کردن به این روش در مقادیر بالایی نسبت به روش خشک‌کردن به وسیله خشک کن مایکروویو، حفظ شد. افزایش شدت تابش لامپ‌های مادون قرمز اگر چه باعث افزایش سرعت خشک‌شدن و کاهش مدت زمان آن گردید، اما افزایش تغییرات رنگ را نیز در پی داشت. افزایش شدت تابش لامپ‌ها باعث کاهش خواص فیتوشیمیایی (اسیدهای آلی و ویتامین ث) موجود در سماق گردید. شدت تابش $۰/۳\ W/cm^2$ و سرعت هوا ۰/۵ m/s بهترین نقطه برای خشک‌کردن میوه سماق بر اساس پارامترهای بررسی شده در این تحقیق بود.

منابع

1- Aghbashlo M., Kanmehr M., and Samimi-Akhijahani H. 2008. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity. Energy of activation and energy consumption during the thin layer drying of Berberis fruit *(Berberidaceae*). Energy Conversion and Management 49: 2865-2871.

2- Amiri Chayjan R., Tatabaei Bahrabad S.M., and Rahimi S.F. 2013. Modeling infrared-covective drying of pistachio nuts under fixed and fluidized bed conditions. Journal of Food Process 38(3): 1224-1233.

3- Bagheri S., Muhd Julkapli N., and Bee Abd Hamid S. 2014. Titanium dioxide as a catalyst support in heterogeneous catalysis. The Scientific World Journal 1-21.

4- Baysal T., Icier F., Ersus S., and Yildiz H. 2003. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. European Food Research and Technology 218: 68-73.

5- Bezerra M.A., Santelli R.E., Oliveira E.P., Villar L.S., and Escaleira L.A. 2008. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. Talanta 76(5): 965-977.

6- Caliskan G., and Dirim S.N. 2013. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. Food and Bioproducts Processing 91(4): 539-548.

7- Das I., Das S.K. and Bal S. 2004. Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice. Journal of Food Engineering 62: 9-14.

8- Dwivedy S., Rayaguru1 K. and Sahoo G.R. 2012. Effect of drying methods on quality characteristics of medicinal Indian borage (*Coleus aromaticus*) leaves. Journal of Food Process Technology 3: 188-194.

9- Delgado B., Palop A. and Fenandez P.S. 2004. Combined effect of thymol and cymene to control the growth of *Bacillus cereus* vegetative cells. European Food Research and Technology 218(3): 188-193.

10- Hamrouni Sellami I., Wannes W.A., Bettaieb Rebey I., Berrima S., Chahed T., Marzouk B. and Limam F. 2011. Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods. Food Chemistry 126(2): 691-697.

11- Hasani A., Khoshtaghaza M.H. and Ebadi M.T. 2019. Effect of different drying methods (microwave drying, shade and sun drying) on the quality of sumac fruit (*Rhus coriaria* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 36(1): 142-154. (In Persian with English abstract)

12- Hebbar H.U., Viswanathan K.H. and Ramesh M.N. 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. Journal of Food Engineering 65(4): 557-563.
13- Jun S., Krishnamurthy K., Irudayaraj J. and Demirci A. 2011. Fundamentals and theory of infrared radiation. In, Pan, Z. Atungulu, G. G. (Eds.). Infrared Heating for Food and Agricultural Processing. CRC press, New York.
14- Kantrong H., Tansakul A. and Mittal G.S. 2014. Drying characteristics and quality of shiitake mushroom undergoing microwave-vacuum drying and microwave-vacuum combined with infrared drying. Journal of Food Science and Technology 51(12): 3594-3608.
15- Khayyat S.A. and Roselin L.S. 2018. Recent progress in photochemical reaction on main components of some essential oils. Journal of Saudi Chemical Society 22(7): 855-875.
16- Khir R., Pan Z., Salim A., Hartsough B.R. and Mohamed S. 2011. Moisture diffusivity of rough rice under infrared radiation drying. LWT - Food Science and Technology 44: 1126-1132.
17- Kizil S., and Turk M. 2010. Microelement contents and fatty acid compositions of Rhus coriaria L. and Pistacia terebinthus L. fruits spread commonly in the south eastern Anatolia region of Turkey. Natural Product Res 24: 92-98.
18- Koller W.D. 1987. Proceeding of the fifth Int. Flavour Conference, Porto Karras. Chalkidiki, Greece. Problems with the Flavour of Herbs and Spices 123-132.
19- Miranda M., Maureira H., Rodriguez K. and Vegalvez A. 2008. Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) gel. Journal of Food Engineering 91: 297-304.
20- Mujumdar A.S. 2006. Handbook of Industrial Drying. CRC Press, New York.
21- Mohajeran S., Khoushtaghaza M.H. and Moazami Goudarzi A. 2003. Effect of rough rice temperature and air velocity on grain crack during infrared radiation drying. Iranian Journal of Food Science and Technology 3(2): 57-65. (In Persian with English abstract)
22- Mumivand H., Rezaei Nejad A.H., Taghipour S., Sepahvand K. and Moradi B. 2019. Effect of different drying methods on drying time and some phytochemical characteristic of pelargonium (*Pelargonium graveolens*). Journal of Horticulture Science 33(4): 655-668. (In Persian with English abstract)
23- Motevali A., Minaei S., Banakar A., Ghobadian B and Khoshtaghaza M.H. 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. Energy Conversion and Management 87: 711-725.
24- Musci M., and Yao S. 2017. Optimization and validation of Folin_Ciocalteu method for the determination of total polytionol content of Puerh tea. International Journal of Food Sciences and Nutrition 68(8):913-918.
25- Nadjafi F., Ebadi M.T. and Abbasian J. 2012. Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing (Translation). Shahid Beheshti University Press, Tehran, 380p. (In Persian with English abstract)
26- Nielson S.S. 2010. Food Analysis. Spiringer, New York.
27- Ozcan M., and Erkmen O. 2001. Antimicrobial activity of the essential oil of Turkish plant spices. European Food Research and Technology 212(1): 658-660.
28- Paakkonen K., Havento J. and Galambosi B. 1999. Infrared drying of herbs (Research Note). Agricultural and Food Science 8(1): 19-27.
29- Ponkham K., Meeso N., Soponronnarit S. and Siriamornpun S. 2012. Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped-pineapple with/without shrinkage. Food and Bioproducts Processing 90(2): 155-164.
30- Raghavan B., Rao L.J., Singh M. and Abraham K.O. 1997. Effect of drying methods on the flavor quality of marjoram (*Origanum majorana* L.). Nahrung 41(3): 159-161.
31- Rahmati M., Azizi M., Ebadi M.T., and Hasanzadeh Khayyat M. 2010. Study on the effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (*Matricaria recutita* CV. Germania (Diploid)) flowers. Journal of Horticulture Science 24(1):29-37. (In Persian with English abstract)
32- Reyna S. and Mazza G. 2007. Biological activities of extracts from sumac (*Rhus* spp.) a review. Plant Foods for Human Nutrition 62: 165-175.
33- Salehi F., Kashaninejad M., Sadeghi Mahoonak A., and Ziaiifar A. 2015. Button Mushroom Drying Process by Infrared System. Innovative Food Science and Technologies 13: 99-101. (In Persian with English abstract)
34- Samani B.H., Gudarzi H., Rostami R., Esmaeili Z., and Jamshidi-kia F. 2018. Development and optimization of the new ultrasonic-infrared-vacuum dryer in drying Kelussia odoratissima and its comparison with conventional methods. Industrial Crops and Products 123: 46-54.
35- Seyed Abadi M.M., Aghajanzadeh Soorki S., Kashani Nezhad M. and Ziyai Far A.M. 2016. Investigation of the effect of microwave on some physicochemical properties of sour orange juice. Journal of Food Scientist Technology 14(62): 17-29.
36- Shahabi M., Rafiee S., Mohtasebi S.S., and Hosseinpour S. 2014. Image analysis and green tea color change kinetics during thin-layer drying. Food Science and Technology International 20: 465-476.
37- Strumillo C. and Kudra T. 1987. Drying Principles, Applications and Design. Gordon and Breach Science Publisher, USA.

38- Therdthai N. and Zhou W. 2009. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). Journal of Food Engineering 91(3): 482-489.
39- Wang J. and Xi Y.S. 2005. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. Journal of Food Engineering 68: 505–511.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 493-504
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۵۰۴-۴۹۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Infrared Drying on Qualitative Characteristics of Sumac Fruit (*Rhus coriaria* L.)

A. Hasani[1]- M.H. Khoshtaghaza*[2]- M.T. Ebadi[3]
Received: 22-01-2020
Accepted: 31-08-2020

Introduction: Drying of medicinal and aromatic plants (MAPs) is a widely spread method offering physico-chemical stabilization by taking away part of the moisture content, producing different products with different qualitative properties and economical value. The main purpose of MAPs drying is to extend product shelf life, minimize packaging requirements and reduce shipping weights. Drying is used to stop the growth of microorganisms and preserve the quality of MAPs. There are different drying methods and their suitability can be determined by energy efficiency, drying time, preservation of active substances and other quality properties of the product, depending on market demand. Therefore, determining a suitable drying method to achieve higher active substances in medicinal plants is very important. Advantages of infrared drying include high efficiency of conversion of electrical energy into heat, a suitable alternative source for thermal energy, and uniform heating of the product surface. The aim of this study was to investigate the effect of infrared drying on drying time and the qualitative characteristics of sumac fruit (total color changes, total phenolic content, organic acids, and vitamin C).

Material and Methods: Sumac fruits (from the forests of Sardasht city in West Azerbaijan Province, Iran) were used after complete separation from clusters and additional parts for drying and performing the desired treatments. In this research, an infrared dryer was used to dry the sumac sample which was made by the Department of Biosystems Engineering of Tarbiat Modares University. For this study, a factorial experiment was performed based on a completely randomized design. In this experiments, three levels of radiation intensity (0.2, 0.3 and 0.5 watts per square centimeter) and three levels of air velocity (0.5, 1 and 1.5 meters per second) were used. The sample tray inside the dryer was connected by a rod to a digital scale at the bottom of the dryer. The scale had a computer connection port that could measure and record the weight of the fruits continuously during drying. To determine the initial moisture content, 3 samples (50 g) were placed in an oven at 105 °C and after three hours, the samples were taken out of the oven and weighed, and finally the moisture content of the product was calculated on wet basis. The initial moisture content of sumac fruits was approximately 17%. Drying was continued until the product reached a moisture content of 7%. Drying time and quality characteristics of sumac fruit (color changes, total phenolic content, organic acids, and vitamin C) were measured. Colorimeter (Hunterlab, Color Flex model, USA) was used to check the color changes of sumac fruits during drying and the total color changes (ΔE) compared to the fresh sample were calculated. To measure the total phenolic content, Folin-Ciocalteu phenol reagent was used by a spectrophotometer (Samsung, Smart Spec Flus model, South Korea). Titration method was used to measure vitamin C and organic acids. Finally, based on all the mentioned parameters, the optimization was performed by Design Expert software (version 10) and the best score was obtained based on the utility index.

Results and Discussion: The results showed that the intensity of infrared radiation and air velocity had a significant effect on the studied characteristics except total phenolic content. The minimum and maximum drying times were obtained at the highest and lowest infrared intensities and air velocities, respectively. Increasing the infrared intensity and subsequently increasing the temperature had a negative effect on the total color changes, organic acids and vitamin C, so that the least total color changes and the highest amount of organic acids and vitamin C were obtained by reducing the intensity of infrared radiation. The lowest total color change and the highest amount of organic acids were obtained in the treatment of 0.2 W cm^{-2} × 1.5 m s^{-1} and the highest amount of vitamin C in 0.2 W cm^{-2} × 1 m s^{-1} and 0.3 W cm^{-2} × 0.5 m s^{-1} treatments, respectively. The values obtained from the optimization parameters for the studied indicators (drying time, total color changes, organic acids, and vitamin C) showed that the best point for drying of sumac fruit was the infrared radiation intensity of 0.3 W cm^{-2} and air velocity of 0.5 m s^{-1}. In this treatment, the highest utility index obtained by

1 and 2- Graduated Student and Professor, Department of Biosystems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: khoshtag@modares.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

software was 0.71.

Conclusion: Infrared drying reduced the drying time of sumac fruit compared to traditional drying methods (shade and sun drying). In addition to reducing the drying time, infrared drying was a suitable method for preserving the phytochemical properties and color changes of sumac fruits.

Keywords: Organic acids, Total color changes, Total phenol, Vitamin C

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 505-520
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۵۲۰-۵۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

مقایسه خصوصیات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و پومولوژیکی شش ژنوتیپ امیدبخش زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی

ابراهیم گنجی مقدم[1*]- حمید رهنمون[2]- محبوبه زمانی پور[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

چکیده

حدود ۲۵ درصد سطح زیر کشت باغ‌های درختان میوه هسته‌دار کشور به کشت زردآلو اختصاص دارد. با این حال، محصول تولیدی این باغ‌ها به‌دلیل استفاده از ژنوتیپ‌ها، همسانه‌ها و ارقام محلی کم‌بازده غالباً غیریکنواخت و فاقد کیفیت لازم برای عرضه در بازارهای جهانی است. برای رفع تدریجی این مشکل و افزایش نفوذ ارقام و ژنوتیپ‌های پربازده به عرصه تولید، ویژگی شش ژنوتیپ انتخابی (۱۹۰، ۲۶۹، ۴۱۴، ۴۶۴، ۳۹۰ و ۱۷۷) در مقایسه با رقم اردوباد-۹۰ (به عنوان شاهد) با هدف ارزیابی سازگاری آن‌ها با شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گلمکان مطالعه گردید. این ژنوتیپ‌ها از حدود ۱۵ سال قبل به روش به‌گزینی از داخل جمعیت زردآلوی آذربایجان انتخاب و مراحل مطالعاتی مقدماتی را در رویش‌گاه اصلی و باغ‌های کلکسیون و آزمایشی طی کرده بودند. نتایج نشان داد که از لحاظ تاریخ‌های گلدهی و رسیدن میوه بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که ژنوتیپ ۲۶۹ زودگلده‌ترین (۲۹ اسفند) و ژنوتیپ ۱۹۰ دیرگلده‌ترین (۸ فروردین) و از لحاظ زمان رسیدن، ژنوتیپ ۱۷۷ زودرس‌ترین (دهه سوم اردیبهشت) و ژنوتیپ ۱۹۰ دیررس‌ترین (دهه دوم تیرماه) بودند. هم‌چنین، ژنوتیپ ۴۱۴ دارای بیشترین ارتفاع (۳۰۲/۵۷ سانتی‌متر)، عرض تاج (۲۷۸/۰۳ سانتی‌متر)، سطح مقطع تنه (۴۲/۷۵ سانتی‌متر مربع)، رشد رویشی سالیانه (۵۸/۹۸ سانتی‌متر) و شاخص اندازه (۸/۷۶ متر) بود. رابطه مستقیمی بین اندازه میوه، اندازه هسته و اندازه مغز وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین وزن میوه (۶۵ گرم)، وزن هسته (۳/۴۹ گرم) و وزن مغز (۱/۹۳ گرم) مربوط به ژنوتیپ ۴۱۴ بود. بیشترین میزان اسیدهای آلی کل (۰/۶۷ درصد) مربوط به ژنوتیپ ۱۷۷، بیشترین میزان pH (۴/۹۷) در ژنوتیپ ۳۹۰ و بیشترین عملکرد (۲۰/۶۶ کیلوگرم) در ژنوتیپ ۱۹۰ بود. به‌طور کلی، ژنوتیپ ۱۷۷، به‌دلیل زودرسی و تازه‌خوری، ژنوتیپ ۴۱۴ به‌دلیل اندازه بزرگ میوه و ژنوتیپ ۱۹۰ به‌دلیل دیررسی و عملکرد بالا در مقایسه با رقم اردوباد-۹۰ (شاهد) قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، زردآلو، ویژگی‌های گل و میوه

مقدمه

ایران بعد از ترکیه، ازبکستان و الجزایر، مقام چهارم را در تولید زردآلو در جهان به خود اختصاص داده است (۸). در ایران، سطح زیر کشت زردآلو، ۵۳۶۰۷ هکتار و عملکرد، ۷۹۴۱ کیلوگرم بر هکتار است. مناطق عمده کشت زردآلو در ایران شامل استان‌های سمنان، تهران، یزد، اصفهان، مرکزی، اردبیل، فارس، زنجان، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و خراسان رضوی می‌باشد (۱).

به‌منظور حفاظت ژنتیکی گیاهان باغی و حفظ تنوع موجود و استفاده از صفات ارزشمند ارقام محلی درختان مثمره که در طول سالیان مدید، انواع شرایط سخت را تحمل کرده‌اند، طرح شناسایی، مطالعه و جمع‌آوری گونه‌های وحشی و ارقام محلی در هر منطقه بسیار مهم هست (۱۹ و ۲۳). ژنوتیپ‌های محلی و همگروه‌های بومی به‌دلیل سازگاری با محیط و دارا بودن ژن‌های مفید در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. با توجه به این‌که منابع ژنتیکی بسیار غنی در ژنوتیپ‌های زردآلوی محلی وجود دارد و این منابع بایستی برای استفاده در برنامه‌های اصلاح زردآلو مورد تحقیق و

۱- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: eganji@hotmail.com)
۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ولایت، ایرانشهر، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.85484

بررسی قرار گیرند اطلاع از سطح تنوع ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی و حفظ ذخایر توارثی، اهمیت بسیار بالایی دارد (۱۶).

