نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۲۹۵-۲۷۹
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.4007.1148

مقاله پژوهشی:

تأثیر فسفر، سلنیوم و کود زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.)

محدثه‌السادات نسرین[۱]، سمیه قاسمی[۲*]، شیما شهبازی [۳]
۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: s.ghasemi@yazd.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱

چکیده
زعفران (*Crocus sativus* L.) از گران‌قیمت‌ترین محصولات کشاورزی و دارویی جهان است که دارای جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی می‌باشد. در این مطالعه به منظور بررسی تأثیر برخی کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و کیفیت زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو سطح کود زیستی EM (Effective Microorganisms) (با و بدون کود)، دو سطح سلنیوم (۰ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر) و سه سطح فسفر (۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. فاکتورهای مورد بررسی شامل تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک کلاله، مقدار کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بود. نتایج نشان داد که کاربرد کود EM در گیاهان تیمار شده با سلنیوم، باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل زعفران شد. وزن خشک کلاله در گیاهان تیمار شده با کود EM و غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، در حضور سلنیوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از عدم حضور سلنیوم بود. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد سلنیوم به همراه کود EM در بالاترین سطح فسفر، باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گل و وزن تر کلاله گردید. بر اساس نتایج این مطالعه، مقدار پیکروکروسین در گیاهان تیمار شده با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین، کاربرد فسفر باعث افزایش مقدار سافرانال گردید.

کلمات کلیدی: زعفران، سلنیوم، کود زیستی، گیاه دارویی.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. دارای جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی بوده و در صنایع مختلف، مصارف متعددی دارد (*Alizadeh et al., 2021*). کشور ایران بزرگترین تولید کننده زعفران در جهان شناخته می‌شود و حدود ۹۰ درصد کل تولید زعفران را به خود اختصاص داده است (*Khilare et al., 2019*). در سال‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضا برای گیاه دارویی زعفران و محدودیت اراضی قابل کشت، افزایش تولید در واحد سطح این محصول، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. برای افزایش عملکرد محصول، درک صحیح از رشد گیاه و شناخت نیازهای آن ضروری می‌باشد. از منابع نوین و مؤثر کودی که امروزه در تغذیه گیاهان استفاده می‌شود، می‌توان به کودهای زیستی اشاره کرد. این کودها حاوی ریزجانداران مفید خاکزی از قبیل باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها با متابولیت‌های حاصل از آن‌ها می‌باشند که به روش‌های مختلف، عملکرد کمی و کیفی گیاه میزبان را تحریک می‌کنند (*Heydari et al., 2014*). در این ارتباط، امیدی و همکاران (*Omidi et al., 2009*) گزارش کردند که ریزجانداران کود زیستی می‌توانند با تولید هورمون-های رشد به‌ویژه جیبرلین، باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، قطر و وزن بنه و عملکرد کلاله و خامه زعفران شوند. شرف‌الدین و همکاران (*Sharaf-Eldin et al., 2008*) نشان دادند که کاربرد کود زیستی موجب افزایش عملکرد زعفران شد. رجاس و همکاران (*Rojas et al., 2001*) در پژوهشی دریافتند، به علت اثرات کود زیستی در فراهمی هورمون و ویتامین‌های محلول در آب، فعالیت و همکاری متقابل با سایر ریزجانداران و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلیکوزیدها و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه زعفران، میزان این مواد در زعفران افزایش می‌یابد. یکی دیگر از راهکارهای افزایش عملکرد زعفران، کاربرد عناصر مؤثر در افزایش رشد زایشی گیاه به صورت کود است (*Azizi et al., 2020*).

فسفر به عنوان دومین عنصر مهم در تغذیه گیاه، نقش ویژه‌ای جهت انجام بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیکی و شیمیایی در گیاهان دارد، از این رو فراهمی این عنصر اهمیت ویژه‌ای در افزایش گلدهی، بهبود عملکرد و کیفیت زعفران خواهد داشت (*Nehvi et al., 2010*). فسفر به عنوان یک عنصر متحرک شناخته شده (*Dordas, 2009*) و توانایی انتقال از اندام‌های رویشی به اندام‌های زیرزمینی گیاه به خصوص در پایان فصل رشد را دارد(*Koocheki et al., 2014*) . بنابراین، با توجه به نقش مهم فسفر در فرایندهای زایشی و ذخیره و انتقال انرژی در گیاه، این عنصر اهمیت زیادی در رشد و عملکرد زعفران دارد (*Zabihi & Pishbin, 2018*). اجی و همکاران (*Augé et al., 2015*) نشان دادند که فسفر یکی از فاکتورهای مهم در افزایش بنه و گلدهی زعفران است. همچنین محققین در پژوهشی دیگر دریافتند که کاربرد کودهای فسفره موجب افزایش کیفیت شامل مولفه‌های رنگ (کروسین)، طعم (پیکروکروسین) و عطر (سافرانال) زعفران شده است (*Naghdibadi et al., 2011*). سلنیوم نیز یک عنصر ریز مغذی با خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدمیکروبی است که برای سلامت انسان و حیوانات ضروری می‌باشد. عامریان و همکاران (*Amerian et al., 2018*) با بررسی تأثیر سلنیوم بر پیاز خوراکی گزارش کردند که سلنیوم در غلظت‌های کم، رشد گیاه را تحریک کرده و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند. نقش آنتی‌اکسیدانی سلنیوم که سبب محافظت غشاء سلولی گیاه در برابر پراکسیداسیون و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌ها و ترکیبات آنتی اکسیدان می‌شود، می‌تواند در افزایش رشد گیاه موثر باشد (*Mozumder et al., 2007*). اگرچه چندین گزارش علمی در مورد تأثیر جداگانه کودهای زیستی و فسفر بر عملکرد و کیفیت زعفران وجود دارد، اما تحقیقات کمتری از تأثیر توأم این کودها و همچنین تغذیه سلنیوم بر زعفران در دسترس می‌باشد. با توجه به اهمیت روزافزون زعفران و افزایش تقاضا در مصارف غذایی، صنعتی و دارویی، دستیابی به راهکارهای افزایش کیفیت و تولید در واحد سطح این گیاه دارویی دارای اهمیت است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر فسفر، سلنیوم و کود زیستی EM بر ویژگی‌های کمی و کیفی زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به منظور بررسی تأثیر برخی کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و کیفیت زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در سیستم هیدروپونیک در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یزد طی ماه‌های مهر تا آذر سال ۱۳۹۸، انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو سطح کود EM (با و بدون کود)، دو سطح سلنیوم (۰ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر) از منبع سلنیت سدیم و سه سطح فسفر (۰، ۲۵ و ۵۰ میلی-گرم بر لیتر) از منبع فسفات آمونیوم بودند. کود زیستی EMمورد استفاده در این پژوهش حاوی گونه‌های انتخاب شده از ریزموجوداتی شامل جمعیت‌های غالب باکتری‌های اسیدلاکتیک، مخمرها، تعداد کمی باکتری-های فتوسنتز کننده، اکتنومیست‌ها، ملاس نیشکر و آلوئه‌ورا بود. ابتدا بنه‌های با اندازه مشابه و در دامنه وزنی ۱۵ تا۲۰ گرم انتخاب شدند. در اوایل مهرماه، بنه‌ها پس از ضدعفونی توسط هیپوکلریت‌سدیم یک درصد، در جعبه‌های پلاستیکی ضدعفونی شده به ابعاد ۲۹/۷× ۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر با تراکم ۴۵۰بنه در مترمربع قرار داده شدند و بعد از آن به مدت یک هفته و تا ظهور اولین ریشه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت۵۰ درصد و تاریکی قرار گرفتند. پس از پایان این مرحله، روی بنه‌ها با یک لایه کوکوپیت و پرلیت (جدول ۱) به ضخامت ۵ سانتی‌متر پوشانده و جهت ظهور گل، دما به تدریج طی یک هفته تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. همزمان با ظهور گل‌ها، شرایط روشنایی با لامپ فلورسنت و با فتوپریود ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی اعمال شد. از محلول یک چهارم جانسون (حاوی ۴۰۰۰ µm ازت، ۱۵۰۰ µm پتاسیم، ۱۰۰۰ µm کلسیم، ۲۵۰ µm منیزیم و سولفور، ۱۲/۵ µm آهن و کلر، ۶/۲۵ µm بور، ۰/۵ µm منگنز و روی، ۰/۱۲۵ µm مس و مولیبدن) به عنوان محلول غذایی اصلی استفاده شد و سطوح مختلف سلنیوم و فسفر به محلول غذایی پایه اضافه گردید. با توجه به عدم سازگاری کود زیستی با ترکیبات حاوی مس محلول‌پاشی کود زیستی با غلظت یک در هزار، پس از گذشت ۴۸ساعت از آبیاری گیاهان با محلول غذایی صورت گرفت.

