نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۲۷-۱۱
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.3299.1130

مقاله پژوهشی:

ارزیابی تأثیر تیمارهای کودی مختلف بر روی عملکرد و برخی صفات زایشی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط اقلیمی اردبیل

محمدباقر عالی‌زاده اولی کندی*[۱]، حسن مکاریان[۲]، علی عبادی[۳]، آتوسا شفارودی[۴]
۱- دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
۳- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی
*نویسنده مسئول: *Email: mb.aalizadeh@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۹

چکیده

مدیریت صحیح کود یکی از ابزارهای لازم برای برخورداری از یک نظام اگرواکولوژیکی پایدار و پرسود در گیاه زعفران می‌باشد. بنابراین تأثیر منابع و مقادیر مختلف کودی بر عملکرد کمی و کیفی زعفران به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو سال زراعی ۹۵-۹۴ و ۹۶-۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل: کود آلی در سه سطح، شاهد، کوددامی و ورمی‌کمپوست بود که در کرت‌های اصلی قرار گرفت. مخلوط کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (*NP*) در دو سطح شامل ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی در کرتهای فرعی و پنج سطح باکتری‌های محرک رشد شامل عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با *ازتوباکتر PTCC 1658* (*Azotobacter chorococum*)، *سودوموناس آیروژینوس* (*Pseudomonas aeroginosa*)، *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus subtilis*) و تلقیح سه گانه آن‌ها (*ازتوباکتر PTCC 1658* (*Azotobacter chorococum*) + *سودوموناس آیروژینوس* (*Pseudomonas aeroginosa*) + *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus subtilis*)) بود که در کرتهای فرعی فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به صورت تلفیقی باعث افزایش معنی‌دار ویژگی‌های عملکرد تر و خشک کلاله و خامه و تعداد گل نسبت به شاهد شد. به‌طوری که نتایج مقایسه سطوح باکتری‌های محرک رشد نشان داد که، کاربرد همزمان *باسیلوس سوبتلیس، ازتوباکتر و سودوموناس* باعث افزایش ۹۲ درصدی تعداد گل و ۷۷ درصدی عملکرد تر کلاله و خامه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد به‌صورت تلفیقی با کودهای آلی نیز در افزایش طول کلاله تأثیر معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌های کود شیمیایی نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، بیشترین طول کلاله (۳/۶۷ سانتی‌متر) را با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز کود شیمیایی (۳/۴۵ سانتی‌متر) به خود اختصاص داد. کاربرد کودهای آلی همراه با تلفیق باکتری‌ها بیشترین تأثیر را بر درصد کروسین داشت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که، کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد همراه با کودهای آلی، با ۲/۸۲ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد خشک کلاله و خامه را داشت. در واقع نتایج، چشم‌انداز امیدبخشی را در راستای کاربرد باکتری‌های محرک رشد و کودهای آلی اثبات کرد و نشان داد که کمیت و کیفیت تولید در سیستم تغذیه تلفیقی، می‌تواند وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سیستم‌های رایج داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، عملکرد تر و خشک کلاله، کود دامی، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد

مقدمه

زعفران به‌عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی ایران دارد، به‌طوری که بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول به کشور ایران اختصاص دارد. همچنین گزارش شده که زعفران اقتصادی‌ترین گیاه در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده در جنوب خراسان به‌شمار می‌رود (*Koocheki et al.,2013*). این گیاه به دلیل دارا بودن آشیانه اکولوژیکی ویژه نسبت به سایر گیاهان و ویژگی-های اقتصادی منحصر به فرد از اهمیت خاصی برخوردار است. علی‌رغم قدمت کاشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات کشاورزی رایج در کشور، این گیاه از فناوری‌های نوین سهم کمتری داشته و تولید آن بیشتر بر دانش بومی متکی می‌باشد. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که زعفران یکی از کارآمدترین گیاهان زراعی از نظر مصرف آب در جهان به‌شمار می‌رود و از نظر نیاز به عناصر غذایی، گیاهی کم توقع محسوب می‌شود(*Koocheki et al.,2008*). با توجه به اثرات منفی مصرف نهاده‌های شیمیایی بر شاخص‌های کیفی خاک و نیز جایگاه ویژه زعفران در نظام‌های کشاورزی کم‌نهاده و پایدار، کاربرد منابع کود آلی در تولید این گیاه حائز اهمیت می‌باشد. در این راستا، کوچکی و همکاران (*Koocheki et al.,2014*) به نقش مؤثر کود دامی در افزایش عملکرد کلاله و گل زعفران اشاره نمودند. در مطالعه‌ای دیگر، کوچکی و همکاران (*Koocheki et al.,2012*) با بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت آلی شامل خاکبرگ، کمپوست قارچ، کمپوست زباله شهری، کود دامی و کاه لوبیا بر رشد و عملکرد زعفران گزارش نمودند که، اثر کود دامی بر صفات زراعی و عملکردکلاله و گل معنی‌دار بود. نتایج مطالعه رضوانی مقدم و همکاران (*Rezvani Moghaddam et al., 2014*) نشان داد که افزودن ۶۰ تن کمپوست بستر قارچ در هکتار، موجب بهبود خصوصیات رویشی و به تبع آن عملکرد اقتصادی زعفران شد. رستم‌پور و همکاران (*Rostampour et al., 2017*) نیز در تحقیقات خود بر روی شمعدانی گزارش کردند که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد، ارتفاع بوته، شاخه‌های جانبی، عملکرد سرشاخه، درصد اسانس و عملکرد اسانس را افزایش داد. همچنین در پژوهشی دیگر توسط گلدانی و کمالی (*Goldani and Kamali., 2016*) در خصوص تأثیر بسترهای کشت حاوی ورمی‌کمپوست، کمپوست و کود دامی بر روی گیاه اطلسی در شرایط تنش مشاهده کردند که، کودها تأثیر مثبتی بر روی صفات وزن تر گل، قطر، تعداد گل، طول گیاه، سطح برگ و عملکرد بیولوژیکی نسبت به شرایط تنش دارند. به‌طوری که کود دامی در شرایط تنش ۷۵ درصدی، ۱۴ درصد و ورمی-کمپوست در شرایط ۵۰ درصد تنش آبی، ۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش صفات ذکر شده را نشان دادند. کوزه‌گر و همکاران (*Koozehgar et al., 2016*) نیز در تحقیقات خود گزارش کردند که کاربرد ورمی-کمپوست، چای کمپوست و همزیستی میکوریزایی از طریق در دسترس قرار دادن عناصر غذایی باعث افزایش اجزای عملکرد و بهبود صفات کمی و کیفی گیاه نعنای آبی گردید، به‌طوری که بیش‌ترین قطر گل، میزان نیتروژن و فسفر از این تیمار به دست آمد. با اینکه کودهای آلی در بهبود و نگهداری حاصلخیزی خاک ارزش بالایی دارند، اما باید به این نکته توجه کرد که در مصرف آن‌ها برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی نباید زیاده‌روی کرد (*Abdolah zareh et al, 2013*). کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشد به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی نقش مفیدی در مدیریت پایدار خاک و پایداری بوم نظام کشاورزی دارند (*Karami et al., 2016*) در دهه اخیر، مطالعات فراوانی بر روی تأثیر باکتری‌های محرک رشد در رشد و تولید گیاهان متمرکز شده، که در این بین مطالعات اندکی به زعفران اختصاص دارد. در مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) ملاحظه شد که کاربرد توأم دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، موجب افزایش چشمگیر عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد گردید (*Khorramdel et al., 2010*). حقیر ابراهیم‌آبادی و همکاران (*Haghir Ebrahimabadi et al, 2013*) نیز در تحقیقات خود گزارش کردند که کاربرد کود زیستی بیوسفر بر شاخص‌های رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس گیاه دارویی زیره سیاه مؤثره بوده است، به‌طوری که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشته است. در مجموع در بررسی‌های محدودی که بر

