



## بررسی تأثیر کودهای آلی و بیولوژیک بر صفات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط اقلیمی اردبیل

محمدباقر عالیزاده<sup>۱</sup>، حسن مکاریان<sup>۲\*</sup>، علی عبادی خزینه قدیم<sup>۳</sup>، ابراهیم ایزدی دربندی<sup>۴</sup> و احمد غلامی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳ آذر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۵ تیر ۱۳۹۷

عالیزاده، م.، مکاریان، ح.، عبادی خزینه قدیم، ع.، ایزدی دربندی، ا.، و غلامی، ا. ۱۳۹۸. بررسی تأثیر کودهای آلی و بیولوژیک بر صفات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط اقلیمی اردبیل. زراعت و فناوری زعفران، ۷(۲): ۲۲۷-۲۴۴.

### چکیده

در سال‌های اخیر جهت تولید محصولات سالم و کاهش مشکلات زیست‌محیطی، از کودهای آلی و زیستی برای افزایش حاصلخیزی خاک، رفع نیاز تغذیه‌ای و افزایش رشد گیاهان استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر کودهای آلی و زیستی بر صفات کمی و کیفی زعفران آزمایشی در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل کودهای آلی در سه سطح شاهد، ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و کود دامی (۲۵ تن در هکتار) و کرت‌های فرعی شامل کودهای زیستی در تلقیح با بنه و مخلوط با آب آبیاری در پنج سطح شاهد، ازتوباکتر (*Azotobacter* sp. PTCC 1658)، سودوموناس آیروژینوس (*Pseudomonas aeruginosa*) و باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtilis*) و تلفیق آن‌ها (*Azotobacter* sp. PTCC 1658 + *Bacillus subtilis* + *Pseudomonas aeruginosa*) بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش کودهای آلی و زیستی سبب افزایش معنی‌دار صفات وزن تر گل، عملکرد خشک و تر کاله و خامه و ترکیبات کیفی شامل کروسین (عامل ایجاد رنگ)، پیکروکروسین (عامل ایجاد طعم) و سافرانال (عامل ایجاد عطر) نسبت به تیمار شاهد گردید. کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس) عملکرد خشک کاله را از ۰/۸۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد، به ترتیب به ۲/۹۳ و ۲/۷۰ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای مذکور افزایش داد. همچنین کود دامی همراه با کاربرد توأم کودهای زیستی، میزان پیکروکروسین، سافرانال و کروسین را به ترتیب ۷۳، ۷۷ و ۸۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. با توجه به نتایج این آزمایش، کاربرد توأم کودهای آلی و زیستی ضمن کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، می‌تواند از طریق اثرات هم‌افزایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد کمی و کیفی زعفران شود.

**کلمات کلیدی:** ازتوباکتر، باسیلوس سوبتیلیس، سافرانال، سودوموناس آیروژینوس، کود دامی، ورمی‌کمپوست.

- ۱- دانشجوی دکترای آگروکولوژی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
- ۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
- ۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی
- ۴- دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۵- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

## مقدمه

زعفران با نام علمی (*Crocus sativus* L.)، از خانواده زنبقیان (Iridaceae) و از گیاهان بومی ایران بوده و زراعت آن در این کشور از قدمت ۳۰۰۰ ساله برخوردار است (Beiki et al., 2010). سرزمین پهناور ایران با سطح زیر کشتی در حدود ۹۲۸۲۲ هکتار و کل تولید ۳۵۱/۷ تن زعفران با متوسط عملکرد ۳/۷۹ کیلوگرم در هکتار، بزرگ‌ترین تولیدکننده زعفران از نظر کمیت و کیفیت در سطح جهان می‌باشد (Ministry of Agriculture- (Jahad, 2018). با وجود اینکه ایران در بین کشورهای تولیدکننده زعفران مقام نخست را از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید سالیانه دارد، ولی میانگین عملکرد آن در مقایسه با متوسط عملکرد جهانی این محصول پایین‌تر است (Kumar et al., 2009). بر این اساس برای بهبود عملکرد زعفران به-کارگیری فناوری‌های نوین تغذیه گیاه، ضروری است. از آنجایی که عملکرد کمی و کیفی زعفران، تحت تأثیر نوع کود در اکثر خاک‌ها، ورمی کمپوست است که شامل آمیخته زیستی فعال باکتری‌ها، آنزیم‌ها، پسماند گیاهی، کود حیوانی، کپسول‌ها و نوزادان ریز و فراوان کرم خاکی می‌باشد و بسته به شرایط رطوبتی و حرارتی مختلف، کیفیتی متفاوت دارد (Azizi et al., 2008). سوبلر و همکاران (Subler et al., 1998) با جایگزینی ۱۰ و ۲۰ درصد ورمی کمپوست با محیط کشت کمپوست، بهبود رشد و جوانه‌زنی گیاه اطلسی (*Petunia hybrid* L.)، همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)، فلفل (*Capsicum annum* L.) و

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) را گزارش نمودند.

از منابع نوین و ارزان کودی که در تغذیه گیاهان استفاده می‌شود، می‌توان به کودهای بیولوژیکی اشاره کرد. کودهای آلی فرآورده‌های طبیعی و بدون خطری هستند که می‌توانند برای پایداری کشاورزی مناسب باشند (Lotfi et al., 2009). طبق گزارش شریفی عاشورآبادی (Sharifi Ashorabadi, 2004) کودهای آلی سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شوند. کود حیوانی یکی دیگر از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد (Flores et al., 2009). جامی الاحمدی و همکاران (Jami-alahmadi et al., 2009) در مطالعه بر روی اکوسیستم‌های زراعی خراسان، یکی از علل برتری عملکرد زعفران را استفاده از کودهای دامی دانستند. از آنجایی که زعفران یک محصول چند ساله می‌باشد، بنابراین سازگاری خوبی نسبت به کودهای آلی نشان می‌دهد. استفاده از کودهای دامی در زراعت زعفران با افزایش وزن تر، خشک و درصد ماده خشک بنه، میزان ریشه‌های بنه را افزایش می‌دهد، که این اثرات ممکن است در نتیجه افزایش رطوبت خاک و نهایتاً رشد بهتر گیاه باشد (Behdani et al., 2006). از این‌رو کودهای دامی نقش مهمی را در عملکرد این گیاه ایفا می‌نمایند که این افزایش عملکرد، عمدتاً از طریق افزایش وزن بنه‌ها می‌باشد. به‌طور کلی اثر کودهای دامی بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران بیشتر از کودهای شیمیایی گزارش شده است (Kafi, 2002). نتایج پژوهش رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2006) نشان داد که کود گاوی در مقایسه با کود مرغی اثرات بیشتری بر عملکرد گل و کلاله زعفران دارد. در مطالعه‌ای دیگر علی‌پور و همکاران (Alipoor et al., 2015) بیان کردند که کود گاوی بیشتر از کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد، تعداد

