Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.11, No.1, Spring & Summer, 2023
p. 66-78
http://dx.doi.org/ 10.22077/JSR.2023.6083.1206

University of Birjand

Original Article

Effects of Foliar Application of Iron and Zinc Micronutrient Elements on Quantitative and Qualitative Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Khair Ahmad Ayoubi[1], Hamid Reza Eisvand*[2], Saeed Heydari[3], Sadegh Mousavi-Fard[4]
1- MSc Student, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
2-Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
*Corresponding author: *eisvand.hr@lu.ac.ir*

Received 03 February 2023; Accepted 14 July 2023

Extended Abstract

Introduction: Saffron (*Crocus sativus* L.) is an herbaceous and perennial plant, which is at least 3500 years old and is known as a golden seasoning and red gold due to its many medicinal uses. About 90% of the world's saffron is grown in Iran. India, Afghanistan, Greece are in the next ranks. Despite the high value of this plant, a decrease in its yield has been reported in many countries. The average yield of saffron per unit area in Iran is far lower than many countries; therefore, with proper nutrition, the yield per unit area can be increased. Micronutrients have a special role in agricultural products despite their low need. Iron and zinc are considered important elements in plant nutrition, and they are available in abundance in the soil, but due to some reasons, their absorption is very low and limited. Nutrition management in saffron cultivation is one of the important issues in the production of this valuable product. Therefore, the present research was conducted with the aim of studying the effect of foliar application of iron and zinc on the quantitative and qualitative traits of saffron in the research farm of the Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Materials and Methods: The experiment was carried out in the research farm of the Faculty of Agriculture, Lorestan University at Khorramabad, Iran in the crop year of 2021-2022 on 6-year old saffron plant as a complete randomized block design in three replications. In order to analyze the soil and determine the concentration of elements, a composite sample of the farm soil (0-30 cm depth) was prepared and the physicochemical properties of the soil were tested. The experimental treatments included distilled water as control, 5% iron foliar, 5% zinc foliar, 5% iron + 5% zinc foliar. Spraying of iron and zinc solutions were done in two stages (mid-March and mid-April) at 8-10 am. One irrigation was done in early October. Weed control was done by manual weeding in several stages. The flower picking operations were carried out in the middle of November 2022 and the characteristics of fresh weight of flowers, number of flowers per unit area, fresh weight of stigma, dry weight of stigma, percent of safranal, picrocrocin and crocin

of stigma were measured. The flower was harvested at the beginning of the day. Then the petals were separated from the stigma.

Results and Discussion: The results indicated that the effect of foliar treatment was significant so the number of flowers (by 57.81%), fresh and dry weight of flowers (by 20.62% and 80.97%), fresh and dry weights of stigma (by 44.22% and 65.27%), crocin (by 6.88%), picrocrocin (by 11.39%)and safranal (by 9.66%) were increased because of zinc foliar application. The low effect of combined treatment of iron + zinc compared to the control can be related to the interaction of iron and zinc on the saffron plant, or that mixing these two types of elements may have negative effects considering the other ingredients included in their formulation on the absorption of the two mentioned elements or metabolic processes of plants. The availability of elements needed by the plant increases the number of flowers. Foliar spraying with zinc element showed a higher average compared to iron foliar spraying and zinc + iron foliar spraying. Crocin had a positive and significant correlation with traits such as picrocrocin and stigma dry weight, but safranal did not show a significant correlation with any of the studied traits.

Conclusion : Foliar application of micronutrient elements improved the quantitative and qualitative yield of saffron plant. The results of current experiment showed that foliar application of 5% iron and 5% zinc increased the quantitative and qualitative traits of saffron plants. Foliar spraying with zinc element showed a higher average compared to iron foliar spraying and zinc + iron foliar spraying. Considering the lack of zinc element and the low absorption of iron element in Iranian soils, it is recommended to apply micronutrient element foliar application in order to achieve high performance.

Conflict of Interest: The authors declare no potential conflict of interest related to the work.

Keywords: Crocin, Micro elements, Picrocrocin, Saffron.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۷۸-۶۶
http://dx.doi.org/ 10.22077/JSR.2023.6083.1206

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.)

خیر احمد ایوبی[۱]، حمیدرضا عیسوند[۲*]، سعید حیدری[۳]، صادق موسوی فرد[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۴- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: eisvand.hr@lu.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳

چکیده

مدیریت تغذیه در زراعت زعفران یکی از مسائل مهم در تولید این محصول ارزشمند محسوب می‌شود. از این رو، تحقیق حاضر با هدف مطالعه تأثیرمحلول‌پا شی عنا صر ریز مغذی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی زعفران در مزرعه تحقیقاتی دان شکده کشاورزی، دانشگاه لرستان شهر خرم آباد درسال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد مطالعه شامل شاهد (محلول‌پاشی آب مقطر)، محلول‌پاشی آهن ۵ درصد، محلول‌پاشی روی ۵ درصد، محلول‌پاشی ترکیبی آهن ۵ درصد+روی ۵ درصد (توام آهن و روی)، بودند. محلول‌پا شی در طی دو مرحله (اواسط اسفند ماه و اواسط فروردین ماه) بر روی بوته‌های شش ساله زعفران انجام شد. نتایج نشان داد محلول‌پا شی با عنصر روی نسبت به شاهد، محلول‌پا شی آهن و محلول‌پا شی توام آهن و روی میانگین بالاتری از صفات را سبب شد به طوریکه محلول پا شی عنصر روی سبب افزایش معنی دار تعداد گل (۵۷/۸۱ درصد)، وزن تر و خشک گل (۲۰/۶۲ و ۸۰/۹۷ درصد)، وزن تر و خشک کلاله (۴۴/۲۲ و ۶۵/۲۷ درصد)، کرو سین (۶/۸۸ درصد)، پیکروکرو سین (۱۱/۳۹ درصد) و سافرانال (۹/۶۶ درصد) در مقایسه با شاهد شد. بنابراین محلول‌پاشی عنصر ریزمغذی روی سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه زعفران گردید.کروسین با صفاتی نظیر پیکروکرو سین و وزن خ شک کلاله همب ستگی مثبت و معنی داری دا شت اما سافرانال با هیچ یک از صفات مورد برر سی همبستگی معنی داری نشان نداد. توصیه می شود برای د ستیابی به عملکرد بالا محلول‌پا شی عنا صر ریزمغذی به ویژه روی، در دستور کار قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، عناصر ریز مغذی، کروسین، پیکروکروسین.