روی تأثیر کاربرد ریزموجودات مختلف بر رشد و عملکرد زعفران انجام شده است، مشخص گردیده که کاربرد این کودها در بسیاری از موارد باعث افزایش عملکرد زعفران شده که این افزایش عملکرد با افزایش تعداد گل، طول کلاله و تعداد برگ همبستگی داشته است (*Aytekin and Ackikgoz, 2008*). براساس توضیحات ذکر شده و با توجه به اهمیت گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این آزمایش با هدف مطالعه تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد کلاله و برخی خصوصیات زایشی گل زعفران در شرایط آب و هوایی نیمه خشک و سرد اردبیل صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل با طول جغرافیایی ۴۸ دقیقه و ۱۹ درجه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۸ دقیقه و ۱۳ درجه شرقی و ارتفاع ۱۳۳۵ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. میانگین دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد از سال ۱۳۹۵- ۱۳۹۴

Table 1. Mean of monthly temperature and rainfall at experimental site (2015- 2016)

ماه‌ها **Month**	**میانگین حداکثر دما** (درجه سانتی-گراد) **Mean of maximum temperature** *(C)*	**میانگین حداقل دما** (درجه سانتی-گراد) **Mean of minimum temperature** *(C)*	**میانگین بارندگی ماهانه** (میلی‌متر) **Mean of rainfall** *(mm)*
2015 yers- سال ۱۳۹۴			
مرداد*July*	*26.7*	*12.6*	*2.6*
شهریور *Aug*	*26.7*	*12.4*	*29.5*
مهر*Sep*	*23.5*	*8.8*	*22.5*
آبان *Oct*	*8.2*	*7.8*	*82.7*
آذر*Nov*	*12*	*1.4*	*13.4*
دی*Dec*	*3.8*	*- 6*	*32.0*
بهمن*Jan*	*6.8*	*- 3.4*	*26.5*
اسفند*Feb*	*9.3*	*- 1.4*	*18.9*
2016 yers – سال ۱۳۹۵			
فروردین*Mar*	*12*	*4*	*30.0*
اردیبهشت*Apr*	*16*	*3*	*54.0*
خرداد*May*	*22*	*9*	*25.0*
تیر*June*	*25.4*	*11.1*	*10.0*
مرداد*July*	*24.8*	*13.6*	*3.3*
شهریور*Aug*	*28.2*	*12.7*	*0.0*
مهر*Sept*	*22.6*	*10.3*	*9.0*
آبان *Oct*	*15.3*	*4.4*	*35.0*
آذر*Nova*	*11.1*	*-0.7*	*8*
دی *Dec*	*3.8*	*- 6*	*32.0*
بهمن *Jan*	*5*	*-5.3*	*7.8*
اسفند *Feb*	*0.9*	*- 7.9*	*27.6*

آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: عامل اول کود آلی در سه سطح، شاهد، کود دامی (۲۵ تن در هکتار) و ورمی-کمپوست (۱۰ تن در هکتار) که در کرت‌های اصلی قرار گرفت، عامل دوم مخلوط کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (*NP*) در دو سطح شامل ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی تعیین شده براساس آزمون خاک و توصیه‌های کودی و در کرت‌های فرعی استفاده شد و عامل سوم پنج سطح باکتری‌های محرک رشددر دو سطح عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با *ازتوباکتر PTCC 1658 (Azotobacter chorococum)* (باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن)، تلقیح با *سودوموناس آیروژینوس (Pseudomonas aeroginosa)* (حل‌کننده فسفات با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر) و تلقیح با *باسیلوس سوبتیلیس (Bacillus subtilis)* (باکتری حل‌کننده فسفر با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر) و تلقیح سه گانه آن‌ها بود. عملیات تلقیح باکتری‌های محرک رشد شامل آغشته نمودن بنه‌های زعفران با محلول صمغ عربی (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) و سپس با محلول باکتریایی تلقیح انجام گرفت و سپس با خشک شدن بنه‌ها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید بلافاصله اقدام به کاشت گردید. میزان مصرف هر یک از باکتری‌های محرک رشد ۶ لیتر در هکتار بود. همچنین در تیمار تلفیقی، از هر کدام از باکتری‌های محرک رشد، ۲ لیتر مایه تلقیح آماده شد و با هم ترکیب شد و در نهایت ۶ لیتر در هکتار استفاده شد. به منظور حصول اطمینان از اثر تیمارها و نیز به دلیل اندک بودن عملکرد زعفران در سال اول، تیمارهای آزمایشی به مدت دو سال بطور پیاپی اعمال شدند و داده‌های سال دوم بعنوان نتایج آزمایش، جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از پنج نقطه به طور تصادفی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک به عمل آمد و به آزمایشگاه خاک دانشگاه محقق اردبیلی ارسال شد که، نتایج آن در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی (در عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متر)

Table 2. Physical and chemical properties of soil (0 – 30 cm depth)

بافت خاک **Soil texture**	رس **Clay** *(%)*	سیلت **Silt** *(%)*	شن **Sand** *(%)*	ماده آلی **Organic matter** *(%)*	پتاسیم قابل جذب **Potassium** *(mg/kg)*	فسفر قابل جذب **Phosphorus** *(mg/kg)*	نیتروژن کل **Nitrogen** *(%)*	هدایت الکتریکی **EC** *($dS\ m^{-1}$)*	**pH**
شنی لومی	*22. 6*	*30.7*	*46.7*	*1.86*	*183*	*21*	*0.062*	*4.48*	*7.8*

کورم زعفران برای کاشت از شهرستان قاینات تهیه و بنه‌های ۸ تا ۱۰ گرمی انتخاب و پس از آماده‌سازی بستر در کرت‌هایی به ابعاد ۲× ۵ متر کاشته شد. بنه‌ها با تراکم ۶۰ عدد در مترمربع در ردیف‌های ۳۰ سانتی-متری با فواصل بوته ۵ سانتی‌متر در عمق ۲۰ سانتی‌متر با دست کاشته شدند. باکتری‌های *ازتوباکتر PTCC 1658*، *سودوموناس آیروژینوس* و *باسیلوس سوبتیلیس* به صورت مایع از آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند و در سال اول قبل از کشت، عملیات تلقیح بنه‌ها با سوسپانسیون آماده باکتری‌های *ازتوباکتر PTCC 1658 (Azotobacter chorococum)*، *سودوموناس آیروژینوس* (*Pseudomonas aeroginosa*) و *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus subtilis*) در تراکم *CFU/ml* 10^8 (حل‌کننده فسفات با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر) آب مقطر انجام شده و در ۱۵ شهریور کاشت شد. براساس آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل (۴۶ درصد فسفر خالص) و به تیمارهای۱۰۰ درصد نیاز کودی داده شد و نصف این میزان به تیمارهای ۵۰ درصد نیاز کودی به خاک افزوده شد. کود اوره همراه آب آبیاری دوم (پس از برداشت گل) به زمین اضافه شد. مصرف کود نیتروژنه (با مقادیر ذکرشده) در طی هر سال انجام آزمایش،

تکرار شد. در سال دوم بعد از کاشت نیز باکتری‌های محرک رشد به صورت یکنواخت همراه با آب آبیاری قبل از ظهور گل‌ها در مهر ماه به کرت‌های حاوی تیمارهای مربوطه افزوده شد. عملیات زراعی مانند آبیاری، کنترل علف‌های هرز و سله‌شکنی در همه تیمارها به صورت یکسان انجام شد. گل‌های زعفران در اولین ساعات صبح از نیمه مهر ماه تا نیمه آبان ماه سال ۱۳۹۵، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای (نیم متر فاصله با هر ضلع کرت)، از کل سطح کرت‌ها برداشت و وزن تر آن‌ها تعیین شد. سپس کلاله و خامه زعفران از گل‌های برداشت شده جدا گردید و پس از خشک کردن در آون با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شد. وزن تر و خشک گل، طول کلاله + خامه و تعداد گل، اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن اندام‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری طول از خط‌کش استفاده شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش از نرم‌افزار *SAS* ۹/۴ و *MSTATC* جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون *LSD* در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از برنامه *Excel 2016* صورت گرفت.

