بررسی تاثیر مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبت کننده عناصر غذایی در کاهش مصرف کودهای شیمیایی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط کم آبیاری

مهدی ابراهیمی*[۱]، محسن پویان[۲]، ساره حسینی[۳]، طیبه شاهی[٤]، فاطمه امیری فرد[٥]، حسین راغ آرا[٦]

[۱]مدیر گروه پژوهشی تولید و فرآوری گیاهان استراتژیک خراسان جنوبی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

[۲]مدیر مجتمع تحقیقات گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

[۳،۴،۶] عضو گروه پژوهشی تولید و فرآوری گیاهان استراتژیک خراسان جنوبی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

[۵] دانش آموخته کارشناسی گیاهان دارویی دانشگاه تربت حیدریه، خراسان رضوی، تربت حیدریه، ایران

* نویسنده مسئول: hazemagri@gmail.com

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی امکان جایگزینی بخشی از کودهای شیمیایی مورد استفاده در زراعت زعفران با کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تجزیه کننده عناصر غذایی در مزارع زعفران و در شرایط مختلف آبیاری در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و بصورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت‌پلات) در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مجتمع تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی در پلات‌های اصلی شامل آبیاری در حد ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و ۵۰٪ ظرفیت زراعی و تیمارهای پلات‌های فرعی نیز شامل تیمار (F_1) شاهد (عدم استفاده از کود)، (F_2) ۱۰۰٪ NPK، (F3) ۵۰٪ NPK مورد نیاز، (F_4) ۵۰٪ NPK مورد نیاز + (کود فسفاته بارور-۲ + ازتوبارور-۱ + پتابارور-۲)، (F_5) ۵۰٪ NPK مورد نیاز + (کود فسفاته بارور-۲ + ازتوبارور-۱ + پتابارور-۲) + کود روی و آهن بارور، (F6) کود فسفاته بارور-۲ + ازتوبارور-۱ + پتابارور-۲ بودند. میزان مورد نیاز از سه عنصر ازت، فسفر و پتاس (NPK) برای کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم براساس آنالیز عناصر خاک و کودهای زیستی نیز براساس میزان توصیه شده توسط شرکت سازنده به‌دست آمد. گلدهی ۱۱ روز پس از آبیاری اولیه (خاک آب) آغاز شد و با جمع آوری گل‌ها طی یک دوره تقریبا یک ماهه، صفات عملکردی شامل تعداد گل در متر مربع، وزن کلاله در متر مربع، وزن گل در متر مربع و وزن جام‌گل+پرچم در متر مربع محاسبه گردید. نتایج این مطالعه نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار اثرات اصلی و متقابل تیمارهای مورد آزمایش بر صفات مورد بررسی بود. به‌عبارت دیگر هیچ یک از تیمارهای کودی نتوانست منجر به افزایش عملکرد زعفران نسبت به تیمار شاهد شود و از طرفی اولین آبیاری مزرعه به‌میزان ۵۰٪ ظرفیت زراعی تاثیر نامطلوبی بر عملکرد زعفران نداشته است. این نتایج نشان می‌دهد که عمده تاثیر کودهای شیمیایی و زیستی و همچنین فراهمی آب بر عملکرد زعفران به بهبود رشد گیاه در دوره رشد رویشی و تولید بنه‌های بزرگتر محدود می‌شود و بررسی آن نیازمند اندازه‌گیری این صفات در سال دوم است.

کلمات کلیدی: اسپلیت پلات، تنش خشکی، جام‌گل، عملکرد

مقدمه

ایران با سطح کشت حدود ۱۲۰۲۲۳/۵ هکتار و تولید ۴۳۹/۲ تن زعفران در سال (نزدیک به۹۰٪ زعفران دنیا) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان زعفران در دنیا به‌حساب می‌آید. با این وجود، میزان عملکرد زعفران با ۳/۳ کیلوگرم در هکتار در ایران در مقایسه با سایر کشورهای تولیدکننده آن بسیار پایین است (Ebadzadeh, 2020). به‌طورکلی، منابع غذایی بنه‌های مادری تعیین‌کننده رشد زعفران، بخصوص در مراحل ابتدایی رشد هستند، اما تحقیقات نشان داده است که علاوه بر وزن بنه مادری، تعادل در فراهمی مواد مغذی نیز یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد اقتصادی و رشد بنه‌های دختری در طی دوره رشد زعفران است (Koocheki *et al.*, 2014). از طرفی نیز مشکلات موجود بر سر راه اصلاح زعفران (Kafi *et al.*, 2002) باعث شده است تا عمده تلاش‌های صورت گرفته جهت تولید بنه‌های مرغوب در زعفران به انجام عملیات به‌زراعی صحیح محدود شود. لذا تغذیه مناسب گیاه زعفران به‌منظور دستیابی به عملکرد بالاتر و بنه‌های درشت و دارای ذخیره غذایی بیشتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Hassanzadeh