نیتروکسین توانست درصد سافرانال و پیکروکروسین را ارتقا بخشد و اعمال تیمار ترکیبی ۲/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروکسین و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره درصد کروسین را بیشتر افزایش داد. به طور مشابه در پژوهش دیگری شرف‌الدین و همکاران (Sharaf-Eldin et al., 2008) تأثیر مثبت تیمار باکتری باسیلوس سوبتیلیس را بر کلیه صفات رویشی و زایشی زعفران گزارش نمودند، به گونه‌ای که این کود عملکرد کلالة خشک را ۱۲ درصد افزایش داد. افزون بر این، اثر تریکودرما (Nehvi et al., 2009) آزوسپریلیوم (Parshad, 2009) و سودوموناس (Fiori et al., 2007) بر کمیت و کیفیت صفات رویشی و زایشی زعفران معنی‌دار ارزیابی شده است. همچنین نتیجه کاربرد ازتوباکتر در زعفران نشان داده است که مصرف منفرد این کود زیستی اثری بر رشد زعفران نداشته، ولی کاربرد تلفیقی آن با ۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن سبب افزایش عملکرد زعفران شده است (Kirmani et al., 2014). عالی‌زاده و همکاران (Aleyzadeh et al., 2013) در پژوهش دیگری بر روی کودی تخم کاغذی، تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و تیوباسیلوس و کود فسفات‌ه بارور دو را بر روی عملکرد دانه، میزان شاخص برداشت و میزان درصد روغن و پروتئین مثبت ارزیابی کردند. همچنین طی پژوهشی تأثیر مثبت کاربرد کود زیستی بیوسولفور به تنهایی یا در ترکیب با دیگر کودهای زیستی مانند نیتروکسین و فسفات بارور دو در بهبود عملکرد و کیفیت گیاه دارویی بادرشبو به اثبات رسیده است (Rahimzadeh et al., 2011). مکاریان و شهقلی (Makarjian & Shahgholi, 2003) تأثیر کاربرد توأم کودهای زیستی از قبیل سودوموناس پوتیدا، سودوموناس فلورسنس و ازتوباکتر کروکوکوم را بر پارامترهای رشدی و عملکرد گوجه فرنگی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که کاربرد توأم باکتری‌های مذکور به همراه کودهای آلی سبب افزایش رشد و عملکرد میوه در این گیاه گردید. در پژوهشی دیگر ملکی و همکاران (Rasouli et al., 2015) بر روی زعفران گزارش کرده‌اند که

و وزن بنه زعفران مؤثر است. در ایران بسته به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عادت کشاورزان محلی ۲۰ تا ۸۰ تن کود گاوی در هکتار مصرف می‌گردد (Amirghasemi, 2001). از روش‌های نوین دیگر برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه استفاده از کودهای بیولوژیک است که از مؤثرترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب محسوب می‌گردد (Fallahi et al., 2009). استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید در عملیات کشاورزی از ۶۰ سال پیش آغاز شده است. افزایش این جمعیت‌های مفید می‌تواند مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف محیطی مانند کمبود آب، عناصر غذایی و سمیت عناصر سنگین را افزایش دهد (Wu et al., 2005). کودهای زیستی (PGPR) به طور معمول به تلقیح میکروبی اطلاق می‌شود که توانایی متحرک‌سازی عناصر غذایی خاک را برای گیاه زراعی از حالت غیرقابل دسترس از طریق فرآیندهای بیولوژیک فراهم می‌آورد. از دهه گذشته، کودهای زیستی به طور فشرده به عنوان نهاده‌های بوم‌سازگار به کار برده می‌شوند و بدین طریق سبب کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک برای افزایش تولیدات گیاهی می‌شوند (Makkizadeh et al., 2011).

اگرچه در سال‌های گذشته، مطالعات فراوانی روی تأثیر کودهای زیستی در رشد و تولید گیاهان متمرکز شده، با این وجود پژوهش‌های اندکی به زعفران اختصاص داشته است. برخی پژوهش‌ها تأثیر نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) را بر زعفران فاقد اثر معنی‌دار بیان کرده و بازده مخلوط کودهای شیمیایی حاوی عناصر پر و کم مصرف را مؤثرترین تیمار کودی بر رشد بنه، عملکرد گل و کلالة دانسته‌اند (Koocheki & Jahan, 2009). امید و همکاران (Omidi et al., 2010) تأثیر نیتروکسین را بر رشد بنه و کیفیت کلالة بسیار بیشتر و در مورد سایر صفات رویشی و زایشی مساوی با کود شیمیایی برآورد کرده‌اند. در مطالعه آنان، کاربرد پنج کیلوگرم در هکتار

*Bacillus subtilis*) و تلقیح سه گانه آن‌ها (ازتوباکتر+ سودوموناس + باسیلوس سوبتیلیس) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تهیه بستر در شهریور ماه سال ۱۳۹۴ انجام و همراه با آماده‌سازی زمین، کودهای دامی و ورمی‌کمپوست به خاک افزوده شده و با دیسک با خاک مخلوط گردید. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از پنج نقطه به‌طور 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. طبق نتایج آزمایش خاک، خاک از نوع لومی بود.

بنه 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 سانتی‌متری با فواصل بوته پنج سانتی‌متر در عمق ۲۰ سانتی‌متر با دست کاشته شدند. باکتری‌های ازتوباکتر، سودوموناس و باسیلوس به صورت مایع از آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند و قبل از کشت، عملیات تلقیح بنه‌ها با سوسپانسیون آماده باکتری‌های (ازتوباکتر، سودوموناس آیزوژینوس و باسیلوس سوبتیلیس در تراکم 108- $CLF L^{-1}$  آب مقطر انجام شده و در ۱۵ شهریور کشت گردید. در سال دوم بعد از کاشت نیز کودهای زیستی با تراکم 108- $CLF L^{-1}$  به صورت یکنواخت همراه با آب آبیاری قبل از ظهور گل‌ها در مهرماه به کرت‌های حاوی تیمارهای مربوطه افزوده شد. عملیات زراعی مانند آبیاری، کنترل علف‌های هرز و سله-شکنی در همه تیمارها به صورت یکسان انجام شد. گل‌های زعفران در اولین ساعات صبح از نیمه مهرماه تا نیمه آبان ماه در سال ۱۳۹۶ (دو سال پس از کاشت بنه‌های زعفران)، و 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 زعفران از گل‌های برداشت شده جدا گردید و پس از

کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی باعث بهبود صفات کمی و کیفی زعفران شد. با توجه به اینکه سطح زیر کشت زعفران در استان اردبیل در حدود ۶۰ هکتار با عملکرد متوسط ۲۲۰۰ گرم می‌باشد (Ardabil Jahad Agricultural Organization, 2018) و از آنجایی که کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد به همراه کودهای آلی در کشت زعفران در شرایط اقلیمی اردبیل مورد مطالعه قرار نگرفته است و با توجه به اهمیت گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این پژوهش در راستای اهداف کشاورزی پایدار با هدف حصول عملکرد قابل قبول همگام با کاهش مصرف کود شیمیایی انجام شد و طی آن، تأثیر کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ازتوباکتر، باسیلوس سوبتیلیس و سودوموناس و انواع مختلف کودهای آلی (ورمی-کمپوست و دامی) بر عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی زعفران مورد ارزیابی قرار 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 سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ بیان شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل کود آلی در سه سطح (شاهد، کاربرد ۲۵ تن کود دامی در هکتار و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار) در کرت‌های اصلی و کود زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد روی بنه در پنج سطح، بدون تلقیح (شاهد)، تلقیح با ازتوباکتر (*Azotobacter sp.*) (PTCC 1658)، تلقیح با سودوموناس آیزوژینوس (*Pseudomonas aeruginosa*) و تلقیح با باسیلوس سوبتیلیس

خشک کردن در آون با ترازی با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شد.

