

مقاله پژوهشی

اثر محلول پاشی با نیترات پتاسیم و روی بر صفات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.)

جواد طباطبائی^{۱*}، سعید حسینیان بادی^۲ و اعظم کدخدایی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۰ شهریور ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: ۲۸ فروردین ۱۳۹۸

طباطبائی، ج.، حسینیان بادی، س.، و کدخدایی، ا. ۱۳۹۹. اثر محلول پاشی با نیترات پتاسیم و روی بر صفات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۸(۲): ۱۶۳-۱۴۷.

چکیده

این تحقیق با هدف مطالعه تأثیر محلول پاشی کود روی و پتاسیم بر صفات کمی و کیفی زعفران در شهرستان نطنز در روستای بادرود در سال دوم زراعی ۱۳۹۶ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح نیترات پتاسیم (شاهد (K_1)، ۵ در هزار (K_2) و ۱۰ در هزار (K_3) و سه سطح روی (شاهد (Z_1)، ۵ در هزار (Z_2) و ۱۰ در هزار (Z_3)) بود. صفات مورد بررسی شامل صفات کمی وزن تر و خشک بنه دختری، وزن تر و خشک بنه مادری، عملکرد تر و خشک گل، عملکرد تر و خشک کلاله، صفات کیفی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بود. نتایج نشان داد سطوح کودی K_2 و K_3 موجب افزایش صفات کمی بویژه در سطح K_3 شد. در حالی که محلول پاشی روی تنها در سطح Z_2 باعث افزایش صفات کمی شد و اثر معنی‌داری بر صفات کیفی نداشت. کاربرد غلظت کود پتاسیم در سطح سوم (K_3) همراه با سطح دوم کود روی (Z_2) بیشترین اثر را در افزایش صفات کمی زعفران داشت. شاید بتوان یکی از دلایل افزایش عملکرد گل را به اثرات مثبت پتاسیم و روی بر سیستم فتوسنتزی گیاه نسبت داد. این افزایش در میزان فتوسنتز و ماده سازی نیز به نوبه خود بر میزان تولید کلاله تأثیر داشته و باعث افزایش وزن خشک کلاله می‌شود. در اثر محلول پاشی پتاسیم، میزان کروسین و پیکروکروسین از سطح K_1 به K_3 به ترتیب به میزان ۱۸ و ۱۳ درصد و سافرانال از سطح K_1 به K_2 و K_3 به میزان ۳۰ و ۴۸ درصد افزایش معنی‌داری داشت. در مطالعه حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال با خصوصیات کمی در زعفران بود. شاید بتوان گفت که صفات کیفی زعفران تحت اثر صفات کمی و اجزای عملکرد زعفران می‌باشد، بنابراین گل‌انگیزی و عملکرد گل زعفران در بهبود کیفیت آن نیز مؤثر می‌باشد.

کلمات کلیدی: پیکروکروسین، تغذیه برگی، سافرانال، عملکرد کلاله، کروسین.

۱- استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (اردستان)، اصفهان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (اردستان)، اصفهان، ایران.

۳- استادیار، گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان (واحد اردستان)، اصفهان، ایران.

*- نویسنده مسئول: (taba805@gmail.com)

مقدمه

شیمیایی، بیولوژیکی و حیوانی در تعیین کمیت و کیفیت زعفران تولیدی نقش به‌سزایی دارند (Perme et al., 2010).

مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و مشکلات فراوان زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها از یک سو و نداشتن سیستم ریشه ای گشترده، جذب برگی مواد غذایی در بنه‌های جوان و افزایش غلظت عناصر غذایی در اواخر بهمن در برگ‌ها و بنه‌های دختری زعفران از سوی دیگر، مصرف کودهای محلول را در اغلب مزارع کشاورزی ایران در دستور کار قرار می‌دهد. همچنین چون زمان جذب عناصر از طریق خاک در زعفران بسیار کوتاه و معمولاً در فصل سرد سال می‌باشد لذا استفاده از محلول‌پاشی به عنوان مکمل تغذیه زعفران باید مورد توجه قرار گیرد (Saeedi-Rad & Mokhtarian, 2011). چنانچه در دوره زمانی اسفند ماه مواد غذایی مورد نیاز زعفران بطور مصنوعی و از طریق کودهای محلول به سطح برگ برسد به سرعت وارد متابولیسم گیاه شده در رشد و زادآوری بیشتر آن مؤثر واقع می‌شود. زیرا جذب مناسب عناصر غذایی موجب تجمع بیشتر این عناصر در پارانشیم ذخیره‌ای بنه‌های دختری شده و می‌تواند در مراحل تقسیم میتوز تابستانه به همراه سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی دیگر به تشکیل اندام‌های گل در مریستم رأسی جوانه بنه کمک نموده و موجب افزایش گل‌آوری شود (Saeedi-Rad & Mokhtarian, 2011; Molina et al., 2005).

کمبود عناصر غذایی، باعث محدودیت رشد و در نهایت کاهش عملکرد گیاه خواهد شد. اما در این بین پتاسیم به عنوان عنصری که بیشترین وظایف فیزیولوژیکی را در رشد و نمو گیاه دارد، همیشه نقش قابل توجهی در تولید پایدار عملکرد گیاه داشته است (Mahler et al., 1985). یکی از وظایف اصلی پتاسیم نقش حمایتی آن در جلوگیری از تخریب سلول در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) است. پتاسیم به وسیله افزایش

زعفران با نام عمومی Saffron و نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی علفی و چند ساله از تیره زنبقیان (Iridaceae) است. از گذشته‌های دور از زعفران به عنوان آرام‌بخش، خلط آور، برطرف کننده اسپاسم، محرک معده، درمان اسپهال خونی، سرخک، تب، یرقان، عفونت دستگاه ادراری، هیستری، دیابت، درمان بیماری‌های پوستی، تسکین سردرد، درد دندان، رفع بی‌خوابی و دفع سنگ کلیه استفاده می‌شده است. استفاده از زعفران به عنوان یکی از غنی‌ترین منابع کاروتنوئید و ویتامین B2 (ریوفلاوین) در رژیم‌های غذایی می‌تواند تا حد زیادی امکان ابتلا به سرطان را کاهش دهد (Mousavi et al., 2009). کلاله سه شاخه زعفران که مهم‌ترین بخش تجاری این گیاه است دارای کاربردهای فراوانی در صنایع داروسازی و غذایی می‌باشد. تجزیه شیمیایی این گیاه حضور بیش از ۱۵۰ ماده را در کلاله نشان داده است که مهم‌ترین ترکیبات آن شامل متابولیت‌های ثانویه‌ای همچون کروسین (ایجادکننده رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل عطر و بو) هستند که میزان این ترکیبات، تعیین‌کننده مرغوبیت و کیفیت زعفران می‌باشد. کروسین، پیکروکروسین و سافرانال، مهم‌ترین ترکیبات کیفی در کلاله می‌باشند که دارای اثرات دارویی مؤثری به ویژه در پیشگیری از سرطان و تومورهای مغزی هستند (Bhandari, 2015).

با وجود اینکه ایران بیشترین میزان تولید زعفران جهان را به خود اختصاص داده است، لیکن میزان عملکرد در واحد سطح کمتری نسبت به سایر کشورهای تولید کننده این محصول را دارد (Karimi et al., 2001). به نظر می‌رسد با بهره‌گیری مناسب از عوامل تولید، میانگین عملکرد کلاله زعفران قابل افزایش باشد. عوامل اقلیمی و مدیریتی زیادی مانند اقلیم، بیماری‌ها، آبیاری، انبارداری و تاریخ کاشت، انواع کودهای

باعث کاهش بازده استفاده از آب شده، در نتیجه باعث کاهش تورژسانس و رشد سلول می‌شود (Duffy, 2007). غلظت بیش از حد روی باعث ایجاد مسمومیت در گیاه می‌شود که در نتیجه آن رشد ریشه کاهش می‌یابد و برگ‌ها کوچک و زرد می‌شوند (Molahosseini & Seilpor, 2009). اکبری‌ان و همکاران (Akbarian et al., 2012)، در بررسی محلول پاشی پتاسیم، روی و آهن در زعفران طی دو سال زراعی، بیان کردند اثر عناصر روی وزن خشک کلاله معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد آهن و روی بیشترین اثر روی وزن خشک کلاله را نسبت به پتاسیم داشت. همچنین با افزایش غلظت عناصر، وزن خشک کلاله بطور معنی‌داری افزایش یافت. ارزیابی تغذیه برگی بر افزایش عملکرد زعفران طی دو سال در منطقه قاین و بجستان حاکی از آن بود که مصرف یک بار کود مایع (نیتروژن، اکسید پتاسیم، اکسید فسفر، کلات‌های آهن، روی، منگنز و مس) با غلظت هفت در هزار در اسفند ماه در مقایسه با عدم مصرف آن، موجب افزایش ۳۳ درصدی محصول شد و تولید محصول مزارع سنتی را دو کیلوگرم در هکتار افزایش داد (Hosseini et al., 2004).