اولین گام در شناسایی توده‌های محلی، شناسایی خصوصیات مورفولوژیکی و فنولوژیکی آن‌ها است، زیرا این ویژگی‌ها به‌راحتی قابل اندازه‌گیری بوده و کاربرد عملی فراوانی دارند (۲۹). در امر ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های محلی، صفات پومولوژیکی به‌ویژه صفات کیفی برای گزینش ژنوتیپ‌ها، بسیار با اهمیت هستند (۶).

نجاتیان و ارزانی (۲۴) در بررسی خصوصیات ظاهری، فنولوژیکی و فیزیولوژی میوه، هسته و مغز در برخی از ارقام زردآلو نشان دادند که خصوصیات ظاهری، فیزیولوژیکی و خواص درونی میوه، هسته و مغز و هم‌چنین زمان بلوغ و دوره برداشت میوه از تنوع نسبتاً زیاد و گسترده‌ای در بین ارقام برخوردار بودند. مواد جامد محلول اغلب در موقع رسیدن میوه به‌دلیل تبدیل نشاسته به قندها و یا سنتز قندها افزایش می‌یابد و می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای بلوغ میوه به‌کار رود. این درحالی است که اسیدیته قابل تیتراسیون در طی رسیدن میوه کاهش می‌یابد (۲ و ۳۱).

در بررسی خصوصیات پومولوژی ژنوتیپ‌های زردآلو در منطقه خلخال مشخص شد که وزن میوه ژنوتیپ‌ها به‌طور نسبی کم بود و فقط چهار ژنوتیپ وزن میوه بیشتر از ۳۹ گرم داشتند (۲۶).

مشخص شده است که درصد مواد جامد محلول در کیفیت میوه بسیار مهم است و بر شیرینی و طعم میوه تاثیر می‌گذارد و زردآلوهای با درصد مواد جامد محلول بیشتر از ۱۲ بریکس دارای کیفیت عالی هستند (۳۰). در بررسی ویژگی‌های پومولوژیک ارقام زردآلو مشخص شد که ارقام "آگریک"[1] و "هاسیکیز"[2] به‌ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین وزن میوه، رقم "ابوذر گولن"[3] بالاترین میزان اسیدیته، "رقم زیرات اکولو"[4] کمترین میزان مواد جامد محلول را داشتند و ارقام "لیونت"[5] و "ازال"[6] دیررس بودند (۱۰).

در بررسی ارقام و ژنوتیپ‌های زردآلوی ترکیه مشاهده شد که ژنوتیپ ۲-۸۹ دارای بیشترین عملکرد و رقم "هارکوت"[7] دارای بزرگ‌ترین میوه بود. هم‌چنین، ارقام "نینفا"[8] و "پریانا"[9] زودرس‌ترین و ارقام "فراکاسو"[10] و "ساهینبی"[11] دیررس‌ترین بودند (۲۵).

در بررسی عملکرد و ویژگی‌های پومولوژیک ارقام زردآلوی منطقه مدیترانه در ترکیه گزارش شد که بیشترین عملکرد (۴۱/۲ کیلوگرم در هر درخت) در رقم "راگ دی سرهاس"[12] و بیشترین میزان مواد محلول (۱۴/۵ درصد) در رقم "کانینو"[13] بود. ارقام "بلیانا" و "فریانا" زودرس‌ترین (۲۰ اردیبهشت) و رقم "پریکوک در کلومر"[14] دیررس‌ترین (۷ خرداد) بودند (۲۷).

در بررسی ویژگی‌های باردهی شش ژنوتیپ امیدبخش زردآلو در آذربایجان گزارش شد که دامنه رسیدن میوه بین زودرس‌ترین و دیررس‌ترین ژنوتیپ حدود ۴۵ روز بود. ژنوتیپ ۴۱۴ از بیش‌ترین وزن میوه و بالاترین نسبت وزن به هسته برخوردار بود. هم‌چنین، ژنوتیپ ۱۷۷ به‌عنوان یکی از ارقام زودرس تجاری به‌منظور تازه‌خوری، ژنوتیپ‌های ۴۶۴ و ۳۹۰ به‌دلیل سفتی گوشت، قند بالا و عدم چسبندگی گوشت به هسته برای فرآوری و ژنوتیپ‌های ۱۹۰، ۴۱۴ و ۲۶۹ با ویژگی‌هایی هم‌چون درشتی، سفتی بافت میوه، درصد قند متوسط به بالا و رنگ‌پذیری نسبی پوست میوه در گروه ارقام میان‌رس برای مصارف دوگانه شناسایی شدند (۲۸).

با توجه به تنوع ژنتیکی بالایی که این میوه در سطح کشور دارد، هنوز بهره‌برداری مناسبی از آن صورت نگرفته است. به‌همین دلیل، نیاز مبرمی به مدیریت ژرم‌پلاسم و شناسایی واریته‌های زردآلو برای به‌دست‌آوردن سطح کافی سرمایه ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی، احساس می‌شود. با علم به اینکه هیچ برنامه به‌زراعی و به‌نژادی بدون تعیین مشخصات و شناخت دقیق ارقام و آشنایی منابع ژنی میسر نیست؛ لذا کار شناسایی، جمع‌آوری و حفظ ذخایر ارزشمند ژنتیکی امری ضروری است (۲۱ و ۲۳).

بنابراین، این مقاله با هدف بررسی ویژگی‌های فنولوژی، مورفولوژی و پومولوژی شش ژنوتیپ بومی زردآلو به‌منظور تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها در شرایط استان خراسان رضوی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گلمکان واقع در ۴۰ کیلومتری شمال غربی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۷ دقیقه و در ارتفاع ۱۱۷۶ متری از سطح دریا با آب و هوای معتدل، خاک شنی لومی و متوسط بارندگی ۲۲۵/۸ میلی‌متر در طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد آزمایش شامل شش ژنوتیپ انتخابی از منطقه آذربایجان تحت شماره‌های ۱۹۰، ۲۶۹، ۴۱۴، ۴۶۴، ۳۹۰، ۱۷۷ و رقم اردوباد-۹۰ (به عنوان شاهد) بودند. رقم اردوباد-۹۰ تنها رقم خشکباری مطلوبی است که در حال حاضر در کشور توسط کمیته ملی

1- Ağerik
2- Hacıkız
3- Abuzer Gulen
4- Ziraat Okulu
5- Levent
6- Ozal
7- Harcot
8- Ninfa
9- Priana
10- Fracasso
11- Sahinbey
12- “Rouge de Sernhac”
13- Canino
14- “Precoce de Colomer”

رقم معرفی شده است، لذا این رقم به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفته است. این ژنوتیپ‌ها از حدود ۱۵ سال قبل به‌روش به‌گزینی از داخل جمعیت زردآلوی آذربایجان انتخاب و مراحل مطالعاتی مقدماتی را به‌مدت دو سال در رویش‌گاه اصلی و مابقی را در باغ کلکسیون و قطعه آزمایشی واقع در ایستگاه تحقیقات باغبانی سهند تبریز طی کرده بودند. در سال ۱۳۸۸ به تعداد ۱۸ اصله از هر ژنوتیپ و رقم شاهد روی پایه بذری تکثیر و در قطعه آزمایشی بر اساس طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با شش اصله در هر کرت و در سه تکرار کشت گردیدند. اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی و کیفی ژنوتیپ‌ها طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ انجام گرفت. همه ژنوتیپ‌ها در طول دوره تحقیق، از نظر شرایط محیطی و مدیریت باغ در شرایط کاملاً یکنواخت و یکسانی قرار داشتند. تجزیه واریانس صفات کمی با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. صفات کیفی نیز به‌صورت مشاهده‌ای بررسی گردید. ضرایب همبستگی بین صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز با نرم‌افزار SPSS, Ver: 16.0 انجام شد.

صفات مورد ارزیابی

صفات فنولوژیکی

زمانی که ۱۵ درصد گل‌ها باز شد، زمان شروع گلدهی، بازشدن ۷۵ درصد گل‌ها به‌عنوان مرحله تمام‌گل و زمانی‌که ۹۵ درصد گلبرگ‌ها ریزش کردند، به‌عنوان پایان گلدهی در نظر گرفته شد (۱۳). زمان رسیدن میوه وقتی بود که یک‌سوم از میوه‌ها، آماده برداشت شدند (۹). رنگ سطح زیرین گلبرگ، شکل گلبرگ به‌جز ناخنک و موقعیت کلاله نسبت به بساک بر مبنای دستورالعمل اتحادیه جهانی حمایت از واریته‌های گیاهی (UPOV) انجام شد. به‌علاوه، قطر گل با کولیس دیجیتال (Stainless Hardened, China) اندازه‌گیری شد.

صفات مورفولوژیکی

در انتهای فصل رشد، ارتفاع هر درخت از سطح خاک تا بالاترین سطح تاج پوش بر حسب سانتی‌متر، قطر تنه در ارتفاع ۵–۷ سانتی‌متر بالای محل پیوند و میانگین رشد رویشی فصل جاری شش شاخه از هر درخت در جهت‌های مختلف اندازه‌گیری و سپس میانگین رشد رویشی سالیانه بر حسب سانتی‌متر تعیین شد (۱۸). عرض تاج بر مبنای عرض سایه‌انداز بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص اندازه با استفاده از مقطع دو بعدی تاج نهال (ارتفاع×عرض) تعیین شد (۳۲). حجم کل تاج درخت بر مبنای اندازه ارتفاع و پهنای آن برای درختی که ارتفاع آن بیش از پهنای آن است، به‌صورت $ab^2\pi$ ۴/۳ و برای درختی که پهنای آن بیش از ارتفاع آن است، به‌صورت $a^2b\pi$ ۴/۳ محاسبه شد. در این فرمول‌ها، π برابر ۳/۱۴۱۶، محور بزرگ (ارتفاع درخت) ۱/۲ =a و محور کوچک (عرض تاج) ۱/۲ =b است (۳۲). هم‌چنین، صفات قدرت رشد و عادت رشد درخت نیز بررسی شدند. میزان آنتوسیانین در شاخه و دمبرگ، شکل حاشیه پهنک برگ، زاویه انتها به‌جز پهنک برگ، تعداد نوشجای، طول و عرض برگ و طول دمبرگ بر اساس دستورالعمل تمایز، یکنواختی و پایداری (DUS) اندازه‌گیری شدند.

صفات پومولوژیکی

پس از برداشت میوه که از نقاط مختلف تاج درخت به‌صورت تصادفی انجام شد، نمونه‌ها (برای هر کدام از صفات، ده میوه) برای انجام آزمایش‌های بعدی به آزمایشگاه پس از برداشت بخش تحقیقات باغبانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی منتقل و صفات پومولوژیکی و شیمیایی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. وزن میوه، وزن هسته و وزن مغز به کمک ترازو با دقت ۰/۰۱ (N0552866) اندازه‌گیری شدند (۱۳).

مواد جامد محلول با دستگاه رفراکتومتر (مدل ۹۷۰۳، ساخت ژاپن) اندازه‌گیری و به‌صورت درصد بریکس بیان شد (۵) و اسیدیته کل از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد که داده‌ها برحسب گرم دریک واحد اسید سیتریک ارائه شد. برای این منظور مقدار ۱۰ میلی لیتر عصاره میوه را پس از صاف کردن درون یک بشر ریخته و با افزودن فنول فتالئین و خنثی‌سازی آب‌میوه با pH ۷ توسط سود ۰/۱ نرمال تیتر شد (۳۰). میزان pH آب میوه نیز با دستگاه pH متر، مدل Metrohm 691 در آزمایشگاه اندازه‌گیری، تصحیح و تعیین شد (۴).

عملکرد میوه در هر درخت زردآلو بر حسب کیلوگرم در درخت منظور شد (۲۵). شکل جانبی میوه، رنگ زمینه، رنگ رویی، رنگ گوشت، میزان اتصال هسته به گوشت و مزه مغز نیز بر اساس دستورالعمل تمایز، یکنواختی و پایداری (DUS) تعیین شدند (۲۸).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد در بین کلیه ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده مورفولوژیک و پومولوژیک بود که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌ها است (داده‌ها اعلام نشده است).

خصوصیات فنولوژیک

خصوصیات شکل گلبرگ، رنگ سطح زیرین گلبرگ و موقعیت کلاله نسبت به بساک در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. ژنوتیپ‌ها از لحاظ خصوصیات فنولوژیکی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان دادند، به‌گونه‌ای که بیشترین (۳/۸ میلی‌متر) و کمترین (۲/۱۷ میلی‌متر) قطر گل به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۷۷ و

۴۱۴ مشاهده شد (جدول ۱). میانگین شروع گلدهی در ژنوتیپ‌ها از تاریخ ۲۹ اسفند در ژنوتیپ ۲۶۹ تا ۷ فروردین در ژنوتیپ ۱۹۰، مرحله تمام گل، از ۷ تا ۱۶ فروردین و طول دوره گلدهی نیز بین ۷ تا ۱۱ روز بود، اما روند گلدهی برحسب نوع ژنوتیپ در سال‌های مورد بررسی مشابه بودند (جدول ۱). این نتایج با گزارشات میلوسیویک و همکاران (۱۹)، که طول دوره گلدهی برای ژنوتیپ‌های مقدونیه را بین ۷ تا ۱۲ روز اعلام کردند، مطابقت دارد. البته، رهنمون و همکاران (۲۸) گزارش کردند که بازشدن گل‌ها در بین ژنوتیپ‌ها در دامنه زمانی بین ۱۰ تا ۱۵ روز در طول فروردین متغیر بود و نسبت به نتایج ما از طول دوره گلدهی بیشتری برخوردار بودند که در ارتباط با شرایط آب و هوایی آذربایجان است. از لحاظ زمان رسیدن، بین ژنوتیپ‌ها تفاوت‌های معناداری مشاهده شد و رابطه مثبتی با زمان گلدهی داشت؛ به‌گونه‌ای که ژنوتیپ ۱۷۷ زودرس‌ترین (دهه سوم اردیبهشت) و ژنوتیپ ۱۹۰ دیررس‌ترین (دهه دوم تیر) بودند (جدول ۱). زودرسی صفت قابل توجه‌ای در ژنوتیپ‌های زردآلو می‌باشد، زیرا محصول در ابتدای فصل و به‌صورت نوبرانه و تازه‌خوری به‌دست مصرف‌کننده می‌رسد که از این لحاظ، ژنوتیپ ۱۷۷ قابل توجه است. در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه توسط رهنمون و همکاران (۲۸)، رسیدن میوه از اوایل خرداد تا اواخر تیر بود و در مقایسه با نتایج ما، در بازه زمانی نسبتا طولانی به‌وقوع انجامید که از نظر مدیریت محصول و فروش آن حائز اهمیت است. در خصوص زمان رسیدن و گلدهی، تفاوت مشاهده شده مربوط به شرایط آب و هوایی خراسان رضوی و آذربایجان شرقی بوده ولی روند رسیدن مشابه است. به‌طور مثال، ژنوتیپ ۱۷۷ در خراسان رضوی و آذربایجان شرقی زودرس‌ترین بوده است. در مطالعات دیگر، تاریخ رسیدن زردآلو بین ۲۴ اردیبهشت تا ۵ تیر در اسپانیا (۳۰)، ۲۱ خرداد تا ۱۹ شهریور در لهستان (۱۱) و ۵ خرداد تا ۴ تیر در ایتالیا (۱۷) گزارش شده است.

خصوصیات مورفولوژیک

بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری از لحاظ ارتفاع وجود داشت، به‌گونه‌ای‌که بیشترین ارتفاع در ژنوتیپ ۴۱۴ (۳۰۲/۵۷ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع در ژنوتیپ ۱۷۷ (۲۶۸/۶۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۱). نتایج بررسی قدرت رویشی، عادت رشدی، عرض تاج درخت، قطر تنه، رشد رویشی سالانه، سطح مقطع تنه، شاخص اندازه و حجم تاج در جدول ۲ ارائه شده است. ارقام از لحاظ قدرت رویشی درخت در سه گروه ضعیف (رقم اردوباد-۹۰)، متوسط (ژنوتیپ‌های ۲۶۹ و ۴۱۴) و قوی (ژنوتیپ‌های ۱۹۰، ۱۷۷، ۴۶۴ و ۳۹۰) قرار گرفتند. رقم اردوباد-۹۰، قدرت رشدی ضعیف‌تری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۲). ارقام از لحاظ عادت رشدی درخت در دو گروه افراشته تا گسترده (رقم اردوباد-۹۰ و ژنوتیپ‌های ۱۹۰، ۱۷۷، ۴۶۴، ۳۹۰ و ۲۶۹) و گسترده (ژنوتیپ ۴۱۴) قرار گرفتند (جدول ۲). اندازه درخت و رشد رویشی به‌وسیله ژنتیک و عوامل اکولوژیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۴). عرض تاج درخت از ۲۳۶/۱۰ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۱۷۷) تا ۲۷۸/۰۳ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۴۱۴)، قطر تنه از ۲۵/۳۵ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۱۷۷) تا ۳۰/۷۵ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۴۱۴)، رشد رویشی سالیانه از ۴۵/۷۹ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۱۷۷) تا ۵۸/۹۸ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۴۱۴)، سطح مقطع تنه از ۳۰/۱۲ سانتی‌متر مربع (ژنوتیپ ۱۷۷) تا ۴۲/۷۵ سانتی‌متر مربع (ژنوتیپ ۴۱۴)، شاخص اندازه از ۷/۰۰ متر (ژنوتیپ‌های ۱۷۷ و ۴۶۴) تا ۸/۷۶ متر (ژنوتیپ ۴۱۴) و حجم تاج از ۹/۲۴ (ژنوتیپ ۱۷۷) تا ۱۲/۸۶ متر مکعب (ژنوتیپ ۴۱۴) متفاوت بودند (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های نجاتیان و ارزانی (۲۴) و مصباحی و همکاران (۱۸) مبنی بر تنوع نسبتا قابل ملاحظه در خصوصیات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی، همخوانی دارد.