جدول ۱- میانگین دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶

Table 1- Average monthly rainfall and temperature of the test area during the growing season in 2015- 2017

ماه‌ها Months	میانگین حداکثر دما Mean of maximum temperature (°C)	میانگین حداقل دما Mean of minimum temperature (°C)	میانگین بارندگی ماهانه Mean of rainfall (mm)
سال ۱۳۹۴ (2015)			
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
سال ۱۳۹۵ (2016)			
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 Nov.	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
سال ۱۳۹۶ (2017)			
فروردین Mar.	11.7	0.6	20.7

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)

pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available Phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available Potassium (ppm)	ماده آلی Organic matter (%)	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
7.8	4.48	0.062	21	183	1.86	46.72	30.72	22.56

دقیقه در آون خشک و سپس توزین و پودر شده و برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت. تجزیه شیمیایی براساس روش ایزو ۳۶۳۲ که دقیقاً استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲۵۹ از آن اقتباس شده است، انجام گرفت. بر اساس این روش، ۵۰۰

جهت اندازه‌گیری ترکیبات کیفی موجود در کلالة زعفران محتوای کروسیلین (عامل ایجاد رنگ)، پیکروکروسین (عامل ایجاد طعم) و سافرانال (عامل ایجاد عطر) زعفران، کلالة‌های مربوط به هر تیمار در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵

نگرفت.

### عملکرد تر گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای آلی، زیستی و نیز برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد تر گل معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها با توجه به جدول برش‌دهی نیز نشان داد که (جدول ۴) کود دامی و ورمی‌کمپوست همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس) به ترتیب باعث افزایش ۶۸ و ۶۰ درصدی عملکرد تر گل نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود آلی و زیستی) گردید (شکل ۱). لذا با در نظر گرفتن هدف پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد جداگانه کودهای زیستی و آلی عملکرد تر گل را افزایش می‌دهد. اما چنانکه کاربرد توأم کودهای آلی با کودهای زیستی مد نظر قرار گیرد، عملکرد وزن تر گل افزایش بیشتری می‌یابد (شکل ۱). که این نتایج با پژوهشی که روی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش شده است، مطابقت دارد. به طوری که در این پژوهش بیشترین عملکرد تر گل، در تیمارهای نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات گزارش شده است (Kohanmoo et al., 2015).

به نظر می‌رسد تلقیح کودهای زیستی با بذر امکان استفاده از عناصر غذایی را فراهم می‌کند و گیاه در شرایط بهتری از نظر عناصر غذایی رشد می‌کند. کودهای زیستی با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه‌ها، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها، رشد کمی و کیفی گیاه را تقویت می‌کند (Khorramdel, Loper & Schroth, 1986; 2010). بطور کلی می‌توان چنین استنباط نمود که باکتری‌ها دسترسی به عناصر غذایی ماکرو و میکرو، هورمون‌ها، آنزیم‌ها و ویتامین‌های موجود در کود دامی

میلی گرم نمونه کلالة پودر شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد، سپس ترکیب به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی با کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد. در ادامه یک میلی لیتر از محلول را مجدداً به حجم یک لیتر رسانده و با استفاده از سل کوارتز میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر بترتیب برای تعیین مقادیر پیکروکرووسین، سافرانال و کرووسین توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Model T80 + UV. Rohi et al., (Vis; PG Instruments Ltd, UK) قرائت شد (Rohi et al., 2014; Bathaie et al., 2006). اعداد به دست آمده در معادله ۱ قرار گرفته و ترکیبات پیش گفته محاسبه گردید. برای مقایسه بین تیمارهای مختلف از رابطه  $E^{1\%}_{1cm}$  که نمایانگر ضریب خاموشی در طول موجی خاص است، استفاده شد (Rohi et al., 2014).

$$E^{1\%}_{1cm} = 10000 \times OD / m (100 - H)$$

در این رابطه،  $E^{1\%}_{1cm}$  میزان جذب عصاره آبی زعفران، OD جذب ویژه (قرائت اسپکتروفوتومتر)، m وزن نمونه بر حسب گرم در ۱۰۰ میلی لیتر؛ و H مقدار رطوبت کلالة خشک است که به طور معمول بین ۸ تا ۱۰ درصد می‌باشد (Rohi et al., 2014). در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام گرفت و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شدند.

### نتایج و بحث

با توجه به اینکه شاخص‌های عملکرد گل زعفران در سال اول در ارتباط مستقیم با میزان اندوخته غذایی در بنه بوده و فراهمی عناصر غذایی در خاک به‌ویژه مصرف کودهای زیستی از اهمیت چندانی برخوردار نمی‌باشد (Nassiri Mahallati et al., 2007)، بنابراین عملکرد گل زعفران در سال اول (منظور عملکرد بلافاصله پس از کاشت است) مورد تجزیه آماری قرار

را برای گیاه افزایش می دهند و از این طریق سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می شوند.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات گل زعفران تحت تأثیر کودهای آلی و زیستی

Table 3- Analysis of variance of flower characteristics of saffron as affected by organic and bio- fertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزاد ی df	وزن خشک کلاله و خامه Stigma+style dry weight	وزن تر کلاله و خامه Stigma+ style Fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	وزن تر گل Flower Fresh weight	درصد سافرانال Safranal (%)	درصد کروسین Crocine (%)	درصد پیکروکروسین Picrocrocin (%)
تکرار Replication	2	0.010 <sup>ns</sup>	0.51 <sup>*</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	3.12 <sup>ns</sup>	0.160 <sup>ns</sup>	5.13 <sup>ns</sup>	2.30 <sup>ns</sup>
کود آلی Organic fertilizer	2	15.86 <sup>**</sup>	94.44 <sup>**</sup>	11.30 <sup>**</sup>	1048.49 <sup>**</sup>	322.12 <sup>**</sup>	2402.8 <sup>**</sup>	1986.04 <sup>**</sup>
خطای (الف) Error (a)	4	0.02	0.04	0.024	22.53	1.522	3.36	0.79
کود زیستی Bio -fertilizer	4	2.43 <sup>**</sup>	25.49 <sup>**</sup>	1.92 <sup>**</sup>	451.79 <sup>**</sup>	71.27 <sup>**</sup>	598.07 <sup>**</sup>	110.69 <sup>**</sup>
کود آلی × کود زیستی ×Biofertilizer	8	0.107 <sup>**</sup>	0.462 <sup>**</sup>	0.086 <sup>**</sup>	22.98 <sup>**</sup>	6.39 <sup>**</sup>	24.71 <sup>**</sup>	24.69 <sup>**</sup>
خطای (ب) Error (b)	24	0.011	0.072	0.011	4.53	1.089	2.75	2.67
ضریب تغییرات (C.V. %)	-	5.42	9.84	7.51	3.22	9.01	5.66	7.92

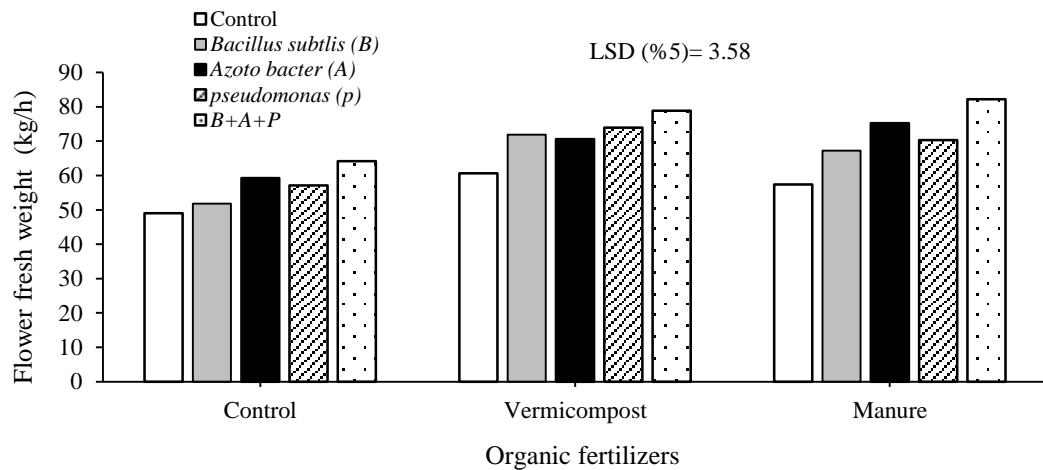
\*\* و \* نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns به معنی تفاوت غیرمعنی دار است.  
ns = Non-significant. \* = Significant at 5% level. \*\* = Significant at 1% level.