با توجه به نتایج متناقض در مورد تأثیر کودهای حاوی عناصر ریزمغذی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران، همچنین با توجه به عمومیت داشتن کمبود این دو عنصر در گیاهان زراعی، این آزمایش به منظور بررسی اثر مصرف عناصر روی و پتاسیم و بخصوص بررسی اثر متقابل این دو کود، روی خصوصیات کمی و کیفی زعفران اجرا شد. با توجه به اینکه زعفران یکی از محصولات با ارزش و گران‌بها بوده و مواد مؤثره و مقدار کمی زعفران در هر منطقه‌ای متفاوت می‌باشد، لذا تحقیقات گسترده در مورد خصوصیات این گیاه در شرایط مختلف محیطی امری مهم به شمار می‌رود و می‌تواند به صورت کاربردی تأثیر مهم بر رونق کشت و کار زعفران در ایران داشته باشد.

فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده، این گونه‌های فعال را خنثی می‌نماید. پتاسیم در فعالیت آنزیم‌ها، جذب و انتقال آهن، فتوستتوز، کاهش تنفس، بارگیری و انتقال مواد در آوند آبکش، باز و بسته شدن روزنه‌ها و افزایش رشد ریشه نقش اساسی دارد. پتاسیم در افزایش راندمان فتوستتوزی و افزایش مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها و بالابردن کیفیت محصول نقش قابل ملاحظه‌ای دارد. گسترش برگ‌ها نیز ارتباط نزدیکی با مقدار پتاسیم آن‌ها دارد (Barker & Pilbeam, 2007). سعید اکرم و همکاران (Saeed Akram et al., 2009) بیان کردند کاربرد سولفات پتاسیم میزان رشد گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) را افزایش داد که این افزایش را مربوط به افزایش ظرفیت فتوستتوز و مقدار نسبی آب برگ‌ها دانستند. ریزی و همکاران (Reezi et al., 2009) دریافتند که افزودن ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم به محلول غذایی رز بریده رقم *Hot Lady* تعداد گل را افزایش می‌دهد.

غلظت روی (Zn) در خاک‌های آهکی ایران بسیار اندک است. حلالیت همین مقدار کم نیز به دلایل آهکی بودن، pH بالا، بیکربنات بودن آب آبیاری، تنش خشکی و شوری، مواد آلی کم، استمرار خشک سالی و تداوم مصرف نامتعادل کودها بسیار ناچیز است. عنصر روی در فعالیت آنزیم‌ها، بیوستتوز کلروفیل، اکسین، پروتئین و کربوهیدرات و همچنین در متابولیسم لیپید، اسید نوکلئیک و استحکام غشا شرکت دارد. عنصر روی از طریق محافظت پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی در برابر رادیکال‌های آزاد و سایر محصولات حاصل از واکنش‌های احیایی درون سلولی باعث حفاظت تمامیت غشای سلول‌ها می‌شود. این می‌تواند یک دلیل بر افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در اثر کاربرد سولفات روی باشد (Marschner, 1995; Brown & Shelp, 1997). روی مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده را افزایش می‌دهد. کاهش فتوستتوز در گیاهان بدلیل کمبود روی می‌باشد که در نتیجه کاهش کلروفیل بوده و باعث غیرفعال شدن ساختار کلروپلاست می‌شود. همچنین کمبود روی

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مهر ماه ۱۳۹۶ در مزرعه زعفران در شهرستان نطنز در روستای بادرود به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. آزمایش کود شیمیایی پتاسیم (KNO_3) بعنوان فاکتور اول و روی (Zn -EDTA) بعنوان فاکتور دوم بود. محلول پاشی با کود پتاسیم (KNO_3) در سه سطح با غلظت‌های محلول پاشی شاهد (K_1)، غلظت ۵ در هزار (K_2) و غلظت ۱۰ در هزار (K_3) در نظر گرفته شد. محلول پاشی با کود روی (Zn -EDTA) نیز در سه سطح با غلظت‌های محلول پاشی شاهد (Z_1)، غلظت ۵ در هزار (Z_2) و غلظت ۱۰ در هزار (Z_3) در نظر گرفته شد. محلول پاشی برگ‌های زعفران به صورت حل نمودن منابع تأمین عناصر در آب و اسپری نمودن محلول روی و پتاسیم روی برگ‌های زعفران به میزان ۵ و ۱۰ سی سی در هر لیتر محلول آبی در هر تیمار مورد نظر در مترمربع در مرحله رویش گیاه در اوایل اسفند ماه انجام گردید. برای شاهد از آب معمولی استفاده شد. ۱۵ روز بعد از آبیاری مهرماه گل‌ها در مزرعه زعفران مشاهده و عملیات برداشت گل‌ها به صورت دستی در اواسط آبان ماه ۱۳۹۷ انجام شد. خصوصیات کمی زعفران شامل وزن تر و خشک بنه دختری، وزن تر و خشک بنه مادری، عملکرد تر و خشک گل، عملکرد تر و خشک کلاله و خصوصیات کیفی شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بود.

نمونه‌گیری از هر واحد آزمایش به صورت تصادفی و با حذف اثر حاشیه از قسمت وسط کرت‌های آزمایشی انجام شد. تعداد ۱۵ بوته به تصادف از وسط هر کرت انتخاب و مطالعه بر روی آن‌ها انجام گرفت. برداشت گل، در ابتدای روز صورت گرفت. سپس گلبرگ‌ها از کلاله جدا شدند. وزن تر به کمک ترازوی دیجیتال مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری گردید. پس از توزین جداگانه وزن تر قسمت‌های مختلف،

نمونه‌ها در آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک نمونه‌ها توزین گردید. جهت اندازه‌گیری صفات کیفی زعفران با دقت بسیار در یک هاون چینی کوبیده شد تا به صورت پودری یکنواخت در آید. تجزیه شیمیایی براساس روش اینزو ۳۶۳۲ که دقیقاً استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۲-۲۵۹ از آن اقتباس شده است، انجام گرفت (ISO/TS 3632-1/2, 2003). به این منظور، از اسپکتوفتومتر (مدل DR 5000 شرکت HACH آمریکا) برای اندازه‌گیری مقدار کروسین، سافرانال و پیکروکروسین استفاده شد. استاندارد جهانی ISO به شماره ۳۶۳۲ برای درجه بندی زعفران تدوین شده است. مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف از فرمول $E^{1\%}_{1cm}$ که نمایانگر ضریب خاموشی در طول موجی خاص (۴۴۰، ۳۳۰ و ۲۵۷ نانومتر به ترتیب برای کروسین، سافرانال و پیکروکروسین) است استفاده شد (ISO/TS 3632-1/2, 2003).

$E^{1\%}_{1cm} = 1000 \times OD / m (100-H)$
در این رابطه $E^{1\%}_{1cm}$ میزان جذب عصاره آبی زعفران، OD جذب ویژه (قرائت اسپکتوفتومتر)، m وزن نمونه بر حسب گرم در ۱۰۰ میلی لیتر و H مقدار رطوبت کلاله خشک است که به طور معمول بین ۸ تا ۱۰ درصد است.