با شروع گلدهی در اواسط آبان ماه، عملیات برداشت گل روزانه انجام و بلافاصله پس از شمارش، گل‌ها و اجزاء آن با ترازوی دیجیتالی دقیق با حساسیت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شد. سپس هر تیمار به‌طور جداگانه در دمای محیط خشک کرده و پس از توزین اجزاء عملکرد خشک، درون ظروف پلاستیکی تمیز نگهداری شدند. فاکتورهای مورد بررسی شامل تعداد گل، وزن تر گل، وزن تر کلاله، وزن خشک گل و وزن خشک کلاله بود. تجزیه شیمیایی کلاله نیز شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال، طبق استاندارد ملی زعفران ایران (۲-۲۵۹ و ۱-۲۵۹) انجام شد (INS, 2006). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس سه طرفه و آزمون مقایسه میانگین دانکن، در نرم افزار SPSS Statistics 20 انجام شد (Elliott & Woodward, 2007) و برای رسم نمودارها از نرم افزار Microsoft Excel استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کوکوپیت و پرلیت

Table 1- Physical and chemical properties of cocopeat and perlite

بستر کشت Bed Cultivation	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm^3)	تخلخل کل Total porosity (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH
۲۵٪ پرلیت و ۷۵٪ کوکوپیت 25% Perlite & 75% Cocopeat	0.14	73	0.75	6.5

نتایج و بحث

صفات کمی زعفران

تعداد گل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل سلنیوم و کود EM در سطح یک درصد بر تعداد گل زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در گیاهان تیمار شده با سلنیوم، کود EM باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل زعفران شد (شکل ۱). کودهای زیستی به دلایل گوناگون از جمله بهبود جذب آب و عناصر غذایی، تولید مواد محرک رشد و ویتامین‌ها

می‌توانند باعث بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد و کیفیت محصول شوند (*Mohseni Nik et al., 2012*). امیدی و همکاران *(Omidi et al., 2009)* نیز گزارش کردند که ریزجانداران کود زیستی می‌توانند با تولید هورمون‌های رشد به ویژه جیبرلین، باعث افزایش معنی-دار تعداد برگ، قطر و وزن بنه و نیز عملکرد کلاله و خامه زعفران شوند. همچنین، پارای و همکاران (*Parray et al., 2013*) نیز نشان دادند که کاربرد کود زیستی باعث افزایش معنی‌دار تعداد بنه و وزن تر و وزن خشک کلاله زعفران شد

.

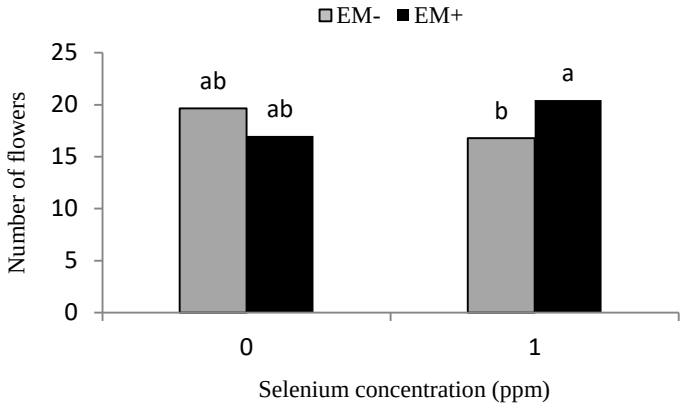
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد فسفر، سلنیوم و کود زیستی بر گلدهی زعفران

Table 2 – Analysis of variance (mean of squares) of the effect of application of Phosphorus, Selenium and EM fertilizer on saffron flowering

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	وزن تَر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن تَر کلاله Stigma fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
سلنیوم Selenium	1	0.694	2024644.410	1454.151	6330.854	2.300
فسفر Phosphorus	2	0.528	1841972.434	9670.541	12208.454	363.941
کود EM EM fertilizer	1	2.250	1056372.840	229.018	2533.444	9.100
سلنیوم × فسفر Selenium × Phosphorus	2	43.861	9676843.331	53768.514	65778.205*	862.245
سلنیوم× EM Selenium × EM	1	90.250**	38537608.55**	275205.160*	376504.960**	6024.347**
فسفر× EM Phosphorus×EM	2	23.250	2623533.461	42955.535	41148.684	1169.950
سلنیوم× فسفر×EM Selenium × Phosphorus × EM	2	16.583	12434466.45	159766.416*	105695.611**	1803.860*
خطای آزمایش Error	24	8.556	4109299.671	37779.877	16270.931	412.764