مقدمه

زعفران با نام علمی(*Crocus sativus* L.) گیاهی علفی و چند ساله که حداقل قدمتی ۳۵۰۰ ساله دارد و به دلیل استفاده دارویی متعدد به عنوان چاشنی طلایی و طلای قرمز شناخته می‌شود (EL Midaui et al., 2022). حدود ۹۰ ٪ زعفران جهان در ایران کشت می‌گردد. کشورهای هندوستان، افغانستان، یونان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. علی‌رغم ارزش بالای این گیاه، کاهش عملکرد آن در بسیاری از کشورها گزارش شده است (Gupta et al., 2021). میانگین عملکرد زعفران در واحد سطح در ایران به مراتب پایین‌تر از بسیاری از کشورها است؛ بنابراین با تغذیه مناسب می‌توان میزان عملکرد در واحد سطح را بالا برد (Perme et al., 2010). کروسین، آلفاکاروتن، لیکوپن، مونوتروپن، مونوترپنوئیدها، ایزوفرون‌ها و فلاونوئیدها عمده‌ترین ترکیبات ایجادکننده رنگ و آلدئیدهای مونوترپن عامل طعم تلخ و مولد بوی زعفران‌هستند (Rezvanimoghadam et al., 2013). کروسین، پیکروسین و سافرانال از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه در زعفران هستند که به ترتیب عامل رنگ، طعم و عطر زعفران می‌باشند (Kumar et al., 2009). اسانس‌های روغنی زعفران بسیار ناپایدار هستند و در تجارت قابل عرضه نمی‌باشند. لیکن به جای آنها تنتور الکلی زعفران برای عطر و طعم‌دهندگی به غذا و در عطرسازی استفاده می‌شود. زعفران علاوه بر مصارف غذایی، به‌عنوان دارو در طب سنتی استفاده می‌شود. از زعفران به عنوان عامل سقط آور، کاهنده‌ی تب، ضد درد، خلط آور، هضم‌کننده و قابض در طب سنتی نام برده شده است (Hosseinzadeh & Nassiri, 2013). همچنین اثرات درمانی مانند آرام‌بخشی، کاهش درد مفاصل و ضد سرطانی دارد (Xi et al., 2007).

عناصر کم‌مصرف (ریزمغذی‌ها) با وجود نیاز کم، جایگاه ویژه‌ای در تولیدات کشاورزی دارند. آهن به عنوان یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهان مطرح است و به مقدار فراوان در خاک موجود می‌باشد، اما بنابه دلایلی جذب آن بسیار کم و محدود می‌باشد. این عنصر در ساختمان سیتوکروم به عنوان ناقل الکترون در سیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و عملیات اکسیداسیون و احیاء و ساخت کلروفیل دخالت دارد (Kafi et al., 2009). محققان در مطالعات مختلف به اثرات مثبت عناصر ریزمغذی به‌خصوص آهن به صورت محلول‌پاشی پی بردند (Bahrani et al., 2015). تحقیقات نشان داد که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در زعفران شده است (Khaksarnezhad & Zabet, 2017). کاربرد کلات آهن در هر دو شکل نانوکلات و کلات معمولی موجب افزایش عملکرد کلاله (حدود ۵۰ درصد) شد. همچنین کاربرد نانوکلات آهن به‌مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار موجب تولید بیشترین عملکرد تر و خشک کلاله، تعداد برگ، غلظت کلروفیل a، غلظت کارتنوئید و مادۀ مؤثرۀ سافرانال نسبت به شاهد شد (Maleki Farahani & Aghighi Shahverdi, 2015). علاوه بر تغذیه شیمیایی، تلاشهای دیگری نیز در خصوص استفاده از سایر مواد نظیر عصاره جلبک دریایی کلپ،کمپوست چای و لیگنین برای بهبود کمیت و کیفیت ماده موثره زعفران انجام شده است و بیش‌ترین فنل کل کلاله در تیمار جلبک دریایی ۳ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین فلاونوئید کل کلاله در تیمار لیگنین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ جلبک دریایی یک میلی‌گرم در لیتر + کمپوست چای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (Yaghoubnezhad et al., 2022).

عنصر کم مصرف روی تأثیر زیادی در کاهش اثرات سو تنش خشکی در گیاهان زراعی دارد. با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عناصر روی و آهن در خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به طور فزاینده‌ای با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد (Babaei et al., 2017). عنصر روی از جمله عناصرضروری برای رشد گیاه است که در تشکیل اسید ایندول استیک دخالت و رشد گیاه را تنظیم می‌کند. به علاوه، روی باعث فعال شدن بسیاری از آنزیم‌ها می‌شود، به‌طوری که برای سنتز کلروفیل و تشکیل کربوهیدراتها لازم و ضروری است. چون روی عنصری است که در داخل گیاه قادر به انتقال مجدد نیست، لذا محلول‌پاشی آن مناسبتر است. علاوه بر آن گزارش شده است که، روی میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نتیجه آن میزان تولید آسمیلات‌ها افزایش می‌یابد (Zahmatkesh et al., 2022). محلول‌پاشی با عنصر روی سبب افزایش میزان عملکرد کمی و کیفی گیاه زعفران می‌شود. شاید به‌توان یکی از دلایل افزایش عملکرد گل را به اثرات مثبت 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 شده است (Tabatabaeian et al., 2020). مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی در زعفران باعث افزایش ۶۵ درصد تعداد گل، ۸۴ درصد وزن گل و ۱۵۰ درصد وزن خشک کلاله نسبت به شاهد گردید (Akrami et al., 2015).