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ver.9.1 تجزیه واریانس شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. در صورت معنی دار بودن اثر عوامل آزمایشی، از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد. همچنین به منظور بررسی روابط بین صفات اندازه‌گیری شده، ضرائب همبستگی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک بنه مادری
نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی روی و پتاسیم

بیشترین وزن تر بنه مادری به ترتیب در سطوح محلول پاشی Z_1 و K_3 (۱۰۷/۱۰ گرم) و کمترین Z_2 و K_3 (۱۰۷/۱۶ گرم) و کمترین وزن تر بنه مادری مربوط به سطح K_1 در تمامی سطوح Z بود (شکل ۱). بیشترین وزن خشک بنه مادری در سطح محلول پاشی K_3 و Z_2 (۴۱/۸۳ گرم) و کمترین وزن خشک بنه مادری در سطح K_2 و Z_3 (۲۲/۲۳ گرم) بود (شکل ۲). نتایج نشان می-دهد کاربرد غلظت کود پتاسیم در سطح سوم (K_3) همراه با سطح دوم کود روی (Z_2) بیشترین اثر را در افزایش وزن خشک بنه مادری دارد.

وزن تر و خشک بنه دختری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی روی و پتاسیم و اثر متقابل روی و پتاسیم بر وزن تر و خشک بنه دختری در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱).

بر وزن تر و خشک بنه مادری از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن تر بنه مادری از سطح محلول پاشی K_1 به K_2 و K_3 به ترتیب ۱۶ و ۳۷ درصد افزایش و وزن خشک بنه مادری به ترتیب ۵ و ۴۷ درصد افزایش داشت (جدول ۳). وزن تر و خشک بنه مادری در سطح محلول پاشی Z_2 به ترتیب با ۹۰/۲۴ و ۳۳/۴۲ گرم بیشترین مقدار را داشت، در حالی که در سطح Z_3 نسبت به سطح شاهد Z_1 هر دو صفت کاهش داشتند (جدول ۲). نتایج نشان می-دهد که سطح کودی دوم و سوم پتاسیم بویژه سطح سوم، افزایش معنی داری در وزن تر و خشک بنه مادری نشان داد، در حالی که محلول پاشی کود روی تنها در سطح دوم افزایش مؤثری در این صفات داشت و سطح سوم باعث کاهش صفات وزن تر و خشک بنه مادری گردید.

در بررسی اثر متقابل محلول پاشی پتاسیم و روی بر وزن تر و خشک بنه مادری با توجه به معنی دار بودن در هر دو صفت،

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک بنه مادری، وزن تر و خشک بنه دختری و وزن تر و خشک گل در گیاه زعفران تحت محلول پاشی سطوح مختلف پتاسیم و روی

Table 1- Analysis of variance of fresh and dry weight of the daughter corm, fresh and dry weight of mother corm and fresh and dry weight of the flower in saffron under foliar application of different levels of potassium and zinc

میانگین مربعات Mean squares							
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بنه مادری Fresh weight of mother corm	وزن خشک بنه مادری Dry weight of mother corm	وزن تر بنه دختری Fresh weight of daughter corm	وزن خشک بنه دختری Dry weight of daughter corm	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن خشک گل Dry weight of flower
بلوک Block	2	4.23 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.031 ^{ns}	0.114 ^{ns}	0.161 ^{ns}	0.001 ^{ns}
پتاسیم Potassium	2	1754.08 ^{**}	438.9 ^{**}	970.9 ^{**}	199.6 ^{**}	714.4 ^{**}	18.63 ^{**}
روی Zinc	2	60.44 [*]	46.65 ^{**}	182.6 ^{**}	20.8 ^{**}	12.46 ^{**}	0.298 ^{**}
پتاسیم × روی K×Z	4	48.61 [*]	26.12 ^{**}	45.9 ^{**}	5.62 ^{**}	4.71 ^{**}	0.111 ^{**}
خطا Error	16	11.09	0.464	0.949	0.496	0.38	0.020

** و * به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح ۵٪ و ۱٪: ns عدم اختلاف معنی دار.
* and ** significant at 5 and 1 percent of probability levels. ns: not significant.

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن تر و خشک بنه دختری، وزن تر و خشک بنه مادری و وزن تر و خشک گل در گیاه زعفران تحت محلول پاشی سطوح مختلف روی

Table 2- Means comparison of fresh and dry weight of the daughter corm, fresh and dry weight of mother corm and fresh and dry weight of the flower in saffron under foliar application of different levels of zinc

تیمار Treatment	وزن خشک بنه		وزن خشک بنه		وزن تر گل Fresh weight of flower (g)	وزن خشک گل Dry weight of flower (g)
	وزن تر بنه دختری Fresh weight of daughter corm (g)	دختری Dry weight of daughter corm (g)	وزن تر بنه مادری Fresh weight of mother corm (g)	مادری Dry weight of mother corm (g)		
Z ₁	75.72	23.74	89.56	32.70	35.75	5.81
Z ₂	79.22	25.41	90.24	33.42	36.24	6.17
Z ₃	70.28	22.37	85.45	29.17	37.99	6.02
LSD (5%)	0.31	0.22	1.08	0.22	0.20	0.047

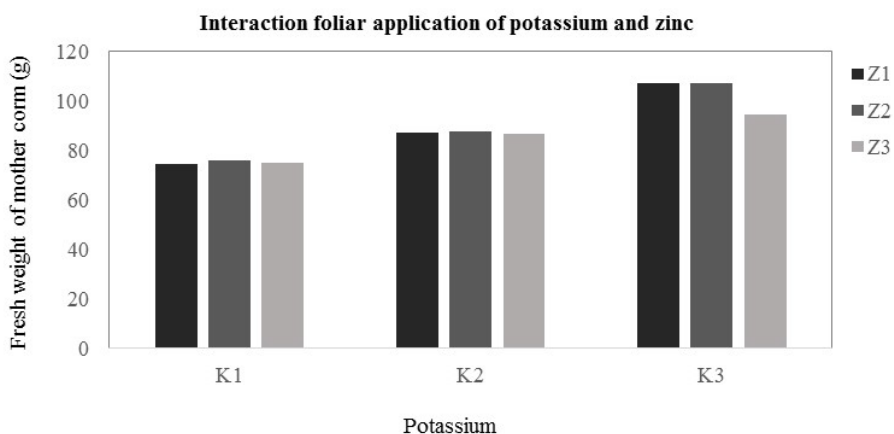
میانگین‌ها به طور جداگانه با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.
Means were compared with LSD test at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن تر و خشک بنه دختری، وزن تر و خشک بنه مادری و وزن تر و خشک گل در گیاه زعفران تحت محلول پاشی سطوح مختلف پتاسیم

Table 3- Means comparison of fresh and dry weight of the daughter's corm, fresh and dry weight of mother corm and fresh and dry weight of the flower in saffron under foliar application of different levels of potassium

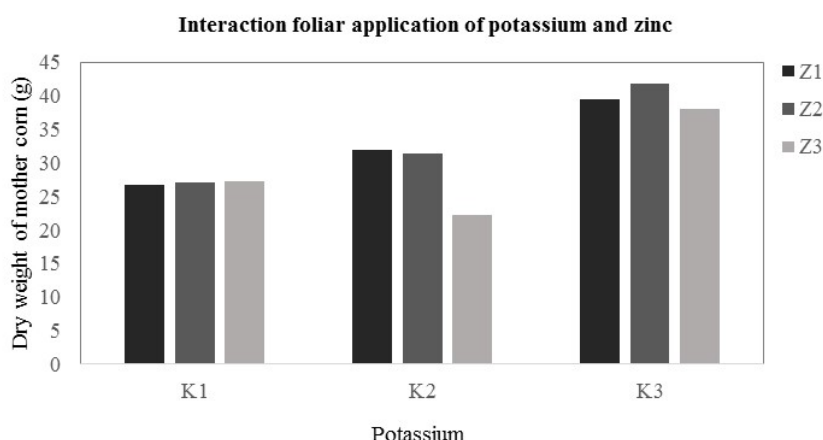
تیمار Treatment	وزن خشک بنه		وزن خشک بنه		وزن تر گل Fresh weight of flower (g)	وزن خشک گل Dry weight of flower (g)
	وزن تر بنه دختری Fresh weight of daughter corm (g)	دختری Dry weight of daughter corm (g)	وزن تر بنه مادری Fresh weight of mother corm (g)	مادری Dry weight of mother corm (g)		
K ₁	63.75	18.66	75.14	27.03	28.28	4.55
K ₂	77.30	25.00	87.14	28.48	35.68	6.03
K ₃	84.16	27.86	102.97	39.78	46.02	7.42
LSD (5%)	0.31	0.22	1.08	0.22	0.20	0.047

میانگین‌ها به طور جداگانه با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.
Means were compared with LSD test at 5% probability level.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح محلول پاشی کود پتاسیم (K₁, K₂ و K₃) و روی (Z₁, Z₂ و Z₃) بر وزن تر بنه مادری زعفران (LSD (5%): 5.51

Figure 1- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K₁, K₂ and K₃) and three levels foliar application of zinc (Z₁, Z₂ and Z₃) in fresh weight of mother corm. (LSD (5%): 5.51)



شکل ۲- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K_1 ، K_2 و K_3) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z_1 ، Z_2 و Z_3) در وزن خشک بنه مادری (LSD (5%): 1.10)

Figure 2- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K_1 , K_2 and K_3) and three levels foliar application of zinc (Z_1 , Z_2 and Z_3) in dry weight of mother corm. (LSD (5%): 1.10)

تر و افزایش گل‌دهی مزرعه زعفران می‌گردد (Hosseini et al., 2004).