نتایج و بحث

طول کلاله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای شیمیایی و نیز برهمکنش کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال پنج درصد و اثرات ساده باکتری‌های محرک رشد و آلی در سطح احتمال یک درصد بر صفت طول کلاله معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌های کود شیمیایی نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، بیشترین طول کلاله (۳/۶۷ سانتی‌متر) را با اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز کود شیمیایی (۳/۴۵ سانتی‌متر) به خود اختصاص داد (شکل ۱). همچنین نتایج مقایسه برهمکنش داده‌ها نشان داد که، بیشترین صفت طول کلاله از تیمارهای ورمی-کمپوست و کود دامی همراه با کاربرد تلفیقی باکتری-های محرک رشد (ازتوباکتر *PTCC 1658*، *سودوموناس آیروژینوس* و *باسیلوس سوبتیلیس*) و نیز کاربرد ازتوباکتر در شرایط کاربرد کود ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (شکل ۲). کمترین طول کلاله نیز مربوط به تیمار شاهد بدون کود آلی و باکتری‌های محرک رشد بود.

طول خامه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ساده باکتری‌های محرک رشد بر صفت طول خامه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که اثرات ساده کودهای شیمیایی، آلی و برهمکنش آن‌ها بر طول خامه تأثیر معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین باکتری‌های محرک رشد نشان داد که، کاربرد همزمان باکتری‌های محرک رشد (*ازتوباکتر PTCC 1658* ، *سودوموناس آیروژینوس* و *باسیلوس سوبتیلیس*) باعث افزایش ۵۴ درصدی طول خامه نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۳). کمترین طول خامه مربوط به عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد بود.

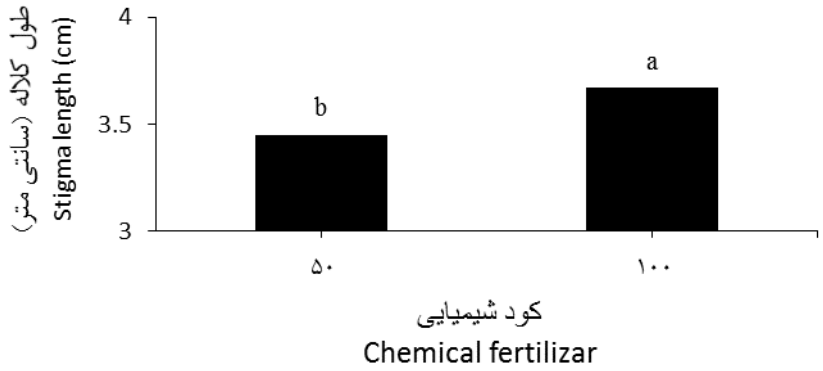
جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کودهای آلی، شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد بر برخی از خصوصیات گل زعفران

Table 3- Analysis of variance of flower characteristics of saffron as affected by organic. chemica l and growth-promoting bacteria

منابع تغییرات *S.O.V*	درجه آزادی (df)	طول کلاله *Stigma length*	طول خامه *Style length*	تعداد گل *Number of flower*	وزن تر گل *Flower fresh weight*	وزن خشک گل *flower dry weight*	وزن تر کلاله و خامه *Stigma+ style Fresh weigh*	وزن خشک کلاله و خامه *Stigma+ style dry weigh*
تکرار (*Replication*)	*2*	*7.41***	*0.382*	*159***	*1426*	*89.1***	*2.1***	*12.84***
کود آلی (*a*) **(***Organic fertilizer***)**	*2*	*6.76***	*0.309 ns*	*205 ns*	*151649***	*9478 ns*	*0.542 ns*	*0.71***
خطای (الف) *Error (a)*	*2*	*0.559*	*0.208*	*480*	*930*	*58.17*	*0.369*	*0.098*
کود شیمیایی*fertilizer (b)*	*1*	*1.035**	*0.208 ns*	*17696**	*35657***	*2228***	*4.875**	*0.553**
*a*b*	*4*	*0.129 ns*	*0.044 ns*	*530 ns*	*8427**	*526.7**	*0.089 ns*	*0.046ns*
خطای (ب) *Error (b)*	*6*	*0.093*	*0.247*	*2705*	*1212*	*75.76*	*0.431*	*0.0286*
باکتری‌های محرک رشد ***(c)*** *- Growth-promoting bacteria*	*4*	*7.65***	*3.85***	*6643***	*32474***	*2029***	*10.53***	*3.525***
*a*c*	*8*	*0.189**	*0.055ns*	*119 ns*	*2652**	*165***	*0.182 ns*	*0.059***
*b*c*	*4*	*0.811 ns*	*0.75ns*	*288 ns*	*1033 ns*	*64 ns*	*0.231 ns*	*0.047 ns*
*a*b*c*	*8*	*0.955 ns*	*12.77 ns*	*154 ns*	*1247 ns*	*77 ns*	*0.067 ns*	*0.014 ns*
خطای کل (*ET*)	*41*	*1.55*	*0.516*	*3393*	*13046*	*815.31*	*2.76*	*1.022*
ضریب تغییرات *CV (%)*	-	*6.44*	*14.52*	*19.06*	*14.45*	*13.28*	*8.65*	*6.68*

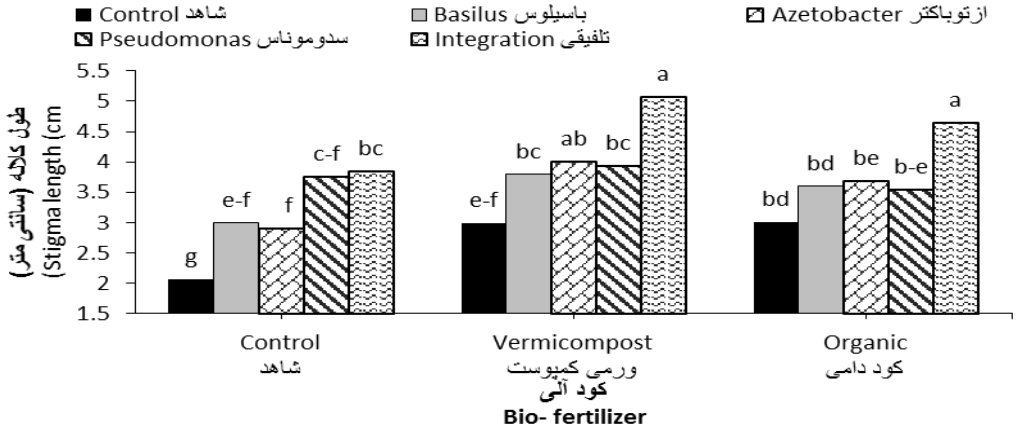
**و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns به معنی تفاوت غیرمعنی‌دار است

*ns = Non-significant * = Significant at 5% level and ** = Significant at 1% level*



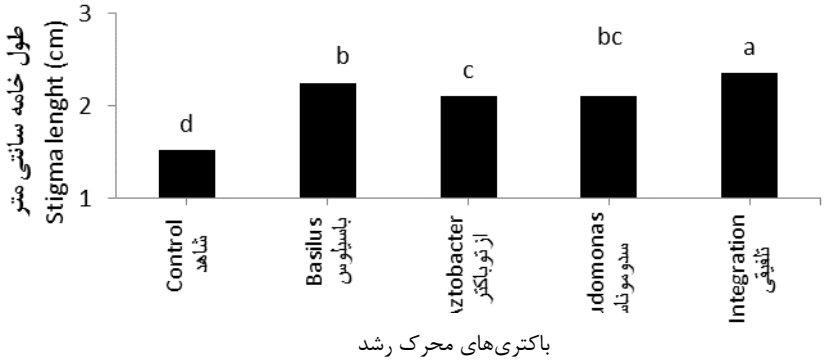
شکل ۱. اثر کودهای شیمیایی(NP) بر طول کلاله زعفران

Fig. 1. Effect of chemical fertilizers (NP) on stigma length of saffron



شکل ۲. اثر باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*) و کود آلی بر طول کلاله زعفران

Fig. 2. Effect of organic and Growth-promoting bacteria on stigma length of saffron