جدول ۴- میانگین مربعات حاصل از برش دهی اثر کودهای آلی بر تیمار کودهای زیستی

Table 4- Mean of squares obtained from slicing of organic fertilizers on biofertilizer treatments

کود آلی Organic fertilizer	وزن خشک کلاله و خامه Stigma+style dry weight	وزن تر کلاله و خامه Stigma+ style Fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	وزن تر گل Flower Fresh weight	سافرانال Safranal	کروسین Crocine	پیکروکروسین Picrocrocin
شاهد Control	0.35 <sup>**</sup>	7.15 <sup>**</sup>	0.25 <sup>**</sup>	108.61 <sup>**</sup>	5.89 <sup>**</sup>	84.20 <sup>**</sup>	4.36 <sup>ns</sup>
کود ورمی کمپوست Vermicompost	0.94 <sup>**</sup>	10.56 <sup>**</sup>	0.86 <sup>**</sup>	133.16 <sup>**</sup>	41.24 <sup>**</sup>	233.86 <sup>**</sup>	84.99 <sup>**</sup>
کود دامی Manure	1.34 <sup>**</sup>	8.76 <sup>**</sup>	0.98 <sup>**</sup>	255.98 <sup>**</sup>	36.91 <sup>**</sup>	329.42 <sup>**</sup>	70.71 <sup>**</sup>

\*\* نشان دهنده معنی داری در سطح یک درصد و ns به معنی تفاوت غیرمعنی دار است.  
ns = Non-significant. \*\* = Significant at 1% level.



شکل ۱- تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی بر عملکرد تر گل (B: باسیلوس سوبتلیس، A: ازتوباکتر و P: سدوموناس)

Figure 1- Effect of organic and bio-fertilizers on flower fresh weight of saffron (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azetobacter* and P: *Pseudomonas*).

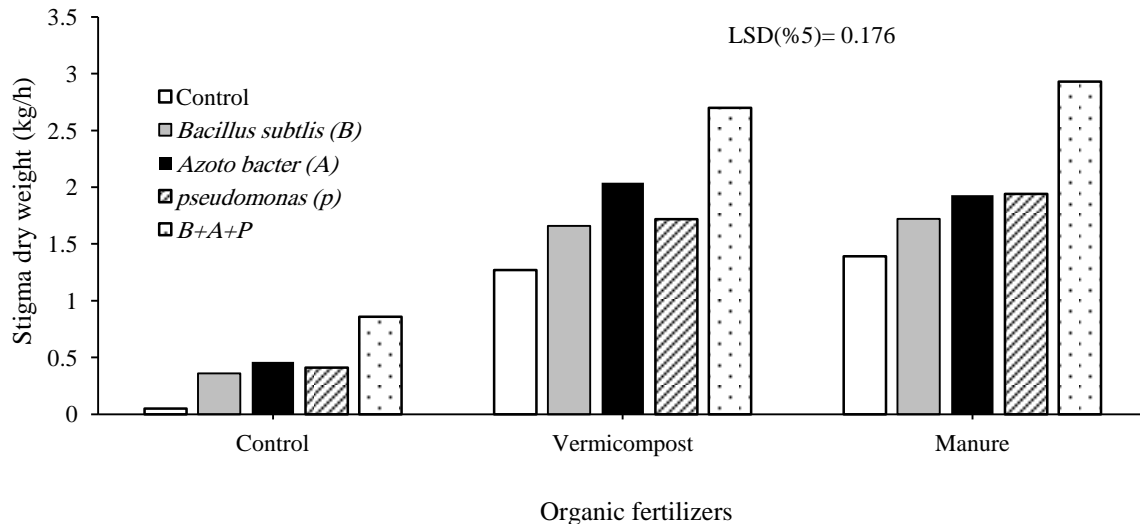
#### عملکرد کلاله خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای آلی، زیستی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد کلاله خشک معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین نتایج برش‌دهی برهمکنش کودهای زیستی در هر سطح کود آلی نیز برای عملکرد کلاله خشک معنی‌دار شد (جدول ۴)، به طوری که مقایسه میانگین سطوح کودهای زیستی در هر سطح کودهای آلی نشان داد که بالاترین عملکرد کلاله خشک با ۲/۹۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد توأم کودهای زیستی و کود دام حاصل شد و کمترین عملکرد نیز در تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۲). همچنین نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که کاربرد منفرد کودهای زیستی باعث افزایش در عملکرد کلاله خشک می‌شود اما کاربرد توأم کودهای زیستی در کنار مصرف کودهای آلی باعث افزایش بیشتر عملکرد خشک کلاله شد. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زمینه رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های خاک بخصوص باکتری‌های بکار رفته را افزایش داده و از این طریق موجب افزایش رشد و عملکرد زعفران گردیده است. در همین راستا، محمدی و

همکاران (Mohammadi Aria et al., 2010) در مطالعه کاربرد کودهای آلی روی زعفران، به نقش مؤثر آن در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک اشاره داشته‌اند. در پژوهش شرف‌الدین و همکاران (Sharaf- Eldin et al., 2008)، و فیوری و همکاران (Fiori et al., 2007) نیز کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی نتایج بهتری نسبت به کاربرد منفرد آن داشته است. حسن-زاده اول و همکاران (Hassanzadeh Aval et al., 2013) نیز بهبود عملکرد گل، کلاله خشک و افزایش تعداد گل زعفران را در نتیجه افزایش مصرف کود دامی گزارش کرده‌اند. همین محققین میزان عملکرد کلاله خشک زعفران را در سال اول (یک سال پس از کاشت زعفران) در تیمار کاربرد ۶۰ تن کود دامی در هکتار مقدار ۰/۳۷ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. این در حالی است که در آزمایش ما مقدار عملکرد کلاله خشک زعفران در شرایط کاربرد توأم کودهای زیستی و دامی ۲/۹۳ کیلوگرم در هکتار بود. پاسبان و همکاران (Pasban et al., 2015) در گیاه سویا (*Glycin max*) نیز نشان داده‌اند که کاربرد کودهای زیستی و آلی به طور نسبی تأثیر مثبتی بر تعداد غلاف در بوته،



عملکرد دانه، عملکرد زیستی، عملکرد روغن و درصد پروتئین داشته است.