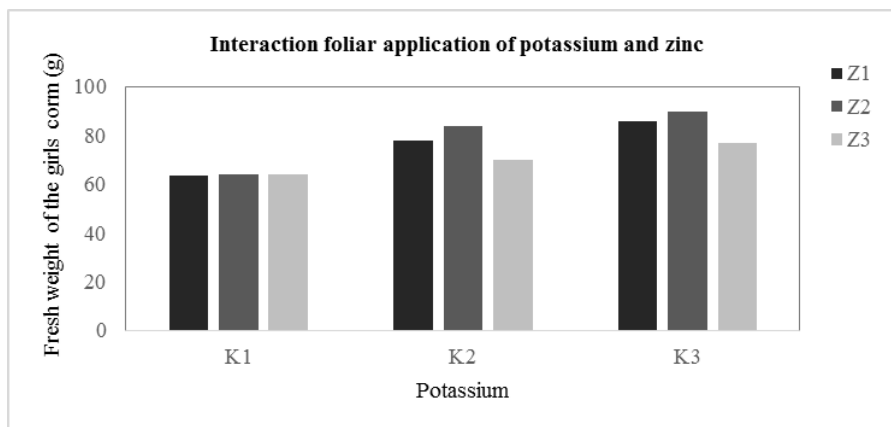
در بررسی اثر متقابل محلول پاشی پتاسیم و روی بر وزن تر و خشک بنه دختری با توجه به معنی‌دار بودن در هر دو صفت، بیشترین وزن تر بنه دختری در سطح محلول پاشی K_3 و Z_2 ($89/83$ گرم) و کمترین وزن تر بنه دختری مربوط به سطح K_1 در تمامی سطوح Z بود (شکل ۳). بیشترین وزن خشک بنه دختری در سطح محلول پاشی K_3 و Z_2 ($30/33$ گرم) و کمترین وزن خشک بنه دختری مربوط به سطح K_1 در تمامی سطوح Z بود (شکل ۴). با توجه به نتایج وزن تر بنه دختری، وزن خشک بنه دختری امری بدیهی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد کاربرد غلظت کود پتاسیم در سطح سوم (K_3) همراه با سطح دوم کود روی (Z_2) بیشترین اثر را در افزایش وزن تر و خشک بنه دختری دارد.

نتایج همبستگی بین صفات (جدول ۴)، حاکی از وجود همبستگی مثبت بین وزن تر بنه دختری با وزن تر ($0/90^{**}$) و خشک ($0/81^{**}$) بنه مادری و همچنین وزن خشک بنه دختری با وزن وزن تر ($0/91^{**}$) و خشک ($0/80^{**}$) بنه مادری می

نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن تر بنه دختری از سطح محلول پاشی K_1 به K_2 و K_3 به ترتیب ۲۱ و ۳۲ درصد افزایش و وزن خشک بنه دختری به ترتیب ۳۴ و ۴۹ درصد افزایش داشت (جدول ۳). وزن تر و خشک بنه دختری در سطح محلول پاشی Z_2 به ترتیب با $79/22$ و $25/41$ گرم بیشترین مقدار را داشت، در حالی که در سطح Z_3 نسبت به سطح شاهد Z_1 هر دو صفت کاهش داشتند (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهد که سطح کودی دوم و سوم پتاسیم بویژه سطح سوم، افزایش معنی‌داری در صفات کمی وزن تر و خشک بنه دختری نشان داد، در حالی که محلول پاشی کود روی تنها در سطح دوم افزایش مؤثری در این صفات داشت و سطح سوم باعث کاهش صفات وزن تر و خشک بنه دختری گردید. در گیاه زعفران، بنه‌های دختری در اواخر بهمن و اوایل اسفند ماه شکل می‌گیرند که در این مرحله فاقد ریشه می‌باشند. این بنه‌ها در ادامه فعالیت خود تا خاتمه فروردین که آغاز دوره خواب است تنها به برگ‌های بنه مادری متکی می‌باشند که این برگ‌ها عمل فتوسنتز، جذب آب و یا کودهای محلول را انجام می‌دهند. جذب کودهای محلول از طریق اندام‌های هوایی موجب تشکیل بنه‌های درشت

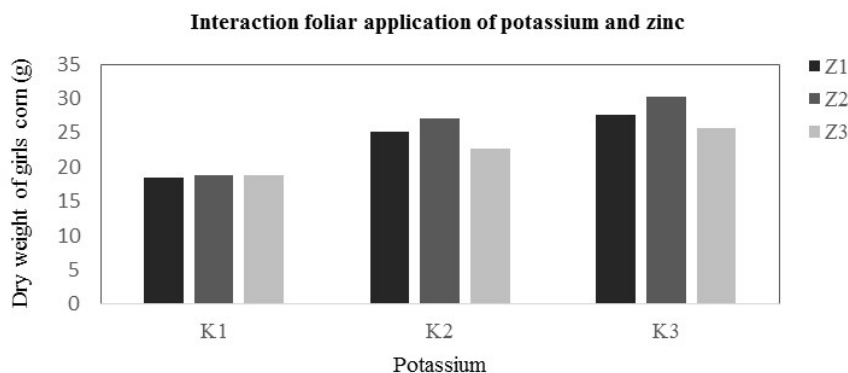
شده را به دنبال دارد و در نهایت موجب ایجاد بنه های دختری بزرگ تر در پایان فصل رشد می شود (Molina et al., 2005).

باشد، بنابراین در بنه های مادری تقسیم سلولی و به دنبال آن رشد برگ ها زودتر اتفاق افتد. رشد زودتر برگ ها امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته



شکل ۳- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K₁, K₂ و K₃) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z₁, Z₂ و Z₃) در وزن تر بنه دختری (LSD (5%): 1.57)

Figure 3- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K₁, K₂ and K₃) and three levels foliar application of zinc (Z₁, Z₂ and Z₃) in fresh weight of daughter corm. (LSD (5%): 1.57)



شکل ۴- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K₁, K₂ و K₃) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z₁, Z₂ و Z₃) در وزن خشک بنه دختری (LSD (5%): 1.15)

Figure 4- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K₁, K₂ and K₃) and three levels foliar application of zinc (Z₁, Z₂ and Z₃) in dry weight of daughter corm. (LSD (5%): 1.15)

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در گیاه زعفران تحت سطوح مختلف محلول پاشی کود پتاسیم و روی

Table 4- Correlation coefficients between different traits in saffron under different levels of foliar application of potassium and zinc

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
۱- وزن تر بنه دختری 1- Fresh weight of daughter corm	1										
۲- وزن خشک بنه دختری 2-Dry weight of daughter corm	0.98**	1									
۳- وزن تر بنه مادری 3-Fresh weight of mother corm	0.90**	0.91**	1								
۴- وزن خشک بنه مادری 4-Dry weight of mother corm	0.81**	0.80**	0.85**	1							
۵- وزن تر کلاله 5-Fresh weight of stigma	0.94**	0.92**	0.90**	0.86**	1						
۶- وزن خشک کلاله 6-Dry weight of stigma	0.94**	0.90**	0.83**	0.79*	0.97**	1					
۷- وزن تر گل 7-Fresh weight of flower	0.79**	0.84**	0.93**	0.81**	0.77*	0.66	1				
۸- وزن خشک گل 8-Dry weight of flower	0.88**	0.92**	0.95**	0.81**	0.84**	0.76*	0.98**	1			
۹- کروسین 9-Crocin	0.77*	0.77*	0.83**	0.86**	0.76*	0.72*	0.80**	0.82**	1		
۱۰- پیکروکروسین 10-Picocrocin	0.76*	0.73*	0.82**	0.94**	0.81**	0.77*	0.71*	0.71*	0.90**	1	
۱۱- سافرانال 11-Safranal	0.92**	0.95**	0.88**	0.78*	0.86**	0.83**	0.88**	0.95**	0.83**	0.69*	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.
* and ** significance at 5 and 1% level, respectively.