شکل ۳. اثرباکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*) بر طول خامه

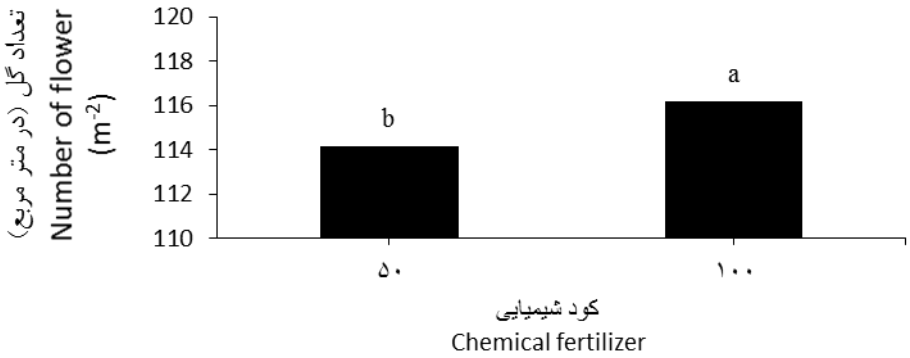
Fig. 3. Effect of Growth-promoting bacteria on stigma length of saffron

از آنجایی که نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر در ترکیب رشد رویشی گیاه است، افزودن آن به خاک می‌تواند موجب تحریک رشد رویشی و گسترش سلولی شود. بنابراین فراهمی سریع و آسان عناصر غذایی در سیستم‌های کودی شیمیایی را می‌توان دلیل اصلی افزایش قابل ملاحظه در افزایش طول کلاله، تعداد گل و

عملکرد تر و خشک خامه و کلاله در تیمارهای حاوی کود شیمیایی دانست (*Alipoor et al., 2015*). رسولی و همکاران (*Rasouli et al., 2015*) نیز نتایج مشابهی از افزایش صفات زایشی با کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز کود شیمیایی نسبت به کاربرد ۵۰ درصد آن گزارش کرده‌اند. استفاده از کودهای آلی نیز به دلیل غنی بودن از ماده خشک میکروبی و وجود سوبسترای حاوی کربن و همچنین بالا بودن عناصر غذایی تأثیر مثبتی بر روی صفات طول کلاله، خامه و عملکرد تر و خشک زعفران گذاشت. نتیجه پژوهش‌های حیدری و همکاران (*Heidari et al., 2014*) نشان داد که، ماده آلی خاک و باکتری‌های محرک رشد، تأثیر مثبتی بر گیاه زعفران دارند. به‌طوری که کاربرد کود آلی سبب در اختیار قرار دادن عناصر غذایی بیشتر برای گیاه می‌شود. کاربرد باکتری‌های محرک رشد نیز با افزایش جذب آب و مواد غذایی، تقویت و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، عملکرد گیاه زعفران را افزایش می‌دهد (*Kafi, 2002*). همچنین مطالعات نشان داده است که، ترشح هورمون‌هایی از قبیل جیبرلین، سیتوکنین، اکسین (ایندول ۳- استیک اسید) توسط باکتری‌های محرک رشد می‌تواند باعث افزایش رشد و تقسیم سلول شود (*Rivandi et al., 2016*). گزارش شده است که افزایش طول خامه و کلاله به مواد مغذی مثل نیتروژن و فسفر وابسته است و تثبیت و انحلال آن‌ها توسط باکتری‌ها اثر معنی‌داری بر روی این صفات دارد. فیوری و همکاران (*Fiori et al., 2007*) و شرف‌الدین و همکاران (*Sharaf- Eldin et al., 2008*) نیز تأثیر مثبت تیمار باکتری باسیلوس سوبتیلیس و سودوموناس را بر کلیه صفات رویشی و زایشی زعفران گزارش نموده‌اند.

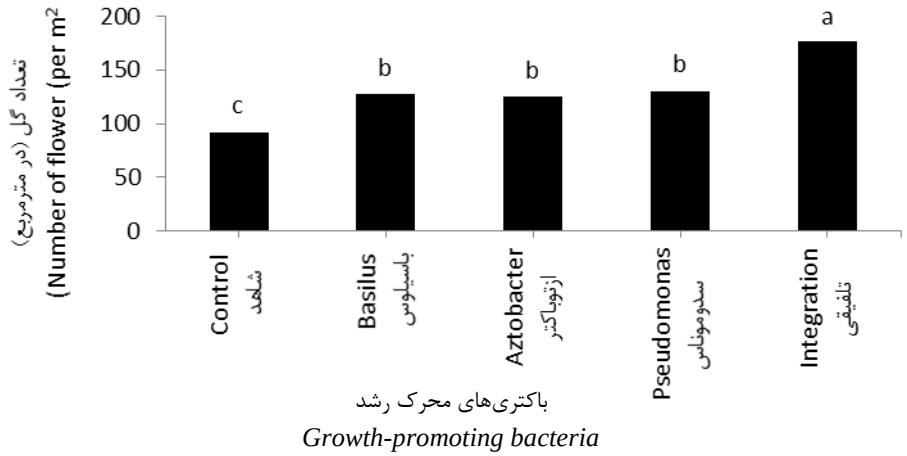
تعداد گل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد بر روی صفت تعداد گل به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثر ساده کود آلی و برهمکنش تیمارهای کودی بر تعداد گل اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمار کود شیمیایی نشان داد که، تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده نسبت به ۵۰ درصد نیاز کودی، بیشترین تعداد گل را با اختلاف معنی‌داری به خود اختصاص داد (شکل ۴). همچنین نتایج مقایسه سطوح باکتری‌های محرک رشد نشان داد که، کاربرد همزمان (*ازتوباکتر، PTCC 1658 سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس*) باعث افزایش ۹۲ درصدی تعداد گل نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۵). این امر نشان‌دهنده اثر افزایش ظرفیت جذب عناصر توسط باکتری‌های محرک رشد می‌باشد.



شکل۴. اثر کودهای شیمیایی(NP) بر تعداد گل زعفران

Fig. 4. Effect of chemical fertilizers (NP) on Number of flower



شکل ۵. اثر باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*) بر تعداد گل زعفران

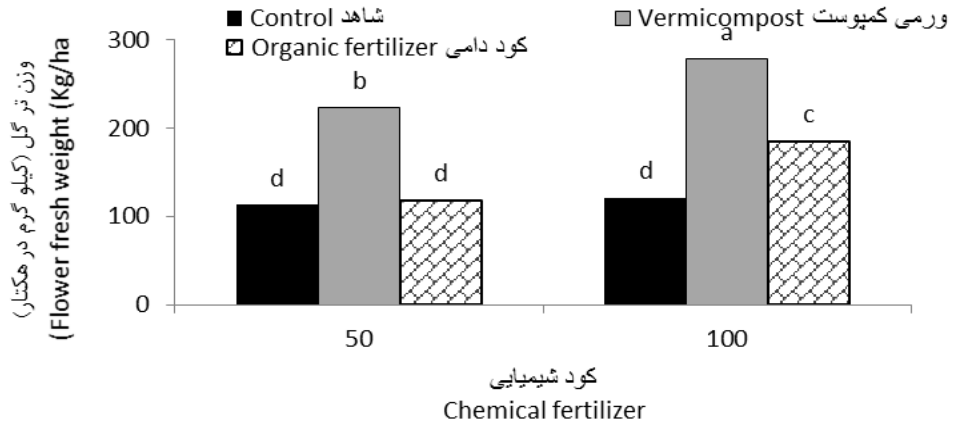
Fig. 5. Effect of Growth-promoting bacteria on number of flower