با توجه به مسائل و مشکلاتی که بخش زیادی از خاک-های کشور به دلیل شرایط آهکی بودن، ناکافی بودن ماده آلی، و کمبود مواد مغذی از نظر فراهمی عناصر ریز مغذی بویژه آهن و روی دارند، هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات محلول پاشی عناصر ریز مغذی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی زعفران بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در جهت بررسی محلول پاشی عناصر ریز مغذی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی زعفران شش ساله در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان درسال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. برای آنالیز خاک و تعیین غلظت عناصر، نمونه مرکبی از خاک مزرعه تهیه (نمونه برداری از خاک به صورت تصادفی و زیگزاگ از عمق ۳۰-۰ سانتی متری از خاک کنار بوته‌ها انجام شد) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مورد آزمایش قرار گرفت (جدول۱).

جدول ۱. نتیجه آنالیز خاک مزرعه.

Table1. Farm's soil analysis.

آهن Fe mg kg^{-1}	منگنز Mn mg kg^{-1}	روی Zn mg kg^{-1}	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	پتاسیم K mg kg^{-1}	فسفر P mg kg^{-1}	نیتروژن N (%)	ماده آلی Organic matter (%)	درجه اسیدی pH	بافت خاک Soil texture
4.5	2.8	0.7	0.64	201	4.11	0.105	1.04	7.88	Clay loam

تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی با آب مقطر بعنوان شاهد، محلول پاشی آهن ۰/۵٪، محلول پاشی روی ۰/۵٪، محلول‌پاشی آهن۰/۵٪+روی۰/۵٪) بود. کودهای مورد استفاده از شرک کاسپیان با علامت تجاری اُکیس‌ساخت ایران تامین شد. محلول پاشی دو مرحله (اواسط اسفند و اواسط فروردین) در ساعات ۸-۱۰ صبح انجام شد. ابعاد هر واحد آزمایشی ۱۲ متر مربع، تراکم بوته در مترمربع ۲۲ بوته، فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر و فاصله خطوط کشت ۴۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری در اوایل مهر انجام گرفت. کنترل علف-های‌هرز به‌صورت وجین دستی چندین مرحله انجام شد. عملیات برداشت‌گل در اواسط آبان‌ماه ۱۴۰۱ انجام شد و صفات وزن تر گل، تعـدادگـل در واحـد سطح، وزن ترکلاله و وزن‌خشک‌کلاله (پس از خشکاندن در آون) به‌عنوان‌عملکـرد کمی و میزان‌سـافرانال، پیکروکروسـین و کروسـین‌کلاله طبق استاندارد ملی ایران به عنوان عملکرد کیفی زعفران اندازه‌گیری شدند. نمونه‌گیری از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی و با حذف اثر حاشیه از قسمت وسط کرت‌های آزمایشی انجام شد. برداشت گل، در ابتدای روز صورت گرفت. سپس گلبرگ‌ها از کلاله جدا شدند. وزن تر به کمک ترازوی دیجیتال مدلGF-300 با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم اندازه گیری گردید. پس از توزین جداگانه وزن تر قسمت های مختلف، نمونه‌ها در آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک نمونه ها توزین گردید.

جهت اندازه‌گیری صفات کیفی زعفران،کلاله خشک در یک هاون چینی کوبیده شد تا به صـورت پودری یکنواخت درآمد و با ترازوی دقیق ۰/۵ گرم کلاله پودر شده برای آنالیز صفات کیفی (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) استفاده شد. تجزیه شیمیایی براساس روش ایـزو ۳۶۳۲ کـه دقیقـاً استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۲-۲۵۹ از آن اقتباس شده است، انجـام گرفت. استاندارد

[1]-OKIS

جهانی ISO به شماره ۳۶۳۲ برای درجه بندی زعفران تدوین شده است (ISO/TS 3632-1/2, 2003). مقدار ۰/۵ گرم کلاله پودر شده به ارلن منتقل و با آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر رسانده شد. اطراف ارلن فویل آلومینیوم پیچانده شد تا نور به آن نفوذ نکند. بعد با همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت همزده شد. بوسیله پیپت ۲۰ میلی‌لیتر از محلول را به یک بالن حجمی ۲۰۰ میلی‌لیتری منتقل و با آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی لیتر رسانده شد. پس از حصول یک محلول یکنواخت، آن را با صافی در محیطی دور از نور صاف نموده و یک محلول شفاف حاصل شد. سپس از اسپکتوفتومتر (مدل DR۵۰۰۰ شرکت HACH – آمریکا) برای اندازه‌گیری مقدار کروسین، سافرانال و پیکروکروسین و فرمول زیر که نمایانگر ضریب خاموشی در طول موجی (۴۴۰، ۳۳۰ و ۲۵۷ نانومتر به ترتیب برای کروسین، سافرانال و پیکروکروسین) است استفاده شد.

$$E^{1\%}_{1cm}=1000\times OD/m\ (100-H)$$

در این رابطه $E^{1\%}_{1cm}$ میزان جذب عصاره آبی زعفران، OD جذب ویژه (قرائت اسپکتوفتومتر)، m وزن نمونه بر حسب گرم (۰/۰۰۵ گرم) در ۱۰۰ میلی‌لیتر و H مقدار رطوبت کلاله خشک است که به طور معمول بین ۸ تا ۱۰ درصد (در این آزمایش ۱۰ درصد در نظر گرفته شد) است.

در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.4 انجام شد و میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) مقایسه شدند. شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel 2019 رسم شدند.