مشخصات برگ

میزان آنتوسیانین در شاخه از متوسط در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۱۹۰، ۴۱۴، ۱۷۷، ۴۶۴ تا زیاد در ژنوتیپ‌های ۳۹۰ و ۲۶۹ و میزان آنتوسیانین دمبرگ در تمامی ژنوتیپ‌ها متوسط بود. شکل حاشیه پهنک برگ از کنگره‌ای در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۱۹۰، ۴۱۴، ۳۹۰ و ۱۷۷ تا اره‌ای در ژنوتیپ‌های ۴۶۴ و ۲۶۹ و زاویه انتها به‌جز نوک پهنک برگ در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۱۹۰ و ۴۱۴ قائم و در ژنوتیپ‌های ۳۹۰، ۱۷۷، ۴۶۴ و ۲۶۹ نیمه‌باز بود. میزان نوشجای در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۱۷۷، ۴۶۴، ۴۱۴، ۳۹۰ و ۲۶۹ (۰-۱) و در ژنوتیپ ۱۹۰ (۲-۳) عدد بود (جدول ۳). طول پهنک برگ در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان طول پهنک برگ (۹/۴۹ سانتی‌متر) در ژنوتیپ ۴۱۴ و کمترین میزان طول پهنک برگ (۷/۳۶ سانتی‌متر) در ژنوتیپ ۱۷۷ مشاهده شد. هم‌چنین، بیشترین میزان عرض پهنک برگ (۸/۳۶ سانتی‌متر) در ژنوتیپ ۴۱۴ و کمترین عرض پهنک برگ (۶/۲۶ سانتی‌متر) در ژنوتیپ ۱۷۷ مشاهده شد (جدول ۳). صفات برگی از قبیل طول، عرض و سطح برگ از مهم‌ترین خصوصیات برای مطالعه تنوع بین ژنوتیپ‌ها است (۳۳). طول دمبرگ و ضخامت برگ نیز در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متغیر بود، به‌طوری‌که بیشترین طول دمبرگ و ضخامت برگ (۴/۴۹ سانتی‌متر و ۱/۷۶ میلی‌متر) به‌ترتیب در ژنوتیپ ۴۱۴ و کمترین طول دمبرگ و ضخامت برگ (۳/۷۰ سانتی‌متر و ۱/۵۰ میلی‌متر) در ژنوتیپ ۱۷۷ بودند (جدول ۳). برگ بخش مهمی از گیاه است که به‌عنوان منبع غذا برای گیاهان بوده و نقش حیاتی در رشد گیاه و توسعه میوه دارد. اندازه، رنگ و بافت برگ، اثرات زیادی در میزان فتوسنتز و مقاومت به آفات، بیماری‌ها و دیگر خصوصیات درختان دارد. گزارش شده است که رابطه مستقیمی بین اندازه برگ و اندازه میوه وجود دارد (۱۵ و ۳۴).

جدول ۱- ویژگی‌های فنولوژیکی ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)

Table 1- Phenological characteristics of apricot genotypes (Mean of three years study)

ژنوتیپ Genotype	رنگ سطح زیرین گلبرگ Petal: color on lower side	شکل گلبرگ Petal: shape	موقعیت کلاله نسبت به بساک Flower: Position of stigma relative to anthers	قطر گل Flower: diameter (mm)	زمان آغاز گلدهی Time of beginning of flowering (date)	تمام گل Full bloom (date)	دوره گلدهی Flowering period (day)	ظهور برگ Leaf emergence (date)	زمان آغاز رسیدن میوه Time of beginning of fruit ripening
Ordubad-90	صورتی کمرنگ Light pink	مدور Circular	زیر Below	3.25ab*	۲ فروردین 21 March	۱۶ فروردین 4 April	11	۱۸ فروردین 6 April	دهه اول خرداد First decade of June
G-190	سفید white	مدور Circular	هم سطح Same level	3.07b	۸ فروردین 27 March	۱۷ فروردین 5 April	8	۱۹ فروردین 7 April	دهه دوم تیر Second decade of July
G-269	صورتی کمرنگ Light pink	مدور Circular	هم سطح Same level	3.25ab	۲۹ اسفند 19 March	۸ فروردین 27 March	7	۱۳ فروردین 1 April	دهه اول خرداد First decade of June
G-414	سفید white	مدور Circular	زیر Below	2.17c	۳ فروردین 22 March	۱۴ فروردین 2 April	9	۱۷ فروردین 5 April	دهه اول خرداد First decade of June
G-464	سفید White	مدور Circular	زیر Below	2.71bc	۳ فروردین 22 March	۱۴ فروردین 2 April	8	۱۶ فروردین 4 April	دهه اول خرداد First decade of June
G-390	سفید White	پهن Oblate	زیر Below	3.17ab	۶ فروردین 25 March	۱۴ فروردین 2 April	8	۱۷ فروردین 5 April	دهه اول خرداد First decade of June
G-177	صورتی کمرنگ Light Pink	مدور Circular	زیر Below	3.8a	۲ فروردین 21 March	۱۱ فروردین 30 March	8	۱۵ فروردین 3 April	دهه سوم اردیبهشت Third decade of May

*وجود حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارقام در سطح احتمال ۱ درصد در هر ستون بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly at 1% according to Duncan's multiple rang test.

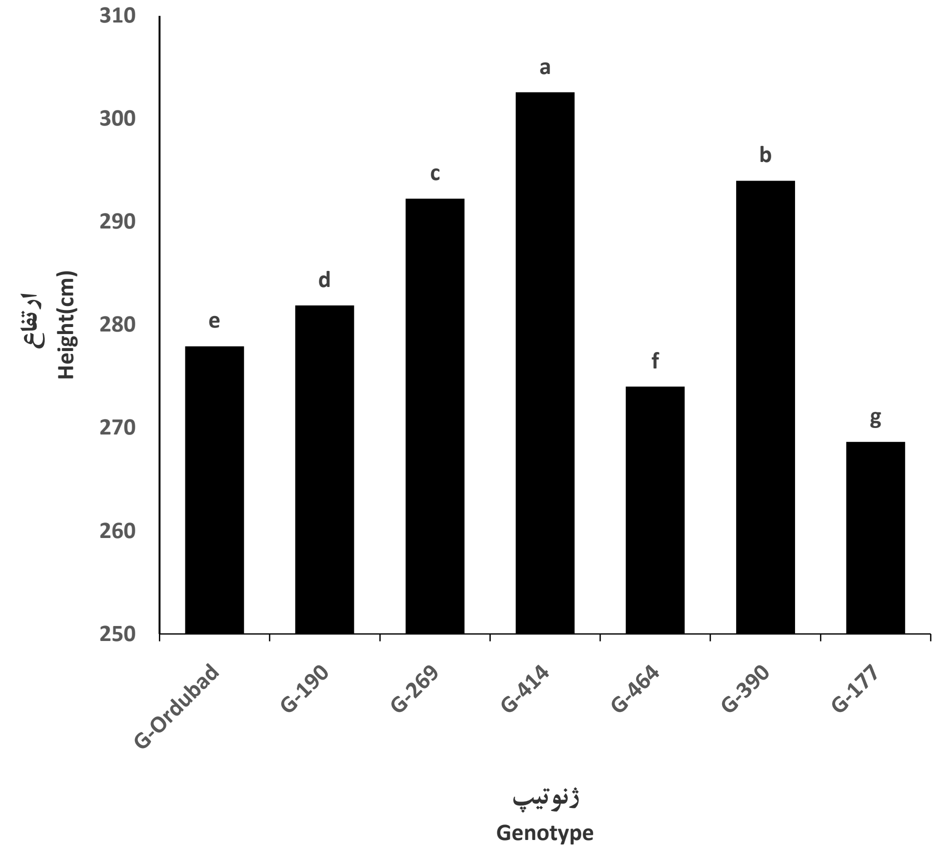
جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشدی ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)

Table 2- Mean comparison of the vegetative characteristics of apricot genotypes (Mean of three years study) in Khorasan Razavi Province

ژنوتیپ Genotype	قدرت رشد Tree Vigor	عادت رشد Tree habit	عرض تاج Crown width (cm)	قطر تنه Trunk diameter (cm)	رشد رویشی سالانه Current season vegetative growth (cm)	سطح مقطع تنه Trunk cross section (cm^2)	شاخص اندازه Size index (m)	حجم تاج Crown Volum (m^3)
Ordubad-90	ضعیف weak	افراشته تا گسترده Upright to spreading	259.29c*	26.16e	53.54c	33.30e	7.93b	11.06bc
G-190	قوی Strong	افراشته تا گسترده Upright to spreading	267.08b	28.45c	48.90e	35.95d	7.82b	10.02cd
G-269	متوسط Medium	افراشته تا گسترده Upright to spreading	253.81d	29.47b	56.34b	39.91b	7.66b	11.08bc
G-414	متوسط Medium	گسترده Spreading	278.03a	30.75a	58.98a	42.75a	8.76a	12.86a
G-464	قوی Strong	افراشته تا گسترده Upright to spreading	247.78e	26.75d	52.94d	38.06c	7.00c	9.60d
G-390	قوی Strong	افراشته تا گسترده Upright to spreading	247.87e	25.52f	53.76c	37.83c	7.88b	11.60b
G-177	قوی Strong	افراشته تا گسترده Upright to spreading	236.10f	25.35f	45.79f	30.12f	7.00c	9.24d

*وجود حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارقام در سطح احتمال ۱ درصد در هر ستون بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly at 1% according to Duncan's multiple rang test.



شکل ۱- ارتفاع ٦ ژنوتیپ زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)
Figure 1-The height of six apricot genotypes in Khorasan Razavi Province (Mean of three years study, DMRT, *p≤0.01*)

خصوصیات عملکرد و کیفیت میوه

ژنوتیپ ۴۱۴ از لحاظ متوسط وزن میوه نسبت بـه شـاهد و سـایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از میانگین وزن بالاتری برخـوردار بـود، بـه گونه‌ای‌که ژنوتیپ ۴۱۴ با ۵۷/۰۴ گرم و ۴۶۴ با ۳۶/۷۳ گرم به‌ترتیب از بیشترین و کمترین متوسـط وزن برخـوردار بودنـد (شـکل ۲). ایـن نتایج با یافته‌های اسما و اوزتورک (۴) و محمد زاده و همکـاران (۲۰) که گزارش کردند اندازه میوه در بیشتر ارقام نسبتا کوچک بود و فقـط تعدادی میوه دارای وزن بیشتر از ۵۰ گرم بودند و هم‌چنـین بـا نتـایج یولاه و همکاران (۳۴) که گزارش نمودند رابطه مستقیمی بـین انـدازه برگ و اندازه میوه وجود دارد، مطابق است. رهنمون و همکـاران (۲۸) نیز گزارش کردند که ژنوتیـپ‌هـای ۴۱۴ و ۲۶۹، میـوه سـنگین‌تـری نسبت به شاهد ایجاد کردند. آن‌هـا بیـان کردنـد کـه ایـن صـفت، از مولفه‌های مهم شاخص بازارپسندی به‌ویـژه بـرای ارقـام تـازه‌خـوری به‌حساب مـی‌آیـد. ژنوتیـپ‌هـا از لحـاظ میـزان عملکـرد نیـز تفـاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، به گونه‌ای‌که عملکرد از ۷/۷۵ کیلـوگرم در ژنوتیپ ۴۶۴ تا ۲۰/۶۶ کیلوگرم در ژنوتیپ ۱۹۰ متغیر بـود (شـکل ۳). البته، رهنمون و همکاران (۲۸) تفـاوت معنـی‌داری بـین عملکـرد ژنوتیپ‌های مورد آزمایش مشاهده نکردند.

بیشترین وزن هسته و وزن مغز (۳/۴۹ – ۱/۹۳ گـرم، بـه‌ترتیـب) نیز در ژنوتیپ ۴۱۴ و کمترین وزن هسته و وزن مغـز (۱/۵۶ – ۱/۲۰ گرم، به‌ترتیب) در ژنوتیپ ۱۷۷ مشاهده شد (جدول ۴). این نتـایج بـا یافته‌های اسما و اوزتورک (۴) که گزارش کردند رابطه مستقیمی بـین وزن میوه، وزن هسته و وزن مغز وجود دارد، مطـابق اسـت. تغییـرات اسید کل بین ۰/۳۷ (ژنوتیپ ۳۹۰) تـا ۰/۶۷ درصـد (ژنوتیـپ ۱۷۷)، pH بین ۴/۴۶ (ژنوتیپ ۱۷۷) تا ۴/۹۷ (ژنوتیـپ ۳۹۰)، نحـوه اتصـال هسته به گوشت آزاد، و مزه مغز تمامی ژنوتیپ‌ها شیرین بودند (جدول ۴). اسید غالب زردآلو، اسید مالیک است که به‌طور قابل توجهی بسـته به نوع ژنوتیپ مـی‌توانـد متفـاوت باشـد (۲). تغییـرات اسـید کـل در ژنوتیپ‌های بررسی‌شده توسط پیری و همکاران (۲۶) بین ۰/۲ تا ۱/۴ بوده است که گسـتردگی بیشـتری نسبت بـه نتـایج حاصـل از ایـن پژوهش دارد.

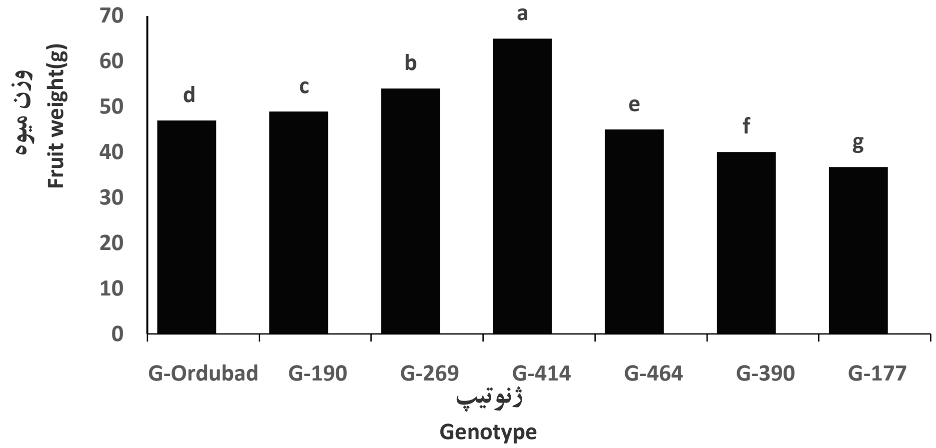
جدول ۳- ویژگی‌های کیفی و کمی برگ در ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)

Table 3- Quality and quantity characteristics of leaf in the apricot genotypes (Mean of three years study) in Khorasan Razavi Province

ژنوتیپ Genotype	رنگیزه آنتوسیانین نوک در شاخه جوان Young shoot: Anthocyanin coloration of apex	رنگیزه آنتوسیانین سطح رویی دمبرگ Petiole: Anthocyanin coloration of upper side	حاشیه پهنک برگ Leaf blade: incisions of margin	زاویه انتها به جز نوک پهنک برگ Leaf blade: angle of apex (excluding tip)	تعداد نوشجای دمبرگ Petiole: Predominant number of nectaries	طول پهنک برگ Leaf blade: length (cm)	عرض پهنک برگ Leaf blade: width (cm)	طول دمبرگ Petiole: length (cm)	ضخامت برگ Leaf thickness (mm)
Ordubad-90	متوسط Medium	متوسط Medium	کنگره‌ای Crenate	زاویه قائم Right-angled	هیچ یا یکی None or one	7.51d*	6.50d	3.81b	1.52b
G-190	متوسط Medium	متوسط Medium	کنگره‌ای Crenate	زاویه قائم Right-angled	دو یا سه تا Two or three	8.46bc	7.18c	3.81b	1.59ab
G-269	زیاد Strong	متوسط Medium	اره‌ای Serrate	زاویه نیمه باز Moderately obtuse	هیچ یا یکی None or one	9.20a	7.71b	4.48a	1.72ab
G-414	متوسط Medium	متوسط Medium	کنگره‌ای Crenate	زاویه قائم Right-angled	هیچ یا یکی None or one	9.49a	8.36a	4.49a	1.76a
G-464	متوسط Medium	متوسط Medium	اره‌ای Serrate	زاویه نیمه باز Moderately obtuse	هیچ یا یکی No or one	8.64b	8.24a	3.82b	1.65ab
G-390	زیاد Strong	متوسط Medium	کنگره‌ای Crenate	زاویه نیمه باز Moderately obtuse	هیچ یا یکی None or one	8.28c	7.42bc	4.32a	1.56ab
G-177	متوسط Medium	متوسط Medium	کنگره‌ای Crenate	زاویه نیمه باز Moderately obtuse	هیچ یا یکی None or one	7.36d	6.26d	3.70b	1.50b

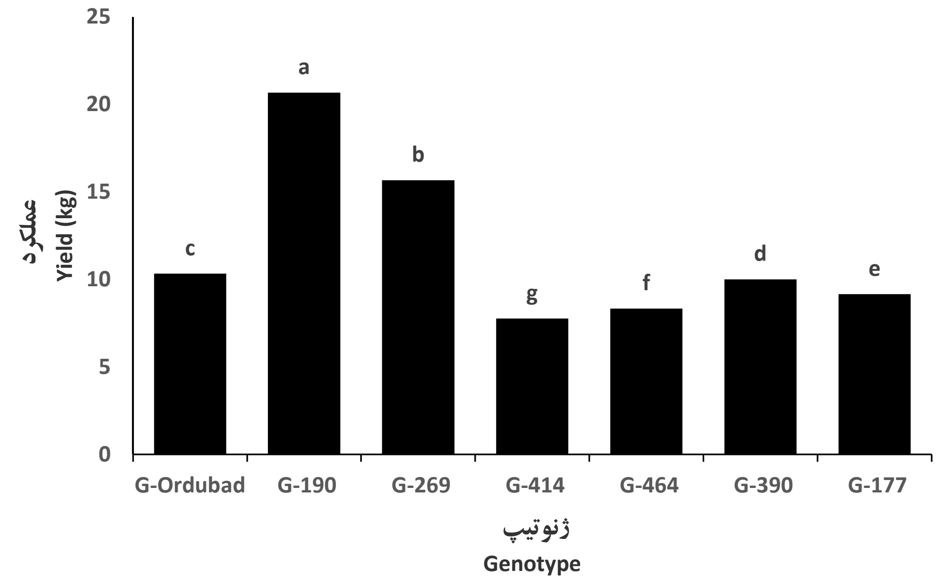
*وجود حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارقام در سطح احتمال ۱ درصد در هر ستون بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly at 1% according to Duncan's multiple rang test.