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

* and ** are significant at the 0.05 and 0.01 probability respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد سلنیوم و کود زیستی EM بر تعداد گل زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 1- Comparison the effect of application of selenium and EM biological fertilizer on the number of saffron flower

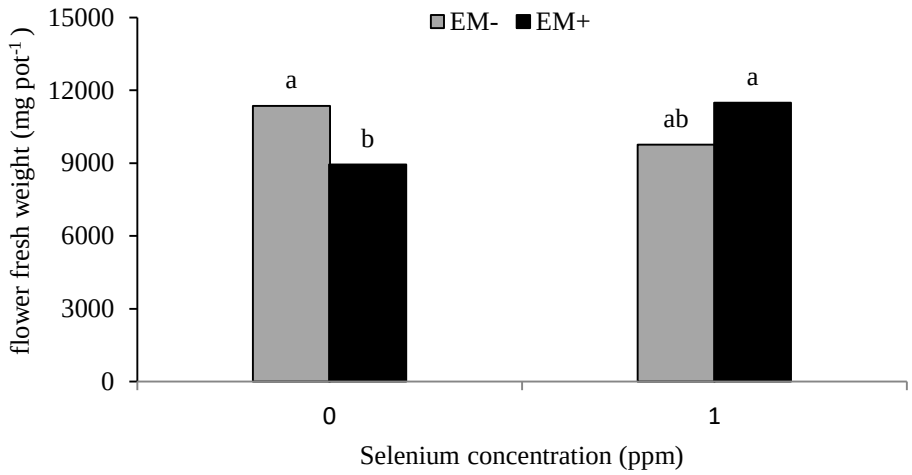
Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

وزن تَر گل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل سلنیوم و کود EM در سطح یک درصد بر وزن تر گل زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). تأثیر کاربرد کود زیستی EM بر وزن تر گل زعفران بسته به سطح سلنیوم، متفاوت بود و در گیاهان تیمار شده با کود EM، کاربرد سلنیوم باعث افزایش معنی‌دار وزن تَر گل شد (شکل ۲). اگرچه کاربرد سلنیوم و کود زیستی نسبت به شاهد تاثیر معنی‌داری روی وزن تر گل نداشته اما به مقدار ۰/۰۱ درصد آن را افزایش داده است. غنی‌سازی زیستی محصولات زراعی با سلنیوم، از طریق کاربرد سلنیوم با سایر کودها، از یک طرف موجب ورود سلنیوم به عنوان یک عنصر مفید به زنجیره غذایی انسان می‌شود و از طرفی دیگر، در افزایش عملکرد محصول تاثیر بسزایی دارد (*Zhu et al., 2009; Broadley et al., 2010*). محققین دریافتند، کودهایی که در تنوع و فراوانی ریزجانداران غنی می‌باشند، به همراه سلنیوم که عنصری مفید است، عناصر غذایی را بهتر برای گیاه فراهم کرده و موجب افزایش عملکرد می‌شوند (*Khodaeii et al., 2019*).نتایج تحقیقات ذکرشده با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد

وزن خشک گل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل سلنیوم و کود EM و همچنین اثر سه گانه فسفر، سلنیوم و کود EM در سطح پنج درصد بر وزن خشک گل زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که کاربرد سلنیوم در گیاهان تیمار شده با کود EM و غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گل زعفران گردید (شکل ۳). دلیل تاثیر مثبت سلنیوم به همراه کود EM بر افزایش وزن خشک گل زعفران می‌تواند ناشی از نقش سلنیوم در افزایش مقدار کل آمینواسیدها در باکتری و به دنبال آن افزایش رشد باکتری باشد. در این ارتباط حاجی‌بلند و همکاران (*Hajiboland et al., 2015*) گزارش کردند که کاربرد سلنیوم باعث افزایش غلظت آمینواسیدهای کل و مواد مغذی مؤثر بر رشد ریزجانداران شد.

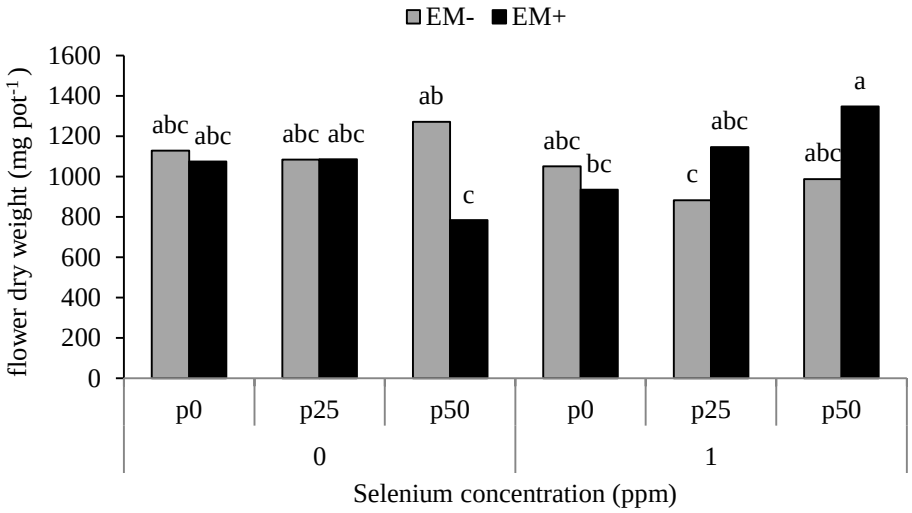


شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد سلنیوم و کود زیستی EM بر وزن تر گل زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 2- Comparison the effect of application of selenium and EM biological fertilizer on the flower fresh weight
Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

کوشا و همکاران *(Kousha et al., 2017)* نیز به تأثیر مثبت سلنیوم در بهبود رشد باکتری‌ها و افزایش اثرات آنها اشاره کردند. کود زیستی EM به تنهایی نقش تغذیه‌ای زیادی برای گیاه ندارد و در صورت قرار گرفتن در یک بستر تغذیه‌ای مناسب، می‌تواند اثر موثرتری بر گیاه داشته باشد. کود EM با قرار گرفتن در بستر تغذیه‌ای مناسب به دلیل وجود فسفر و سلنیوم، به دلیل آزادسازی و فراهمی عناصر غذایی برای گیاه، رشد رویشی مطلوب گیاه را به همراه داشته و باعث تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح می‌شود *(Jahanban & Lotfifar, 2012)*. نتایج تحقیقات ذکرشده با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. وزن خشک گل در تیمار بالاترین سطح از فسفر و عدم استفاده از کود بیولوژیک و سطح صفر سلنیوم نیز در حد قبل توجهی بوده، که به علت نقش مهم فسفر می‌باشد. طبق مطالعات انجام شده، اسانس‌های ترپنوئیدی نظیر فیتوالکسین‌ها و سافرانال، نیاز مبرم به ترکیبات فسفردار دارند (*Oftadeh Fadafen et al., 2018*) و همچنین این عنصر از اجزای مهم تشکیل دهنده DNA،RNA، فسفوپروتئین‌ها، فسفولیپیدها، کوآنزیمهای DNA وPNAD، مولکول‌های حامل انرژی (ADPآدنوزین دی فسفات) و (ATPآدنوزین تری فسفات) می‌باشد و در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها نقش اساسی دارد (*Rodriguez et al., 2006*). بنابراین این عنصر با ساز و کارهای مهم خود موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول شده است.