نتایج و بحث

تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کهتیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد گل معنی‌دار شد (جدول۲). بیشترین تعداد گل در تیمار محلول‌پاشی با کود روی با میانگین ۲۰/۴۷گل در متر مربع (افزایش ۵۷/۸۲ درصدی نسبت به شاهد) و کمترین تعداد گل در تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی با میانگین۱۰/۳۶گل در مترمربع تولید شدکه در واقع تعداد گل را کاهش داد(جدول ۳). محلول‌پاشی آهن تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. پایین بودن تعداد گل در تیمار توام آهن و روی نسبت به شاهد را می‌توان به برهمکنش آهن و روی بر روی گیاه زعفران ربط داد و یا اینکه مخلوط نمودن این دو نوع عنصر با توجه به سایر موادی که احتمالا بعنوان فرمولاسیون همراه آنها می‌باشند ممکن است اثرات منفی بر روی جذب دو عنصر مذکور و یا فرایندهای متابولیکی گیاه داشته‌اند. آزمایشات نشان داد که فراهم بودن عناصر مورد نیاز گیاه سبب افزایش تعداد گل می‌شود (Koochaki et al., 2011). تحقیقات نشان داد که استفاده از عنصر آهن به صورت محلول‌پاشی به هر دو صورت (کلات و معمولی) سبب افزایش تعداد گل شده و در نهایت عملکرد زعفرن بالا می‌رود (Khaksarnezhad & Zabet, 2017). آزمایشات بر روی زعفران نشان داد که کاربرد عنصر روی سبب بالا رفتن تعداد گل در این گیاه می‌شود. بالاترین تعداد گل از مصرف توام ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بدست آمده که نسبت به تیمار شاهد ۷۸ درصد افزایش داشته است (Akrami et al., 2015). 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 بسیار موثر می‌باشد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی در دوره زمانی اسفند ماه سبب می‌شود مواد غذایی مورد نیاز زعفران به سطح برگ برسد به سرعت وارد متابولیسم گیاه شده در رشد و زادآوری بیشتر آن مؤثر واقع شود. بنابراین جذب مناسب عناصر غذایی موجب تجمع بیشتر این عناصردر پارانشیم ذخیره‌ای بنه‌های دختری شده و می‌تواند در مراحل تقسیم میتوز تابستانه به همراه سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی دیگر به تشکیل اندام های گل در مریستم رأسی جوانه بنه کمک نموده و موجب افزایش گل تعداد گل گردد (Saeedi-Rad & Mokhtarian, 2011).

وزن تر گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر صفت وزن تر گل معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن تر گل در تیمار محلول‌پاشی با کود روی با میانگین ۶۵/۷۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن تر گل در تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی با میانگین ۵۳/۱۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محلول پاشی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی زعفران.
Table 2. ANOVA (Mean square) of effect of iron and zinc foliar spraying on quantitative and qualitative traits of saffron.

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	تعداد گل Number of flowers	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک گلبرگ Petal dry weight	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	پیکروکروسین Picrocrocin	سافرانال Safranal	کروسین Crocin
تکرار (Rep)	2	72.58 ^{ns}	10.58^{ns}	1.58^{ns}	0.002^{ns}	0.22^{ns}	0.001^{ns}	0.70^{ns}	0.48^{ns}	4.06^{ns}
محلول پاشی (foliar)	3	82.83**	97.27*	16.60**	11.41**	3.89**	0.17**	96.56**	5.20**	128.16**
خطا آزمایشی (Error)	6	100.25	23.71	1.46	0.23	0.29	0.009	7.72	1.59	3.68
ضریب تغییرات (C.V%)		5.89	8.49	15.57	6.67	10.82	11.53	3.02	4.25	0.91

^{ns} ،* و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد
ns, * and ** indicate the non-significant and significant differences at the probability level of 5% and 1%, respectively.

طباطبائیان و همکاران (Tabatabaeian et al., 2020) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی اثر مثبت و معنی داری بر افزایش وزن تر گل زعفران دارد. چنین استباط می‌شود که محلول پاشی روی در اسفند ماه موجب تولید بنه‌های بزرگتر با ذخایر غذایی بیشتر و سرعت سبز شدن بالاتر شد و این موضوع به واسطه افزایش میزان رشد رویشی و زایشی زعفران، باعث بهبود عملکرد وزن تر گل گردید.

در تحقیق حاضر با وجود بهبود وزن تر گل در اثر محلول پاشی آهن، این افزایش نسبت به شاهد معنی دار نبود (جدول ۳). البته امامی و همکاران (Emami et al., 2018) نشان دادند که محلول‌پاشی کلات آهن بر روی زعفران سبب افزایش وزن تر گل می‌شود. عدم افزایش معنی دار وزن گل در اثر محلول پاشی آهن می تواند دلایل مختلفی از جمله ناکافی بودن غلظت کاربردی (۵٪) برای شرایط آزمایش باشد.

وزن خشک گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کهتیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت وزن خشک گل معنی-دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن خشک گل در تیمار محلول‌پاشی با کود روی با میانگین ۱۱/۱۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن خشک گل در تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی با میانگین ۶/۱۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۳). تحقیقات نشان داد که محلول-پاشی آهن در زعفران سبب افزایش وزن خشک گل می-شود (Amirinia et al., 2014). محققان نشان دادند که کمبود عنصر روی سبب کاهش فتوسنتز در گیاهان می‌شود که در نتیجه کاهش کلروفیل را به دنبال دارد و باعث غیرفعال شدن ساختار کلروپلاست می‌شود. همچنین کمبود روی باعث کاهش بازده استفاده از آب شده، در نتیجه باعث کاهش تورژسانس و رشد سلول می‌شود. بنابراین اثر مثبت روی بر زعفران را می‌توان اینگونه استنباط کرد که روی با افزایش میزان فتوسنتز نقش مهمی در افزایش عملکرد در زعفران بازی می‌کند.

وزن خشک گلبرگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت وزن خشک گلبرگ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن خشک گلبرگ در تیمار محلول‌پاشی با کود روی با میانگین ۹/۷۱کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن خشک گل در تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی با میانگین ۵/۴۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار

گرفت (جدول۳). محققان نشان دادند که بین آهن و روی در محیط ریشه گیاهان رقابت وجود داشته و بر روی جذب همدیگر اثر گذاشته و کاربرد توامان این دو عنصر جذب دیگری را کاهش می‌دهد (Alloway, 2008). اثر تداخل در جذب در هنگام مصرف توامان این دو عنصر می‌تواند دلیلی بر کمتر بودن میانگین این تیمار نسبت به شاهد باشد.

جدول۳. مقایسه میانگین اثرات محلول پاشی آهن و روی بر صفات کمی زعفران.

Table 3. Mean comparison of the effects of iron and zinc foliar spraying on the quantitative traits of saffron.