(Aval *et al*., 2014). علیرغم تأثیر کودهای شیمیایی در تأمین نیازهای غذایی زعفران، به‌دلیل اثرات مخرب زیست‌محیطی که مصرف این دسته از کودها دارند، کودهای زیستی به‌عنوان جایگزینی مناسب برای آن‌ها مطرح شده‌اند. سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمدتاً کمتر از یک درصد است که این امر عمدتاً به‌علت مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، بخصوص کودهای نیتروژن‌دار و عدم استفاده از بهبود دهنده‌های رشد آلی بوده است (Malakuti, 1996). این موضوع علاوه بر کاهش عملکرد محصولات کشاورزی منجر به بحران آلودگی‌های زیست محیطی و به‌ویژه منابع آب و خاک شده است که طی زنجیره غذایی به منابع غذایی انسان راه یافته و تهدیدی برای جامعه بشری به‌حساب می‌آید(Omidi *et al*., 2009) . استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی پایدار به‌دلیل افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود رشد گیاهان و عدم ایجاد مشکلات زیست محیطی بسیار مورد استقبال قرار گرفته است (Sabzevari *et al*., 2010). کودهای زیستی در بردارنده ریزموجوداتی از قبیل باکتری‌ها، قارچ‌ها، اکینتومایست‌ها یا متابولیت‌های حاصل از فعالیت آن‌ها بوده و با ایجاد کلونی‌هایی در بخش‌های داخلی گیاه و یا محیط پیرامون ریشه باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند (Zhang *et al*., 2003). لذا استفاده از کودهای زیستی حاوی باکتری های تثبیت کننده عناصر غذایی از جمله روش‌های کاهش وابستگی خاک‌های کشاورزی به کودهای شیمیایی است و در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شده است که کاربرد این کودها در بسیاری از موارد منجر به افزایش عملکرد زعفران شده است (Kheiry *et al*., 2018).

تنش‌های محیطی منجر به بروز طیف وسیعی از واکنش‌های گیاهی می‌شود که می‌تواند از تغییر در بیان ژن و متابولیسم سلولی تا تغییرات سرعت رشد و تولید گیاه متغیر باشد (Shaw *et al*., 2008). در بین تنش‌های غیرزنده، خشکی، شوری، دما و تجمع فلزات سنگین ازجمله مهم‌ترین تنش‌های محیطی‌اند که تأثیرات نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان دارند (Maheswari *et al*., 2012). تنش خشکی درواقع سطح متوسطی از فقدان آبی در نظر گرفته می‌شود که به بسته شدن روزنه‌ها و محدودیت تبادلات گازی منجر می‌شود. تنش خشکی با کاهش محتوی آب، نقصان پتانسیل و تورژسانس آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش طویل شدن و توسعه سلولی مشخص می‌شود. تنش خشکی شدید ممکن است باعث توقف فتوسنتز، برهم خوردن متابولیسم و نهایتاً مرگ گیاه شود (HongBo *et al*., 2008). تنش خشکی طویل شدن سلولی را بیشتر از تقسیم سلولی محدود می‌کند. درواقع تنش خشکی با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی مانند فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون‌ها، متابولیسم مواد مغذی و پیش‌برنده‌های رشد[1]، رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Farooq *et al*., 2009). واکنش گیاهان به تنش خشکی براساس شدت و مدت تنش و نیز گونه و مرحله رشد گیاه متفاوت است (Chaves *et al*., 2002). از این رو بررسی واکنش زعفران به تنش خشکی و همچنین اثر متقابل آن بر تغذیه گیاه با منابع کودی مختلف می‌تواند به روشن شدن این اثرات بر عملکرد زعفران کمک شایانی نماید. لذا امکان جایگزینی کودهای زیستی مورد مطالعه در این پژوهش با کودهای شیمیایی رایج در کشت زعفران و بررسی آن در شرایط محدودیت منابع آبی می‌تواند علاوه بر کمک به حفظ زیست بوم‌های کشاورزی، در افزایش تولید محصول زعفران نیز تأثیر بسزایی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این طرح به‌صورت آزمایش کرت های خرد شده (اسپلیت‌پلات) و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰– ۹۹ در مجتمع تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واحد خراسان جنوبی (۵۹ درجه و ۲۶ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی) اجرا گردید. دو فاکتور این طرح شامل تنش خشکی (۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) در پلات‌های اصلی و تیمارهای کودی (F1) شاهد (عدم استفاده از کود)، (F_2)۱۰۰٪ NPK ، (F3)۵۰٪ NPK مورد نیاز، (F_4)۵۰٪ NPK مورد نیاز + (کود فسفاته بارور–۲ + ازتوبارور–۱ + پتابارور–۲)، (F_5)۵۰٪ NPK مورد نیاز + (کود فسفاته بارور–۲ + ازتوبارور–۱ + پتابارور–۲) + کود روی و آهن بارور، (F6)کود فسفاته بارور–۲ + ازتوبارور–۱ + پتابارور–۲) در پلات های فرعی بود. محاسبه میزان