نقش مثبت تیمارهای کود شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد در افزایش تعداد گل زعفران در سال دوم می‌تواند در ارتباط مستقیم با نقش این تیمارها در افزایش معنی‌دار تعداد کل بنه‌های دختری زعفران در سال اول باشد (*Nassiri Mahallati et al., 2007*). بنابراین فراهمی سریع و آسان عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه و افزایش تعداد کل بنه‌ها در سیستم‌های کود شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد را می‌توان دلیل اصلی افزایش قابل ملاحظه در افزایش تعداد گل در این تیمارها دانست (*Alipoor et al., 2015*). نتایج این پژوهش با پژوهش‌های رضوانی‌مقدم و همکاران (*Rezvani Moghaddam et al., 2014*) نیز مطابقت دارد. به‌طوری که آن‌ها نیز تأثیر مثبت تیمارهای باکتری‌های محرک رشدو شیمیایی دلفارد را در افزایش تعداد گل زعفران در واحد سطح که در ارتباط مستقیم با نقش این تیمارها در افزایش تعداد کل بنه‌های دختری زعفران می‌باشد، گزارش کرده‌اند. رسولی و همکاران (*Rasouli et al., 2015*) نیز نتایج مشابهی از افزایش صفات زایشی گل زعفران با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نسبت به کاربرد ۵۰ درصد آن گزارش کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر تأثیر مدیریت‌های مختلف کودی بر گیاه مرزه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که کودهای زیستی نیترواکسین و بیوسفر تأثیر مثبتی بر عملکرد سرشاخه گل‌دار مرزه داشته‌اند (*Gholami Sharafkhane et al., 2015*). همچنین، نتایج تحقیق انجام شده نیز به تأثیر مثبت کاربرد همزمان باکتری‌های ازتوباکتر، ازوسپریلیوم و سودوموناس در افزایش معنی‌دار عملکرد سرشاخه گل‌دار در مرزه تابستانه اشاره کرده‌اند (*Faraji Mehmani et al., 2015*).

وزن تر و خشک گل

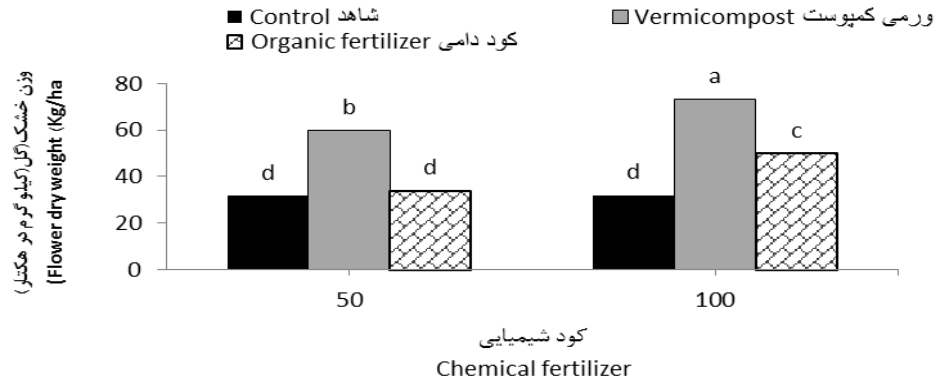
تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود آلی بر وزن تر گل در سطح یک درصد، اثر ساده باکتری‌های محرک رشد و شیمیایی نیز بر وزن تر و خشک گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین برهمکنش کودهای شیمیایی- آلی و باکتری‌های محرک رشد- آلی بر وزن تر و خشک گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کودهای شیمیایی و آلی نشان داد که تیمار ورمی‌کمپوست همراه با ۱۰۰ درصد تأمین نیاز کود شیمیایی، بیش‌ترین وزن تر و خشک گل (به ترتیب ۲۷۷ و ۷۳کیلوگرم در هکتار) را به همراه داشت (شکل۶ و ۷). همچنین قابل ذکر است که کاربرد ورمی-کمپوست در شرایط ۵۰ درصد نیاز کود شیمیایی به‌طور معنی‌داری نسبت به کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز کود شیمیایی (بدون کود آلی) وزن تر و خشک گل را افزایش می‌دهد و این یعنی به جای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی می‌توان نصف آن را با کاربرد کود آلی جایگزین کرد و ۵۰ درصد از مصرف کود شیمیایی کاسته می‌شود. همچنین تیمار ورمی‌کمپوست همراه با کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد (*ازتوباکتر PTCC 1658*، *سودوموناس آیروژینوس* و *باسیلوس*

سوبتیلیس)) به‌ترتیب باعث افزایش ۴۶ و ۴۲ درصدی عملکرد تر و خشک گل نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد) گردید (شکل ۸ و ۹). این نتایج بیانگر نقش تغذیه‌ای و ایجاد شرایط مطلوب اکولوژیکی بسترهای کودی مورد استفاده بر شروع گلدهی و وزن گل می‌باشد *(Asghari et al., 2017)*. کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2011*) بیان نمودند، عملکرد گل با تعداد گل و کل بنه‌های دختری همبستگی مثبت و مستقیمی دارد. کودهای شیمیایی به دلیل فراهمی فسفر قابل استفاده، ازت معدنی و پتاسیم تبادلی، ورمی‌کمپوست به دلیل تأمین عناصر غذایی و مواد آلی به جهت دارا بودن مقادیر زیادی مواد هیومیکی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند. این امر از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر خاص، به‌ویژه آهن و روی و تأثیر مستقیم بر متابولیسم گیاهی اتفاق می‌افتد (*Fali et al., 2018*). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیز علاوه بر تثبیت با تولید فیتوهورمون‌ها سبب تحریک رشد گیاه و جذب مواد غذایی و فتوسنتز می‌شوند. علاوه بر این حاج سیدهادی و همکاران *Haj Seyed Hadi et al., 2017)* در بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و آلی بر برخی صفات گیاه دارویی مرزه تابستانه *(Satureja hortensis L.)* مشاهده نمودند که، فرایند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است. با کاربرد ورمی‌کمپوست که سبب افزایش نگهداری رطوبت موجود در خاک می‌شود، شرایط مناسب‌تری برای رشد مرزه تابستانه و افزایش عملکرد بیولوژیک به‌وجود آمده است. گزارش شده که استفاده از کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در گیاه مریم‌گلی *(Salvia officinalis L.)* باعث افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه ش *(Govahi et al., 2017)* در پژوهشی دیگر توسط *Rezaeemoadab et al., 2014)* اثر مثبت و مفید باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان *(Ocimum basilicum L.)* نیز گزارش شده است. بنابراین با توجه به قابلیت‌های متعدد ورمی‌کمپوست در افزایش رشد گیاهان از قبیل غنی بودن از عناصر غذایی مختلف و حفظ رطوبت خاک، زمینه مناسب برای فعالیت باکتری‌های محرک رشد فراهم شده است و باکتری‌های محرک رشد نیز با در دسترس قرار دادن عناصر غذایی ورمی‌کمپوست برای گیاه و نیز تولید هورمون‌های مختلف رشدی افزایش گل‌آوری زعفران را به همراه داشته‌اند.



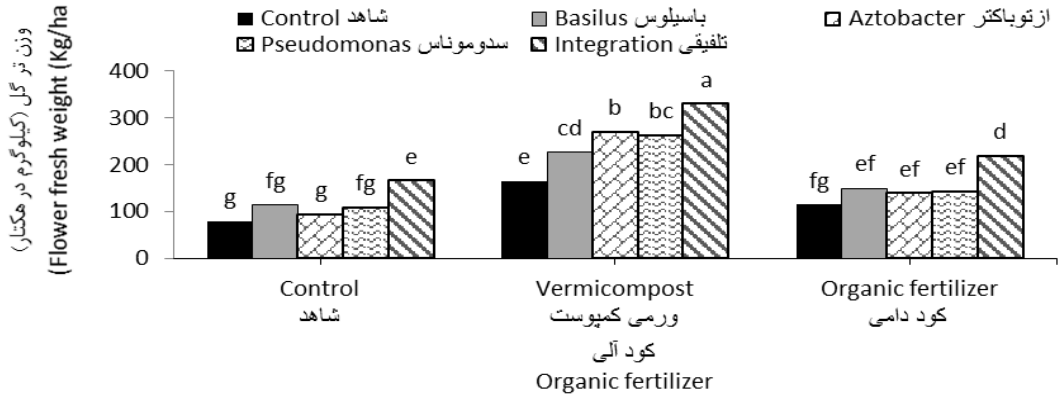
شکل ۶. تأثیر مصرف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد تر گل