محلول پاشی آهن و روی Foliar of iron and zinc	تعداد گل Number of Flowers ($no.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($Kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل Flower dry weight ($Kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گلبرگ Petal dry weight ($Kg.ha^{-1}$)	وزن تر کلاله Stigma fresh weight ($Kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($Kg.ha^{-1}$)
شاهد (no foliar)	12.97^{b*}	54.50^{b}	6.15^{b}	5.67^{c}	4.59^{b}	0.72^{bc}
آهن (Iron)	12.97^{b}	56.20^{ab}	7.99^{b}	7.10^{b}	4.96^{b}	0.88^{b}
روی (Zinc)	20.47^{a}	65.74^{a}	11.13^{a}	9.71^{a}	6.62^{a}	1.19^{a}
آهن+ روی (Iron+Zinc)	10.36^{c}	53.17^{b}	6.13^{b}	5.48^{c}	3.94^{b}	0.64^{c}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در یک ستون براساس LSD، در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to the least significant difference (LSD, 0.05) test.

محلول‌پاشی گیاه با 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. محققان هم افزایش جذب عناصر از خاک را از فواید محلول‌پاشی عنوان کردند. براساس نظر آنان محلول‌پاشی 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 (Yassen et al., 2010). شاید این نیز دلیلی دیگر بر افزایش عملکرد زعفران بعد از محلول پاشی در این آزمایش باشد. جذب کودهای محلول از طریق اندام‌های هوایی موجب تشکیل بنه‌های درشت‌تر و افزایش گلدهی مزرعه زعفران می گردد (Tabatabaeian et al., 2020).

وزن تر کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت وزن تر کلاله معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن تر کلاله در تیمار محلول-پاشی با کود روی با میانگین ۶/۶۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن تر کلاله در تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی با میانگین ۳/۹۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با تیمار شاهد و محلول پاشی آهن در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول۳). محققان نشان دادند که محلول پاشی آهن سبب افزایش وزن تر کلاله می‌شود (Amirinia et al., 2014). آزمایشات نشان داد که اثر مصرف عنصر روی بر عملکرد وزن تر کلاله زعفران معنی-دار بوده است. به طوری که بالاترین عملکرد وزن‌تر کلاله از مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بدست آمد که نسبت شاهد، ۷۳ درصد افزایش داشت (Akrami et al., 2015). بالاترین عملکرد کلاله تر زعفران در شرایط کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. محققان همچنین اظهار کردند که علاوه بر حصول عملکرد بالا، احتمالا افزایش نرخ فتوسنتز ناشی از جذب بیشتر آهن، سبب تولید بنه‌های با وزن بالا گردیده است (Salarian et al., 2022). عنصر روی از اجزای ساختاری چندین نوع آنزیم است و برای فعالیت آن‌ها مورد نیاز است، بنابراین کمبود عنصر روی شدت فتوسنتز گیاه، متابولیسم کربوهیدرات و ساخت پروتئین را متأثر می-سازد. بین مقدار کافی عنصر روی در گیاه و تولید آنزیم کربونیک انیدراز رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. این آنزیم نقش مهمی در فتوسنتز گیاه دارد و سبب افزایش تولید کربوهیدرات‌ها می‌شود. علاوه بر آن عنصر روی در تولید

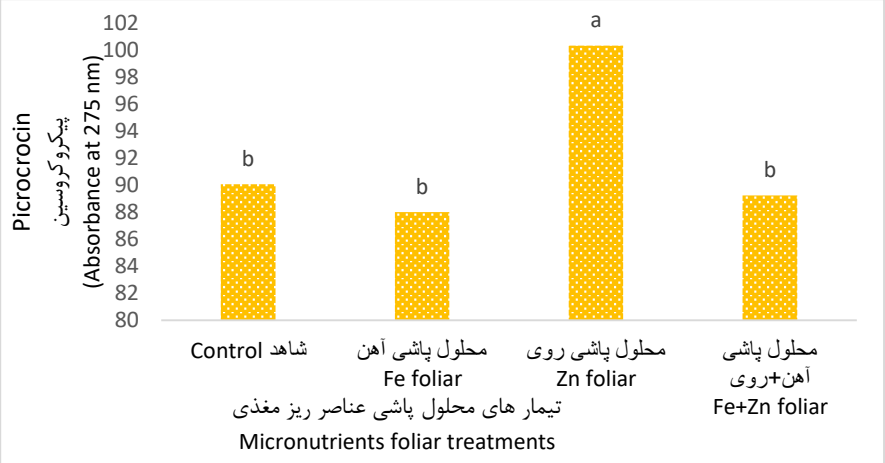
اکسین تقسیم سلولی و باروری گیاه نقش دارد. کمبود این عنصر باعث کاهش رشد و گلدهی گیاه می‌شود و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Fang et al., 2008).

وزن خشک کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت وزن خشک کلاله معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن خشک کلاله در تیمار محلول‌پاشی با کود روی با میانگین ۱/۱۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن خشک کلاله در تیمار محلول‌پاشی توام آهن و روی با میانگین ۰/۶۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۳). محققان در بررسی اثر عنصر روی و آهن بر زعفران طی دو سال زراعی، بیان کردند اثر این عناصر بر وزن خشک کلاله معنی‌دار بود (Akbarian et al., 2012). سالاریان و همکاران (Salarian et al., 2022) طی بررسی تأثیر نانو کود آهن بر روی عملکرد زعفران اظهار داشتند که با کاربرد نانو کود آهن، وزن خشک کلاله زعفران بطور معنی‌داری افزایش یافت و با افزایش مصرف نانو کود آهن از پنج به ۱۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک کلاله نیز بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. 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 کربوهیدرات را تحت اثر قرار می‌دهد. تحقیقات نشان داده است که استفاده از عنصر روی در تغذیه زعفران اثر مثبتی در بالا رفتن وزن خشک کلاله دارد. محققان همچنین اظهار کردند که 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 (Tabatabaeian et al., 2020).