1 growth promotors

مورد نیاز از سه عنصر ازت، فسفر و پتاس (NPK) برای کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم[۱] براساس آنالیز عناصر خاک و کودهای زیستی[۲] نیز براساس میزان توصیه شده توسط شرکت سازنده صورت گرفت.

کرت‌های مورد استفاده با ابعاد ۲ در ۳ متر (۶ مترمربع) و به تعداد ۳۶ عدد متعلق به مزرعه چهارساله زعفران بودند. فاصله بین دو کرت مجاور در هر تکرار برابر ۱ متر و فاصله بلوک‌ها از هم نیز ۳ متر در نظر گرفته شده بود. فاصله بین کرت‌های مجاور به‌منظور جلوگیری از تداخل آب بین کرت‌ها با خاک کاملاً پر شده بود. در این مطالعه از روش آبیاری کرتی استفاده شد و انتقال آب به کرت‌های زعفران با استفاده از لوله‌های انتقال آب انجام گرفت. در محل انشعاب آب متعلق به هر کرت نیز یک شیر آب نصب گردید. با استفاده از این سیستم آبیاری علاوه بر توزیع یکنواخت‌تر آب در سطح کرت، از شستشوی خاک کرت‌ها نیز حتی‌الامکان جلوگیری می‌شود. حجم آب مورد نیاز برای هر پلات اصلی براساس ۱۰۰ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی محاسبه شد و آبیاری تا زمان رسیدن به حجم مورد نظر ادامه یافت (جدول ۱). برای تعیین ظرفیت زراعی خاک مزرعه از روش تجربی استفاده شد. در این روش، تعداد ۹ نمونه خاک از قسمت‌های مختلف مزرعه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتر گرفته و باهم مخلوط شد. سپس بخشی از این خاک به‌طور تصادفی برداشته و با الک ۲ میلی‌متری الک شد. به یک نمونه ۱۰۰ گرمی به‌طور تصادفی از خاک الک شده، کم‌کم آب مقطر اضافه شد. هنگامی‌که حجم آب افزوده شده به خاک به نقطه ظرفیت زراعی برسد، به لحاظ تجربی اگر آن را در دست فشار دهیم خاک به دست نمی‌چسبد اما خاک فشرده‌شده به‌صورت یک توده در کنار هم باقی می‌ماند و با یک ضربه از هم جدا می‌شود. میزان آب موردنیاز برای رسیدن نمونه خاک به این مرحله ۲۰ میلی‌لیتر بود و لذا رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی معادل ۲۰ درصد لحاظ گردید. بر این اساس میزان رطوبت در ۵۰٪ ظرفیت زراعی نیز معادل ۱۰٪ منظور گردید.

جدول ۱. رطوبت موردنیاز خاک برای هر یک از سطوح تنش خشکی بر مبنای میزان رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی (وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/٤ گرم بر سانتی مترمکعب لحاظ شده است).