Fig. 6. Effect of bio and chemical fertilizers on flower fresh weight of saffron



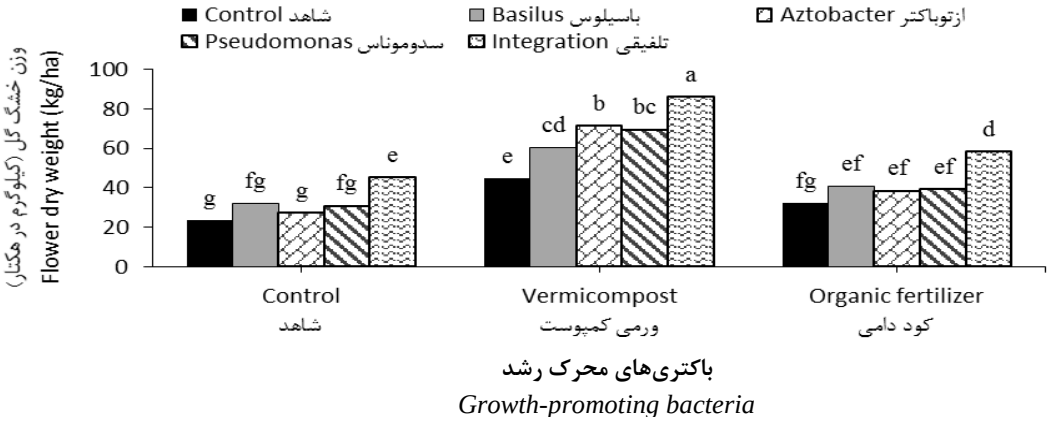
شکل ۷. تأثیر مصرف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد خشک گل

Fig. 7. Effect of bio and chemical fertilizers on flower dry weight of saffron



شکل ۸. تأثیر مصرف کودهای باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*)) و کودهای آلی بر عملکرد تر گل

Fig. 8. Effect of organic and Growth-promoting bacteria on flower fresh weight of saffron



شکل ۹. تأثیر مصرف باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*)) و کودهای آلی بر عملکرد خشک گل

Fig. 9. Effect of organic and Growth-promoting bacteria on flower dry weight of saffron

عملکرد

ماده تر و خشک کلاله + خامه (عملکرد تر و خشک کل)

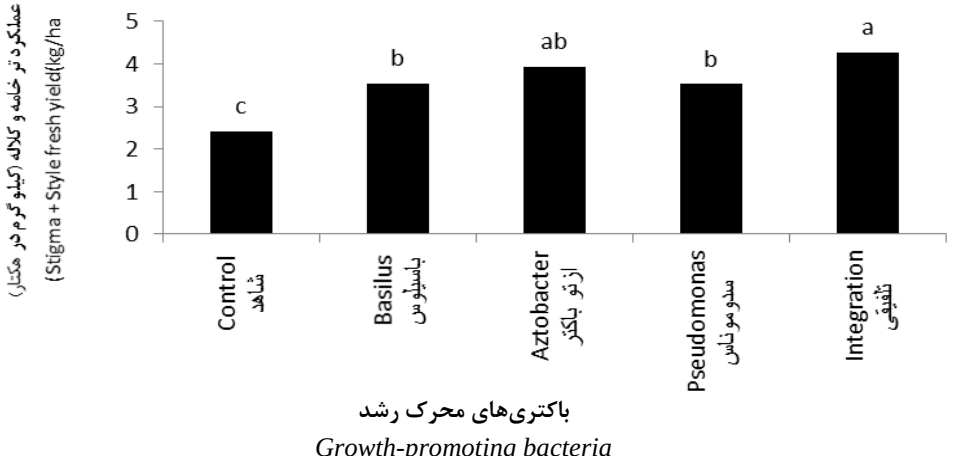
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی باکتری-های محرک رشد و شیمیایی بر عملکرد ماده تر کلاله و خامه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد در بین سطوح باکتری‌های محرک رشد بیش‌ترین میزان افزایش عملکرد تر کلاله و خامه در تیمار کاربرد (*ازتوباکتر PTCC 1658*، *سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس*) و تیمار *ازتوباکتر PTCC1658* به‌دست آمد. کاربرد همزمان سه باکتری باعث افزایش ۷۷ درصدی عملکرد ماده تر کلاله و خامه نسبت به شاهد شد (شکل ۱۰). در پژوهش روجاس و همکاران (*Rojas et al., 2002*) نیز مصرف باکتری-های محرک رشد خالص توانست عملکرد کلاله را نسبت به شاهد ۸۳٪ افزایش دهد. این میزان رشد معنی‌دار حاصل کاهش *pH* خاک و انحلال بیشتر ترکیب‌های آن بیان شده است. این مطلب حکایت از آن دارد که باکتری‌های محرک رشد می‌توانند بخش عمده‌ای از احتیاجات گیاه را تأمین کنند. از این رو باکتری‌های آزادکننده فسفر خاک از طریق افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک، باعث بهبود حلالیت فسفر برای گیاه و افزایش عملکرد می‌شوند (*Sundara et al., 2002*).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود آلی، باکتری‌های محرک رشد و برهمکنش کودهای آلی در باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد خشک (کلاله و خامه) معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از اثر برهمکنش کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشد نشان داد که بیشترین عملکرد خشک کلاله و خامه از تیمار کود دامی همراه با کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد (*ازتوباکتر، PTCC 1658 سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس*) با عملکرد ۲/۸۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که، البته با تیمارهای کاربرد تلفیقی باکتری‌ها با ورمی‌کمپوست و کاربرد تلفیقی باکتری‌ها به‌تنهایی در یک سطح آماری قرار داشتند. کمترین عملکرد خشک کلاله + خامه از تیمار شاهد (عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد و آلی) با میزان ۱/۳۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱۱)، هرچند که در مقایسه بین کود دامی، ورمی‌کمپوست و شاهد (بدون مصرف کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشد) از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تأمین نیاز کود شیمیایی بر عملکرد ماده تر و خشک کلاله + خامه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. به‌طوری که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز کودی توصیه شده بیش‌ترین عملکرد ماده تر و خشک کلاله + خامه به‌ترتیب (۳/۷۳ و ۲/۱۱ کیلوگرم در هکتار) را نسبت به شاهد نشان داد (شکل۱۲ و ۱۳). از آنجا که نیتروژن و فسفر به‌عنوان عناصر اصلی با تنظیم هورمون‌های گیاهی، نقش مهمی در رشد و تقسیم سلولی دارند، سبب افزایش رشد و ماده خشک در گیاه می‌شوند. در واقع کودهای شیمیایی موجب افزایش مقدار ریشه در گیاه، استقامت اندام هوایی، زودرسی و افزایش عملکرد می‌گردند. همچنین به‌نظر می‌رسد تلقیح باکتری‌های محرک رشد با بذر، امکان استفاده مطلوب از شرایط محیطی را فراهم می‌کند و گیاه در شرایط بهتری رشد می‌کند. مطابق با گزارش حیدری و همکاران (*2014، Heidari et al.*) به‌نظر می‌رسد توانایی ازتوباکتر در فرایند تثبیت نیتروژن و توانمندی سدوموناس در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی و نیز انحلال فسفات‌های نامحلول، به‌طور مؤثری باعث افزایش این صفت شده است. این نتیجه مبین این نظر است که حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل و کلاله به متغییرهای مربوط به خاک از جمله میزان ماده آلی، فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادلی که توسط باکتری‌های محرک رشد در دسترس گیاه قرار می-گیرند، وابسته است (*Temperini et al., 2009*).