پیکروکروسین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت پیکروکروسین معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان پیکروکروسین در تیمار محلول‌پاشی با کود روی با میانگین ۱۰۰/۳۲ درصد (یعنی ۰/۳۲ درصد بیش از مقدار استاندارد) و کمترین میزان پیکروکروسین در تیمار محلول‌پاشی آهن با میانگین ۸۸ درصد (یعنی ۲۲ درصد کمتر از میزان استاندارد) مشاهده شد (شکل ۱). تحقیقات نشان داد که محلول‌پاشی عنصر روی اثر مثبت و معنی‌داری بر پیکروکروسین داشت. همانطور که محلول پاشی کودی روی صفات کمی و عملکردی زعفران اثر معنی‌داری داشت و باعث افزایش این صفات شد، اثرگذاری آن روی صفات کیفی این گیاه امری بدیهی می‌باشد. به‌طورکلی، می‌توان اظهار داشت که افزایش گل انگیزی و عملکرد گل زعفران در بهبود کیفیت آن نیز مؤثر می‌باشد(Tabatabaeian et al., 2020).

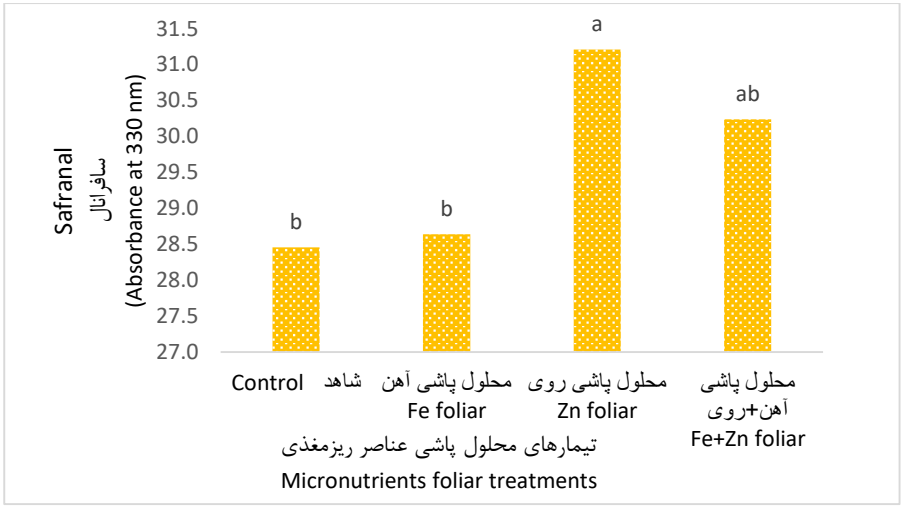


شکل ۱. اثر محلول پاشی آهن و روی بر درصد پیکروکروسین.

Fig 1. Effect of iron and zinc foliar application on picrocrocin content.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح ۱٪ تفاوت معنی داری با هم ندارند.

*Means with same letter are not significantly different according to the LSD (0.01) test.



شکل ۲. اثر محلول پاشی آهن و روی بر درصد سافرانال.

Fig 2. Effect of iron and zinc foliar application on safranal content.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح ۱٪ تفاوت معنی داری با هم ندارند.

*Means with same letter are not significantly different according to the LSD (0.01) test.

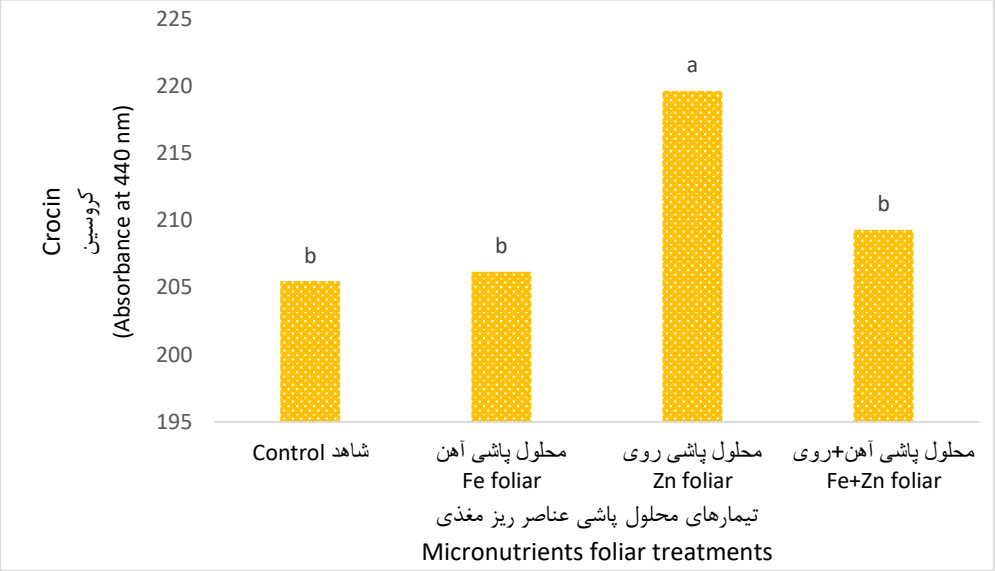
تحقیقات نشان داد که کاربرد ۴ لیتر در هکتار آهن در زراعت زعفران اثر معنی داری در افزایش میزان پیکروکروسین زعفران دارد. محققان همچنین گزارش کردند که کاربرد آهن سبب افزایش فعالیت آنزیمهای موثر در بیوسنتز پیکروکروسین نقش داشته و میزان آن را بالا می‌برد (Salarian et al., 2022).

سافرانال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر صفت سافرانال معنی‌دار شد (جدول۲). بیشترین میزان سافرانال در تیمار محلول-پاشی با کود روی با میانگین ۳۱/۲۱ درصد و کمترین میزان سافرانال در تیمار شاهد با میانگین ۲۸/۴۶ درصد مشاهده شد (شکل۲). محققان نشان دادندکه کاربرد کود آهن سبب افزایش صفات کیفی زعفران گردید (Tabatabaeian et al., 2020). سحابی و همکاران (Sahabi et al., 2018) طی تحقیقات خود بر روی زعفران نشان دادند که محلولپاشی برگی نقش مؤثری در افزایش صفات کیفی زعفران داشت. محققان نشان دادند که کاربرد عنصر روی به صورت محلول پاشی بر صفات کیفی گیاه زعفران اثر مثبت داشته و سبب بالا رفتن میزان سافرانال می‌گردد. همچنین وجود تغذیه مناسب در مرحله تشکیل بنه مادری در اسفند ماه سبب افزایش صفات کمی در این گیاه شده و همبستگی مثبت و معنی داری بین صفات کمی و کیفی وجود دارد. بنابراین با افزایش صفات کمی، صفات کیفی بهبود می‌یابد (Hassanian badi et al., 2018).