شکل۳- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد سطوح مختلف فسفر، سلنیوم و کود EM بر وزن خشک گل زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

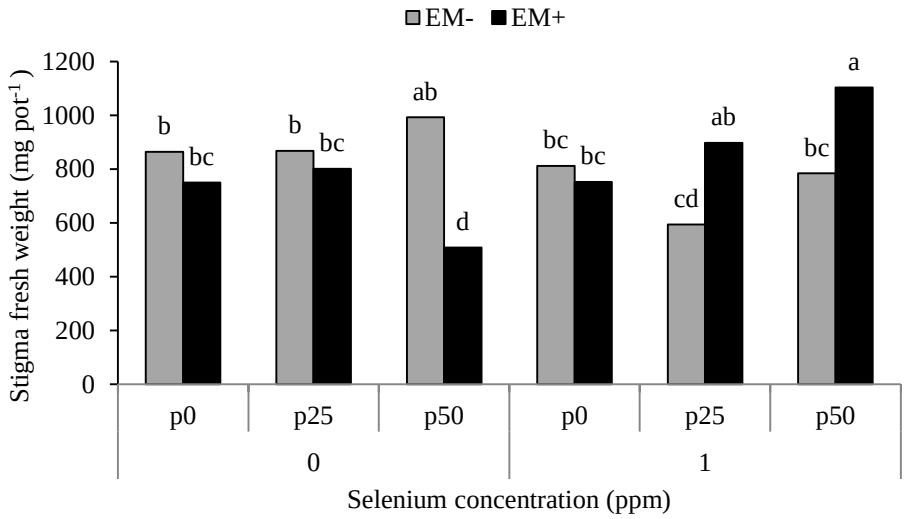
Figure 3- Comparison the effect of different levels of phosphorus, selenium and EM fertilizer on the flower dry weight

Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

وزن تَر کلاله

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل سلنیوم و کود EM در سطح یک درصد، فسفر و سلنیوم در سطح پنج درصد و همچنین اثر سه گانه سلنیوم، فسفر و کود EM در سطح یک درصد بر وزن تر کلاله زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد کود EM در تیمار بدون سلنیوم و غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، باعث کاهش معنی‌دار وزن تر کلاله شد، در حالی‌که در گیاهان تیمار شده با سلنیوم و غلظت ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، کود EM موجب افزایش معنی‌دار وزن تر کلاله گردید (شکل ۴). افزایش رشد گیاهان در حضور سلنیوم می‌تواند به علت نقش این عنصر در فعالیت آنزیم‌های کلروپلاست و متابولیسم کربوهیدرات‌ها باشد *(Poldma et al., 2011)*. عامریان و همکاران *(Amerian et al., 2018)* نیز با بررسی تأثیر سلنیوم بر پیاز خوراکی گزارش کردند که سلنیوم در غلظت‌های کم، رشد گیاه را تحریک کرده و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند. فیضی و همکاران (*Feizi et al., 2015*) دریافتند، کاربرد کودهای مغذی می‌تواند از طریق افزایش فسفر بنه به ازای هر بوته، در تحریک هرچه بیشتر افزایش عملکرد زعفران نقش موثری داشته‌باشد. همچنین محققین گزارش کردند، تاثیر کود نیتروکسین به عنوان یک کود زیستی حاوی ریزجانداران محرک، بر رشد بنه و کیفیت کلاله زعفران بسیار زیاد است *(Sharaf-Eldin et al., 2008)*. نتایج تحقیقات ذکرشده با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد

.



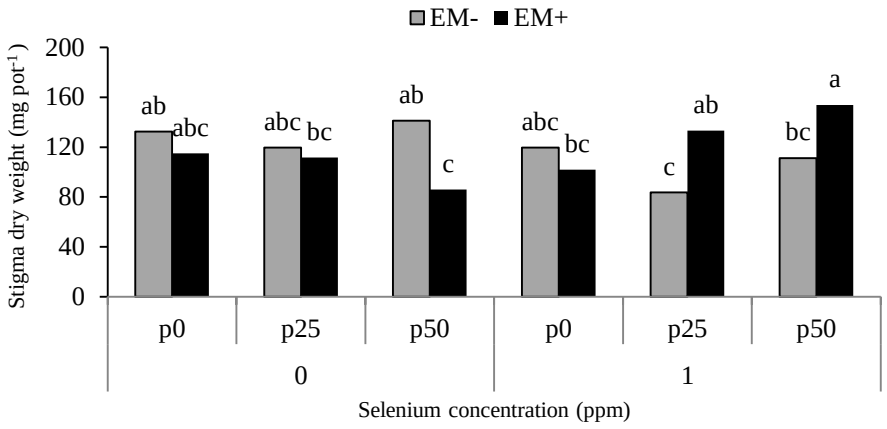
شکل ۴- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد سطوح مختلف فسفر، سلنیوم وکود EM بر وزن تر کلاله زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 4- Comparison the effect of different levels of phosphorus, selenium and EM fertilizer on the Stigma fresh weight
Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

وزن خشک کلاله

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل سلنیوم و کود EM در سطح یک درصد و اثر متقابل سه گانه فسفر، سلنیوم و کود EM در سطح پنج درصد بر وزن خشک کلاله زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که کاربرد کود EM در گیاهان تیمار شده با سلنیوم و غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر،باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک کلاله شد و همچنین، وزن خشک کلاله در گیاهان تیمار شده با کود EM و غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، در حضور سلنیوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از عدم حضور سلنیوم بود (شکل ۵). کود زیستی EM دارای ترکیب‌های محرک رشد گیاه می‌باشند. این ترکیب‌ها در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات هورمونی نقش دارند *(Gawronak, 2008)*. در تحقیقی که توسط پژوهشگران صورت گرفت، اثرات مصرف کودهای زیستی بر رشد رویشی و زایشی زعفران مفید ارزیابی شد *(Ghavi & Sadrabadi Haghighi, 2015)* پژوهشگران در تحقیقی دریافتند، تلقیح کود EM به علت تنوع و فراوانی ریزجانداران به همراه کودهای کمکی شیمیایی که در تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نقش مهمی دارند، موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول زعفران شده‌است *(Rivandi et al., 2016)*. نتایج حاصل با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین از نظر زراعی، فسفر یکی از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاهان است که نقش اساسی در رشد و توسعه ریشه، رشد رویشی، مقاومت گیاه، افزایش جذب نیتروژن، گلدهی، رسیدن محصول و افزایش کیفیت گیاهان دارد (*Fernández et al., 2007*). پژوهشگران در تحقیقی دریافتند، یکی از دلایل افزایش رشد و عملکرد زعفران در تیمارهای کودی می‌تواند افزایش دسترسی گیاه به عنصر فسفر باشد(*Naghdibadi et al., 2011*) که نتایج حاصل با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بنابراین فسفر به علت تاثیر مهمی که روی گیاه دارد، موجب بهبود عملکرد کمی زعفران شده‌است