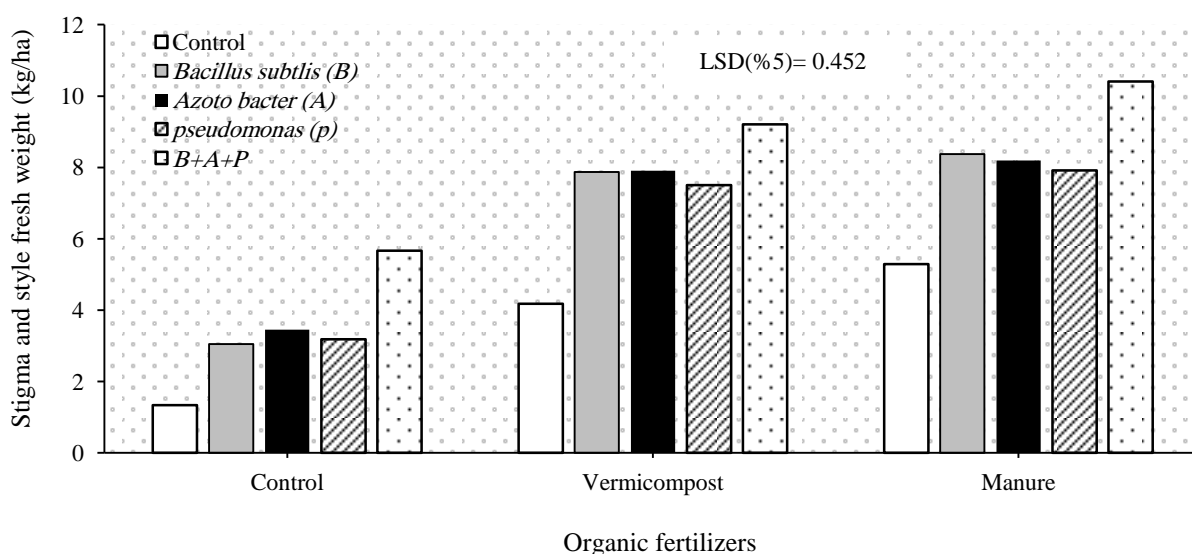
شکل ۲- تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی بر وزن خشک کلاله (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azetobacter* and P: *Pseudomonas*).  
 Figure 2- Effect of organic and bio-fertilizers on stigma dry weight (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azetobacter* and P: *Pseudomonas*).

ورمی کمپوست همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آيروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس) بدست آمد.

استفاده از کودهای آلی در گیاه زعفران موجب افزایش عملکرد کلاله و گل به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی می شود. نتیجه پژوهش های حیدری و همکاران (Heidari et al., 2014) نیز نشان داد که بین ماده آلی خاک، کودهای زیستی و عملکرد تر زعفران همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد. به طوری کاربرد کود دامی سبب در اختیار قرار دادن نیتروژن بیشتر برای گیاه و کودهای زیستی سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی، تقویت و توسعه سیستم ریشه ای گیاه می شوند (Kafi, 2002).

#### عملکرد تر کلاله و خامه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای آلی، زیستی و نیز برهمکنش آن ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد تر کلاله و خامه معنی دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها با توجه به جدول برش دهی نیز نشان داد که (جدول ۴) کاربرد کودهای زیستی در شرایطی که کود دامی و ورمی کمپوست مصرف شود نسبت به شرایط عدم استفاده از کودهای آلی عملکرد تر کلاله و خامه را افزایش می دهد. همچنین مقایسه در بین کود آلی نشان داد که کاربرد کود دامی باعث افزایش ۲۶ درصدی عملکرد تر کلاله و خامه نسبت به تیمار ورمی کمپوست شد. نتایج آنالیز داده ها نشان داد که بیشترین عملکرد تر کلاله و خامه به ترتیب از کود دامی و



شکل ۳- تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی بر عملکرد تر کلاله و خامه (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azotobacter* و P: *Pseudomonas*)  
 Figure 3- Effect of organic and bio-fertilizers on stigma and style fresh weight (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azotobacter* and P: *Pseudomonas*).

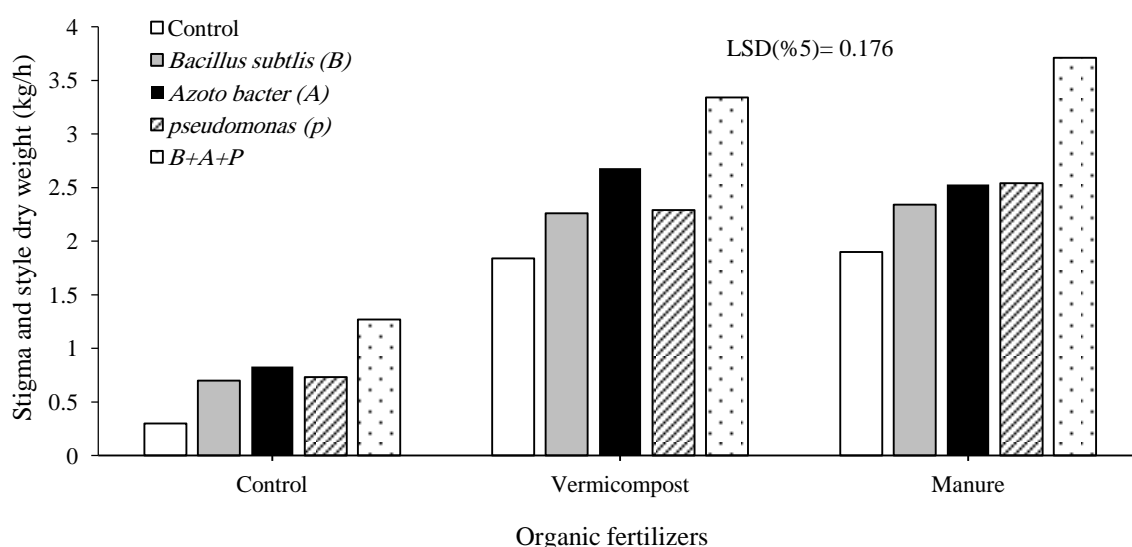
#### عملکرد خشک کلاله و خامه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای آلی و زیستی و برهمکنش تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد خشک (کلاله و خامه) معنی دار بود (جدول ۳). چنانکه نتایج برش دهی نیز نشان داد، در تمامی سطوح کود آلی بین ترکیبات مختلف کودهای زیستی اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۴). نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که مصرف منفرد کودهای آلی و زیستی نسبت به تیمار عدم کاربرد (شاهد) باعث تأثیر مثبت بیشتری بر روی عملکرد کلاله و خامه خشک گردید. در مقایسه بین کود دامی و ورمی کمپوست و همچنین کودهای زیستی به صورت منفرد تفاوت معنی داری مشاهده نگردید اما کاربرد توأم کودهای آلی و زیستی تفاوت معنی داری نشان داد. نتایج حاصل از برهمکنش کودهای آلی و زیستی نشان داد که بیشترین عملکرد خشک کلاله و خامه از تیمار کود دامی همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آیزوینوس و باسیلوس سوبتیلیس) و کمترین عملکرد خشک کلاله و خامه از تیمار شاهد به دست آمد

(شکل ۴). این نتایج مطابق با نتایج پژوهش دیگری بود که در آن کاربرد توأم کودهای آلی و زیستی باعث افزایش عملکرد خشک کلاله و خامه شد، به طوری که کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر، سودوموناس آیزوینوس و باسیلوس سوبتیلیس، گیاه را با اثر هم‌افزایی مواجه ساخت (Han & Supanjani Lee, 2006). همچنین ترکیب کودهای زیستی و آلی با تأثیر بر میزان دسترسی، تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش طول دوره رویشی، موفقیت رشد رویشی و زایشی را دربر داشت به طوری که افزایش توانایی گیاه در ایجاد سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر، منجر به افزایش جذب عناصر غذایی و تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح می‌گردد (Nassiri Mahallati et al., 2007). همچنین با در نظر گرفتن مواد آلی به عنوان منبع تغذیه‌ای برای موجودات خاکزی، اعمال کود دامی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید در ناحیه ریزوسفر داشته باشد (Mohammadi Aria et al., 2010). در واقع حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل و کلاله به متغیرهای مربوط به خاک از جمله میزان ماده آلی،

تغذیه آلی اظهار نمودند، کاربرد کود گاوی بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد خشک داشت که دلیل این افزایش احتمالاً ممکن است تحت تأثیر مقدار بیشتر مصرف کود گاوی پوسیده (۲۵ تن در هکتار) در مقایسه با کود آلی ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) در آزمایش و همچنین فراهمی متعادل عناصر غذایی در نتیجه مصرف کود گاوی باشد (Flores et al., 2009).

فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادلی که توسط باکتری‌های محرک رشد در دسترس گیاه قرار می‌گیرند، وابسته است (Temperini et al., 2009). در این ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) نیز افزایش معنی‌دار عملکرد خشک گیاه زعفران را در نتیجه کاربرد کود دامی و ورمی-کمپوست گزارش کرده‌اند. در پژوهش دیگری در مورد منابع



شکل ۴- تغییرات عملکرد خشک کلاله و خامه زعفران تحت تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی (B: باسیلوس سوبتیلیس، A: ازتوباکتر و P: سدوموناس)

Figure 4- Effect of organic and bio-fertilizers on stigma and style dry weight (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azetobacter* and P: *Pseudomonas*).

کودهای آلی و زیستی بر میزان پیکروکرووسین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج برش‌دهی برهمکنش کودهای زیستی در هر سطح کود آلی نیز روی میزان پیکروکرووسین به جز تیمار شاهد معنی‌دار شد (جدول ۴)، بدین معنی که اگر کود زیستی در شرایطی انجام شود که کود دامی نیز مصرف گردد، نسبت به شرایط عدم استفاده از کود آلی، افزایش پیکروکرووسین را در پی خواهد داشت (شکل ۵). مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین

همچنین زهیر و همکاران (Zahir et al., 1998) نیز با تلفیق ازتوباکتر و سودوموناس، بیشترین عملکرد دانه را در ذرت به-دست آوردند. نجفوند و همکاران (Najafvand et al., 2008) به این نتیجه رسیدند که به کار بردن کود بیولوژیک نیتروکسین در گیاه گوجه فرنگی سبب افزایش عملکرد تا ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد می‌شود.

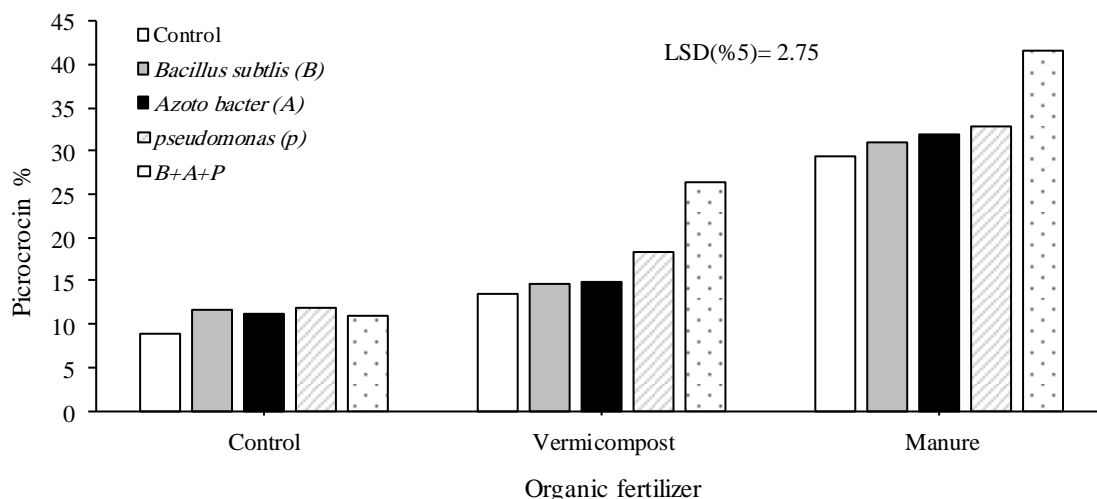
#### صفات کیفی زعفران

#### میزان پیکروکرووسین (طعم)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و برهمکنش

سوتیلیس) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۵).

میزان پیکروکروسین در تیمار کود دامی توأم با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس



شکل ۵- تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی بر درصد پیکروکروسین زعفران (B: باسیلوس سوتیلیس، A: ازتوباکتر و P: سودوموناس) Figure 5- Effect of organic and bio-fertilizers on picrocrocin content (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azotobacter* and P: *Pseudomonas*).

محیطی و منبع تغذیه مناسب برای باکتری‌های بکار رفته در این آزمایش، نقش بسزایی در افزایش خصوصیات کمی و کیفی زعفران دارند.

#### درصد سافرانال (عطر)

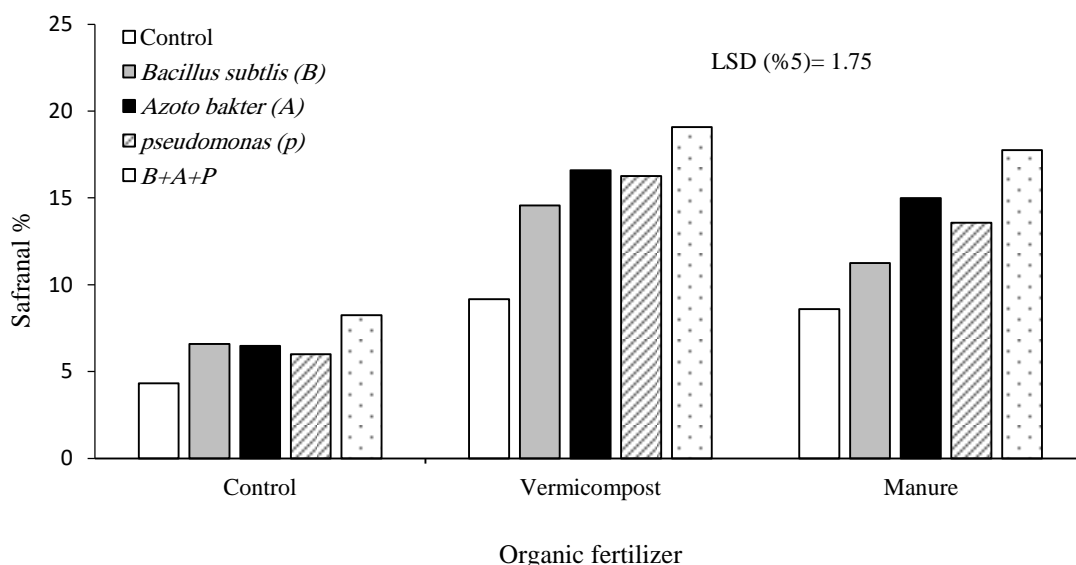
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که (جدول ۳) اثرات ساده و برهمکنش کودهای آلی و زیستی در سطح احتمال یک درصد بر میزان سافرانال (جذب محلول آبی یک درصد در طول موج ۳۳۰ نانومتر - بر حسب ماده خشک) تأثیر معنی‌داری داشت، همچنین نتایج برش‌دهی برهمکنش کودهای زیستی در هر سطح کود آلی نیز برای درصد سافرانال معنی‌دار شد (جدول ۴). به طوری که بیشترین میزان سافرانال به ترتیب در تیمار کود ورمی کمپوست و دامی توأم با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوتیلیس) به میزان ۱۹/۰۶ و ۱۷/۷۶ درصد و کمترین درصد سافرانال در کلاله

براین اساس به نظر می‌رسد که کودهای آلی به سبب بهبود شرایط خاک و فراهمی عناصر غذایی برای میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه توسط باکتری‌های محرک رشد، ممکن است بر عملکرد کیفی زعفران تأثیر گذاشته باشد (Khorramdel, 2010; Loper & Schroth, 1986).