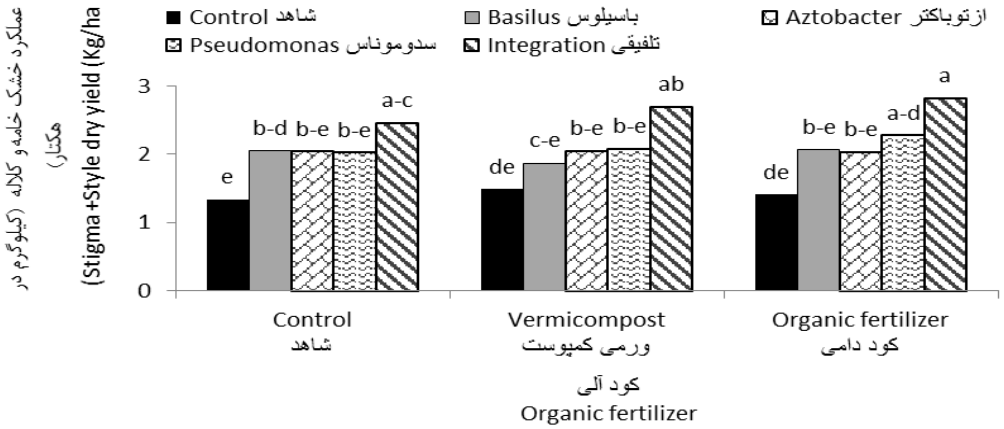
نتایج تحقیقات انجام شده دیگر نیز با نتایج این پژوهش از نظر عملکرد کلاله و خامه مطابقت دارد. برای مثال، کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2007*) اظهار کردند که کاربرد توأم کودهای آلی و باکتری‌های محرک رشدباعث افزایش عملکرد تر و خشک کلاله + خامه زعفران می‌شود. محمدی و همکاران (*Mohammadi et al., 2010*) نیز گزارش کردند که ترکیب باکتری‌های محرک رشد و آلی با تأثیر بر میزان دسترسی، تأمین عناصر مورد نیاز گیاه با در نظر گرفتن

مواد آلی به عنوان منبع تغذیه‌ای برای موجودات خاکزی و افزایش طول دوره رویشی، موفقیت رشد رویشی و زایشی را در بر دارد. به‌طوری که افزایش توانایی گیاه در ایجاد سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر، منجر به افزایش جذب عناصر غذایی و تولید ماده خشک بیش‌تر در واحد سطح می‌شود. نجفوند و همکاران (*Najafvand et al., 2008*) نیز به این نتیجه رسیدند که به‌کار بردن کود بیولوژیک نیتروکسین در گیاه گوجه فرنگی سبب افزایش عملکرد تا ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد می‌شود.



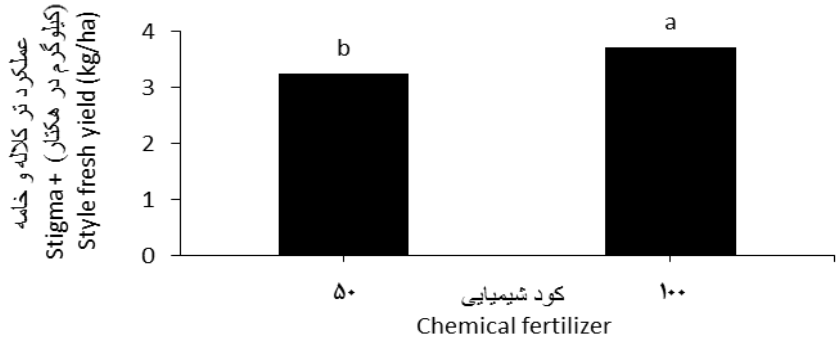
شکل ۱۰. اثر باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*) بر عملکرد تر کلاله + خامه زعفران

Fig. 10. Effect of Growth-promoting bacteria on stigma+ style fresh yield of saffron



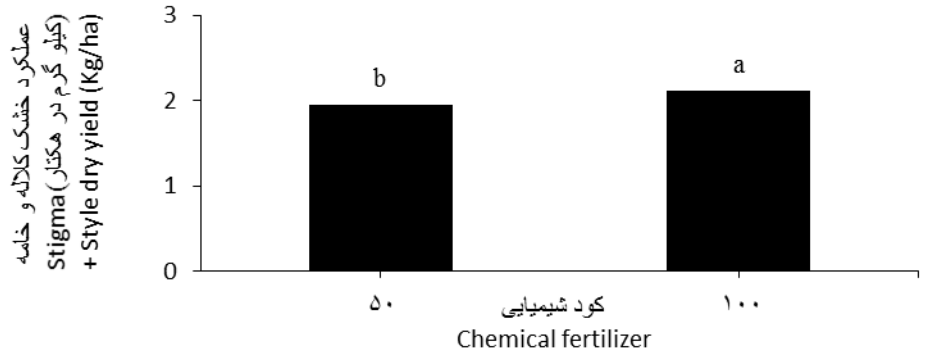
شکل ۱۱. تأثیر مصرف باکتری‌های محرک رشد (*Azotobacter chorococum*)، (*Pseudomonas aeroginosa*) و (*Bacillus subtilis*) و کودهای آلی بر عملکرد خشک خامه + کلاله زعفران

Fig. 11. Effect of organic and Growth-promoting bacteria on Stigma+ style dry yield of saffron



شکل۱۲. اثر کودهای شیمیایی بر عملکرد ماده تر کلاله و خامه زعفران

Fig. 12. Effect of chemical fertilizer on Stigma+ style Fresh yield of saffron



شکل ۱۳. اثر کودهای شیمیایی بر عملکرد ماده خشک کلاله و خامه زعفران

Fig. 13. Effect of chemical fertilizer on Stigma+ style dry yield of saffron

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به‌صورت تلفیقی و همراه با کودهای آلی تأثیر معنی‌داری در عملکرد خشک کلاله و خامه به‌عنوان مهم‌ترین شاخص عملکرد داشت. همچنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد به صورت تلفیقی مؤثرتر از تیمارکاربرد جداگانه آن‌ها بود و این کودها علاوه برافزایش شاخص‌های اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد باعث کاهش مقدار مصرف کودهای شیمیایی به‌عنوان یکی از نهاده‌های پرهزینه و همچنین استفاده بهینه از کود دامی و باکتری‌های محرک رشد در راستای اهداف کشاورزی پایدار به‌عنوان یکی از منابع کودی جدید دردسترس خواهد بود.

منابع

Abdolah zareh, S., Fateh, E., and Aynehband, A., 2013. Study effects of different sowing dates and chemical, organic and integrated fertilizer on grain active substance of Silybum marianum (L.) Gaerate. Iranian J. Medicinal. Aromatc Plants. 29(2), 486-521. (In Persian).

Alipoor, Z., Mohamoodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H., 2015. Effect of bio-manure and chemical fertilizers and corm weight on the corm characteristics of saffron (Crocus sativus L.). Plant. Prod. Tech. 15(2), 13-24. (In Persian).

Asghari, R., Dadashi, M., Razavi, A., Feizi, H., and Bakhtiari, S., 2019. Effect of cow manure on yield and morphological and physiological characteristics of saffron (Crocus sativus L.) under salinity stress. Saffron Agron. Techno. 7(2), 171-184. (In Persian).

Aytekin, A., and Acikgoz, A.O., 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (Crocus sativus L.) plants. Molecules. 13(5), 1135-1147.

Faraji Mehmani, A., Esmaeeilpour, B., Sefidkon, F., Abaszadeh, B., Khavazi, K., and Ghanbari, A. R., 2015. Effects of biofertilizers inoculation on growth characteristics and yield of savory (Satureja hortensis L. J. Agro. 6(4), 870-879. (In Persian).

Feli, A., Maleki Farahani, S., and Besharati, H., 2017. The impact of chemical urea fertilizer and different organic and biofertilizers on both quantitative and qualitative yield and some soil properties in cultivation of Saffron (Crocus sativus L.). J. Agric. Crops Produc. 20(2), 345-355. (In Persian).

Fiori, M., Falchi, G., Quaglia, M., and Cappelli, C., 2007. Saffron (Crocus sativus L.) disease in Italy Plant. Patho. 89, 27-68.

Gholami Sharafkhane, A., Jahan, M., Banayan Aval, M., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P., 2015. Effects of organic and chemical fertilizers on some agroecological characteristics, yield and essential oil of savoy (Satureja hortensis L.) in Mashhad condition. J. Agro. 7(2), 179-189. (In Persian).