شکل ۵- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد سطوح مختلف فسفر، سلنیوم و کود EM بر وزن خشک کلاله زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 5- Comparison the effect of different levels of phosphorus, selenium and EM fertilizer on the Stigma dry weight

Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

صفات کیفی زعفران

پیکروکروسین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر سطوح مختلف سلنیوم در سطح پنج درصد و فسفر در سطح یک درصد بر مقدار پیکروکروسین موجود در زعفران معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سلنیوم باعث کاهش معنی‌دار مقدار پیکروکروسین زعفران شد (شکل ۶). گیاهان مختلف واکنش‌های فیزیولوژیک متنوعی در برابر سلنیوم از خود بروز می‌دهند (*Terry et al., 2000*). در مطالعه حاضر، با کاربرد سلنیوم به همراه کود زیستی و فسفر، عملکرد کمی زعفران افزایش یافت (شکل ۵)، اما کاربرد سلنیوم به تنهایی باعث کاهش مقدار پیکروکروسین کلاله زعفران شد (شکل ۶). بر اساس بررسی‌های انجام شده، اطلاعات زیادی در ارتباط با سلنیوم بر رنگریزه‌های زعفران در دسترس نمی‌باشد. اما فرگاسوا و همکاران (*Fargasova et al., 2006*) با مطالعه تاثیر سلنیوم بر رنگریزه‌های فتوسنتزی مشاهده کردند که کاربرد سلنیوم باعث کاهش مقدار کلروفیل و کارتنوئید گردید. نتایج حاصل با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر در مقایسه با غلظت‌های صفر و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر، باعث افزایش معنی‌دار مقدار پیکروکروسین موجود در کلاله زعفران شد (شکل ۷). محقیقن در پژوهشی دریافتند، کودهای شیمیایی حاوی عناصر پر و کم مصرف می‌تواند موثرترین تیمار کودی بر عملکرد و کیفیت کلاله زعفران باشد *(Koocheki et al., 2009)*. در پژوهش حیدری و همکاران نیز مشاهده شد کاربرد کودهای شیمیایی بیشترین تاثیر را بر روی مقدار پیکروکروسین زعفران داشته‌است. همچنین ساخت ترپنوئیدها نیاز مبرم به ترکیبات فسفردار دارد و کودهای شیمیایی بالاترین اثرگذاری را بر درصد پیکروکروسین در برداشتند *(Heydari et al., 2014)*. در این تحقیق نیز، کاربرد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش مقدار پیکروکروسین

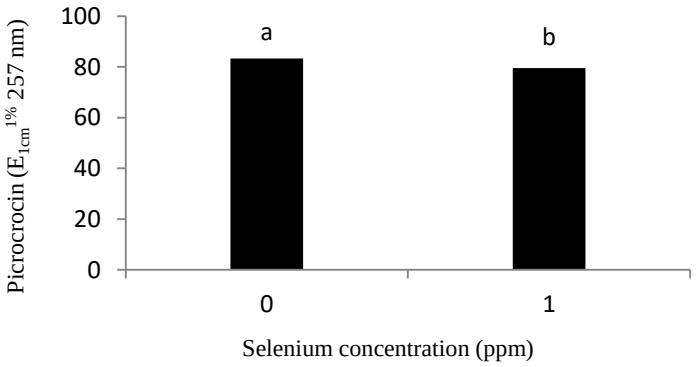
زعفران شده‌است. بنابراین نتایج حاصل از پژوهشگران با
نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد فسفر، سلنیوم و کود زیستی بر رنگریزه‌های زعفران

Table 3 – Analysis of variance (mean of squares) of the effect of application of Phosphorus, Selenium and EM fertilizer on saffron pigments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پیکروکروسین Picrocrocin ($E_{1cm}^{1\%}$ 257 nm)	سافرانال Safranal ($E_{1cm}^{1\%}$ 330 nm)	کروسین Crocin ($E_{1cm}^{1\%}$ 440 nm)
سلنیوم Selenium	1	120.825*	131.821**	16.831
فسفر Phosphorus	2	269.181**	308.938**	146.324
کود EM EM fertilizer	1	0.658	3.340	14.290
سلنیوم × فسفر Selenium × Phosphorus	2	47.784	79.041**	405.041
سلنیوم ×EM Selenium × EM	1	0.476	0.261	0.859
فسفر ×EM Phosphorus×EM	2	26.510	0.965	790.707*
سلنیوم× فسفر×EM Selenium × Phosphorus × EM	2	14.560	2.415	99.863
خطای آزمایش Error	24	25.293	3.823	147.952

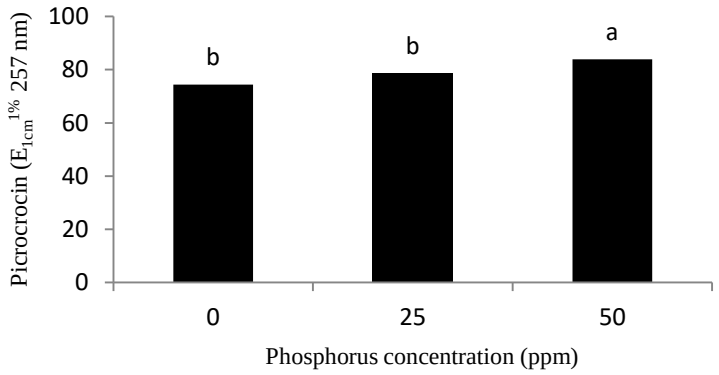
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.
* and ** are significant at the 0.05 and 0.01 probability respectively



شکل ۶- مقایسه میانگین تاثیر کاربرد سلنیوم بر مقدار پیکروکروسین زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 6- Comparison the effect of selenium application on the amount of saffron picrocrocin Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