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن میوه ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)

Figure 2- Mean comparison of fruit weight of apricot genotypes in Khorasan Razavi Province (Mean of three years study, DMRT, *p≤0.01*)



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)

Figure 3- Mean comparison of yield of apricot genotypes in Khorasan Razavi Province (Mean of three years study, DMRT, *p≤0.01*)

مقادیر pH ژنوتیپ‌های زردآلوی ایرانی بررسی‌شده توسط جنتی‌زاده و همکاران (۱۴) در محدوده ۳ تا ۶ و توسط میلوسیویک و همکاران (۱۹) در محدوده ۴ /۰۲ تا ۴/۲۹ گزارش شده است که با نتایج ما مطابقت دارد.

مشخصات بیوشیمیایی میوه نیز تغییرات معنی‌داری در بین ارقام نشان دادند، به‌طوری‌که دامنه تغییرات مواد جامد محلول در آب‌میوه از ۱۷/۰۰ درصد در ژنوتیپ ۱۷۷ تا ۲۷/۰۲ درصد در ژنوتیپ اردوباد-۹۰ متفاوت بود (جدول ۴). این نتایج با گزارشات اسما و اوزتورک (۴) که بیان کردند میزان مواد جامد محلول ژنوتیپ ها بین ۱۱ تا ۲۷ درصد است، مطابقت دارد. البته، میزان مواد جامد محلول ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش ما بیشتر از گزارش مراتینیک و همکاران (۲۲) که مواد جامد محلول را بین ۱۱/۷ تا ۱۴/۴ و جنتی‌زاده و همکاران (۱۴) که مواد جامد محلول را بین ۱۲/۵۳ تا ۲۳ درصد گزارش نموده اند، می‌باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین ویژگی های پومولوژی ژنوتیپ های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)
Table 4- Mean comparison of pomological charactristics of apricot genotypes (Mean of three years study) in Khorasan Razavi Province

ژنوتیپ Genotype	وزن هسته Stone weight (g)	وزن مغز Kernel weight (g)	اسید کل Total acid (%)	پی اچ pH	مواد جامد محلول TSS (° Brix)
Ordubad-90	2.94ab*	1.80ab	0.41d	4.69ab	27.02a
G-190	2.83ab	1.62bc	0.42c	4.54ab	18.68d
G-269	3.06ab	1.84ab	0.43b	4.48b	18.12d
G-414	3.94a	1.93a	0.38f	4.81ab	21.49c
G-464	2.34bc	1.47c	0.39e	4.65ab	26.56ab
G-390	2.35bc	1.45c	0.37g	4.97a	24.68b
G-177	1.56c	1.20d	0.67a	4.46b	17.00d

*وجود حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار ارقام در سطح ۱ درصد در هر ستون بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly at 1% according to Duncan's multiple rang test.

بررسی و مقایسه میانگین خصوصیات ظاهری، مورفولوژیکی و کیفیت میوه در جدول ۵ آمده است. شکل جانبی میوه از لوزی اریب در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۲۶۹، ۴۱۴ و ۳۹۰ تا گرد در ژنوتیپ‌های ۱۹۰، ۴۶۴ و ۱۷۷ متغیر بود. رنگ زمینه میوه از سبز مایل به زرد در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۴۱۴ و ۴۶۴، نارنجی روشن در ژنوتیپ‌های ۱۹۰، ۲۶۹ و ۱۷۷ تا نارنجی تیره در ژنوتیپ ۳۹۰ متغیر بود. هم‌چنین، رنگ رویی میوه از صورتی در ژنوتیپ‌های ۱۹۰، ۴۶۴، ۴۱۴ و ۱۷۷ تا قرمز مایل به نارنجی در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۲۶۹ و ۳۹۰ متغیر بود. رنگ گوشت از کرم در ژنوتیپ‌های اردوباد-۹۰، ۱۹۰، ۲۶۹ و ۱۷۷، نارنجی روشن در ژنوتیپ ۴۱۴ تا نارنجی تیره در ژنوتیپ‌های ۳۹۰ و ۴۶۴ متغیر بود (جدول ۵). این نتایج با گزارشات رویز و اگا (۳۰) و پیری و همکاران (۲۶) مبنی بر این‌که ژنوتیپ‌های زردآلو دارای رنگ زمینه پوست مایل به زرد و رنگ گوشت کرم تا نارنجی تیره هستند، مطابقت دارد.

جدول ۵- مقایسه ویژگی‌های کیفی میوه ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی (میانگین سه سال مورد مطالعه)
Table 5- Mean comparison of the fruit quantity characteristics of apricot genotypes (Mean of three years study) in Khorasan Razavi Province

ژنوتیپ Genotype	شکل جانبی میوه Fruit: shape in lateral view	رنگ زمینه Fruit: ground cover of skin	رنگ رویی Fruit: hue of over color	رنگ گوشت Fruit: color of flesh	اتصال هسته به گوشت میوه Fruit: adherence of stone to flesh	مزه مغز Kernel: bitterness
Ordubad-90	پهن Oblate	زرد Yellow	قرمز مایل به نارنجی Orange red	کرم Cream	ندارد Absent	شیرین Sweet
G-190	بیضی Elliptic	نارنجی روشن Light orange	صورتی Pink	کرم Cream	ندارد Absent	شیرین Sweet
G-269	لوزی اریب Oblique rhombic	نارنجی روشن Light orange	قرمز مایل به نارنجی Orange red	کرم Cream	ندارد Absent	شیرین Sweet
G-414	پهن Oblate	زرد Yellow	صورتی Pink	نارنجی روشن Light orange	ندارد Absent	شیرین Sweet
G-464	مدور Circular	زرد Yellow	صورتی Pink	نارنجی تیره Dark orange	ندارد Absent	شیرین Sweet
G-390	مدور Circular	نارنجی تیره Dark orange	قرمز مایل به نارنجی Orange red	نارنجی تیره Dark orange	ندارد Absent	شیرین Sweet
G-177	بیضی Elliptic	نارنجی روشن Light orange	صورتی pink	نارنجی Medium orange	ندارد Absent	شیرین Sweet

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین برخی از صفات ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی

Table 6- Correlation coefficient between some of traits of apricot genotypes in Khorasan Razavi Province

	وزن میوه Fruit weight (g)	وزن هسته Stone weight (g)	اسید کل Total acid (%)	پی اچ pH	مواد جامد محلول TSS (Brix)	عملکرد Yield (kg)	طول پهنک برگ Leaf blade: length (cm)	عرض پهنک برگ Leaf blade: Width (cm)	زمان آغاز گلدهی Time of beginning of flowering (date)	زمان آغاز رسیدن میوه Time of beginning of fruit ripening
وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	1	0.610**	0.143	0.220	0.370	0.236	0.879**	0.871**	0.006	0.334
وزن هسته (گرم) Stone weight (g)	0.610*	1	0.253	0.260	0.353	0.264	0.862**	0.823**	0.095	0.163
اسید کل Total acid	0.143	0.253	1	0.892**	-0.011	0.365	0.365	0.799**	-0.011	-0.134
پی اچ PH	0.220	0.260	0.892**	1	0.096	0.349	0.333	0.835**	-0.086	-0.104
مواد جامد محلول TSS (%)	0.370	0.353	-0.011	0.096	1	-0.308	0.070	0.077	0.219	0.464**
عملکرد Yield (kg)	0.236	0.264	0.365	0.349	-0.308	1	0.314	0.135	-0.704**	-0.395
طول پهنک Leaf blade: length (cm)	0.879**	0.862**	0.333	0.849**	0.070	0.314	1	0.965**	0.202	0.067
عرض پهنک Leaf blade: width (cm)	0.871**	0.823**	0.245	0.835**	0.070	0.135	0.965**	1	0.270	0.129
زمان آغاز گلدهی Time of beginning of fruit ripening (date)	0.006	0.095	-0.011	-0.086	0.219	-0.704**	0.202	0.270	1	0.649**
زمان آغاز رسیدن میوه Time of beginning of fruit ripening (date)	0.334	0.163	-0.134	-0.104	0.646**	-0.395	0.067	0.129	0.649**	1

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

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

جدول ۷- بردارهای ویژه مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های زردآلو در شرایط استان خراسان رضوی
Table 7- Eigenrectors of principal components of apricot genotypes in Khorasan Razavi Province

متغیرات/عامل Variations/Factor	مولفه اصلی اول PC1	مولفه اصلی دوم PC2	مولفه اصلی سوم PC3	مولفه اصلی چهارم PC4
وزن میوه Fruit weight (g)	0.947	0.459	0.645	0.379
وزن هسته Stone weight (g)	0.926	0.014	0.216	0.155
وزن مغز Kernel weight (g)	0.924	-0.158	-0.028	0.120
مواد جامد محلول TSS (%)	0.207	-0.099	0.792	-0.087
اسید کل Total acid (%)	-0.276	-0.205	0.506	0.114
پی اچ pH	-0.197	-0.037	0.425	0.339
عملکرد Yield (kg)	0.316	0.460	-0.544	0.515
ارتفاع Height (cm)	0.353	0.841	0.107	-0.118
عرض تاج Crown width (cm)	0.394	0.620	0.599	0.178
سطح مقطع تنه Trunk cross section (cm^2)	0.609	0.658	-0.006	-0.148
زمان آغاز گلدهی Time of beginning of flowering (date)	-0.030	-0.686	0.308	0.416
زمان آغاز رسیدن میوه Time of beginning of fruit ripening (date)	0.006	-0.436	0.016	0.565
واریانس Variance (%)	47.06	19.63	15.14	7.62

تعیین ضرایب همبستگی برخی از صفات اندازه‌گیری‌شده در زردآلو

وزن میوه همبستگی مثبت معنی‌داری با وزن هسته در سطح ۱ درصد (۰/۶۱۰) داشت و این بیانگر این مسئله است که ژنوتیپ‌هایی مانند ۴۱۴ که میوه درشت‌تری دارند، دارای وزن هسته و وزن مغز درشت‌تری نیز هستند (جدول ۶). این نتایج با یافته‌های اسما و اوزتورک (۴) که گزارش کردند همبستگی مثبت معنی‌داری بین وزن میوه، وزن هسته و وزن مغز وجود دارد، مطابق است. هم‌چنین، وزن میوه همبستگی مثبت معنی‌داری با طول پهنک (۰/۸۷۹) و عرض پهنک برگ (۰/۸۷۱) در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۶).

اسید کل همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح ۱ درصد با pH (۰/۸۹۲) و همبستگی منفی با مواد جامد محلول (۰/۰۱۱-) داشت. بعلاوه، مواد جامد محلول همبستگی مثبت معنی‌داری با زمان آغاز رسیدن میوه (۰/۶۴۶) داشت (جدول ۶). کمترین مقدار مواد جامد محلول و بیشترین مقدار اسیدهای آلی کل و pH در ژنوتیپ ۱۷۷ مشاهده گردید که ارتباط مستقیمی با زودرسی و ویژگی‌های فصلی زمان رسیدن این ژنوتیپ دارد. نتایج به‌دست آمده مبنی بر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین درصد قند و محتوای اسیدهای آلی کل و هم چنین، توجه به این‌که ارقام زودرس و میان‌رس غالبا به‌دلیل برخورداری از قند پایین‌تر نسبت به ارقام دیررس از استقبال کمتری بین مصرف‌کنندگان برخوردارند، با نتایج رهنمون و همکاران (۲۸) مطابقت دارد. بر این اساس، با افزایش مواد جامد محلول در حین رسیدن میوه، میزان اسید کل کاهش می‌یابد (جدول ۶) که با نتایج اسما و ازتورک (۴) مطابقت دارد.

همبستگی منفی معنی‌داری بین زمان آغاز گلدهی با عملکرد در سطح ۱ درصد (۰/۷۰۴-) وجود داشت (جدول ۶) که این نتایج با یافته‌های پیری و همکاران (۲۶) مطابقت دارد.

تجزیه به مولفه‌های اصلی

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که عامل PC1 با ۴۷/۰۶ درصد کل تغییرات بیانگر وزن میوه، وزن هسته و وزن مغز است که می توان این عامل را عامل صفات پومولوژیکی نامید. عامل

PC2 با ۱۹/۶۳ درصد کل تغییرات بیانگر ارتفاع، عرض تاج و سطح مقطع تنه است که می‌توان این عامل را عامل صفات مورفولوژیکی نامید. عامل PC3 با ۱۵/۱۴ درصد کل تغییرات بیانگر خصوصیت شیمیایی میوه است. عامل PC4 با ۷/۶۲ درصد کل تغییرات بیانگر تاریخ متورم شدن جوانه گل، تعداد روز از مرحله تمام گل تا رسیدن میوه و عملکرد است که می‌توان آن را عامل صفات فنولوژیکی نامید (جدول ۷). این چهار ترکیب حدود ۸۹/۴۵ درصد از کل تغییرات را دارا بودند و سایر تغییرات یک تغییرات کمی را شامل بودند. این نتایج با نتایج جنتی‌زاده و همکاران (۱۴) در مورد ارقام کلکسیون شاهرود قابل مقایسه است. این محققین گزارش کردند که ۷۹/۵ درصد از واریانس کل توسط شش عامل اصلی اول توجیه شده است. در گزارش آن ها صفاتی مانند طول، عرض، ضخامت و وزن گوشت میوه، طول هسته، وزن و طول مغز در عامل اول قرار گرفتند که ۲۴ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. هم چنین، بقیه صفات مربوط به هسته و مغز هسته در عامل دوم قرار گرفته و ۱۶ درصد از واریانس کل را توجیه کردند و در عامل سوم، اسید کل، مواد جامد محلول، نسبت مواد جامد محلول به اسید کل و مقدار pH آب میوه قرار داشته که ۱۴/۵ درصد از واریانس کل را توجیه کرد. فاکتورهای چهارم تا ششم نیز شامل برخی از خصوصیات کیفی میوه و برخی از صفات فنولوژیکی بودند. هم‌چنین، در ارزیابی تعدادی از زردآلوهای ترکیه توسط اسما و ازتورک (۴)، هفت عامل اول ۹۰ درصد از واریانس کل را توجیه نمود، صفات مربوط به اندازه و وزن میوه، هسته و مغز ، مواد جامد محلول و اسید کل در عامل اول و صفات نسبت گوشت به هسته و زمان رسیدن به ترتیب در عامل‌های دوم و سوم قرار داشتند. با مقایسه نتایج فوق می توان نتیجه گرفت که خصوصیات مربوط به ابعاد و وزن میوه بخش عمده واریانس کل را در مطالعات مختلف به خود اختصاص داده است و صفاتی نظیر مواد جامد محلول و اسید کل نیز در محدوده ارقام دارای واریانس نسبتا بالایی بودند. بعلاوه، ابراهیمی و همکاران (۷) گزارش کردند که تاریخ بازشدن گل‌ها دارای کمترین میزان توارث‌پذیری بوده و به‌شدت تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد.