و سبب افزایش تولید کربوهیدرات ها می شود. علاوه بر آن روی در تولید اکسین تقسیم سلولی و باروری گیاه نقش دارد. کمبود روی باعث کاهش رشد و گلدهی گیاه می شود و عملکرد گیاه را کاهش می دهد (Fang et al., 2008). نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن تر و خشک گل از سطح K_1 به K_3 افزایش داشت. میزان افزایش وزن تر گل از سطح K_1 به K_2 و K_3 به ترتیب ۲۶ و ۶۳ درصد و میزان افزایش وزن خشک گل از سطح K_1 به K_2 و K_3 به ترتیب برابر ۳۲/۵ و ۶۳ درصد بود (جدول ۳). سایر محققین اثر مثبت محلول پاشی را بر عملکرد گل زعفران گزارش کردند (Rabani Foroutaghehet et al., 2013; Bozorgi et al., 2012). پتاسیم رشد ریشه را افزایش می دهد. جذب آب و عناصر غذایی را افزایش می دهد. همچنین باعث کاهش تنفس شده و از کاهش انرژی جلوگیری می کند. پتاسیم

تأثیر محلول پاشی روی و پتاسیم بر وزن تر و خشک گل نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی روی و پتاسیم و اثر متقابل روی و پتاسیم بر وزن تر و خشک گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱). مقدار وزن تر گل از سطح Z_1 (شاهد) به سطح Z_3 افزایش معنی داری داشت. میزان افزایش وزن تر در Z_3 نسبت به شاهد ۶ درصد بود. وزن خشک گل در سطح محلول پاشی Z_2 به میزان ۶/۱۷ گرم بیشترین و سپس در سطح Z_3 (۶/۰۲ گرم) مقدار بیشتری داشت (جدول ۲). روی از اجزای ساختاری چندین نوع آنزیم است و برای فعالیت آنها مورد نیاز است، بنابراین کمبود روی شدت فتوسنتز گیاه، متابولیسم کربوهیدرات و ساخت پروتئین را متأثر می سازد. بین مقدار کافی روی در گیاه و تولید آنزیم کربونیک انیدراز رابطه ای مستقیم وجود دارد. این آنزیم نقش مهمی در فتوسنتز گیاه دارد

میلی گرم و ۴۲/۹۸ میلی گرم افزایش داد. در بررسی اثر متقابل محلول پاشی پتاسیم و روی بر وزن تر و خشک گل با توجه به معنی دار بودن در هر دو صفت، بیشترین وزن تر گل به ترتیب در سطوح محلول پاشی K_3 و Z_1 (۴۶/۳۵ گرم) یا K_3 و Z_3 (۴۶/۶۳ گرم) و کمترین وزن تر گل مربوط به سطح K_1 و Z_1 (شاهد) بود (شکل ۵). بیشترین وزن خشک گل به ترتیب در سطوح محلول پاشی K_3 و Z_2 (۷/۵۵ گرم) یا K_3 و Z_1 (۷/۴۵ گرم) و K_3 و Z_3 (۷/۲۸ گرم) و کمترین وزن خشک گل مربوط به سطح K_1 و Z_1 (شاهد) بود (شکل ۶). نتایج نشان می دهد کاربرد غلظت کود پتاسیم در سطح سوم (K_3) همراه با سطح سوم کود روی (Z_3) اثری معادل با کاربرد سطح سوم پتاسیم (K_3) و سطح اول روی (Z_1) در صفت وزن تر و خشک گل دارد، بنابراین می توان گفت اثر کود پتاسیم در سطح سوم با اثر مخلوط کود پتاسیم در سطح سوم با سطح سوم روی یکسان می باشد.

به فتوستنتز و تشکیل غذا کمک می کند. به انتقال قند و نشاسته کمک می کند. همچنین بخشی از وظیفه پتاسیم با تشکیل کلروفیل مرتبط بوده و از تجزیه کلروفیل جلوگیری می کند (Rabani Foroutaghehet et al., 2013). اکبریان و همکاران (Akbarian et al., 2012) با انجام محلول پاشی عناصر پتاسیم، روی و آهن در زعفران نتیجه گرفتند که محلول پاشی، طول برگ و عملکرد گل را نسبت به شاهد افزایش داد. در مطالعه امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کودهای شیمیایی آهن، فسفر و پتاسیم اثر مثبتی بر روی تمامی خصوصیات گل دهی دارند. در مقایسه با کنترل، کوددهی بطور معنی داری عملکرد خشک زعفران، تعداد گل، وزن تر کلاله، وزن خشک کلاله، وزن تر گل و وزن خشک گل را به ترتیب از مقادیر ۰/۲۷ کیلوگرم در هکتار، ۲/۴۸ تعداد در متر مربع، ۳۳/۳ میلی گرم، ۰/۲۲ میلی گرم، ۴/۷۳ میلی گرم و ۱/۷۹ میلی گرم به ۱/۴۳ کیلوگرم در هکتار، ۲۵/۵۲ تعداد در متر مربع، ۲۷/۷۷ میلی گرم، ۵/۲۹ میلی گرم، ۳۴/۱/۵۳

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک کلاله، کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در گیاه زعفران تحت محلول پاشی سطوح مختلف پتاسیم و روی

Table 5- Analysis of variance of fresh and dry weight of the stigma, crocin, picocrocin and safranal in saffron under foliar application of different levels of potassium and zinc

میانگین مربعات Mean squares						
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر کلاله Fresh weight of stigma	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma	کروسین Crocin	پیکروکروسین Picocrocin	سافراناال Safranal
بلوک Block	2	0.001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	569.4 ^{ns}	8.1 ^{ns}	217.6 ^{**}
پتاسیم Potassium	2	4.16 ^{**}	0.048 ^{**}	5940.6 ^{**}	525.27 ^{**}	459.3 ^{**}
روی Zinc	2	1.59 ^{**}	0.033 ^{**}	914.4 ^{ns}	87.7 ^{ns}	64.2 ^{ns}
پتاسیم × روی K×Z	4	0.264 ^{**}	0.005 ^{**}	361.1 ^{ns}	37.3 ^{ns}	5.1 ^{ns}
خطا Error	16	0.015	0.0001	520.3	61.0	24.9

** و * به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ ns: عدم اختلاف معنی دار.
* and ** significant at 5 and 1 percent of probability levels. ns: not significant.

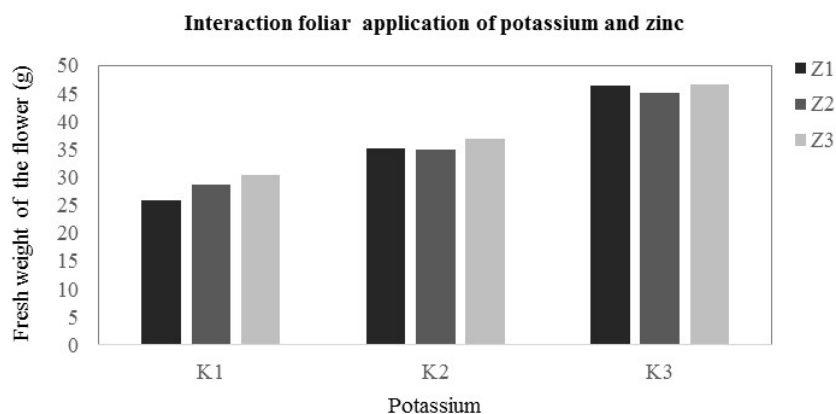
جدول ۶- مقایسه میانگین وزن تر و خشک کلاله، کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در گیاه زعفران تحت محلول پاشی سطوح مختلف روی
Table 6- Means comparison of fresh and dry weight of the stigma, crocin, picocroc and safranal in saffron under foliar application of levels of zinc

تیمار Treatment	وزن تر کلاله Fresh weight of stigma (g)	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma (g)	کروسین Crocin (E ^{1%} _{1cm})	پیکروکروسین Picocroc (E ^{1%} _{1cm})	سافرانال Safranal (E ^{1%} _{1cm})
Z _۱	5.58	0.87	260.69	105.97	34.85
Z _۲	5.93	0.93	280.44	107.15	40.07
Z _۳	5.09	0.80	267.09	101.25	36.46
LSD (5%)	0.69	0.003	7.42	2.54	1.62

میانگین‌ها به طور جداگانه با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.
Means were compared with LSD test at 5% probability level.