در بررسی‌های سایر پژوهشگران نیز افزایش میزان اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تأثیر کودهای زیستی (Darzil et al., 2007) بهبود میزان اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria recutita*) (Azizi et al., 2008) و ترکیب اسانس ریحان فرانسوی (*French basil*) (Anwar et al., 2005) در اثر کودهای آلی گزارش شده است. با توجه به نتایج پژوهش‌های سایر محققین و نتایج این پژوهش، می‌توان گفت که مواد آلی به خصوص کودهای دامی به عنوان فراهم آورنده شرایط مطلوب

(Anwar et al., 2005) نیز بر روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. آن‌ها نشان دادند که مصرف ورمی کمپوست، برتری بارزی از نظر کیفیت اسانس نسبت به شاهد داشت، به طوری که مقادیر لینالول و متیل کایکول موجود در اسانس به نحو معنی داری بیشتر بود. نتیجه بدست آمده از مقایسه بین تیمارهای کود زیستی و شاهد مؤید این بود که کاربرد تیمارهای مطلوب کود زیستی، می تواند عناصر غذایی لازم پر مصرف و کم مصرف را در مراحل مختلف رشد در اختیار گیاه ریحان قرار دهد و منجر به افزایش کیفیت اسانس یعنی میزان آنتول شود. سایر پژوهشگران نیز بهبود در کیفیت اسانس گیاهان دارویی را به کمک مصرف کودهای زیستی و آلی، تأیید نموده اند (Sharifi Ashorabadi et al., 2002 ; Kapoor et al., 2004).

زعفران در تیمار شاهد با میزان ۴/۳۳ بدست آمد (شکل ۶). همچنین مقایسه میانگین کودهای زیستی به صورت منفرد نشان داد که کود زیستی ازتوباکتر در ترکیب با کودهای آلی بیشترین تأثیر را در بین کودهای زیستی بر میزان سافرانال داشت که نتیجه این آزمایش با نتایج تحقیقات شکرانی و همکاران (Shokrani et al., 2012) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند که کود بیولوژیک نیتروکسین (تلفیق ازتوباکتر و آزوسپریلوم) سبب افزایش معنی دار عملکرد اسانس در گل همیشه بهار شد. در پژوهشی که توسط ساندر (Sundara et al., 2002) بر روی گیاه نیشکر (*Saccharum hybrid*) انجام شد، مشاهده گردید که کاربرد یک گونه از باکتری‌های حل کننده فسفات همراه با سنگ فسفات، باعث بهبود میزان قند و کیفیت (مقدار ساکارز) آن در مقایسه با شاهد گردید. یافته‌های انوار (et



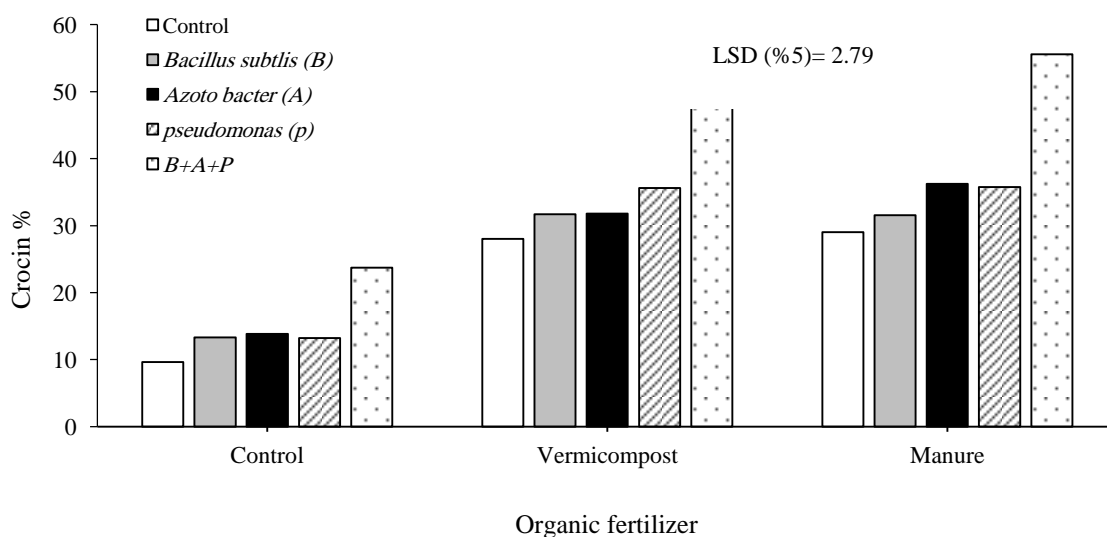
شکل ۶- تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی بر میزان سافرانال (B: باسیلوس سوبتیلیس، A: ازتوباکتر و P: سدوموناس)  
 Figure 6- Effect of organic and bio-fertilizers on safranal content (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azetobacter* and P: *Pseudomonas*).

معنی دار نشان داد (جدول ۳). نتایج برش دهی برهمکنش کودهای زیستی در هر سطح کود آلی نیز بر میزان کروسین معنی دار شد (جدول ۴)، به طوری که مقایسه میانگین برهمکنش

میزان کروسین (رنگ) نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده و برهمکنش کودهای آلی و زیستی را بر میزان کروسین (رنگیزه‌های کاروتنوئیدی محلول در آب) یا رنگ زعفران در سطح احتمال یک درصد

کود دامی موجب افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آن شد. به نظر می‌رسد مصرف مقادیر مناسب کود آلی (دامی) همراه با کود زیستی، با بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک و معدنی کردن عناصر غذایی، افزایش غلظت این ترکیبات را در گیاه به دنبال داشته است. ابدرایمو و همکاران (Abdraimova et al., 2014) نیز طی بررسی روی سویا گزارش کردند که، تیمار تلفیقی کودهای زیستی و آلی بیشترین میزان پروتئین نسبت به سایر تیمارها را داشته است.

تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین میزان کروسین در تیمار کود دامی همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر)، سودوموناس آيروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۷). اگرچه در بین کودهای زیستی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان این ترکیب مشاهده نشد، اما اختلاف آن‌ها با شاهد معنی‌دار بود. در پژوهش گندی و همکاران (Gendy et al., 2012) روی چای ترش نیز کاربرد همزمان دو نوع کود زیستی نیتروبین و فسفورین همراه با



شکل ۷- تأثیر مصرف کودهای زیستی و آلی بر میزان کروسین (B: باسیلوس سوبتیلیس، A: ازتوباکتر و P: سدوموناس)

Figure 7- Effect of organic and bio-fertilizers on crocin content (B: *Bacillus subtilis*, A: *Azetobacter* and P: *Pseudomonas*).