کروسین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان‌کروسین معنی‌دار شد (جدول۲). بیشترین میزان کروسین در تیمار محلول-پاشی با کود روی با میانگین ۲۱۹/۶۴ درصد و کمترین میزان کروسین در تیمار شاهد با میانگین ۲۰۵/۴۹ درصد مشاهده شد (شکل۳). کروسین، یک کاروتنوئید بسیار آبدوست در زعفران می‌باشد و به عنوان عامل رنگ دهنده در زعفران شناخته شده است. قدرت رنگدهی زعفران به عنوان یکی از پارامترهای تعیین کننده کیفیت در زعفران محسوب می-شود که با اندازه‌گیری کروسین مشخص می‌گردد. بکار بردن عناصر غذایی به میزان کافی در زراعت زعفران، بر روی عملکرد محصول و همچنین خصوصیات کیفی زعفران تأثیر مثبت داشت. به طوری که کاربرد عنصر غذایی آهن و روی به میزان مناسب، سبب بهبود مقدار کروسین که عامل ایجاد رنگ در زعفران است گردید (Salarian et al., 2022). محلول-پاشی برگی نقش مؤثری در افزایش غلظت کروسین داشت، به طوری که غلظت کروسین در تیمار محلول-پاشی در مقایسه باتیمار شاهد تا ۵/۶درصد افزایش یافت (Sahabi et al., 2018).



شکل ۳. اثر محلول پاشی آهن و روی بر درصد کروسین

Fig 3. Effect of iron and zinc foliar application on crocin content.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح ۱٪ تفاوت معنی داری با هم ندارند.

*Means with same letter are not significantly different according to the LSD (0.01) test.

جدول۴. ضریب همبستگی (پیرسون) بین صفات مورد مطالعه.

Table 4. Pearson correlation coefficient between studied traits.

	تعداد گل number of flowers	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک گلبرگ Petal dry weight	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	پیکروکروسین Picrocrocin	سافرانال Safranal	کروسین Crocin
تعداد گل number of flowers	1								
وزن تر گل Flower fresh weight	-0.063^{ns}	1							
وزن خشک گل Flower dry weight	0.902**	0.078 ^{ns}	1						
وزن خشک گلبرگ Petal dry weight	0.926**	0.075 ^{ns}	0.904**	1					
وزن تر کلاله Stigma fresh weight	0.938**	0.238 ^{ns}	0.902**	0.912**	1				
وزن خشک کلاله Stigma dry weight	0.928**	0.078 ^{ns}	0.941**	0.918**	0.918**	1			
پیکروکروسین Picrocrocin	0.856**	-0.068 ^{ns}	0.697*	0.807**	0.802**	0.740**	1		
سافرانال Safranal	0.445 ^{ns}	-0.523 ^{ns}	0.391 ^{ns}	0.467 ^{ns}	0.311 ^{ns}	0.416 ^{ns}	0.440 ^{ns}	1	
کروسین Crocin	0.807**	-0.191 ^{ns}	0.738**	0.794**	0.692*	0.734**	0.874**	.573	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ns. Correlation is not significant.

همبستگی بین صفات مورد مطالعه

اکثر صفات زعفران همبستگی مثبت و معنی داری با یکدیگر نشان دادند و از میان صفات مورد مطالعه، بیشترین ضریب همبستگی مربوط به صفات وزن تر کلاله، وزن خشک کلاله و وزن خشک گلبرگ به ترتیب ۰/۹۳۸، (۰/۹۲۸ و ۰/۹۲۶ با تعداد گل بود که در سطح یک درصد معنی دار بودند (جدول ۴). امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) نیز بیشترین همبستگی را در صفت وزن تر و خشک کلاله گزارش کردند. این موضوع نشان می‌دهد کـه ایـن صفات به‌طور مستقیم بر روی عملکرد اثر می‌گذارد. می‌توان از این صفات به‌عنـوان یک معیار گزینشی در برنامه های اصلاحی زعفران استفاده کرد. بررسی‌های امیدی و همکاران (Omidi et al., 2010) همبستگی بالایی بین تعداد گل و وزن تر کلاله

نشان داد به طوری که هرچه تعداد گل بیشتری حاصل گردد، عملکرد کلاله بیشتر نیز بدست خواهد آمد که با یافته‌های مطالعه حاضر نیز سازگار است. صفت کیفی سافرانال با هیچ کدام از صفات معنی داری نشان نداد (جدول ۴). درحالیکه میزان کروسین با پیکروکروسین، وزن خشک کلاله، وزن تر کلاله و وزن خشک گلبرگ همبستگی مثبت و معنی دار داشت. در تحقیق خوشخو و همکاران (Khoshkhoo et al., 2022) نیز ارتباط معنی داری بین وزن گل و کروسین گزارش نشد البته با دو ترکیب دیگر یعنی پیکروکروسین و سافرانال همبستگی مثبت و معنی داری گزارش شد. نتایج همبستگی در تحقیق ما نشان دادکه صفات کیفی زعفران پیکروکروسین، سافرانال و کروسین با صفت وزن تر گل همبستگی منفی دارد (جدول ۴). بنابراین استنباط می‌شود در شرایط آزمایش حاضر، با افزایش وزن تر گل از کیفیت زعفران کاسته شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که محلول پاشی روی با غلظت ۵ درصد و آهن با غلظت ۵ درصد سبب بالا رفتن صفات کمی و کیفی گیاه زعفران گردید. این افزایش کیفیت به گونه ای بود که محلول‌پاشی با عنصر روی نسبت به محلول پاشی آهن میانگین بالاتری را از خود نشان داد. اگرچه محلول‌پاشی توام آهن و روی بنا به مشکلاتی که احتمالا ناشی از مخلوط نمودن آنها و یا شرایط آزمایش بوده است تاثیر مثبتی بر عملکرد کمی و کیفی نداشت. با توجه به کمبود عنصر روی و جذب پایین عنصر آهن در خاک های ایران، می‌توان برای دستیابی به عملکرد بالا، محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بویژه عنصر روی و آهن را به کشاورزان زعفران کار توصیه کرد.