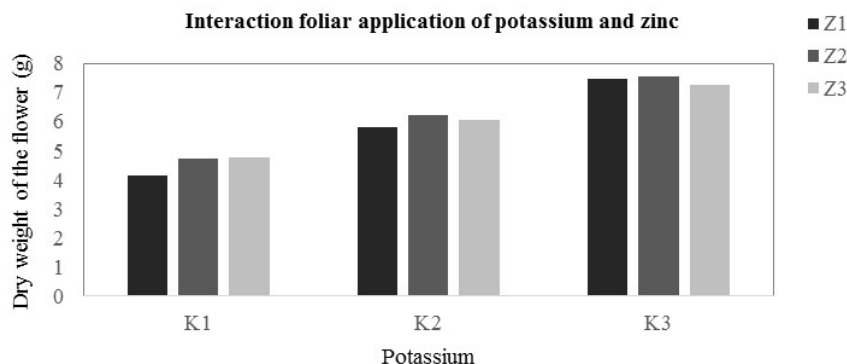
جدول ۷- مقایسه میانگین وزن تر و خشک کلاله، کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در گیاه زعفران تحت محلول پاشی سطوح مختلف پتاسیم
Table 7- Means comparison of fresh and dry weight of the stigma, crocin, picocroc and safranal in saffron under foliar application of levels of potassium

تیمار Treatment	وزن تر کلاله Fresh weight of stigma (g)	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma (g)	کروسین Crocin (E ^{1%} _{1cm})	پیکروکروسین Picocroc (E ^{1%} _{1cm})	سافرانال Safranal (E ^{1%} _{1cm})
K _۱	4.86	0.79	252.80	100.83	29.50
K _۲	5.53	0.87	256.4	99.94	38.23
K _۳	6.22	0.94	299.05	113.60	43.66
LSD (5%)	0.040	0.003	7.42	2.54	1.62



شکل ۵- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K_۱، K_۲ و K_۳) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z_۱، Z_۲ و Z_۳) در صفت وزن تر گل (LSD (5%): 1.02)

Figure 5- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K₁, K₂ and K₃) and three levels foliar application of zinc (Z₁, Z₂ and Z₃) in fresh weight of the flower. (LSD (5%): 1.02)



شکل ۶- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K_1 , K_2 و K_3) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z_1 , Z_2 و Z_3) در وزن خشک گل (LSD (5%): 0.234)

Figure 6- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K_1 , K_2 and K_3) and three levels foliar application of zinc (Z_1 , Z_2 and Z_3) in dry weight of the flower. (LSD (5%): 0.234)

کربوهیدرات را تحت اثر قرار می‌دهد (Alloway, 2004). نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن تر و خشک کلاله از سطح K_1 به K_3 افزایش داشت. میزان افزایش وزن تر کلاله از سطح K_1 به K_2 و K_3 به ترتیب ۱۴ و ۲۸ درصد و میزان افزایش وزن خشک کلاله از سطح K_1 به K_2 و K_3 به ترتیب برابر ۱۰ و ۱۹ درصد بود (جدول ۷). در دسترس بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه زعفران باعث جذب بیشتر این عناصر توسط گیاه شده و در اثر این جذب رشد اندام‌های رویشی آن افزایش پیدا کرده و در نتیجه بر میزان فتوسنتز و ماده‌سازی گیاه افزوده می‌شود. این افزایش در میزان فتوسنتز و ماده سازی نیز به نوبه خود بر میزان تولید کلاله تأثیر داشته و باعث افزایش وزن خشک کلاله می‌شود (Molina et al., 2005). مقدار مصرف پتاسیم برای حصول به حداکثر عملکرد ۲۰/۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود. اکبریان و همکاران (Akbarian et al., 2012) در بررسی محلول پاشی پتاسیم، روی و آهن در زعفران طی دو سال زراعی، بیان کردند روی، آهن و پتاسیم باعث افزایش طول برگ، تعداد برگ و شاخص سطح برگ شده، این افزایش باعث افزایش فتوسنتز

نتایج همبستگی بین صفات (جدول ۴)، حاکی از وجود همبستگی مثبت بین وزن تر بنه مادری با وزن تر گل ($0/93^{**}$) و وزن خشک گل ($0/95^{**}$) و همچنین وزن خشک بنه مادری با وزن تر گل ($0/81^{**}$) و وزن خشک گل ($0/81^{**}$) بود. علت افزایش عملکرد گل را می‌توان به اثرات مثبت پتاسیم و روی بر سیستم فتوسنتزی گیاه نسبت داد (Sahabi et al., 2018).

تأثیر محلول پاشی روی و پتاسیم بر وزن تر و خشک کلاله نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول پاشی روی و پتاسیم و اثر متقابل روی و پتاسیم بر وزن تر و خشک کلاله در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان وزن تر کلاله در سطح Z_2 مشاهده شد. میزان افزایش وزن تر کلاله در سطح Z_2 نسبت به شاهد ۶ درصد بود. میزان وزن تر کلاله از سطح Z_1 به Z_3 کاهش داشت. وزن خشک کلاله در سطح محلول پاشی Z_2 نسبت به Z_1 به میزان ۷ درصد افزایش و در سطح Z_3 ($0/80$ گرم) نسبت به Z_1 ($0/87$ گرم) کاهش داشت (جدول ۶). عنصر روی برای تولید کلروفیل، تشکیل کربوهیدرات و تولید و سنتز نشاسته ضروری بوده و نقش مثبتی در متابولیسم دارد و باعث بهبود رشد ریشه می‌شود. بنابراین متابولیسم

را در افزایش وزن تر و خشک کلاله دارد. مطالعات قبلی انجام شده در بررسی اثر تغذیه برگ بر عملکرد زعفران نشان داد که مصرف کود ترکیبی به صورت محلول پاشی در اسفند ماه موجب افزایش ۳۳ درصدی عملکرد زعفران شد. در گیاه زعفران، بنه‌های دختری در اواخر بهمن و اوایل اسفند شکل می‌گیرند و به منظور فعالیت‌های حیاتی در ادامه فصل رشد زعفران وابسته به فتوسنتز برگ‌ها می‌باشد، بنابراین مصرف کود به صورت تغذیه برگ در اسفند ماه مفید و مهم می‌باشد (Hosseini et al., 2004).

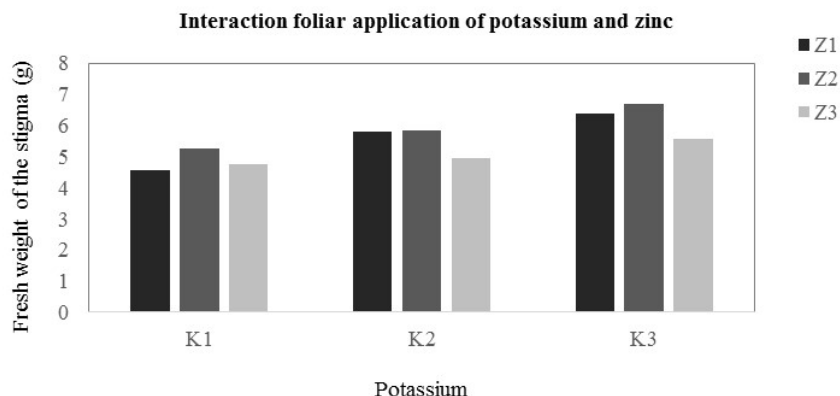
نتایج همبستگی بین صفات (جدول ۴)، حاکی از وجود همبستگی مثبت بین وزن تر کلاله با وزن تر گل ($0/77^*$)، وزن خشک گل ($0/84^{**}$)، وزن تر بنه مادری ($0/90^{**}$) و وزن خشک بنه مادری ($0/86^{**}$) بود. همچنین وزن خشک کلاله همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک گل ($0/76^*$)، وزن تر بنه مادری ($0/83^{**}$) و وزن خشک بنه مادری ($0/79^*$) داشت. در این مطالعه بین وزن تر و خشک کلاله همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با صفات گل و بنه مادری مشاهده شد. بنابراین افزایش وزن بنه مادری سبب افزایش وزن تر و خشک گل و وزن تر و خشک کلاله شد.