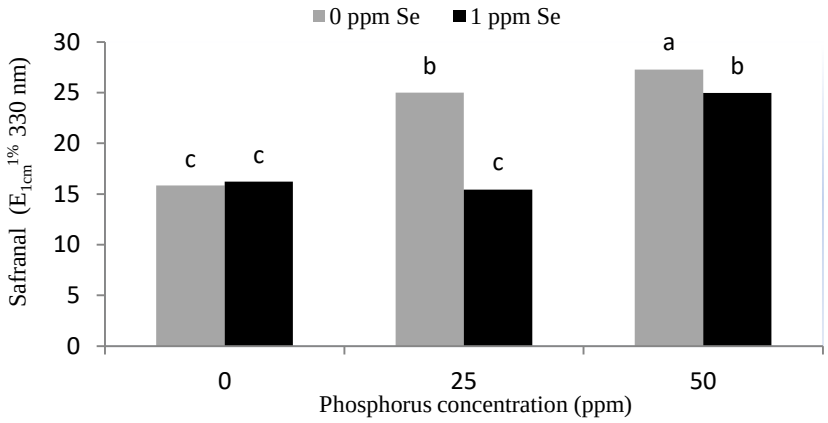


شکل ۷- مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف فسفر بر مقدار پیکروکروسین زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 7- Comparison the effect of different levels of phosphorus on the amount of saffron picrocrocin

Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test



شکل ۸- مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف فسفر و کاربرد سلنیوم بر مقدار سافرانال زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 8- Comparison the effect of different levels of phosphorus and application of selenium on the amount of saffron safranal

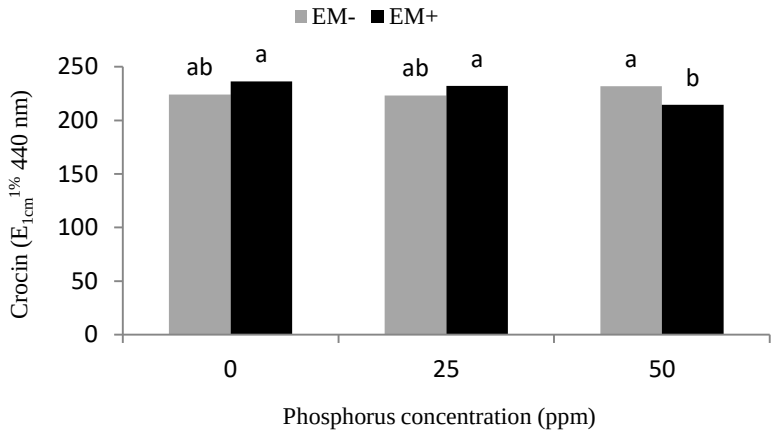
Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

سافرانال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سلنیوم و فسفر در سطح یک درصد بر سافرانال معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش غلظت فسفر، مقدار سافرانال در گیاهان تیمار نشده با سلنیوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در گیاهان تیمار شده با سلنیوم نیز، غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر باعث افزایش معنی‌دار مقدار سافرانال شد (شکل ۸). به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد فسفر باعث افزایش مقدار سافرانال گردید اما با کاربرد سلنیوم به همراه فسفر، مقدار سافرانال کاهش یافت. علت تأثیر منفی سلنیوم بر مقدار سافرانال زعفران در حضور فسفر، ممکن است ناشی از رقابت بین فسفر و سلنیوم در جذب باشد. در این ارتباط ایچ-گریتورکس و همکاران (*Eich-Greatorex et al., 2010*)، نیز مشاهده کردند که با افزایش غلظت فسفر، جذب سلنات به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین پژوهشگران در تحقیقی دریافتند، سلنیوم محتوی رنگریزه‌های فتوسنتزی را کاهش داده‌است (*KhavariNezhad et al., 2010*) و این می‌تواند علت دیگر کاهش مقدار سافرانال باشد. اما به‌طور کلی، افزایش غلظت فسفر موجب افزایش سافرانال زعفران شده‌است که ناشی از تاثیر مثبت فسفر بر ترکیبات موثره زعفران می-باشد (*Maleki Farahani et al., 2011*).

کروسین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فسفر و کود EM در سطح یک درصد بر رنگریزه کروسین معنی‌دار بود (جدول ۳). در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر فسفر کاربرد کود EM موجب کاهش معنی دار مقدار کروسین در کلاله زعفران شد (شکل ۹). همچنین در گیاهان تیمار نشده با سلنیوم، افزایش غلظت فسفر تأثیر معنی‌داری بر مقدار کروسین نداشت. در غلظت‌های کمتر فسفر، وجود کود EM به علت تاثیر مثبتی که روی کیفیت زعفران دارد، موجب افزایش مقدار کروسین شده-است ولی با افزایش غلظت فسفر، احتمال می‌رود که این عنصر تاثیر منفی روی کارایی ریزجانداران داشته و مقدار کروسین کاهش یافته‌است. در ارزیابی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی مانند فسفر بر عملکرد کمی و میزان ترکیبات مؤثره مهم زعفران نشان داد که تیمارهای کودی بر طول کلاله و خامه تازه، طول و تعداد برگ، وزن بنه، عملکرد کلاله و خامه، میزان پیکروسین، سافرانال و کروسین زعفران تأثیر معنی‌داری داشته‌است (*Naghdibadi et al., 2011*). همچنین نتایج مطالعات گذاری جهان‌آبادی و همکاران (*Gozzari jahanabad et al., 2017*) طی بررسی برخی منابع کودی بر خصوصیات رویشی و صفات کیفی زعفران نشان داده‌است که با مصرف کود زیستی بیشترین مقدار مواد موثره زعفران نسبت به شاهد به دست آمد. نتایج به دست‌آمده با نتایج حاصل از این تحقیق در غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر فسفر مطابقت دارد.



شکل ۹- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف فسفر و کاربرد کود EM برمقدار کروسین زعفران

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

Figure 9 - Comparison the effect of different levels of phosphorus and application of EM fertilizer on the amount of saffron crocin

Means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% level of Duncan test

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، کاربرد کود *EM* به طور کلی در بهبود برخی صفات کمی و کیفی زعفران مانند تعداد گل، وزن خشک و تر کلاله و وزن خشک گل موثر است. همچنین فسفر و سلنیوم در افزایش تعداد گل زعفران، وزن خشک گل و کلاله و وزن تر کلاله موثر بودند. این امر می‌تواند بیانگر افزایش کارایی کود زیستی در تلفیق با کودهای شیمیایی فسفر و سلنیوم باشد. همچنین بیشترین مقدار پیکروکروسین (۸۳/۸) و سافرانال (۲۷/۳) در تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر و عدم حضور کود بیولوژیک و سلنیوم مشاهده شد که طبق شیوه‌نامه استاندارد ملی زعفران، کیفیت آن به ترتیب درجه ۱ و ممتاز است. بیشترین مقدار کروسین (۲۳۶/۲) نیز مربوط به گیاهان تیمار شده با کود بیولوژیک و عدم حضور فسفر و سلنیوم بود که طبق استاندارد ملی زعفران دارای کیفیت ممتاز می‌باشد. عنصر فسفر نقش بسیار مهمی در افزایش مواد موثره زعفران دارد. به‌طور کلی، با توجه به اینکه شاخص‌های عملکرد گل زعفران در سال اول در ارتباط مستقیم با میزان اندوخته غذایی بنه است، بنابراین، برای مشخص شدن اثر تیمارهای به کاربرده شده در این مطالعه نیاز به تحقیقات چند ساله بر روی زعفران می‌باشد.