منابع

Abdullaev, F.L. (1993). Biological effects of saffron. *Journal of biofactors*, *4,* 6-83.

Akbarian, M. M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, G., & 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.

Akrami, M. R., Malakouti, M. J., & Keshavarz, P. (2015). Study of flower and stigma yield of saffron as affected by potassium and zinc fertilizers in Khorasan Razavi Province. *Journal of Saffron Research, 2(1),* 85-96. [In Persian].

Amirnia, R., Bayat, M., & 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.

Alloway, B. J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition. Second edition, published by IZA and IFA.

Babaei, K., Seyed Sharifi, R., Pirzad, P., & Bahrani, A. (2015). Effect of some micro and macro nutrients on seed yield and oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Chemical Environmental and Biological Sciences, 3(1),* 71-74.

Emami, M., Armin, M., & Jami Moeini, M. (2018). Effect of foliar application time of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of saffron. *Saffron Agronomy and Technology*, *6 (2),* 167-179. [In Persian].

El Midaoui, A., Ghzaiel, I., Vervier-Fasseur, D., Ksila, M., Zarrouk, A., Nury, T., Khallouki, F., El Hessni, A., Ibrahimi, S.O., & Latruffe, N. (2022). Saffron (*Crocus sativus* L.): A source of nutrients for health & for the treatment of neuropsychiatric and agerelated diseases. *Nutrients, 14*, 597.

Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X., & 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.

Gupta, V., Sharma, A., Rai, P.K., Gupta, S.K., Singh, B., Sharma, S.K., Singh, S.K., Hussain, R., Razdan, V.K., & Kumar, D. (2021). Corm rot of saffron: epidemiology and management. *Agronomy, 11*, 339.

Hassanian Badi, S., Tabatabaiyan, J., & Kodkhodaei, A. (2018). The effect of foliar application of micronutrients on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.), *16th National Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran*, Ahvaz, Iran. [In Persian].

Hosseinzadeh, H., & Nassiri-Asl, M. (2013) *Avicenna's* (*Ibn Sina*) *the canon of medicine and saffron* (*Crocus sativus*)*: A review. Phytotherapy Research, 27 (4),* 475-483.

International Standard, "Saffron-Specification", ISO 3632-1:1993(E), International Organization for Standardization, Switzerland.

Kafi, M., Borzooei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Maassoumi, A., & Nabati, A. (2009). Plant environmental stress physiology. Mashhad University Jihad Press. 502 pp. [In Persian].

Khalilzadeh, R. (2017). Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Interactions*, *12(1)*, 381-389.

Khaksarnezhad, E., & Zabet, M. (2017). The effect of Nano iron chelated on the yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.) in South Khorasan. *Journal of Saffron Research*, 5(1), 45-52. [In Persian].

Khoshkhoo, H., Rassam, G., Babaeian, M., Rahban, S., Taghizadeh Tabari, Z., & Kumar Dhar, M. (2022). The effect of foliar fertilizer and different growth regulators on quantitative and qualitative yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in Farooj. *Agrotechniques in Industrial Crops*, *2(4)*, 177-186.

Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M. K., & Ahuja, P. S. (2009). State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: a comprehensive review. *Food Reviews International, 25,* 44–85.

Maleki Farahani, S. & Aghighi Shahverdi, M. (2015). Evaluation the effect of nano-iron fertilizer in compare to iron chelate fertilizer on qualitative and quantitative yield of saffron. *Journal of Crops Improvement*, *17(1),* 155-168. [In Persian].

Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Fotoukian, M. H. (2010). Effect of bio and chemical fertilizer on quality and quantity of saffron. *Journal of Medicinal Plant, 8(30),* 98-109. [In Persian].

Rezvanimoghadam, P., Koocheki, A., Filabi, A., & Seyedi, M. (2013). Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Crop Science*, *15*, (3):234-246. [In Persian].

Saeedi-Rad, M.H., & Mokhtarian, A. (2011). Applied scientific principles of planting and harvesting of saffron. *Education and Promotion of Agriculture.* 112 p. [In Persian].

Sahabi, H., Jahan, M., Kochaki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2018). Effects of corm origin, corm weight and nutrient foliar application on yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, *6(3)*, 269-277. [In Persian].

Salariyan, A., Mahmoodi, S., Behdani, M. A., & Kaveh, H. (2022). Effects of bio fertilizer and nanoparticles of Fe on quantitative and qualitative properties of saffron (*Crocus sativus* L.) under salinity stress. *Saffron Agronomy and Technology*, *10(1)*, 3-18. [In Persian].

Permeh, Z., Mohebi, R., Nabizade, A., & Hosseini, M. A.(2010). Export capacity and Target Bazaars of Iranian Saffron. *Iranian Journal of Trade Studies*, *13(51)*, 59-95. [In Persian].

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

Yaghoubnezhad, N., Hemmati, K., & Hemmati, N. (2022). Studying the Effect of Seaweed, Lignin and Tea compost on the amount of crocin, picrocrocin, safranal and some phytochemical traits in petals and stigmas of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, *10(2)*, 358-345. [In Persian].

Yassen, A., Abou El-Nour, E. A. A., & Shedeed, S. (2010). Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. *Journal of American Science*, *6*, 14-22.

Zahmatkesh, Y. Pessarakli, M., & Souhani darbani, A. (2022). Morpho-physiological and yield responses of quinoa genotypes (*Chenopodium quinoa* Willd) to the application of potassium and zinc chelates under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *22(3)*, 45-54. [In Persian].

Xi, L., Qian, Z., Xu, G., Zheng, Sh., Sun, S., Wen, N., Sheng, L., Shi, Y., & Zhang, Y. (2007). Beneficial impact of crocetin, a carotenoid from saffron, on insulin sensitivity in fructose fed rats. *Journal of Nutrition Biochemistry, 18*, 64–72.

. COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)