تأثیر محلول پاشی روی بر ضریب خاموشی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال

محلول پاشی روی اثر معنی‌داری بر ضریب خاموشی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال نداشت (جدول ۵). هر چند در هر سه صفت افزایش از سطح Z_1 به سطح Z_2 مشاهده شد، اگر چه از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). در مطالعه (مالکی و فرهانی و همکاران (Maleki Farahani et al., 2015) در بررسی اثر غنی‌کننده‌های نانوکلات آهن بر جذب آهن و خصوصیات کمی و کیفی زعفران، میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال تحت اثر نوع و میزان و همچنین اثر متقابل نوع و میزان کود قرار نگرفت.

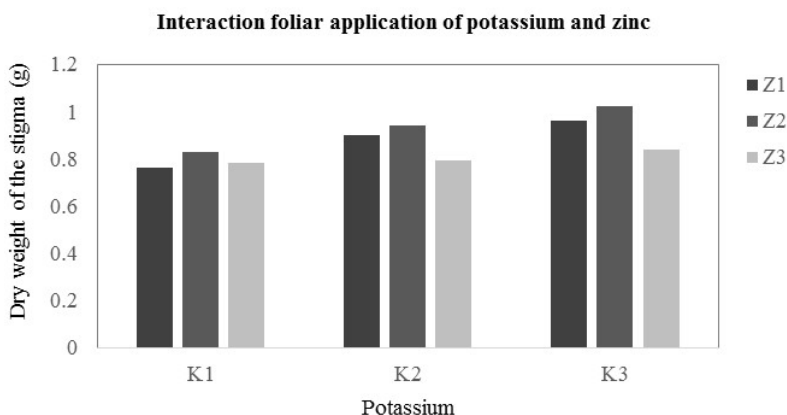
شده و افزایش فتوسنتز باعث افزایش عملکرد زعفران می‌شود. عملکرد صفت پیچیده‌ای از گیاه است که تحت تأثیر اجزای عملکرد و اثر متقابل بین آن‌ها می‌باشد. محلول پاشی گیاه با پتاسیم و روی منجر به افزایش شدت فتوسنتز گیاه می‌شود. بنابراین کربوهیدرات بیشتری به ریشه‌ها منتقل شده، رشد و جذب عناصر غذایی توسط ریشه زیاد می‌شود. در نتیجه غلظت‌های عناصر دیگر هم در گیاه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر بخشی از محصولات فتوسنتزی منتقل شده به ریشه‌ها توسط آن‌ها مصرف نمی‌شود بلکه به بیرون از ریشه‌ها ترشح می‌شود که به شکل انواع اسیدهای آلی و کربوهیدرات‌ها در افزایش جمعیت میکروبی خاک در ریزوسفر اثر دارند. افزایش جمعیت میکروبی خاک باعث افزایش آزادسازی عناصر غذایی و حل پذیری ترکیباتی مانند P ، Ca ، Fe ، Zn و غیره می‌شود (Marschner, 1995). یاسین و همکاران (Yassen et al., 2010) هم افزایش جذب عناصر از خاک را از فواید محلول پاشی عنوان کردند. براساس نظر آنان محلول پاشی سبب ترشح مواد قندی و سایر مواد از ریشه به محلول خاک می‌گردد. ترشح این مواد سبب بهبود فعالیت میکروبی در ریزوسفر شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. شاید این مسئله نیز دلیلی دیگر بر افزایش عملکرد زعفران بعد از محلول پاشی در این آزمایش باشد.

در بررسی اثر متقابل محلول پاشی پتاسیم و روی بر وزن تر و خشک کلاله با توجه به معنی‌دار بودن در هر دو صفت، بیشترین وزن تر کلاله در سطح محلول پاشی K_3 و Z_2 ($6/71$ گرم) و کمترین وزن تر کلاله به ترتیب مربوط به سطوح K_1 و Z_3 ($4/75$ گرم) یا K_1 و Z_1 ($4/58$ گرم) بود (شکل ۷). بیشترین وزن خشک کلاله در سطح محلول پاشی K_3 و Z_2 ($1/02$ گرم) و کمترین وزن خشک کلاله مربوط به سطح K_1 و Z_1 (شاهد) بود (شکل ۸). نتایج نشان می‌دهد کاربرد غلظت کود پتاسیم در سطح سوم (K_3) همراه با سطح دوم کود روی (Z_2) بیشترین اثر



شکل ۷- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K_1 , K_2 و K_3) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z_1 , Z_2 و Z_3) در صفت وزن تر کلاله (Z_3) (LSD (5%): 0.200)

Figure 7- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K_1 , K_2 and K_3) and three levels foliar application of zinc (Z_1 , Z_2 and Z_3) in fresh weight of the stigma. (LSD (5%): 0.200)



شکل ۸- میانگین اثر متقابل در گیاه زعفران تحت سه سطح محلول پاشی کود پتاسیم (K_1 , K_2 و K_3) و سه سطح محلول پاشی کود روی (Z_1 , Z_2 و Z_3) در صفت وزن خشک کلاله (Z_3) (LSD (5%): 0.017)

Figure 8- Means of interaction effects in saffron under three levels foliar application of potassium (K_1 , K_2 and K_3) and three levels foliar application of zinc (Z_1 , Z_2 and Z_3) in dry weight of the stigma. (LSD (5%): 0.017)

سطح K_1 به K_3 به ترتیب به میزان ۱۸ و ۱۳ درصد افزایش معنی داری مشاهده شد (جدول ۷). ضریب خاموشی سافرانال از سطح K_1 به K_2 و K_3 به میزان ۳۰ و ۴۸ درصد افزایش معنی داری داشت (جدول ۶). در آزمایش صفی پوریان (Safiporian, 2011)، کاربرد کود کامل (با ترکیب‌های روی، پتاسیم، فسفر و

تأثیر محلول پاشی پتاسیم بر ضریب خاموشی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال محلول پاشی پتاسیم بر ضریب خاموشی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال اثر معنی داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد ضریب خاموشی کروسین و پیکروکروسین از سطح K_1 به K_2 تغییر معنی داری نداشت، اما از

صفات شد، اثر گذاری آن روی صفات کیفی این گیاه امری بدیهی می‌باشد. با افزایش صفات کمی در نتیجه محلول پاشی کود پتاسیم و روی، صفات کمی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال نیز افزایش داشتند. به‌طور کلی، می‌توان اظهار داشت که افزایش گل‌انگیزی و عملکرد گل زعفران در بهبود کیفیت آن نیز مؤثر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد غلظت کود پتاسیم در سطح ۱۰ در هزار همراه با سطح ۵ در هزار کود روی بیشترین اثر را در افزایش صفات کمی زعفران داشت. کود پتاسیم ۱۰ در هزار بیشترین اثر را در افزایش صفات کمی داشت. با توجه به همبستگی مثبت بین صفات کمی و کیفی می‌توان اظهار داشت که افزایش گل‌انگیزی و عملکرد گل زعفران در بهبود کیفیت آن نیز مؤثر می‌باشد.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم دانشکده آزاد اسلامی واحد خوراسگان که در تأمین منابع مالی مورد نیاز انجام این تحقیق مساعدت کافی را داشته‌اند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

نیتروژن) بصورت تغذیه برگی در چهار سطح (با غلظت های شاهد، ۵، ۷ و ۹ درصد) روی مقادیر پیکروکروسین و سافرانال تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد. محلول پاشی در سطح ۵ درصد بیشترین تأثیر روی سافرانال و شاهد دارای کمترین تأثیر در میان تیمارها بود. همچنین محلول پاشی در سطح ۷ درصد بیشترین و تیمار شاهد دارای کمترین تأثیر بر ضریب خاموشی پیکروکروسین بود. در مطالعه امیدی و همکاران (Omidi et al., 2009)، تیمارهای کودی موجب افزایش میزان پیکروکروسین گردید. در مطالعه اکبری‌ان و همکاران (Akbarian et al., 2012) در بررسی محلول پاشی پتاسیم، روی و آهن در زعفران طی دو سال زراعی، مقایسه میانگین‌ها نشان داد پتاسیم با ۶۶/۲۰ درصد و روی با ۶۶/۱۵ درصد بهتر از عنصر غذایی آهن بودند. با افزایش غلظت کودهای مورد استفاده پیکروکروسین نیز افزایش یافت. مطالعات انجام شده روی نقش تغذیه‌ای پتاسیم (در محصولات ادویه‌ای) نشان داد پتاسیم بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی برای رشد و نمو می‌باشد.