منابع

1- Agricultural statistics. 2017. https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/Amarnamehj3-1396-site.pdf
2- Akin E.B., Karabulut I., and Topcu A. 2008. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. Food Chemistry 107: 939-948.
3- Anonymous A. 1994. Fruit Juices Test Methods, 2nd edition. Iranian Standard and Industrial Research Institute, Karaj, Iran, Report No. 2685. (In Persian)
4- Asma B.M., and Ozturk K. 2005. Analysis of morphological, pomological and yield characteristics of some apricot germplasm in Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution 52: 305-313.
5- Arzani K., Khoshghalb H., Malakouti M.J., and Barzegar M. 2008. Postharvest physicochemical changes and properties of Asian (*Pyrus serotina* Rehd.) and European (*Pyrus communis* L.) pear cultivars. Horticulture, Environment, and Biotechnology 49(4): 244-252.
6- Burgos L., Alburquerque N., and Egea J. 2004. Review. Flower in apricot and its implications for breeding. Spanish Journal of Agricultural Research 2(2): 227- 241.
7- Ebrahimi P., Rezaeinejad A., Ismaili A., and Karami F. 2015. Evaluation of genetic diversity and heritability of physiological and phenological characteristics of some apricot cultivars and genotypes (*Prunus armenica L.*). Journal of Plant Genetic Research 1(2): 55-70. (In Persion)
8- FAO. 2017.
9- Ganji Moghaddam E., Ahmadi Moghaddam H., and Piri S. 2013. Genetic variation of selected Siah Mashhad sweet cherry genotypes grown under Mashhad environmental conditions in Iran. Crop Breeding Journal 3(1): 45-51.
10- Gulcan R., Mısırlı A., Sağlam H., Yorgancıoğlu U., Erkan S., Gumus M., Olmez H.A., Derin K., Paydaş S., Eti S., and Demir T. (2006). Properties of Turkish apricot land races. Acta Horticulture 701: 191-198.
11- Hegedűs A., Engel R., and Abrankoe L. 2010. Antioxidant and antiradical capacities in apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits: variations from genotypes, years, and analytical methods. Journal of Food Science 75(9): 722–730.
12- Imani A. 2004. Floral Biology of Temperate Zone Fruit Trees and Small Fruits. Sana Publication, Tehran, Iran. 672 pp. (In Persian)
13- Izadi E., Fatahi Moghadam M., and Nazeri V. 2011. Measurment of fruit qualitative characteristics of some wild and domestic plum (*Prunus domestica* L.). pp. 1488-1491. In: Proceedings of the 7th Iranian Horticultural Science Congress, Isfahan, Iran. (In Persian)
14- Janatizadeh A.A., Fattahi Moghaddam M.R., Zamani Z., and Zeraatgar H. 2011. Investigation of the genetic diversity of apricot varieties and cultivars using RAPD markers and morphological traits. Iranian journal of Horticultural Science 42: 255-265.
15- Khoshghalb H. 2001. Study on early growth, performance and survival of Asian pear cultivars (*Pyrus serotina*

Rehd) on European Pear (*Pyrus communis* L.) seedling rootstock under environmental condition. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian)

16- Kumar M., Mishra G. P., Singh R., Kumar J., Naik P. K., and Singh. S.B. 2009. Correspondence of ISSR and RAPD markers for comparative analysis of genetic diversity among different apricot genotypes from cold arid deserts of Trans – Himalayas. Physiology and Molecular Biology of Plants 15(3): 225 – 236.

17- Lo Bianco R., Farina V., Indelicato S.G., Filizzola F., Agozzino P. 2010. Fruit physical, chemical and aromatic attributes of early, intermediate and late apricot cultivars. Journal of Science Food and Agriculture, 90: 1008–1019.

18- Mesbahi K., Ganji Moghaddam A., Nikkhah S., and Asgharzadeh A. 2014. Phenological, morphological and pomological characteristics of some apricot genotypes and the effect of pretreatment and drying method on leaf quality. Journal of Seed and Plant Production, 30 (2): 153-167. (In Persian)

19- Milosevic T., Milosevic N., Glisic I., and Krska B. 2009. Characteristics of promising apricot (*Prunus armeniaca* L.) genetic resources in Central Serbia based on blossoming period and fruit quality. Horticultural Science 2: 46-55.

20- Mohammadzadeh S., Bouzari N. Abdossi V., and Kavand A. 2013. Morphological and pomological characteristics of some native apricot cultivars and genotypes of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 29(1): 143-158. (In Persian)

21- Mozafari A.A. 2006. Descriptor of Fruits. University of Kurdistan Press. Iran. (In Persian)

22- Mratinic E., Popovski B., Miloševic T., and Popovska M. 2011. Analysis of morphological and pomological characteristics of quality, vegetative growth, and evapotranspiration relations. International Journal of the Physical Sciences 6: 3134-3142.

23- Nejatian M.A. 2008. Iranian apricot: genetical, phenological, morphological and physiological characters. Seed and Plant Improvement Institute, pp. 146. (In Persian)

24- Nejatian M.A. and Arzani K. 2002. Study on genetic diversity of Iranian native apricot cultivars. PhD. Thesis, College of Agriculture, Tarbiat Modaress University. Tehran, Iran. (In Persian)

25- Pinar H., Bircan M., Yilmaz C., Kargi S. P., Kaska N. and Yildiz A. 2008. The Performance of Some Apricot Cultivars in the Mersin Ecological Conditions. 14^{th} International Symposium on Apricot Breeding and Culture, 16-20 Haziran 2008, Matera, Italy, 862: 109-112.

26- Piri S., Gholami R., Piri S.H., Mehri S.H., and Einizadeh S.H. 2017. Analysis of pomochemical properties of some apricot germplasm selected from Khalkhal region. Journal of Crop Production and Processing 7(2): 117-131. (In Persian)

27- Polat A.A., and Caliskan O. 2013. Yield and Fruit Characteristics of Various Apricot Cultivars under Subtropical Climate Conditions of the Mediterranean Region in Turkey. International Journal of Agronomy 1-5.

28- Rahnemoon H., Dzhampour J., Hajilo J., and Fathi H. 2015. Yielding characteristics of six promising apricot genotypes. Journal of Seed and Plant Production 2(31): 145-159. (In Persian)

29- Rotondi A., Magli M., Ricciolini C., and Baldoni L. 2003. Morphological and molecular analyses for the characterization of a group of Italian olive cultivars. Euphytica 132: 129-137.

30- Ruiz D., and Egea J. 2007. Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in apricot (*Prunus armeniaca* L.) germplasm. Euphytica 163: 143-158.

31- Ruiz D., and Egea J. 2008. Analysis of the variability and correlations of floral biology factors affecting fruit set in apricot in a Mediterranean climate. Scientia Horticulturae 21: 154-163.

32- Schmidt H., and Gruppe W. 1988. Breeding dwarf rootstocks for sweet cherries. Hort Science 23: 112-114.

33- Sharifani M., Hemmati K., Hassani S., and Fallahi E. 2006. Evaluation of useful botanical traits for Iranian *Pyrus* species. Acta Horticulturae 769: 185-188.

34- Ullah S., Muhammad A., Hussian I., UrRahman H., Zeeshan Hyder M., Din M., and Din N. 2017. Morphological variations in apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars growth in Gilgil Baltistan Pakistan. Pakistan Journal of Agricultural Research 30(1): 1-16.

35- Zadbagheri M., Mostafavi M., Khalili A., and Sadraei Mangili K. 2005. Study of quantitative and qualitative traits of 6 Iranian and foreign cherry cultivars and the relationship between these traits and fruit cracking rate. Journal of Agricultural Sciences 11: 127-142. (In Persian)

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 505-520
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۵۲۰-۵۰۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Comparison of Phenological, Morphological and Pomological Characteristics of Six Apricot Promising Genotypes in Khorasan Razavi Province

E. Ganji Moghadam[1*]- H. Rahnemoun[2]- M. Zamanipour[3]
Received: 19-04-2020
Accepted: 29-07-2020

Introduction: Iran is the fourth largest apricot producer in the world. It is important to know the level of genetic diversity in breeding programs. Local genotypes are important because they are environmentally friendly and have beneficial genes in breeding programs. Therefore, this study was conducted with the main purpose to investigate the characteristics of phenology, morphology and pomology of six promising apricot genotypes in order to determine the best genotypes in Khorasan Razavi Province condition.

Materials and Methods: This study was conducted to evaluate characteristics of six selected genotypes ('190', '269', '414', '464', '390' and '177') compared to 'Ordubad-90' (as a control) with the aim of assessing their compatibility in Khorasan Razavi climatic conditions in a randomized complete block design with three replications, at Golmakan Research Station during the 2017-2019. These genotypes were selected randomly from the Azerbaijan apricot populations around 15 years ago and were undergoing preliminary studies in the main habitat and collecting and experimental orchards. During the research period, all genotypes were completely uniform in terms of environmental conditions and garden management. Quantitative analysis of variance was performed using SPSS software and comparison of means using Duncan's multiple range test at a probability level of 1%.

Results and Discussion: Results showed that significant differences between genotypes in terms of flowering dates and fruit ripening. So that, Genotypes of '269' were the earliest (19 March) and '190' were the most late flowering (27 March) and, in the terms of fruit ripening time, genotype of '177' were the earliest (third decade of May) and genotype of '190' were the most late (second decade of July). Also, genotype of '414' had the highest height (302.57 cm), crown width (278.03 cm), trunk cross section (42.75 cm^2), annual vegetative growth (58.98 cm) and size index (8.76 m). These results are consistent with the findings of Nejatian and Arzani (2002) and Mesbahi *et al.* (2014) on a relatively significant diversity in the morphological characteristics of the studied genotypes. There was direct correlation between fruit size and stone size, so that, the highest fruit weight (65 g), stone weight (3.49 g) and kernel weight (1.93 g) was in genotype of '414'. This result is agreement with Asma and Ozturk (2005) who reported that there are direct correlation among fruit weight, stone weight and kernel weight in the studied apricot genotypes in Turkey. The highest acidity content (0.67%) belonged to genotype of '177', the highest pH (4.97) was in genotype of '390' and the highest yield (20.66 kg) was in genotype of '190'. The obtained results are consistent with the results of Rahnemoon *et al.* (2005) on the existence of a significant difference between the mean percentage of sugar and the content of total organic acids. Accordingly, with the increase of soluble solids during fruit ripening, the amount of total acid decreased, which is consistent with the results of Asma and Ozturk (2005). Also, there was a significant negative correlation between flowering time and yield at the level of 1% (-0.704). These results are consistent with the findings of Piir *et al.* (2017).

The results of principal component analysis showed that PC1 factor with 47.06% of the total changes indicates fruit weight, stone weight and core weight, which can be called the factor of pomological traits. PC2 factor with 19.63% of the total changes indicates height, crown width and trunk cross section, which can be called the factor of morphological traits. PC3 factor with 15.14% of the total changes indicates the chemical properties of the fruit. The PC4 factor with 7.62% of the total changes indicates the time of beginning of flowering, the number of days from the full blooming stage to fruit ripening and yield, which can be called the factor of phenological traits. These four combinations accounted for about 89.45% of the total variation, and the other variations included a slight variation. These results are comparable to the results of Janatizadeh *et al.*

1- Associate Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: eganji@hotmail.com)
2- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Velayat University, Iranshahr, Iran

(2011) regarding cultivars in Shahroud city.

Conclusion: Genotype of ‘177’ is recommended because of its early ripening. Also, genotype of ‘144’ due to large fruit size, genotype of ‘190’ due to late ripening and high yield compared to ‘Ordubad-90’ (control) are recommended.

Keywords: Apricot, Flower and fruit characteristics, Genetic diversity

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 521-533
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۵۳۳-۵۲۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بهبود عملکرد گل رز تحت تیمارهای هرس جوانه و خم‌سازی شاخه در رقم آولانچ گل رز

مهدی باقری[1]- ایمان روح اللهی[2]*- ساسان علی نیائی فرد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۱

چکیده

مدیریت ساختار بوته رز، نقش مهمی در تولید گل در طول سال دارد و میزان طول عمر بوته رز را تعیین کرده و نمو گیاه و کیفیت شاخه‌های گل (طول، قطر و وزن) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پرورش دهندگان رز با هدف افزایش جذب نور و ساخت آسیمیلات‌های فتوسنتزی بیشتر و افزایش کیفیت شاخه گل تولید شده، اقدام به خم سازی شاخه‌های غیرتولیدی می‌کنند. در این پژوهش مدیریت مناسب هرس جوانه بوته رز شاخه بریده با تاکید بر خم سازی شاخه مورد بررسی قرار گرفت. به منظور انتخاب بهترین معماری ساختار بوته از نظر تولید با کیفیت‌ترین شاخه‌های گل دهنده آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار هرس جوانه و خم‌سازی شاخه انجام شد. هرس جوانه در دو سطح هرس ۵۰ درصد جوانه و بدون هرس جوانه انجام شد و در تیمار خم‌سازی ساقه سطوح بدون خم‌سازی، زاویه ۴۵ ، ۹۰ و ۱۲۰ درجه انجام شد. فاکتورهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و شاخص‌های فتوسنتزی و همچنین عمر گلدانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد خم کردن شاخه (زاویه ۴۵ و ۹۰ درجه)، با افزایش جذب نور و ساخت آسیمیلات‌های فتوسنتزی بیشتر و تغییر جریان آن‌ها از برگساره شاخه‌های خم شده به سمت پاشاخه‌ها، سبب رشد مناسب آن‌ها و افزایش۳۰ درصدی صفات وزن تر و وزن خشک نسبت به تیمار بدون خم‌سازی شده است. قطر غنچه و طول شاخه گل سبب افزایش کیفیت پس از برداشت شاخه گل تولید شده می‌شود. همچنین اثر متقابل هرس جوانه و خم کردن شاخه تاثیر مثبتی بر مقدار کربوهیدرات شاخه گل نشان داد.

واژه‌های کلیدی: خم‌سازی، رز، گلدهی، هرس

مقدمه

گل رز یکی از محبوب‌ترین گل‌های شاخه بریده دنیا می‌باشد که سال‌هاست در صدر تجارت جهانی گل و گیاه قرار دارد (۲). عملکرد کم و رشد نامطلوب از جمله مشکلات تجارت گل‌های بریدنی در ایران است، که علت آن عدم انتخاب سیستم پرورشی مناسب، با توجه به رقم و شرایط منطقه و همچنین عدم توجه به معماری گیاه اشاره کرد. نمو شاخساره‌های پر رشد از پایین بوته منحصر به رزها نیست و در برخی از گونه‌های چوبی معمول می‌باشد. ساختار بوته رز بستگی به سالم بودن سیستم ریشه و قدرت رشد پاشاخه‌ها دارد، و همبستگی قوی بین رشد ریشه و شاخساره در رزها وجود دارد (۱۴). به‌طور کلی ۶ تا ۷ جوانه در یک قلمه ریشه‌دار شده و یا یک گیاه پیوندی، پتانسل تولید پاشاخه دارند و کمتر از ۲ تا از این جوانه‌ها، پاشاخه‌های واقعی را ایجاد می‌کنند (۱۰). طول عمر بالا و تولید مناسب گل در یک بوته، بستگی به پاشاخه‌های قوی و مناسب دارد (۱۴). عوامل و عملیات های مختلفی مانند تنش آبی، رژیم‌های آبیاری، شدت نور، نوردهی مصنوعی، هرس، خم‌سازی، خنک کردن، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد مانند سایتوکینین‌ها و اتفون[4] در رزها سبب تحریک تشکیل پاشاخه‌ها می‌شوند (۱۹). تغییر کانوپی یک بوته رز با دستکاری تشکیل پاشاخه‌ها، عمدتاً با قرار گرفتن گیاه در شرایط محیطی مناسب، تیمارهای ویژه در گیاه مانند حذف جوانه انتهایی یا حذف جوانه‌های جانبی و یا به وسیله تنظیم کننده‌های رشد انجام می‌شود (۱۰). تعداد و قطر پاشاخه‌ها و نیز شاخه‌های جانبی روی آن‌ها، برای تولید گل در بوته رز از اهمیت بالایی برخوردار است. روشن است که با توجه به نمو اولیه گیاه، تعداد و قطر پاشاخه‌ها می‌تواند بر تعداد و قطر شاخه‌های گل تولیدی در چرخه رشد بعدی اثر گذار باشد، همچنین مشخص شده است که دمای به نسبت بالا و رطوبت زیاد در گلخانه، تولید پاشاخه را تحریک می‌کند (۱۰).