	۵۰٪ ظرفیت زراعی	ظرفیت زراعی
رطوبت خاک	۱۰٪	٪۲۰
میزان آب هر هکتار (مترمکعب)	۴۲۰	۸۴۰
میزان آب هر پلات اصلی (لیتر)	۲۵۰	۵۰۰

جمع‌آوری گل‌های زعفران پس از خروج اولین گل از خاک آغاز شد و تا پایان دوره گلدهی (حدودا ۳۰ روز) ادامه یافت. گل‌ها به‌صورت روزانه از کرت‌های آزمایشی جمع‌آوری و پس از توزین، بخش اقتصادی گل‌ها (کلاله و خامه) از آن جدا و در محل مناسب و به دور از نور خشک شدند. در پایان فصل گلدهی وزن گل، وزن کلاله و وزن جام‌گل+پرچم به‌دست‌آمده از هر کرت آزمایشی برحسب گرم در مترمربع و تعداد گل نیز در واحد سطح محاسبه گردید. پس از اتمام هر یک از مراحل اندازه‌گیری صفات مورد نظر، داده‌های به‌دست‌آمده از مزرعه تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی دار محافظت شده (FLSD) صورت گرفت. کلیه عملیات آماری طرح با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۸ برای ویندوز) و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) انجام گرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات وزن خشک کلاله، وزن خشک گل، وزن خشک جام‌گل+پرچم و تعداد گل، اختلاف معنی‌داری بین سطوح فاکتور تنش خشکی و کودهای مورد استفاده در این مطالعه مشاهده نشد. همچنین هیچگونه اثر متقابل معنی‌داری بین فاکتور تنش خشکی و کود نیز وجود نداشت (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تیمارهای کودی

[۱] نیتروژن بصورت کود اوره (شرکت پتروشیمی پردیس)، فسفر بصورت کود سوپرفسفات تریپل (شرکت خدمات حمایتی کشاورزی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی)، پتاسیم بصورت کود سولفات پتاسیم (شرکت مروارید ارسباران).
[۲] کود فسفاته بارور-۲، ازتوبارور-۱، پتابارور-۲ و روی و آهن بارور همگی از شرکت زیست فناور سبز تهیه شدند.

مورد مطالعه در این آزمایش و همچنین کاهش ۵۰٪ مقدار آب استفاده شده در زراعت زعفران نسبت به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی تاثیری بر عملکرد زعفران نداشته است.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس (ANOVA) صفات مورد مطالعه زعفران.

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک کلاله	وزن خشک گل	وزن خشک جام‌گل+ پرچم	تعداد گل
بلوک	2	0.11406535^{ns}	10.84292954^{ns}	8.89683646*	6870.91474*
تنش خشکی	1	0.05792621^{ns}	5.99776116 ^{ns}	4.87682763^{ns}	3766.31255^{ns}
خطای پلات اصلی	2	0.04689552	0.77869936	0.44342467	342.45129
کود	5	0.14751743^{ns}	5.74887077^{ns}	4.08546459^{ns}	3155.1528 ^{ns}
اثر متقابل	5	0.09958648^{ns}	5.65208629^{ns}	4.2937555^{ns}	3316.01331^{ns}
خطای پلات فرعی	20	0.12356240	5.9776940	4.4314824	3422.3780
ضریب تغییرات (٪)		28.6	29.8	30.2	30.1

ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

لذا با توجه به تاثیرپذیری بنه‌های دختری از ذخیره غذایی بنه‌های مادری سال قبل (Douglas *et al.*, 2014)، عمده تاثیر استفاده از کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد زعفران به‌بهبود رشد گیاه در دوره رشد رویشی و تولید بنه‌های در شت‌تر مربوط است. در همین رابطه ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تاثیر کودهای زیستی بر عملکرد زعفران بیان داشتند که تاثیر استفاده از این کودها در بهبود عملکرد گل و بنه زعفران در سال اول کاشت این گیاه بسیار کم است و عمده تفاوت به استفاده از بنه‌های با وزن متفاوت مربوط می شود. اما نتایج مطالعه حاضر علاوه نشان می‌دهد که کودهای شیمیایی نیز همانند کودهای زیستی تاثیر معنی‌داری بر بهبود عملکرد زعفران در سال اعمال تیمارهای کودی ندارند.