منابع

Amerian, M., Dashti., F., and Delshad, M. 2018. Effects of different levels selenium and nitrogen on some growth and biochemical characteristics of onion (Allium cepa L.) plant. J. Plant Production Research. 25(1): 119-135. [In Persian with English Summary].

Aalizadeh, M., makarian, H., ebadi, A., shafaroodi, A. 2021. Evaluation of the effect of different fertilizer treatments on yield and some reproductive traits of Saffron (Crocus sativus L.) in the climatic conditions of Ardabil. J. Saffron Research, 9(1), 11-27. [In Persian with English Summary]

Augé, R. M., Toler, H. D., & Saxton, A. M. 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza, 25(1): 13-24.

Azizi, G., Musavi, S., Seghatoleslami, M., Fazeli Rostampour, M. 2020. The Effect of Foliar application of seaweed Extract, Urea and micronutrient fertilizers On Performance and Its Components of saffron (Crocus sativus L.). J. Saffron Research, 8(1), 141-159. [In Persian with English Summary].

Broadley, M.R., Alcock, J., Alford, J., Cartwright, P., Foot, I., FairweatherTait, S.J., Hart, D.J., Hurst, R., Knott, P., McGrath, S.P., Meacham, M.C., Norman, K., Mowat, H., Scott, P., Stroud, J.L., Tovey, M., Tucker, M., White, P.J., Young, S.D., and Zhao, F.J. 2010. Selenium biofortification of highyielding winter wheat (Triticum aestivum L.) by liquid or granular Se fertilisation. Plant Soil., 332: 5-18.

Delshad, M., Kashi, A.A.K., and Babalar, M. 2006. Possibility of using organic substrates as sumstitutes for common hydroponic media and finding suitable nutrient solution for soilless culture in greenhouse grown tomato. J. Agriculture. 37(1): 176-186. [in Persian with English Summary]

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source sink relations. J. European of agronomy, 30(2): 129-139.

Eich-Greatorex, S., Krogstad, T., & Sogn, T. A. 2010. Effect of phosphorus status of the soil on selenium availability. J. Plant Nutrition and Soil Science, 173(3): 337-344.

Elliott, A. C., & Woodward, W. A. 2007. Statistical analysis quick reference guidebook: With SPSS examples Sage.

Feizi, H., Seyyedi, S.M., and Sahabi, H. 2015. Effect of corm planting density, organic and chemical fertilizers on formation and phosphorus uptake of saffron (Crocus sativus L.) replacement corms during phonological stages. J. Saffron Agronomy and Technology 2 (4): 289-301. [In Persian with English Summary].

Fargasova, A., Pastierová, J., & Svetkova, K. J. P. S. 2006. Effect of Se-metal pair combinations (Cd, Zn, Cu, Pb) on photosynthetic pigments production and metal accumulation in Sinapis alba L. seedlings. J. Plant Soil and Environment, 52(1): 8.

Fernández, L. A., Zalba, P., Gómez, M. A., & Sagardoy, M. A. 2007. Phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. J. Biology and Fertility of Soils, 43(6): 805-809.

García-Rodríguez, M. V., López-Córcoles, H., Alonso, G. L., Pappas, C. S., Polissiou, M. G., & Tarantilis, P. A. 2017. Comparative evaluation of an ISO 3632 method and an HPLC-DAD method for safranal quantity determination in saffron. Food chemistry, 221: 838-843.

Gawronak, H. 2008. Biostimulators in Modern Agriculture (general aspects). Arysta Life Science. Published by the editorial House wies Jutra, Limited. Warsaw

Ghasemi, K. 2018. Selenium Enrichment of Crops and Its Effect on Plant Physiology. J. Plant Production Technology. 9(2):193-207. [In Persian with English Summary].

Ghavi, M., and Sadrabadi Haghighi, R. 2015. Effect of the foliar application of biological, biostimulator and chemical fertilizers on growth characterestics and yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Crop Production 8 (3): 139-158. [In Persian with English Summary]

Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M.A., Sayari Zahan, M.H., and Khorramdel, S. 2017. Effect of some fertilizer sources and mother corm weight on growth criteria and qualitative traits of saffron (Crocus sativus L.). J. Saffron Research. 4 (2): 172-186. [In Persian with English Summary].

Hajiboland, R., Keyvanfar, N., Joudmand, A., Rezaee, H., and Yousefnejad, M. 2015. Effect of selenium Treatment on Drought Tolerance of Canola Plants. J. Plant Research. 27(4): 557-568. [In Persian with English Summary].

Heydari, Z., Besharati, H., & Maleki Farahani, S. 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. J. Saffron Agronomy and Technology. 2(3): 177-189. [In Persian with English Summary].

INS (IRAN NATIONAL STANDARD). 2006. Research Institute of Standard and Iran. Saffron Bulletin, No. 259.

Jahanban, L., and Lotfifar, A. 2012. Study of the ffective Organism (EM) application effect on efficacy of chemical and organic fertilizers in corn cultivation (Zea mays S.C704). J. Plant products technology. 11 (2):43-52. [In Persian with English Summary].

Khilare, V., Tiknaik, A., Prakash, B., Ughade, B., Korhale, G., Nalage, D & Khedkar, G. 2019. Multiple tests on saffron find new adulterant materials and reveal that Ist grade saffron is rare in the market. J. Food chemistry, 272: 635-642.

KhavariNezhad, R.A., Goshehgir, Z., and Sa'adatman, S. 2010. The effects of Selenium-Molybdenum interaction on contents of Photosynthetic Pigments in tomato (Lycopersicom esculentum Mill.). J. Plant Science Researches. 5(1):14-23. [In Persian with English Summary].

Khodaeii, F., Abdali Mashhadi, A., Lotfi Jalal Abadi, A. and Koochekzadeh, A. 2019. Effect of Mulch and Selenium and Boron Foliar Spraying on Some Quantitative and Qualitative Characteristics on Sunflower (Helianthus annuus L.) in Saline Soil. J. Crop Production. 11(3): 43-59. [In Persian with English Summary].