در مطالعه حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ضریب خاموشی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال با همه صفات کمی مورد مطالعه بود (جدول ۴). می‌توان گفت که صفات کیفی زعفران تحت اثر صفات کمی و اجزای عملکرد زعفران می‌باشد. بنابراین همان‌طور که محلول پاشی کودی روی صفات کمی و عملکردی زعفران اثر معنی‌داری داشت و باعث افزایش این

منابع

- Akbarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, G., and Darvish Kojouri, F. 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa* L). *Annals of Biological Research* 3 (12): 5651-5658.
- Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc Association, Brussels, pp.1-116.
- Amirnia, R., Bayat, M., and Tajbakhsh, M. 2014. Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops* 19 (2): 158-168.
- Barker, A.V., and Pilbeam, D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Boca Raton, FL.,

- USA.
- Bhandari, P.R. 2015. *Crocus sativus* L. (saffron) for cancer chemoprevention: A mini review. *Journal of Traditional and Complementary Medicin* 5: 81-87.
- Bozorgi, H.R., Bidarigh, S., Bakhshi, D., Samak Mohammadi, B., Azarpour, E., and Moraditochae, M. 2012. Effects of marine brown alga extract (*Ascophyllum nodosum*) under foliar spraying of methanol and iron fertilizers on flower tube length of saffron (*Crocus sativus* L.) in north of Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4 (20): 1512-1518.
- Brown, H.P., and Shelp, B.J. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil* 193: 85-101.
- Duffy, B. 2007. L.E. Datnoff, W.H. Elmer, and D.M. Huber, Eds., p. 155-175. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society.
- Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X., and Hu, Q. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 56: 2079-2084.
- Hosseini, M., Sadeghiand, B., and Aghamiri, S.A. 2004. Influence of foliar fertilization on yield of saffron (*Crocus sativus* L.). I. *International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. Acta Horticulture* 650: 207-209.
- ISO/TS 3632-1/2. 2003. Technical Specification. Saffron (*Crocus sativus* L). Ed. ISO, Geneva, Switzerland.
- Karimi, G., Hosseinzadeh, H., and Khaleghpanah, P. 2001. Study of antidepressant effect of aqueous and ethanolic extract of *Crocus sativus* L. in mice. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 4: 11-15.
- Mahler, R.J., Sabbe, W., Mapples, R.L., and Hornby, Q.R. 1985. Effect on soybean yield of late soil potassium fertilizer application. *Arkansas Farm Research* 34: 1-11.
- Maleki Farahani, S., Khalesi, A., and Sharghi, Y. 2015. Effect of nano iron chelate fertilizer on iron absorption and saffron (*Crocus sativus* L.) quantitative and qualitative characteristics. *Asian Journal of Biological Sciences* 8 (2): 72-82.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second edition, Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347-364.
- Molahosseini, H., and Seilpor, M. 2009. *Management of Production of Greenhouse Products*. First edition, Sarva Publishing. The Voice of Christ. Tehran. 180 p. (In Persian).
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Sciatica Horticulture* 103: 361-379.
- Mousavi, S.H., Tavakkol-Afshari, J., Brook, A., and Jafari-Anarkooli, I. 2009. Role of caspases and Bax protein in saffron induced apoptosis in MCF-7 cells. *Food and Chemical Toxicology* 47: 1909-1913.
- Omidi, F., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., and Footoukian, M.H. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants* 2 (30): 98-109. (In Persian with English Summary).
- Perme, Z., Mohebi, R., Nabizade, A., and Hosseini, M.A. 2010. Export capacity and target bazaars of Iranian saffron. *Journal of Stound Research of Economics* 51: 59-95.
- Rabani Foroutagheh, M., Hamidoghli, Y., and Mohajeri, S.A. 2013. Effect of the split foliar fertilization on quality and quantity of active constituents in saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Science of Food and Agriculture* 11: 35-41.
- Reezi, S., Babalar, M., and Kalantari, S. 2009. Silicon alleviates salt stress, decreases

- malondialdehyde content and affects petal color of salt stressed cut rose (*Rosa hybrida* L.) "Hot Lady". African Journal of Biotechnology 8: 1502-1508.
- Saeed Akram, M., Ashraf, M., and Aisha Akram, N. 2009. Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annus* L.). Flora 204: 471-483.
- Saeedi-Rad, M.H., and Mokhtarian, A. 2011. Applied Scientific Principles of Planting, Harvesting and Harvesting saffron. Education and Promotion of Agriculture. 112 p. (In Persian).
- Safiporian, A. 2011. Effect of harvest time and foliar application of nutrients on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Master's degree in Agriculture, Shahed University, Tehran. (In Persian with English Summary).
- Sahabi, H., Jahan, M., Kochaki, A., and Nasiri, M. 2018. Effect of mother corm weight and foliar application of nutrients on flower and corm yield of Spanish and Iranian saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agriculture and Technology Journal 5 (2): 123-131. (In Persian with English Summary).
- Yassen, A., Abou El-Nour, E.A.A., and Shedeed, S. 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of American Science 6: 14-22.

Effect of micronutrient foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.)

Javad Tabatabaeian^{1*}, Saeed Hassanian Badi² and Azam Kadkhodae³

Submitted: 17 April 2019

Accepted: 1 September 2019

Tabatabaeian, J., Hassanian Badi, S., and Kadkhodae, A. 2020. Effect of micronutrient foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology, 8(2): 147-163.

Abstract

This research was carried out with the aim of studying the effect of zinc and potassium levels as foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativa*) in Natanz city (village Badrude) in the second year of agriculture during 2019. The experiment was done as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications. Elements such as KNO₃ at the levels of control (K₁), 5 in thousand (K₂) and 10 in thousand (K₃) and Zn-EDTA at the levels of control (Z₁), 5 in thousand (Z₂) and 10 in thousand (Z₃) were the treatments. The studied traits included quantitative traits of fresh and dry weight of the girl's corm, fresh and dry weight of mother corm, fresh and dry yield of the flower, fresh dry yield of the stigma, qualitative traits of Crocin, Picocrocin and Safranal. The results showed that K₂ and K₃ levels increased the quantitative traits, especially at K₃ level. While spraying zinc only at the Z₂ level quantitative traits increased and it had no significant effect on qualitative traits. The application of potassium fertilizer at the K₃ level along with the Z₂ had the greatest effect on increasing the quantitative traits of saffron. Perhaps one of the reasons for increasing flower yield can be attributed to the positive effects of potassium and zinc on the photosynthetic system of the plant. This increase in the amount of photosynthesis and metabolism, in turn, affects the amount of stigma production and increases dry weight of the stigma. As a result of potassium spraying, amount of Crocin and Picocrocin increased from K₁ to K₃ by 18 and 13 %, and Safranal increased from K₁ to K₂ and K₃ increased by 30% and 48%, respectively. In the present study, there was a positive and significant correlation between the amount of Crocin, Picocrocin and Safranal contents with quantitative characteristics in saffron. It can be said that quality traits are influenced by quantitative traits and yield components of saffron. Therefore, flowering and flower yield of saffron is also effective in improving its quality.

Keywords: Picocrocin, Foliar nutrition, Safranal, Yield of the stigma, Crocin.

1 - Assistant Professor, Department of Agronomy, Isfahan (Ardestan) Branch, Islamic Azad University, Iran.

2 - MSc student., Ardestan Branch, Islamic Azad University, Ardestan, Iran.

3 - Ph.D., Department of Agronomy, Isfahan (Ardestan) Branch, Islamic Azad University, Iran

(* - Corresponding author. Email: hazemagri@gmail.com)

DOI: 10.22048/jsat.2019.179188.1342