اما عدم تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار آبیاری در حد ظرفیت زراعی و همچنین ۵۰٪ ظرفیت زراعی نیز نشان می‌دهد که کاهش آب مصرفی به‌میزان نصف ظرفیت زراعی در اولین آبیاری زعفران که به "گل آب" معروف است هیچگونه تاثیر منفی بر بروز حداکثر توان گلدهی زعفران ندارد و این میزان آب برای تحریک بنه‌ها و افزایش سرعت گلدهی زعفران کفایت می‌کند. با این وجود کاهش حجم آب در این نوبت از آبیاری با کاهش مقدار آب موجود در خاک ممکن است بر رشد رویشی زعفران تاثیر گذار باشد که نیازمند انجام مطالعات بیشتر در این زمینه است. در مطالعه ثابت تیموری و همکاران (۲۰۱۰)، اعمال تنش خشکی بصورت عدم آبیاری اولیه بنه‌های زعفران در مقایسه با آبیاری در حد ظرفیت زراعی نیز مشخص گردید که گیاه زعفران با تکیه بر ذخایر رطوبتی بنه‌های خود قادر به سبز شدن می‌باشد، اما کمبود رطوبت خاک منجر به کاهش شدید عملکرد و رشد بنه در این گیاه خواهد شد.

نتیجه‌گیری

با وجود اینکه تاثیر استفاده از کودهای مختلف اعم از شیمیایی و زیستی بر رشد و عملکرد زعفران توسط مطالعات مختلف به اثبات رسیده است، اما چنانچه هدف از تغذیه گیاه افزایش عملکرد زعفران در سال اعمال تیمارهای کودی باشد، تاثیری بر عملکرد زعفران نخواهد داشت. بعلاوه تامین حداقل ۵۰٪ آب ظرفیت زراعی خاک مزارع زعفران در زمان گل آب می‌تواند به گلدهی مطلوب گیاه در همان سال کمک نماید، اما ممکن است به‌دلیل کاهش رطوبت محیط پیرامون ریشه در در مراحل بعدی رشد، تاثیرات نامطلوبی بر رشد رویشی گیاه داشته باشد که منجر به کاهش عملکرد در سال بعد خواهد شد. بنابراین استفاده از کودهای زیستی به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی و همچنین تامین آب گیاه در نوبت‌های بعدی آبیاری باید تنها با هدف کمک به رشد بهتر گیاه و تولید بنه‌های درشت‌تر در سال‌های بعدی انجام گیرد.

منابع

Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodriques, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Pinheiro,C. 2002. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth? Annals of Botany, 89: 907-916.

Douglas, M.H., Smallfield, B.M., Wallace, A.R., McGimpsey, J.A. 2014. Saffron (*Crocus sativus* L.) the effect of mother corm size on progeny multiplication, flower and stigma production. Scientia Horticulturae, 166: 50-58 .

Ebadzadeh, H.R., Ahmadi K., Mohammad Nia Afroozi, S., Abbas Taghani, R., Abbasi, M., Yari, S. 2020. Agricultural statistics: the statistics of the horticultural products (Vol. 2). Tehran: Ministry of Agriculture.

Ebrahimi, M., Pouyan, M., Mahdi Nezhad, M. 2018. Effect of organic fertilizers and mother-corm size on flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus*) in the first year. Journal of Saffron Research, 7(1): 13-28 .

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29(1): 185-212.

HongBo, S., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Zhao, C.X. 2008. Water-deficit stressinduced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331: 215-225.

Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., Mollafilabi, A. 2002. Saffron, production and processing. Iran: Zaban va Adab Press.

Kheiry,A., Parsa,H., Sani Khani,M., Razavi,F. 2017. Effect of bio-fertilizers and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of petal in saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology, 6*(3), 309-322 .

Koocheki,A., Seyyedi,S.M., Jamshid Eyni,M. (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.

Maheswari,M., Yadav,S.K., Shanker,A.K., Anil Kumar,M., Venkateswarlu,B. 2012. Overview of Plant Stresses: Mechanisms, Adaptations and Research Pursuit. *Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies*.