Koocheki, A., Jahani Kondori, M., & Jahan, M. 2009. Effect of biofertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corn density. In 3rd International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in Cultivation Research and Economics.

Koocheki, A., Seyyedi, S. M., & Eyni, M. J. 2014. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad, Northeast Iran. Scientia Horticulturae, 180: 147-155.

Kousha, M., Yeganeh, S., & Amirkolaie, A. K. 2017. Effect of sodium selenite on the bacteria growth, selenium accumulation, and selenium biotransformation in Pediococcus acidilactici. J. Food science and biotechnology, 26(4): 1013-1018.

Maleki Farahani, S., Chaichi, M.R., Mazaheri, D., Tavakkol Afshari, R., and Savaghebi, G. 2011. Barley grain mineral content as affected by different fertilizing systems anddrought stress. J. Agricultural Science and Technology 13:315-326. [in Persian with English Summary].

Mohseni Nik, N., Zabihi, H. R., & Asgharzadeh, A. 2012. Response of cut rose flower (Rosa hybrida) to biofertilizer application in hydroponic system. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology, 2(4): 57-70. [In Persian with English Summary].

Mozumder, S. N., Moniruzzaman, M., & Halim, G. M. A. 2007. Effect of N, K and S on the Yield and Storability of Transplanted Onion (Allium cepa L.) in the Hilly Region. J. Agriculture & Rural Development, 58-63.

Naghdibadi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., and Fotookian, M.H. 2011. Change in Crocin, Safranal and Picrocrocin content and agronomical characters of saffron (Crocus sativus L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. J. Medicinal Plants 4 (40): 58-68. [In Persian with English Summary].

Nehvi, F.A., Lone, A.A., Khan, M.A., and Maghdoomi, M.I. 2010. Comparative study on effect of nutrient management on growth and yield of saffron under temperate conditions of keshmir. Acta Horticulturae 850 (Third International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, J. Research and Economics, 165–170.

Oftadeh Fadafen, A., Aminifard2, M.H., Moradinezhad, F., and Behdan, M.A. 2018. The Effect of biological fertilizer nitroxin on Secound Metabolits of Saffron (Crocus sativus L.). J. Horticultural Plants Nutrition, 1(1), 17-28. [In Persian with English Summary].

Omidi, H., Badi, H. N., Golzad, A., Torabi, H., & Footoukian, M. H. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Medicinal Plants, 8(30): 98-163. [In Persian with English Summary].

Parray, J.A., Kamili1, A.N., Reshi, Z.A., Hamid, R., and Qadri, R.A. 2013. Screening of beneficial properties of rhizobacteria isolated from Saffron (Crocus sativus L.)

rhizosphere. African J. Microbiology Research 7(23): 2905-2910.

Poldma, P., Tonutare, T., Viitak, A., Luik, A., & Moor, U. 2011. Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size, and antioxidant properties of garlic (Allium sativum L.). J. agricultural and food chemistry, 59(10): 5498-5503.

Rivandi, H., Marvi, H., & Moeini, M. J. 2016. The effect of soil and foliar application of effective microorganisms on growth characteristics of saffron in the presence of chemical and organic fertilizers. J. Saffron Agronomy and Technology, 4(2): 105-117. [In Persian with English Summary].

Rodriguez H, Fraga R, Gonzalez T, Bashan Y. 2006. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growthpromoting bacteria. J. Plant Soil. 287: 15 – 21.

Rojas, A., Holguin, G., Glick, B. R., & Bashan, Y. 2001. Synergism between Phyllobacterium sp.(N2-fixer) and Bacillus licheniformis (P-solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere. J. FEMS Microbiology Ecology, 35(2): 181-187.

Sharaf-Eldin, M.A., Elkholy, S., Fernández, J.A., Junge, H., Cheetham, R.D., Guardiola, J.L., and Weathers, P.J. 2008. The effect of Bacillus subtilis FZB24 on flowers quantity and quality of saffron (Crocus sativus L.). J. Planta Medica. 74: 1316-1320.

Terry, N., Zayed, A. M., De Souza, M. P., & Tarun, A. S. 2000. Selenium in higher plants. Annual review of plant biology, 51(1): 401-432.

Zabihi, H.R., Pishbin, M. 2018. Management of basic nutrients and organic matter in the nutrition of saffron fields. J. Management System. 1(2): 1-9. [In Persian with English Summary].

Zhu, Y.G., Pilon-Smits, E.A.H., Zhao,F.J., Williams,P.N., and Meharg, A.A. 2009. Selenium in higher plants:understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. J. Trends Plant Sci., 14:8.436–442.

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.9, No.1, Spring & Summer, 2021
p. 279-295
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.4007.1148

University of Birjand

Original Article:

The Effect of Phosphorus, Selenium and Biological Fertilizer on Quantitative and Qualitative Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Mohaddese sadat Nasrin[1], Somayeh Ghasemi[2*] and Shima Shahbazi[3]
1- M.Sc. Graduate, Department of Soil Science, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran.
2- Associate Proffessor, Department of Soil Science, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran.
3- M.Sc. Graduate, Department of Soil Science, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran.
** Corresponding Author E-mail address: s.ghasemi@yazd.ac.ir*

Received 25 December 2020; Accepted 1 June 2021

Abstract
Saffron (*Crocus sativus* L.) is one of the most expensive agricultural and pharmaceutical products in the world, which has a special place among export products. In this study, in order to investigate the effect of some chemical and biological fertilizers on the yield and quality of saffron, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. Treatments included two levels of EM (Effective Microorganisms) fertilizer (With and without fertilizer), Two levels of selenium (0 and 1 mg/l) and Three levels of phosphorus (0, 25 and 50 mg/l). The studied factors included number of flowers, fresh and dry weight of flower, fresh and dry weight of stigma. Also, chemical analysis of stigma including crocin, picrocrocin and safranal was performed according to the national standard of Iranian saffron. The results showed that the application of EM fertilizer in selenium treated plants caused a significant increase in the number of saffron flowers. Stigma dry weight in EM fertilizer treated plants and concentration of 50 mg/l phosphorus in the presence of selenium was significantly higher than the absence of selenium. The results also showed that the application of selenium with EM fertilizer at the highest phosphorus level caused a significant increase in flower dry weight and fresh stigma weight. Based on the results of this study, the amount of picrocrocin in plants treated with a concentration of 50 mg/l phosphorus was significantly higher than the control treatment. Also, the use of phosphorus increased the amount of safranal.

Keywords: Biofertilizer, Medicinal plant, Saffron, Selenium.