به‌طور معمول رزهای بریدنی در گلخانه‌ای پرورش می‌یابند که

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد
(*- نویسنده مسئول: Email:i.rohollahi@shahed.ac.ir)
۳- استادیار گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

4- Ethephon

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.86197

بیشتر عوامل محیطی مانند دما، دی اکسید کربن، آب و مواد غذایی، رطوبت نسبی و نور در آن کنترل می‌شود. این نوع از رزها با روش‌های رویشی قلمه و قلمه–پیوند (استنتینگ[1]) تکثیر می‌شوند. گزارش شده که شکل و ساختار یک گیاه بستگی به ژنوتیپ آن گیاه و عوامل محیطی دارد (۱۱). مدیریت ساختار بوته رز، نقش مهمی در تولید گل در طول سال دارد. همچنین میزان طول عمر بوته رز را تعیین کرده، نمو گیاه را کنترل و کیفیت شاخه‌های گل (طول، قطر و وزن) را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۹). در بیشتر گلخانه‌های پرورش رزهای بریدنی، عملیاتی مانند هرس، شاخه برداری، حذف جوانه‌های جانبی[2] و خم‌سازی شاخه مرتبط با ساختار بوته انجام می‌شود (۶).

در گذشته، رزها به صورت ردیفی کشت می‌شدند و ساختار آن‌ها به شکل پرچین‌های بلند عمودی[3] همراه با هرس سالانه، شامل جوانه‌برداری[4] و حذف شاخه گل بود. در این سیستم پاشاخه‌ها و شاخه‌های اصلی از روی اولین یا دومین برگ کامل از پایین شاخه، سرزنی شده و این سبب تسریع در شکفتن جوانه‌های آن‌ها می شد. در این نوع روش پرورش، جهت کاهش ارتفاع کانوپی و جلوگیری از رشد زیاد بوته‌ها، پرورش دهندگان مجبور هستند گاهی بوته‌ها را سرزنی کنند زیرا مدیریت یک کانوپی با ارتفاع زیاد دشوار است و با توجه به تقاضای بازار برای شاخه گل سرزنی انجام می شود (۹). گزارش شده که موقعیت هرس با طول شاخه‌هایی که بعداً به‌دست می‌آید رابطه عکس دارد، یعنی چنانچه موقعیت هرس بالا باشد شاخه‌های کوتاهتری به‌دست می‌آید. بعداً رزها بر اساس خم کردن شاخه‌ها با یک ساختار کانوپی ناهمگن[5] با چهار بخش پاشاخه‌ها، شاخه‌های اصلی، شاخه‌های افقی خم شده و شاخه گل پرورش یافتند. اهمیت نور در تولید رزهای بریدنی به خوبی اثبات شده، به گونه‌ای که تولید قابل قبول، ارتباط نزدیک با میزان شدت نور دارد. کاهش در شدت و دوره نوری به علت تغییرات فصلی یا سایه‌دهی باعث کاهش عملکرد رزها می‌شود.

عملیات خم کردن شاخه در رز به منظور به‌دست آوردن شاخه‌های با کیفیت مناسب و قابل فروش صورت می‌گیرد. در واقع شاخه‌هایی که از نظر تجاری مناسب نیستند برای تغذیه شاخه‌های اصلی و مرغوب‌تر و نیز به منظور قوی تر شدن پاشاخه‌ها، خم می‌کنند. روش خم کردن شاخه در رز، ابتدا در کشور ژاپن و در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی معرفی شد (۱۳) و سپس در ۱۹۹۰ به وسیله برخی از پرورش دهندگان دیگر برای تولید شاخه‌های با کیفیت بهتر مورد استفاده قرار گرفت (۱۶).

بیان شده است که خم کردن متوالی شاخه‌های رز به دلیل دریافت مناسب نور و نیز فتوسنتز بیشتر، یک منبع مناسب از کربوهیدارات‌ها و دیگر فرآورده‌های فتوسنتزی را ایجاد کرده که به مصرف جوانه‌های گل می‌رسد. همچنین ممکن است با جذب نور بیشتر، تغییراتی در تعادل هورمونی به سمت افزایش میزان سایتوکین ها ایجاد شود (۱۹). به عنوان مثال نشان داده شده است که افزایش کیفیت شاخه برداشت شده در بوته دارای تاج پوش خمیده، در دو رقم کاردینال[6] و فایر ان آیس[7]، وزن خشک شاخه در بوته دارای تاج پوش خم شده افزایش می‌یابد (۹).

مطالعات اخیر نشان می دهد که خم‌سازی شاخه با تغییر در ساختار تاج پوش، با تغییر هورمونی یا تغییر در روابط منبع - مقصد یا توسط حذف انتخابی شاخه‌های کوتاه در برداشت‌ها، طول شاخه را افزایش می‌دهد (۵). علاوه بر این، تصور بر این است که بخش خم شده ساقه قادر به رشد نیست، همه کربوهیدرات تولید شده از طریق فتوسنتز، در مکان هایی روی گیاه که رشد اتفاق می‌افتد، مانند شاخه‌های درحال رشد جدید استفاده می‌شود (۱۰). لزوم توجه به گزینش سیستم تربیتی مناسب به منظور به حداکثر رساندن جذب نور و افزایش کیفیت محصولات به امری ضروری مبدل ساخته است. از این‌رو، هدف از انجام این پژوهش بررسی زوایای مختلف خم‌سازی در رقم آوالانچ[8] و بررسی خصوصیت‌های رشدی و در مرحله بعد بررسی شاخص‌های پس از برداشت و عمر گلدانی این گیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال های ۹۷- ۱۳۹۸ در گلخانه تولید گل رز واقع در پاکدشت انجام و آزمایش و بررسی نمونه ها در آزمایشگاه مرکزی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد (تهران) انجام گرفت. بستر کشت قلمه از ترکیب کوکوپیت و پرلایت به نسبت مساوی ۵۰ درصد آماده و قلمه‌ها به فاصله ۱۸ سانتی متر از یکدیگر در باکس هایی به طول دو متر کشت شدند. از روز چهارم تزریق موادغذایی تهیه شده طبق دستورالعمل هوگلند و آرنون (۷) به بسترهای کشت شروع و حجم تغذیه به ازای هر گیاه ۵۵۰ میلی‌لیتر در روز بود که در ۱۱ مرحله به بستر کشت تزریق شد. دمای گلخانه در روز ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. میزان نور ورودی به گلخانه ۵۲ هزار لوکس بود که با استفاده از پرده‌های سایه‌انداز با نسبت سایه‌اندازی ۵۰ درصد به ۲۸ هزار لوکس کاهش داده شد. رطوبت مناسب برای گلخانه در روز ۶۵ درصد و برای تأمین آن از سیستم مه‌پاش استفاده شد. لازم به ذکر است برای مدیریت بیشتر

1- Stenting
2- De-budding
3- Tall upright hedgerow
4- De-budding
5- Heterogeneous canopy
6- Kardinal
7- Fire N Ice
8- Avalanche

شرایط محیطی سنسورهای حساس به رطوبت و دما در گلخانه نصب و دما و رطوبت به صورت اتوماتیک تنظیم و تامین شد.

این پژوهش به صورت آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با دو عامل خم‌سازی شاخه و هرس جوانه در چهار تکرار بر روی گل رز رقم آوالانچ در گلخانه انجام شد. سه ماه بعد از کاشت در بستر کاشت، قلمه‌ها از نظر سن فیزیولوژیک برای مرحله خم‌سازی آماده شدند. عامل اول شامل ۴ زاویه خم‌سازی صفر، ۴۵، ۹۰ و بیشتر از ۱۰۰ درجه (در حدود ۱۲۰ درجه) و عامل دوم شامل عدم هرس جوانه‌ها و هرس جوانه به میزان ۵۰ درصد بود (شکل ۱).

طی فرایند خم‌سازی برای بالا بردن دقت آزمایش، تعداد دو شاخه‌های خم شده برای تمام قلمه‌ها در نظر گرفته شد، شش روز پس از انجام تیمار خم‌سازی جوانه‌های خفته در قسمت ابتدایی ساقه فعال شدند و شروع به رشد کردند. در تیمار دوم، جوانه های شاخه را در دو تیمار هرس ۵۰ درصد و بدون هرس اعمال شد. ۴۵روز پس از حذف جوانه، شاخه های گل آماده برداشت شدند، به منظور انجام ارزیابی‌های مورد نظر پس از برداشت شاخه‌های گل، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

شکل ۱- خم سازی شاخه گل رز در ۴۵، ۹۰ و ۱۲۰ درجه و تیمار کنترل

Figure 1- Rose stem bending at 45, 90 and 120 degrees and control

سنجش کلروفیل

برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ ۰/۵ گرم برگ تازه گیاه با استفاده از حدود ۵ میلی‌لیتر استون در هاون چینی کاملاً سائیده شد تا توده یکنواختی بدست آید. مخلوط حاصل با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم رسانده شد. مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط گردید. بعد ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ ۳۰۰۰ دور، محلول رویی جدا و میزان جذب نوری آن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد و غلظت کلروفیل آنها بر اساس روابط زیر تعیین گردید (۱).

کلروفیل a) = A۱۹/۳ × ۶۶۳ – ۰/۸۶ A ×V/۶۴۵ (W۱۰۰

کلروفیل b) = A۱۹/۳ × ۶۴۵ – A۳/۶ × V/۶۶۳ (W۱۰۰

کارتنوئید = A۱۰۰) ۴۷۰ – (۳/۲۷) میلی گرم کلروفیل – a) .

۱۰۴) میلی‌گرم کلروفیل/(۲۲۷. b

سنجش کربوهیدرات

مقدار ۰/۰۳ گرم نمونه درون ویال ۲ میلی‌لیتری توزین شد و ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه ورتکس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه) انجام شد. نمونه‌ها در ۵۰ درجه سانتی‌گراد کامل خشک شدند. سپس مقدار۰/۴۷ میلی‌لیتر هیروکسید باریم ۰/۳ نرمال و بعد از آن ۰/۵ میلی‌لیتر سولفات روی ۵ درصد و ۱۰ میلی‌لیتر آب اضافه و ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند، ۲ میلی‌لیتر از نمونه حاصل برداشته و به آن ۱ میلی لیتر محلول فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد. بعد از ۴۵ دقیقه در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۰۰ نانومتر میزان قند کل قرائت شد (۱۷).

ارزیابی شاخص‌های فتوسنتزی

القای لحظه‌ای فلئورسانس کلروفیل با بهره‌گیری از پرتکل OJIP و با استفاده از دستگاه Photon PAR-FluorPen FP 100-MAX Systems Instruments, PSI, Czech Republic)) در برگ‌های جوان توسعه یافته که حداقل ۲۰ دقیقه در تاریکی سازگار شده‌اند، انجام شد. برای انجام این آزمایش زمانی که شاخه‌های گل آماده برداشت شدند (۴۰ روز پس از حذف جوانه‌ها) اندازه‌گیری با دستگاه PAR-FluorPen در گلخانه و ۲۰ دقیقه پس از تاریک شدن کامل هوا انجام شد. نمونه اول از برگ های شاخه‌های خم شده و نمونه دوم از برگ‌های شاخه‌های گل در بالای بستر کاشت برداشت شد. فاکتورهای حداکثر کارایی فتوسیستم۲ (Fv/Fm)، و جریان اختصاصی انرژی در هر مرکز واکنش شامل میزان جذب فوتون به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC)، انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش (ET_0/RC)، میزان به دام انداختن الکترون به ازای هر مرکز واکنش (TR_0/RC) و میزان اتلاف انرژی به ازای هر مرکز واکنش (DI_0/RC) مورد ارزیابی قرار گرفت (۴).

ارزیابی‌های مورفولوژیک

گل‌های رز در مرحله ای که کاسبرگ ها کاملا از هم جدا شده و به عقب برگشتند، به طول ۷۰ سانتی‌متر برداشت و برگ‌های دو سوم پایین آنها حذف شدند (۱۸). گل‌های برداشت شده را به آزمایشگاه انتقال داده و سپس صفات وزن تر، وزن خشک، طول شاخه گل، قطر غنچه گل و قطر دمگل یادداشت برداری شد.

عمر گلدانی

برای ارزیابی زمان ماندگاری در ظروف شیشه‌ای حاوی آب مقطر در محدوده دمایی ۲± ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای افزایش طول عمر گل‌ها هر روز آب لیوان‌ها تعویض می‌شد، زمانی که غنچه گل رز دچار خمیدگی شد، تعداد روز پس از برداشت شاخه های گل یادداشت شد و مقایسه انجام گرفت (۸).

این پژوهش به صورت آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل خم‌سازی شاخه و هرس جوانه در چهار تکرار بر روی گل رز رقم آوالانچ در گلخانه انجام شد. کلیه‌ی داده‌ها در نرم افزار Excel مرتب‌سازی شد، سپس داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.4 آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتیجه و بحث

تجزیه واریانس دو صفت کربوهیدرات و عمر گلدانی

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، تیمار هرس جوانه در سطح احتمال یک درصد بر میزان کربوهیدرات معنی‌دار بوده است و همچنین تاثیر تیمار خم‌سازی شاخه در سطح احتمال ۵ درصد بر روی کربوهیدرات و عمر گلدانی معنی‌دار بوده است. اثر متقابل دو تیمار هرس جوانه و خم‌سازی شاخه در سطح احتمال یک درصد بر روی مقدار کربوهیدرات و عمر پس‌ازبرداشت معنی‌دار بوده است. تیمارهای اعمال شده تاثیر معنی‌داری روی غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b نشان ندادند (جدول ۱).

شکل ۲ نشان می‌دهدکه اثر متقابل هرس و خم‌سازی در صفت میزان کربوهیدرات بیشترین مقدار مربوط به تیمار هرس۹۰ درجه (۰/۱۷۵) و کمترین مقدار کربو هیدرات مربوط به تیمار بدون هرس و بدون خم‌سازی (۰/۰۴۷) می‌باشد. در تیمار هرس ۹۰ درجه (۰/۱۷۵) و بدون هرس ۹۰ درجه (۰/۱۷۲) و هرس ۴۵ درجه (۰/۱۶۷) تفاوت کمی بین مقدار کربوهیدرات اندازه‌گیری شده مشاهده شد.

در بررسی زاویه خم‌سازی در زاویه ۱۲۰ درجه هرس و ۱۲۰ درجه با هرس تفاوت بسیار زیاد (۵۰٪) مشاهده شد (شکل ۲). در بررسی مشاهدات می‌توان نتیجه گرفت وجود شاخه خم شده با زاویه مناسب می‌تواند کربوهیدرات تولید شده خود را به مصرف جوانه‌های گل پاشاخه برساند و به عملکرد گیاه کمک کند. به عبارت دیگر شاخه های خم شده نقش کارخانه‌هایی را ایفا می‌کنند که وظیفه دارند فرآورده‌های فتوسنتزی که در شاخه خم شده تولید شده را به شاخه های گل که مهمترین مصرف کننده هستند، برسانند. به طور کلی می توان نتیجه گرفت با خم‌سازی شاخه‌ها میزان نفوذ نور به داخل ساختار گیاه فراهم می‌شود که در نهایت منجر به افزایش فتوسنتز و باعث بالا رفتن میزان کربوهیدرات در جوانه‌های گل می‌شود (۱۰). در تحقیقات انجام شده بر روی تربیت و هرس برخی از درختان میوه نتایج مشابه گزارش شده است، خم‌سازی شاخه در درختان گلابی و سیب با افزایش سطح کربوهیدرات منجر به افزایش جوانه‌های گل و افزایش میوه دهی می‌شود (۱۵).