Goldani, M., and Kamal, M., 2016. Evaluation of Culture Media Including Vermicompost, Compost and Manure under Drought Stress in Iranian Petunia (Petunia hybrida). J. Plant Product. 39(3), 91-100. (In Persian).

Govahi, M., Ghalavand, A., Nadjafi, F., and Sorooshzadeh, A., 2017. Comparing different soil fertility systems on some physiological characteristics, yield and essential oil of sage (Salvia officinalis L.) under different irrigation regimes. J. Agroeco. 9(2), 445-457. (In Persian).

Haghir Ebrahimabadi, A., Hatami, M., Karimzadeh Asl, and Ghorbanpour, M., 2018. Effect of Mycorrhizal Fungi and Biophosphor Fertilizer on Growth Features, Yield and Yield Components, and Essntial Oil Constituents in Cuminum cyminum L. J. Medicinal Plants. 17 (2), 74-90. (In Persian).

Haj Seyed Hadi, M.R., and Darzi, M.T., 2017. Evaluation of vermicompost and nitrogen biofertilizer effects on flowering shoot yield, essential oil and mineral uptake (N, P and K) in summer savory (Satureja hortensis L.). J. Agroeco. 9(4), 1149-1167. (In Persian).

Heidari, Z., Besharati, H., and Farahani, S.M., 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of saffron. Saffron Agron. Technol. 2(3), 177-189. (In Persian).

Kafi, M., Rashed, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A., 2002. Saffron: Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press. 276 p. (In Persian).

Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J., and Bahamin, S., 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (Phaseolus vulgaris). Scie. Agric. 14(2), 234-238. (In Persian).

Khorramdel, S., Koocheki, A.R., Nasiri Mahallati, M., and Ghorbani, R., 2010. Effects of biofertilizers on yield and yield components of black cumin (Nigella sativa). J. Field. Crops. Res. 8(5), 768-776. (In Persian).

Koocheki, A., 2013. Research on production of Saffron in Iran: Past trend and future prospects. Saffron Agron. Techno. 1(1), 3-21. (In Persian).

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Mollafilabi, A., 2012. Effect of plant density and type on saffron (Crocus sativus L.) yield and yield components. Inter. Saffron Symposium, Kashmir, India. (In Persian).

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M., 2014. Effects of corm planting density and applying manure on flower and corm yields of saffron (Crocus sativus L.) in the first year after planting. J. Agroecol. 6(4), 719- 729. (In Persian).

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R., 2008. Evaluation of biofertilizers effects on growth characteristics, yield and qualitative characteristics of hyssop (Hyssopus officinalis L.). J. Field. Crop. Res. 6, 127-137. (In Persian).

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A., 2011. Investigation on the Effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (Crocus sativus L.). J. Water. Soil. 25, 196–206. (In Persian).

Koozehgar Kaleji, M., Ardakani, M.R., Naser Khodabandeh, N., and Alavi Fazel, M., 2018. Effects of mycorrhizal symbiosis along with vermicompost and tea compost on quantity and quality yield of Mentha aquatic L. J. Crop Ecophysio. 12(3), 461-475. (In Persian).

Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., Besharati, H., and Fotovat, A., 2010. The effect of thiobacillus and aspergillus on phosphorus availability of enriched rock phosphate with sulfur and vermicompost. J. Water. Soil. 24(1), 1-9. (In Persian).

Najafvand, S., Alemzadeh, N., and Ansari, F., 2008. Effect of different level of nitrogen fertilizer with two types of bio-fertilizer on growth and yield of two cultivars of tomato (Lycopersicon esculentum Mill). Asian. J. plant. Sci. 7 (8), 757-761. (In Persian).

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L., 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of

assimilates in different parts of saffron plant (Crocus sativus L. J. Field. Crops. Res. 5, 155–166. (In Persian).

Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H., 2015. Saffron (Crocus sativus L.) yield as affected by different fertilizing systems. Iran. J. Medic. Aroma. Plants. 31(2), 204- 219. (In Persian).

Rezaee Moadab, A., and Nabavi Kalat. S.M., 2012. The Effect of vermicompost and biological fertilizer application on seed yield components of Basil (Ocimum basilicum L.). J. Crop Ecophysio. 6(2), 157-170. (In Persian).

Rezvani Moghadam, P., Bakhshayi, S., Amin Ghaphori, A., and Jafari, L., 2014. Effect of different fertilizer management on (Satureja hortensis L.) production in Mashhad. J. Field. Crops. Res. 12(1), 27-32. (In Persian).

Rivandi, H., Marvi, H., and Moeini, 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. Saffron. Agron. Technol. 4(2), 105- 117. (In Persian).

Rojas, A., Holguin, G., Glick, B., and Bashan, Y., 2001. Synergism between Phyllobacterium sp. (N2-Fixer), and Bacillus licheniformis (P-Solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere. FEMS. Microbio. Eco. 35(2), 181-187.

Rostampour, P., Salehi, A., Amiri Fahliani, R., and Mirshekari. A., 2017. Effect of different level of vermicompost and nitrogen fertilizer on yield and essential oil content of geranium (Pelargonium graveolens). Iranian J. Horticul. Sci. 48(3), 555-563. (In Persian).

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.). Planta. Medica. 74, 1316-1320.

Sundara, B., Natarajan, V., and Hari, K., 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soilavailable phosphor and sugar cane and sugar yields. J. Field. Crops. Res. 3, 43-49.

Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G and Rouphael, Y., 2009. Evaluation of saffron (Crocus sativus L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. J. Food Agric. Environ. 23(1), 7-19.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.9, No.1, Spring & Summer, 2021

p. 11-27

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.3299.1130

University of Birjand

Original Article:

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

Mohammad Bagher Aalizadeh[1*], Hassan Makarian[2], Ali Ebadi[3], Atousa Shafaroodi[4]

1. Graduated Ph.D. in Agro-ecology, Faculty of Agriculture Shahroud University of Technology, Shahrood, Iran

2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahroud University of Technology, Shahrood, Iran

3. Professor of the Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardebil, Iran

4. Graduated PhD in Agro-ecology, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardebil, Iran

[*]Corresponding author Email:mb.aalizadeh@yahoo.com

Received 12 April 2020; Accepted 19 December 2020

Abstract

Proper management of fertilizer is one of the necessary means in order have a stable and lucrative agro-ecological system in saffron. Therefore this research was conducted with the aim of investigating the effect of different fertilizer sources on quantitative and qualitative yield of saffron as one of the most favored plants as split plots in randomized complete block design with three replication during two growing years of 2015- 2016 and 2016 -2017. Experimental treatments consisted of three levels of organic fertilizer: manure, vermicompost and control in the main plots, combination of chemical fertilizer of nitrogen and phosphorus (NP) which was used in two levels of 50 and 100% of fertilizer recommendation in sub plots. Five levels of growth-promoting bacteria including non-insemination (control), inoculation with Azotobacter PTCC 1658 (Azotobacter chorococum), Pseudomonas aeroginosa, Bacillus subtilis and the combination of growth-promoting bacteria (Azotobacter chorococum + Pseudomonas aeroginosa + Bacillus subtilis) in sub-sub plots. The results showed that the combined application of growth-promoting bacteria significantly increased the number of flower by 92% and the yield components of stigma and style by 77%, compared to the control. Also, the use of growth-promoting bacteria in combination with organic fertilizers had the most significant effect on stigma length. Also, the result of Mean comparison showed that, the treatment of 100% of chemical fertilizer had the highest sitigma length (3.67 cm) with a significant difference compared to the treatment of 50% of chemical fertilizer requirement (3.45 cm). The use of organic fertilizers along with the combination of bacteria had the greatest effect on the percentage of crocin. The findings of this study showed that the combined application of growth-promoting bacteria with organic fertilizers had the highest dry yield of stigma and style, with 2.82 kg / ha. In fact, the results proved a promising prospect for the use of growth-promoting bacteria and organic fertilizers and showed that the quantity and quality of production could be more favorable in the integrated feeding system than conventional systems.

Keywords: **Fresh and dry yield stigma, Manure, saffron, Vermicompost and Growth-promoting bacteria.**