Malakuti, M.G. 1996. Resistant agriculture and yield increase with optimization use fertilizer in Iran. Tehran: Instruction Agriculture Publication.

Omidi, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., Fotoukiyan, M. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitive and quantitative of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plants, 2(30): 98-109 .

Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Ourasji, Z., Arooju, K. 2010. Effect of drought stress, corm size and cover on morphoacophysiological properties of saffron in greenhouse conditions. Journal of Agroecology, 2(2): 323-334 .

Sabzevari, S., Khazaie, H.R., Kafi, M. 2010. Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticun aestivum* L.). Journal of Iranian Field Crop Research, 8(3): 473-480 .

Shaw, B., Thomas, T.H., Cooke, D.T. 2002. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. Plant Growth Regulation, 37: 77-83.

Zhang, N., Wang, D., Liu, Y., Li, S., Shen, Q., Zhang, R. 2014. Effects of different plant root exudates and their organic acid components on chemotaxis, biofilm formation and colonization by beneficial rhizosphere-associated bacterial strains. Plant Soil, 374: 689-700

Effect of using biofertilizers containing nutrient-fixing bacteria in reducing the use of saffron (*Crocus sativus* L.) chemical fertilizers under water-deficit conditions

Mahdi Ebrahimi *[1], Mohsen Pouyan[2], Sareh Hosseini[3], Tayebeh Shahi[4], Fatemeh Amiri Fard[5], Hossein Ragh Ara[6]
[1]Head of Production and Processing of Strategic Plants of Sothern Khorasan Department, Academic Center for Education, Culture and Research, Birjand, Southern Khorasan Province, Iran
[2]Head of Medicinal Plants Research Complex, Academic Center for Education, Culture and Research, Southern Khorasan Province, Birjand, Iran
[3,4,6]Production and Processing of Strategic Plants of Sothern Khorasan Department, Academic Center for Education, Culture and Research, Birjand, Southern Khorasan Province, Iran
[5]Bsc. of Medicinal Plants, University of Torbat Heidariyeh, Razavi Khorasan Province, Iran
* *Corresponding Author: hazemagri@gmail.com*

Abstract

This study was conducted to investigate the the possibility of replacing some of the chemical fertilizers used in saffron cultivation with biofertilizers containing nutrient decomposing bacteria in saffron fields and in different irrigation conditions.The experiment was conducted as split-plot experiment in a randomized complete block design with three replications in the Research Complex of Medicinal Plants, ACECR of Southern Khorasan Province, Iran in 2020. Experimental treatments in main plots included irrigation at the 100% field capacity and the 50% field capacity and sub-plot treatments also included F1) control (no fertilizer use), F2) 100% requiredNPK, F3) 50% required NPK , F4) 50% required NPK + (phosphate bio-fertilizer phosphate barvar-2 + nitrogen bio-fertilizer azotobarvar -1 + potash bio-fertilizer peta barvar-2), F5) 50% required NPK + (phosphate bio-fertilizer phosphate barvar-2 + nitrogen bio-fertilizer azotobarvar -1 + potash bio-fertilizer peta barvar-2) + zinc and iron biofertilizer zinc and Iron barvar, F6) phosphate bio-fertilizer phosphate barvar-2 + nitrogen bio-fertilizer azotobarvar -1 + potash bio-fertilizer peta barvar-2. The required amount of three elements nitrogen, phosphorus and potash (NPK) for chemical fertilizers of urea, triple superphosphate and potassium sulfate was obtained based on the analysis of soil elements and biofertilizers based on the amount recommended by the manufacturer. Flowering began 11 days after initial irrigation (soil-water stage) and by collecting flowers over a period of approximately one month, yield-related traits including number of flowers per square meter, weight of stigma per square meter, weight of flowers per square meter and weight of corolla + stamen per square meter were calculated. According to the results, there was no significant difference of the main and interaction effects of the tested treatments on the studied traits. In other words, none of the fertilizer treatments could increase the yield of saffron compared to the control treatment and on the other hand, the first irrigation of the field at 50% of field capacity did not have an adverse effect on saffron yield. These results show that the considerable effect of chemical and biological fertilizers, as well as water availability on saffron yield, is limited to improving plant vegetative growth and production of larger corms and furthure studies are required to investigate these traits in the next coming season of saffron growth.

***Keywords*:** Corolla, drought stress, split-plot, yield