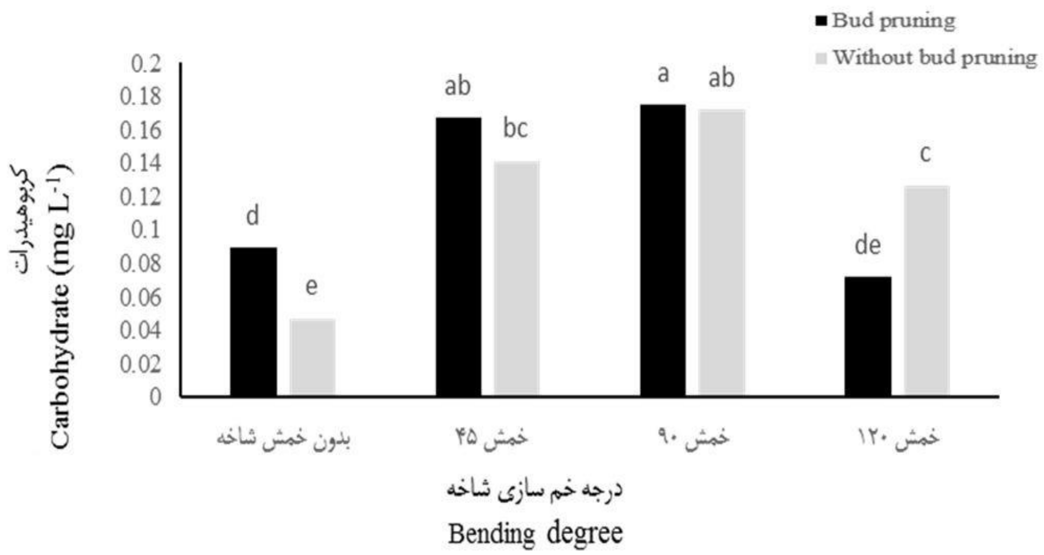
جدول ۱- تجریه واریانس اثر هرس جوانه و خم‌سازی شاخه بر محتوی کلروفیل، کربوهیدرات و عمر گلدانی گل رز رقم آوالانچ

Table 1- ANOVA for the effect of bud pruning, stem bending on Chlorophyll and carbohydrate contents and vase life of rose cv. Avalanche

منبع تغیرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Squares				
		عمر گلدانی Vase life	کربوهیدرات Carbohydrate	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلورفیل b Chlorophyll b	کلورفیل a Chlorophyll a
هرس جوانه Bud pruning	1	3.78125 ns	0.00012**	0.00007 ns	0.00008 ns	0.0000014 ns
خم‌سازی شاخه Stem bending	3	71.61 **	0.01778*	0.00096 ns	0.0010 ns	0.000006 ns
هرس جوانه × خم‌سازی شاخه Bud pruning × tem bending	3	10.61**	0.00334**	0.00203 n.s	0.0023 n.s	۰,۰۰۰۰۲ n.s
خطا Error	24	54.25	0.00043	0.00097	0.0010	0.000010
ضریب تغییرات C.V. (%) (		8.3	16.7	12.5	21.5	3.2

*و** و ns: به ترتیب معنی‌دار درسطوح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

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



شکل ۲- تاثیر بر همکنش خم سازی ساقه × هرس جوانه بر غلظت کربوهیدرات در گل رز رقم آوالانچ

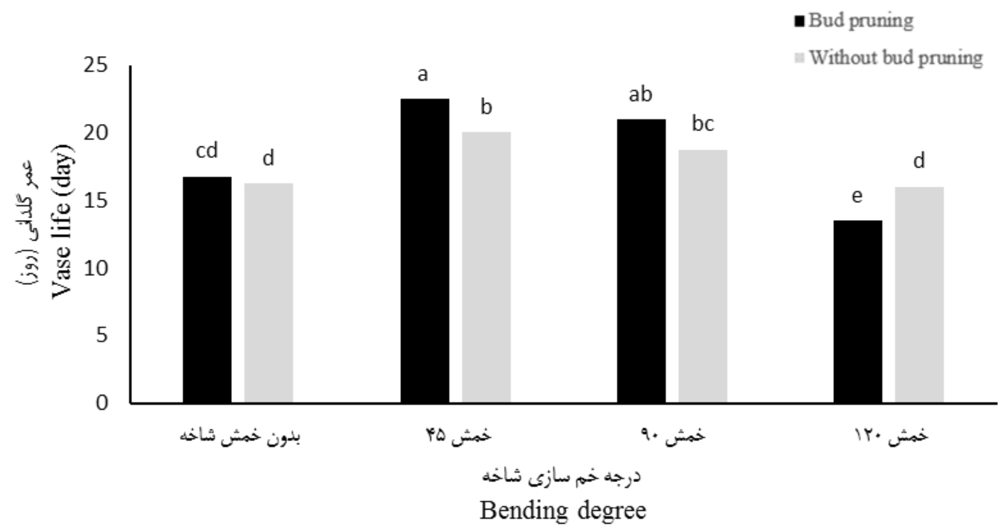
Figure 2- Interaction effect of stem bending ×bud pruning on carbohydrate concentration in rose cv. Avalanche (DMRT, *p≤0.05*)

در بررسی اثر دو زمان هرس باز جوان‌سازی بر ویژگی‌های رویشی و زایشی چهار رقم رز شاخه بریده، گزارش شده است که با هرس شاخه در گل رز به دلیل افزایش نفوذ نور در تاج پوش گیاه، فتوسنتز افزایش یافته و به دنبال آن تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن به نواحی مصرف (جوانه‌ها و گل‌ها) افزایش می‌یابد (۱۲).

در بررسی دیگر، صفت عمر گلدانی مورد ارزیابی قرار گرفت که مشخص شد تیمار هرس ۴۵ درجه بالاترین ماندگاری (۲۲/۵) و تیمار ۱۲۰ درجه کمترین ماندگاری را داشته است. در خم‌سازی ۱۲۰درجه (کمترین ماندگاری پس از برداشت) تیمار های هرس نشده ماندگاری بیشتر (۱۶ روز) و تیمارهای هرس شده ماندگاری پس از برداشت

کمتر (۱۳/۵ روز) را نشان داد.

همانطور که در شکل مشخص است هرس جوانه در خم‌سازی با زاویه‌های ۹۰ و ۴۵ درجه باعث افزایش ماندگاری پس از برداشت شاخه‌های گل شده است، می‌توان نتیجه گرفت با کم شدن تعداد جوانه‌های گل مصرف کننده کربوهیدرات فتوسنتزی، زمینه استفاده بیشتر برای جوانه‌های گل باقی مانده پس از هرس افزایش پیدا می کند و منجر به افزایش کیفیت در شاخه گل در ماندگاری پس از برداشت می‌شود (شکل ۳). ارزیابی تاثیر کربوهیدرات محلول در گلبرگ‌ها بر عمر گلدانی نشان داد که علت ماندگاری پس از برداشت، بالا بودن سطح میزان کربوهیدرات‌های محلول در گلبرگ‌های گل رز می‌باشد (۱۸).



شکل ۳- تاثیر بر همکنش خم‌سازی ساقه × هرس جوانه بر عمر گلدانی گل رز رقم آوالانچ

Figure 3- Interaction effect of stem bending ×bud pruning on vase life of rose cv. Avalanche (DMRT, *p≤0.05*)

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر هرس جوانه و خم سازی شاخه بر وزن خشک و وزن تر، قطر دمگل، قطر غنچه و طول شاخه گل رز رقم آوالانچ

Table 2- Analysis of variance for dry weight, fresh weight, peduncle diameter, and bud diameter and flower length of rose cv. Avalanche

منبع تغیرات S. O. V	درجه آزادی df	Means of Squares. میانگین مربعات				
		طول شاخه گل Flower length	قطر دمگل) Peduncle length	قطر غنچه Bud diameter	وزن خشک Dry weight	وزن تر Fresh weight
هرس جوانه Bud pruning	1	1498.78**	0.01125 ns	2.31125*	55.12*	392*
خم‌سازی شاخه Bending	3	1339.95**	0.04458**	2.42208**	79.12**	698.91**
هرس جوانه × خم‌سازی شاخه Bud pruning × Bending	3	148.03 ns	.00458 ns	0.80541 ns	10.46 ns	87.91 ns
خطا	24	136.59	0.0058	0.325	9.33	79.47
C.V. (درصد)		23.4	11.9	16	23.4	22.8

*و** و ns: به ترتیب معنی‌دار درسطوح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

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

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (۲)، هرس جوانه در سطح احتمال پنج درصد بر روی صفات وزن تر، وزن خشک و قطر غنچه معنی‌دار بوده است و در سطح احتمال یک درصد بر روی طول شاخه گل معنی‌دار می‌باشد. همچنین، تیمار خم سازی شاخه در سطح یک درصد بر روی صفات وزن تر،وزن خشک، قطر غنچه، قطر دمگل، طول شاخه گل معنی‌دار بوده است.

مطابق نتایج جدول مقایسه میانگین (۳) تیمار هرس جوانه نسبت به تیمار بدون هرس در تمام صفات وزن تر، وزن خشک، قطر غنچه

و طول شاخه گل تفاوت معنی‌داری داشته است. به نحوی که هرس جوانه وزن تر و وزن خشک را به نحو معنی‌داری نسبت به عدم هرس جوانه افزایش داده است (جدول ۳-۳). تیمار هرس جوانه قطر و طول شاخه را نیز به محو معنی‌داری افزایش داده است، به نحوی که طول شاخه در تیمار هرس جوانه حدود ۱۳ سانتی‌متر افزایش یافته است. با توجه به این نتایج برداشت می‌شود که با کاهش در تعداد جوانه‌های گل رشد کرده روی پاشاخه می‌توان سطح کیفی شاخه گل را در صفات وزن خشک و وزن تر، قطر غنچه و طول شاخه گل افزایش داد (جدول ۳). هرچند کاهش جوانه‌های پاشاخه باعث کاهش در عملکرد می‌شود اما باید در نظر داشت که کیفیت شاخه گل تولید شده در بازارپسندی نیز بسیار مهم می‌باشد. زمانی که جوانه گل به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، در واقع رقابت را برای جذب فرآورده‌های فتوسنتزی و کربوهیدرات کاهش می‌یابد، که باعث افزایش قابل توجه در مقدار صفات مورفولوژیک بررسی شده می‌شود. با بررسی بیشتر جدول ۳ می‌توان به این نتیجه رسید که تیمار هرس جوانه گل می تواند به تنهایی یک روش مفید برای مدیریت تولید در گلخانه تولید رز محسوب شود، که نتیجه آن بالا بردن سطح صفات کیفی محصول برداشت شده می‌باشد. همچنین هرس جوانه گل، که باعث کاهش کانوپی گیاه می‌شود، می‌تواند در مدیریت بهتر شرایط محیطی و کنترل آفات و افزایش سطح بهداشت گیاه در برابر بیماری تاثیر شایسته داشته باشد. مطالعه تاثیر زمان هرس در ارقام رز نشان داد که هرس شاخه گل بر صفات وزن تر، قطر غنچه، طول شاخه و وزن تر و خشک غنچه تاثیر مثبت داشته و افزایش تراکم شاخه بر روی گیاه باعث شیوع بیماری‌ها و کاهش کارایی کنترل شیمیایی آفات به دلیل نفوذ کمتر سم در بین ساختار پر تراکم گیاه می‌شود (۱۰).

جدول ۳- تاثیر هرس بر وزن تر، وزن خشک، قطر غنچه و طول شاخه گل رز رقم آوالانچ.

Table 3- The effect of bud pruning on fresh weight, dry weight, and bud diameter and flower length in rose cv. Avalanche

نوع هرس Prune type	طول شاخه گل (میلی متر) Flower length (mm)	قطر غنچه (میلی متر) Bud diameter (mm)	وزن خشک (میلی گرم) Dry weight (mgr)	وزن تر (میلی گرم) Dry weight (mgr)
بدون هرس Without bud pruning	43.125 ᵇ	3.2875 ᵇ	11.75 ᵇ	35.5 ᵇ
هرس جوانه Bud pruning	56.813 ᵃ	3.875 ᵃ	14.375 ᵃ	42.5 ᵃ

In each column, means with similar letters are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

عددهای دارای حرف‌های مشترک در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

هرس باز جوان سازی بر روی صفات رویشی و زایشی ۴ رقم رز شاخه بریده، نشان داد که افزایش قطر گل، وزن تر ساقه گل و شاخص کیفیت پس از هرس زمستانه مرتبط با افزایش جذب نور در تاج پوش و افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش تولید کربوهیدرات ها و انتقال آن به نواحی مصرف مانند جوانه‌ها و گل‌ها می‌باشد (۱۲). جذب نور بیشتر، موجب تغییراتی در تعادل هورمونی به سمت افزایش میزان سایتوکین‌ها و خم کردن شاخه در رز رقم مرسدس[1] منجر به کیفیت بالاتر شاخه گل، تعداد شاخه کور کمتر (جوانه‌های گل سقط شده) و عملکرد بیشتر شد (۱۶).

جدول مقایسه میانگین اثر خم سازی شاخه بر وزن تر، وزن خشک، قطر غنچه، قطر دمگل و طول شاخه (جدول۴.)، نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر (۴۷/۷۵)، وزن خشک (۱۵/۷۵)، قطر دمگل (۰/۷۲۵) و طول شاخه گل (۶۴/۳۷۵) مربوط به زاویه ۴۵ درجه می باشد. هرچند که در زاویه ۹۰ درجه نیز بیشترین قطر غنچه (۴/۱۵) اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. همچنین، در بررسی بیشتر مشاهده شد که تنها ۵ درصد وزن تر تیمار °۴۵ از تیمار°۹۰ بیشتر است و در صفت وزن خشک (۱۵/۷۵) هر دو تیمار باهم برابر می باشند. در مقایسه صفت قطر غنچه نیز تیمار °۹۰ تنها ۷ درصد از تیمار °۴۵ بیشتر می‌باشد (جدول ۴). کمترین قطر غنچه (۲/۹۶۲۵) در تیمار بدون خم سازی شاخه و بدون هرس مشاهده شد (جدول ۴). همانطور که در بررسی شکل ۲، خم‌سازی شاخه در زاویه مناسب (°۹۰ و °۴۵) باعث افزایش معنی‌دار سطح کربوهیدرات کل در شاخه گل شده بود، می‌توان نتیجه گرفت که با خم‌سازی شاخه اولیه و افزایش کربوهیدرات باعث افزایش ماده خشک در شاخه می‌شود و افزایش ماده خشک سبب افزایش وزن تر و خشک در تیمار خم‌سازی °۴۵ و °۹۰ می‌شود. هرچند صفت‌های قطر غنچه و طول شاخه گل، صفات ژنتیکی می‌باشند، اما با در دسترس قرار دادن مقدار بیشتر کربوهیدرات و آسیمیلات‌های فتوسنتزی باعث تاثیر مثبت در قطر غنچه و طول شاخه گل می‌شود و این‌گونه بنظر می‌رسد زمانی این صفت‌ها (ژنتیکی) خود را بصورت کامل بروز می‌دهند که از نظر تامین مواد اولیه برای سوخت ساز خود در شرایط مناسب قرار داشته باشند.

1- Mercedes

جدول –. تاثیر تیمار خم سازی شاخه بر وزن تر، وزن خشک، قطر غنچه و طول شاخه گل رز

Table 4- Effect of Bending on leaf fresh weight, leaf dry weight, and bud diameter and flower length of rose cv. Avalanche

Bending degrees زاویه خم سازی	Flower length طول شاخه گل	Peduncle diameter قطر دمگل	Bud diameter قطر غنچه	Dry weight وزن خشک برگ	Fresh weight وزن تر برگ
شاهد Control	42.875 b	0.625 bc	2.9625 a	11 b	33.625 a
45 °	64.375 a	0.725 a	3.875 a	15.75 a	47.75 b
90 °	56.75 a	0.675 ab	4.15 a	15.75 a	46 a
120 °	35.875 b	0.55 c	3.2375 b	9.75 b	28.625 b

In each column, means with similar letters are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

عددهای دارای حرف‌های مشترک در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

کیفیت شاخه گل برداشت شده در سیستم تربیت کمانی در دو رقم کاردینال[1] و فرآیس[2]، با افزایش وزن خشک شاخه افزایش یافت (۹) و خم کردن شاخه گل باعث بهبود طول و قطر و عمر گلجایی شاخه گل می‌شود (۶). پاسخ سیستم‌های تربیت کمانی و سنتی به سایه دهی در رز بریدنی رقم آوالانچ گزارش شده است، تربیت تاج پوشه رزها به روش سیستم کمانی باعث افزایش قطر ساقه و افزایش ساقه گل دهنده می‌شود (۵).

تجزیه واریانس شاخص های فتوسنتزی

طبق جدول تجزیه واریانس (۵)، تفاوت معنی‌داری در هیچ سطحی از شاخص‌های فتوسنتزی بررسی شده نداشته است. بنابراین تفاوت معنی‌داری در میزان فتوسنتز یک شاخه خم شده در کنار بستر کشت و شاخه های عمودی بالای بستر کشت وجود ندارد. خم سازی شاخه در زاویه مناسب، باعث بهره‌مندی مناسب تر شاخه خم شده از نور می شود و میزان فتوسنتز خود را هر چند که تحت تنش خم‌سازی قرار گرفته است، در سطح بالا حفظ نموده و در ساخت کربوهیدرات و دیگر فرآورده‌های فتوسنتزی به گیاه کمک خواهد نمود تا نهایتا شاخه های عمودی (شاخه گل) گیاه بتوانند از میزان کربوهیدرات بیشتر بهره مند شوند و افزایش کربوهیدرات منجر به افزایش نسبی کیفیت در افزایش قطر غنچه وطول شاخه گل و نهایتا عمر گلدانی شاخه گل می‌شود (جدول ۵). کانوپی خم شده به عنوان یک ذخیره غذایی از آسیمیلات ها برای رشد شاخه جدید گل در بخش عمودی کانوپی و عمدتا در زمانی که میزان نور کم باشد، در نظر گرفته شده است (۴). همچنین گزارش شده است که با هرس و خم کردن متوالی شاخه های رز به دلیل دریافت نور و نیز فتوسنتز بیشتر، یک منبع مناسب از کربوهیدرات‌ها و دیگر فرآورده‌های فتوسنتزی ایجاد می‌شود که به مصرف جوانه گل رسیده و اثر مثبت روی قطر و وزن تر ساقه گل خواهد داشت (۱۲). البته این نکته حائز اهمیت است که این پژوهش تنها در شش ماه ابتدایی کاشت قلمه‌ها انجام شده است و ممکن است با گذشت زمان و افزایش میزان کانوپی گیاه و در برابر آن افزایش میزان سایه‌اندازی، مقدار فتوسنتز و در قبال آن مقدار شاخص‌های فتوسنتزی شاخه های خم شده کاهش پیدا کند. اما می توان با مدیریت مناسب در هرس به موقع شاخه‌های نابارور، جوانه های گل و حذف شاخه‌های خم شده پیر، با شاخه های جوان این احتمال را بر طرف کرد.

طبق جدول تجزیه واریانس (۶)، تنها تیمار هرس جوانه در صفات حداکثر کارایی فتوسیستم دو (Fv/Fm)، میزان جذب فوتون به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC) و انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش (ET_0/RC) تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد داشته است. بیشرین مقدار حداکثر کارایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) مربوط به گیاهانی است که تحت تیمار هرس جوانه قرار گرفتند (شکل ۴)، و بیشترین مقدار جذب فوتون به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC) و انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش (ET_0/RC) برای گیاهان با هرس ۵۰ ٪ می‌باشد (شکل ۴). اینگونه به نظر می‌رسد که هرس جوانه گل در ابتدای رویت جوانه‌ها، باعث می‌شود زمانی که کانوپی گیاه تقریبا پر تراکم می‌شود سایه اندازی کمتری روی شاخه‌های خم شده داشته باشد و به همین علت می‌تواند از کارایی فتوسنتزی بهتری برخوردار باشد.

در رز رقم کاردینال، حذف جوانه گل که به عنوان محل مصرف مواد فتوسنتزی محسوب می‌گردد، پارامترهای تبادلات گازی شاخه های ایستاده را تغییر نداد اما موجب ایجاد تغییراتی در سرعت فتوسنتزی و تبادلات روزنه‌ای شاخه‌های خم شده گردید (۹).

1- cardinal
2- fair ice

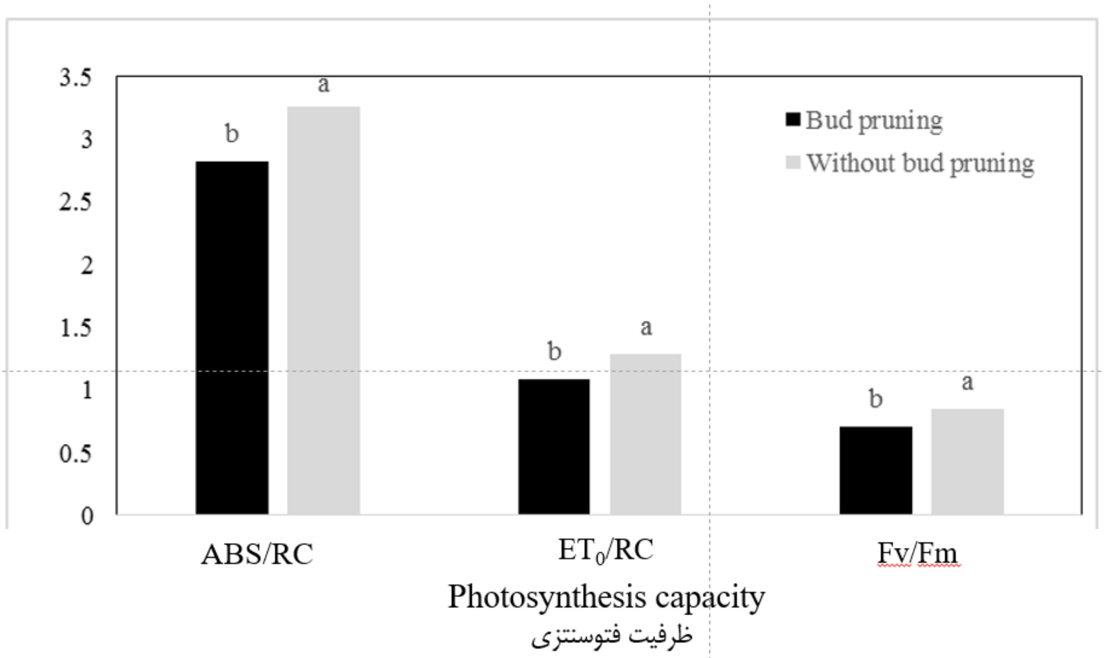
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر هرس جوانه و خم سازی شاخه بر شاخص های مرتبط با ظرفیت فتوسنتزی در شاخه های خم شده گل رز رقم آوالانچ

Table 5- ANOVA for the effect of bud pruning and stem bending on photosynthesis capacity-related indices in rose cv. Avalanche

منبع تغیرات S. O. V	درجه آزادی df	Means of Squares میانگین مربعات				
		حداکثر کارایی فتوسیستم ۲ FV/FM	اتلاف انرژی به ازای مرکز واکنش DI_0/RC	انتقال الکترون به ازای مرکز واکنش ET_0/RC	به دام انداختن انرژی به ازای مرکز واکنش TR_0/RC	جذب انرژی به ازای مرکز واکنش ABS/RC
هرس جوانه Bud pruning	1	0.004 *	0.272 ns	0337*	0.038 ns	1.562*
خم سازی شاخه Stem bending	3	0.003 ns	0.029 ns	0.057 ns	0.038 ns	0126 ns
هرس جوانه×خم سازی شاخه Stem bending×Bud pruning	3	0.003 ns	0.039 ns	0.041 ns	0.043 ns	0.293 ns
خطا Error	24	0.00071	0.02026	0.001149	0.01606	0.06699
ضریب تغییرات CV (%)		9.8	42.7	23.3	7.4	18.3

*و** و ns: به ترتیب معنی‌دار درسطوح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

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



شکل ٤- اثر تیمار هرس جوانه بر شاخص‌های مرتبط با ظرفیت فتوسنتزی شامل میزان جذب فوتون به ازای هر مرکز واکنش (ABS/RC)، انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش (ET_0/RC) و حداکثر کارائی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) در شاخه های گل رز رقم آوالانچ تحت تیمار خم‌سازی

Figure 4- Effects of bud pruning on photosynthesis capacity-related indices including absorbtion per reaction center (ABS/RC), electron transport per reaction center (ET0/RC) and maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) in bended shoot of rose cv. Avalanche (DMRT, *p≤0.05*)

بحث

تربیت ساختار گیاه رز در نمو گیاه و کیفیت شاخه های گل بسیار مهم می‌باشد. مقدار و کیفیت فتوسنتز عامل تعیین کننده برای پرورش گل رز است، چرا که مقدار تولید کربوهیدرات به فتوسنتز بستگی دارد. پس اگر ساختار گیاه رز به گونه‌ای معماری شود که کربوهیدرات تولید شده به شاخه های گل وارد شود، محصول برداشت شده با کیفیت می‌شود. خم‌سازی شاخه های گیاه رز خود نوعی هرس به شمار می آید به این مفهوم که شاخه‌ها اگر به درستی خم شده باشند بیشترین ماده خشک (کربوهیدرات) تولید شده را به مخازن مصرف کننده در قسمت‌های دیگر گیاه می‌فرستد و فقط به عنوان یک مرکز تولید کربوهیدرات و دیگر ماده‌های فتوسنتزی به شمار می‌آید و نقش مصرف کنندگی آن بسیار کمرنگ می شود.

با خم سازی شاخه‌ها تفاوت معنی‌داری در میزان فتوسنتز نسبت به شاخه های خم نشده مشاهده نشد. این‌گونه برداشت می‌شود که با خم‌سازی در زاویه مناسب (در زاویه ۹۰ درجه و ۴۵ درجه) گیاه می تواند به فعالیت فتوسنتزی خود با همان شدتی که شاخه های عمودی انجام می دهند، ادامه دهد. همچنین، با کند شدن مسیر انتقال شیره پرورده طی خم سازی آوندها (به ویژه آوند آبکش)، فرآورده‌های تولید شده حاصل از فتوسنتز برای جوانه‌های گل پاشاخه قابل دسترس تر شده و باعث افزایش معنی‌دار در کیفیت گل شاخه بریده می‌شود.

عملیات خم‌سازی در زاویه ۱۲۰ درجه نشان داد اگر خم‌سازی با زاویه مناسب انجام نشود و باعث شکستگی یا خم شدگی کامل شاخه بشود، نه تنها در انتقال کربوهیدرات به جوانه‌های گل کمک نمی‌کند بلکه باعث تجمع بیماری‌ها می‌شود و دیگر نقش تولید کنندگی را ایفا نمی‌کند و در نهایت باعث کاهش سطح کیفی در محصول برداشت شده می‌شود.

گل‌های شاخه بریده که دارای ذخیره مناسب کربوهیدرات می باشند علاوه بر افزایش قطر غنچه، قطر دمگل و طول شاخه، ماندگاری بهتری در مرحله پس از برداشت خواهند داشت. با کم شدن تعداد جوانه‌های گل یا مخزن[1] مصرف کننده کربوهیدرات و دیگر فراورده‌های فتوسنتزی، زمینه استفاده بیشتر برای جوانه های گل باقی مانده پس از هرس افزایش پیدا می‌کند و منجر به افزایش ماندگاری و عمر پس از برداشت شاخه‌های گل رز می‌شود.

خم‌سازی شاخه، باعث کاهش غالبیت انتهایی،افزایش جوانه گل و افزایش قدرت رشد و نمو پاشاخه ها که نقش مهمی در تکامل ساختار گیاه دارند، می‌شود و سطح کیفی گل از نظر قطر غنچه و طول شاخه گل دهنده با انجام خم‌سازی و هرس جوانه افزایش پیدا می‌کند. با خم‌سازی شاخه‌ها به سمت پایین از تمام نور در فضای گلخانه برای افزایش سطح فتوسنتز استفاده و باعث بالا بردن سطح فرآورده‌های فتوسنتزی می‌شود. هر چند خم کردن شاخه های گل رز باعث تنش به گیاه می‌شود اما با توجه به نتایج حاصل شده مشخص شد که میزان فتوسنتز در شاخه‌های خم شده و شاخه‌های بالا تفاوت معنی‌داری ندارد و در نتیجه شاخه‌های خم شده با قوت به فعالیت فتوسنتزی خود ادامه می‌دهند. نتایج حاصل شده از تیمار خم‌سازی مشخص کرد دقت در زمان خم‌سازی ساقه و انجام خم‌سازی در زاویه مناسب ۴۵ درجه و در مرحله بعد ۹۰ درجه منجر به افزایش کیفیت در تولید می‌شود.

منابع

1- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

2- Azadi P., Bagheri H., Nalousi A.M., Nazari F., and Chandler S.F. 2016. Current status and biotechnological advances in genetic engineering of ornamental plants. Biotechnology Advances 34: 1073–1090.

3- Baille A., Gutierrez Colomer R.P., and Gonzalez-Real M.M. 2006. Analysis of intercepted radiation and dry matter accumulation in rose flower shoots (*Rosa hybrida* cv. Dallas). Agriculture and Forest Meteorology 137: 68–80.

4- Bolhar-Nordenkampf, H.R., and Oquist G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: Photosynthesis and production in a changing environment. Springer, Dordrecht 193-206.

5- Dolatkhahi A., Matloobi M., and Motallebiazar A. 2014. Responses of arching and traditional training systems to shading in cut rose (*Rosa hybrida* cv. Avalanche). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5(2): 115-122. (In Persian)

6- Gonzalez-Real M.M., Baille A., and Colomer R.G. 2007. Leaf photosynthetic properties and radiation profiles in a rose canopy (*Rosa hybrida* L.) with bent shoots. Scientia Horticulturae 114(3): 177-187.

7- Hoagland D.R., and Arnon D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California agricultural experiment station, 347(2nd edit).

8- Jiang Y., Khan M.A., Wang Z., Liu J., Xue J., Gao J., and Zhang C. 2015. Cu/ZnSOD involved in tolerance to dehydration in cut rose (*Rosa hybrida*). Postharvest Biology and Technology 100: 187-195.

9- Kim S.H., and Lieth J.H. 2004. Effect of shoot-bending on productivity and economic value estimation of cut-flower roses grown in Coir and UC Mix. Scientia Horticulturae 99(3-4): 331-343.

10- Kool M.T.N., and Van de Pol P.A. 1993. Controlling the plant development of *Rosa hybrida* 'Motrea'. Scientia

Horticulturae 53(3): 239-248.
11- Li-Marchetti C., Le Bras C., Relion D., Citerne S., Huche-Thelier L., Sakr S., Morel P., and Crespel L. 2015. Genotypic differences in architectural and physiological responses to water restriction in rose bush. Frontiers in Plant Science 6(355): 1-14.
12- Nazari F. 2018. Management of Cut Flower Production in *Rose* with Emphasis on Shoot Bending. Journal of Flower and Ornamental Plants 3(2): 1-14. (In Persian with English abstract)
13- Ohkawa K., and Suematsu M. 1999. Arching cultivation techniques for growing cut-roses. Acta Horticulturae 482:47-52.
14- Reid A. 2008. Greenhouse roses for cut flower production. Department of Agriculture and Food, Western Australia, Perth. Bulletin 4738.
15- Robbie F.A., Atkinson C.J., Knight J.N., and Moore K.G. 1993. Branch orientation as a factor determining fruit set in apple trees. Journal of Horticulturae Science and Biotechnology 68: 317–335.
16- Sarkka L.E., and Rita H.J. 1999. Yield and quality of cut roses produced by pruning or by bending down shoots. Gartenbauwissenschaft 64: 173–176.
17- Smith D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Research report. Wisconsin Colleague of Agriculture and Life science, V: 41, 11 pp.
18- Yamada K., Norikoshi R., Suzuki K., Imanishi H., and Ichimura K. 2009. Determination of subcellular concentrations of soluble carbohydrates in rose petals during opening by nonaqueous fractionation method combined with infiltration–centrifugation method. Planta 230(6): 1115-1127.
19- Zieslin N., and Mor Y. 1981. Plant management of greenhouse roses. Formation of renewal canes. Scientia Horticulturae 15(1): 67-75.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 521-533
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۵۳۳-۵۲۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Improving *Rosa hybrida* cv. Avalanche Production under Bud Pruning and Bending Treatments

M. Bagheri[1]- I. Rohollahi[2*]– S. Aliniaeifard[3]
Received: 25-04-2020
Accepted: 01-07-2020

Introduction: Management of rose plant structure plays an important role in flower production throughout the year and determines the amount of rose plant life span and influence plant development and quality of cut flowers (length, diameter and weight). In the past, roses were planted in a row, and their structure was in the form of long vertical hedges, with annual pruning often involving, disbudding and pinching. Rose growers tend to bend non-producing shoots to increase light absorption and build more photosynthetic assimilates and increases the quality of the produced cut flowers. In this study was investigated for proper management of pruning of cut rose bud with an emphasis on degrees of shoot bending.

Materials and Methods: The cutting's media were prepared from a combination of Cocopeat and Perlite at 50% equilibrium. The cuttings were planted in two-meter-long boxes 18 cm apart. From day 4, nutrient solution was injected into the substrates. Nutrient solution volume per plant was 550 ml per day, which was injected 11 times into the culture medium. In order to select the best plant structure architecture for producing the highest quality of the cut flowers, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with two shoot pruning and bending treatments. During the bending process to increase the accuracy of the experiment, two bent shoots were counted for all cuttings, six days after bending treatment the dormant buds were activated in the primitive part of the stem and began to grow. Pruning of the buds was done in two levels of 50% pruning and without pruning. 45 days after bud removal, flower shoots were harvested, and samples were transferred to the laboratory for post-harvest evaluation. Chlorophyll and carbohydrate concentration, photosynthesis index, physiological, morphological and photosynthetic parameters were measured as well as vase life trait.

Results and Discussion: Pruning of buds at 1% probability level was important on carbohydrate content and bending at 5% probability level on carbohydrate and vase life. Furthermore, the interaction between the two pruning treatment and bending at 1% probability level was significant on the carbohydrate content and vase life. In general, it could be concluded that by bending the shoots, the light penetrates into the plant structure, which ultimately increased photosynthesis and the amount of carbohydrates in flower buds. It could be concluded from the observations that bent shoots with appropriate angles could consume their carbohydrates for bud flower production. In other words, bending branches plays the role of factories which task is to deliver the photosynthetic production in the bending branches to the flower branches that are the most important consumer. The results showed that bending of branches (45 and 90 degree), with increasing light absorption and making more photosynthetic assimilates and changing their flow from bent branches to shoots, caused their proper growth and 30% increasing in the fresh and dry weight traits. The diameter of the bud and the length of the flower shoot increased post-harvest quality of the cut flower. Furthermore, the interaction of bud pruning and bending had a positive effect on carbohydrate content of flower shoots. On the other hand, the vase life were evaluated, which showed that the bending 45 degree had the highest vase life (22.5) and 120 degree had the lowest vase life. At treatment 120 degree (lowest postharvest survival), non-pruned treatments showed longer vase life (16 days) and lower pruned treatments after harvest (13.5 days). It also showed the highest fresh weight, dry weight, peduncle diameter and flower length are 45 degree. No significant difference was observed in the photosynthesis rate of a bent branch near the bed and vertical branches above the bed. By bending the branch at the right angle, it made the bent light branch more efficiently utilized and maintained its photosynthetic rate, although bending stress, at the high levels and in the manufacture of carbohydrates and other products.

1 and 2- Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Horticulture Science, College of Agriculture Science, Shahed University, Tehran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: i.rohollahi@shahed.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Horticulture, Aburaihan Campus, University of Tehran

Photosynthesis for helping the plant eventually gained more carbohydrates from its vertical branches (flowering), and increasing carbohydrates will lead to a relative increase in quality, bud diameter and flower length and eventually vase life of the cut flower.

Conclusion: The results of the bending treatment showed that the accuracy of the bending time and degree of 45° and 90° subsequently resulted in an increase in the quality of production.

Keywords: Bending, Flowering, Pruning, Rose

Contents

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 34 No. 3 2020

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- 8795620

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: http://jm.um.ac.ir