## نتیجه‌گیری

ورمی کمپوست، اثرات هم افزایی کود دامی توأم با باکتری‌ها روی زعفران، بیشتر از ورمی کمپوست بود. به عبارتی کودهای آلی بخصوص کود دامی از طریق بهبود وضعیت دانه‌بندی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود ظرفیت تبادل عناصر غذایی خاک و بطور کلی ایجاد بستری مناسب برای رشد و تکثیر باکتری‌ها، زمینه افزایش رشد، گل آوری و بهبود خواص کیفی زعفران را فراهم می‌آورد، بنابراین با توجه به نقش مهم کودهای زیستی در خصوص بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و

نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن است که کاربرد کود دامی به میزان ۲۵ تن در هکتار و یا ورمی کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار می‌تواند عملکرد کمی و کیفی زعفران را نسبت به عدم کاربرد این کودها افزایش دهد، اما کاربرد هریک از کودهای آلی مذکور توأم با سه کود زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آيروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس) تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد کمی و کیفی زعفران دارد. در بین دو کود آلی دامی و

خصوصیات خاک می‌تواند از لحاظ سلامت خاک، محیط زیست و سلامت انسان قابل توجه باشد و استفاده متوالی و بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن سازد.

حاصلخیزی زمین‌های زراعی، تأمین سطوح مناسب مواد غذایی در خاک برای نیل به عملکرد افزون‌تر ضروری به نظر می‌رسد. اگرچه استفاده از کودهای آلی نسبت به کودهای معدنی هزینه بیشتری را در بر دارد، ولی به دلیل تأثیر بلندمدت آن بر بهبود

## منابع

- Abdraimova, N.A., Umbetov, A.K., Yeleshev, R.E., and Goos, R.J. 2014. Effect of mineral and organic fertilizers on the Soybean (*Glycine max*) yield and fertility of the irrigated soils. *Life Science Journal* 11 (1): 256-265.
- Ahmad, M., Zaffar, G., Mir, S.D., Razvi, S.M., Rather, M.A., and Mir, M.R. 2011. Saffron (*Crocus sativus* L.) strategies for enhancing productivity. *Research Journal of Medicinal Plant* 5 (6): 630-649.
- Aleyzadeh, M.B., Babaei, Kh., Aghaei Okhchelar, R., and Pirzad, A. 2013. Effect of bio-fertilizers on the yield and yield components of *Cucurbita pepo* L. *Bio Technology An Indian Journal* 7 (6): 207-214.
- 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*). *Plant Production Technology* 15 (2): 13-24. (In Persian with English Summary).
- Amirghasemi, T. 2001. Saffron, Red Gold of Iran. Ayandegan Publication, Iran.
- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36 (13-14): 1737-1746.
- Atefi, M., Taslimi, A., Hassas, M., and Mazloumi, M. 2004. Effects of freeze drying processes on the qualitative characteristics of Iranian saffron. *Iranian Journal of Food Science Technology* 1 (2): 39-46. (In Persian with English Summary).
- Azizi, M., Rezwaneh, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A., and Neamati, H., 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) C.V. Goral. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 24 (1): 82-93. (In Persian with English Summary).
- Ardabil Jihad Agricultural Organization. 2018. Statistics and information of crops and gardens.
- Bathaie, S.Z., Ashrafi, M., Bolhasani, a., Etemadi-Kia, B., and Moosavi-Movahedi, A.A. 2006. Purification of carotenoids and monoterpen aldehydes from Iranian saffron and investigation of their effect on the structure of DNA, histone H1 and H1-DNA complex. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 22 (2): 85-97. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). *Iranian Journal of Field Crops Research* 3: 1-14. (In Persian with English Summary).
- Beiki, A.H., Keifi, F., and Mozafari, J. 2010. Genetic differentiation of *Crocus species* by random amplified polymorphic DNA. *Genetic Engineering and Biotechnology Journal* 18: 1-10.
- Darzil, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., and

- Sefidkon, F. 2007. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22 (4): 276-292. (In Persian with English Summary).
- Fallahi, J., Koocheki, A.R., and Rezvani Moghadam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 127- 135. (In Persian with English Summary).
- Fiori, M., Falchi, G., Quaglia, M., and Cappelli, C. 2007. Saffron (*Crocus sativus* L.) diseases in Italy. Plant Pathology 89: 27-68.
- Flores, P., Hellin, P., and Fenoll, J. 2009. Effect of manure and mineral fertilization on pepper nutritional quality. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 1581–1586.
- Gendy, A.S.H., Said-Al Ahl, H.A.H., and Mahmoud, A.A. 2012. Growth, productivity and chemical constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6 (5): 1-12.
- Han, H.S. and Supanjani Lee, K.D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52 (3): 130-146.
- Hassanzadeh Aval, F., Rezvani moghaddam, P., Bannayan aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effects K. D of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 1 (1): 22-39. (In Persian with English Summary).
- Heidari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S. 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. Saffron Agronomy and Technology 2 (3): 187- 189. (In Persian with English Summary).
- Jami-alahmadi, M., Behdani, M.A., and Akbarpour, A. 2009. Analysis of agronomic effective factors on yield of saffron agroecosystems in southern khorasan. 3rd International Symposium on Saffron, Iran, 20-23 may 2009, p. 14–18.
- Kafi, M. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Press, Iran.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93 (3): 307-311.
- 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*). Iranian Journal of Field Crops Research 8 (5): 768-776. (In Persian with English Summary).
- Kirmani, N.A., Sofi, J.A., Bhat, M.A., and Ansari-Ul-Haq, S. 2014. Sustainable saffron production as influenced by integrated nitrogen management in typic hapludalfs of NW Himalayas. Communications in Soil Science and Plant Analysis Journal 45 (5): 653-668.
- Kohanmoo, M., Aghaalkhani, A.M., and Rejali, F. 2015. Yield and quality response of three chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) ecotypes to biofertilizers application in Bushehr region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (3): 460- 478. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., and Jahan, M. 2009. Effect of biofertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corn density. 3rd International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in Cultivation Research and



- Economics. 20-23 May 2009, Krokos, Kozani, Greece. pp. 06- 20.
- Koocheki, A., Mohammad Seyyedi, S., Azizi, H., and Shahriyari, R. 2014. The effects of mother corm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2 (1): 3-16. (In Persian with English Summary).
- Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews International 25 (1): 44-85.
- Loper, J.E., and Schroth, M.N. 1986. Influence of bacterial sources of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. Physiology and Biochemistry 76: 386-389.
- Lotfi, A., Vahabi Sedehi, A.A., Ganbari, A., and Heydari, M. 2009. The effect of deficit irrigation and manure on quantity and quality traits of *Plantago ovata* Forssk in Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24 (4): 506- 518. (In Persian with English Summary).
- Makarjian, H ., and Shahgholi, H . 2015. Effect of organic and biological fertilizers on growth and yield of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and bacterial colonization. Journal of Horticulture Science 29 (2): 185-195.
- Makkizadeh, M., Chaichi, M., Nasrollahzadeh, S., and Khavazi, K. 2011. The Effect of biologic and chemical nitrogen fertilizers on growth, yield and essential oil constituents of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agricultural Science (University of Tabriz) 21 (4): 51- 62. (In Persian with English Summary).
- Ministry of Agriculture-Jihad. 2016. Agricultural Statistics. Report Volume 2. Ministry of Agriculture-Jihad, Islamic Republic of Iran. Available at Web site: [www.maj.ir/Index.aspx?page\\_=form&lang=1&PageID=11583&tempname=amar&sub=65&methodName=ShowModuleContent](http://www.maj.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&PageID=11583&tempname=amar&sub=65&methodName=ShowModuleContent). (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. Journal of Water and Soil 24 (1): 1-9. (In Persian with English Summary).
- 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 Journal of plant Sciences 7 (8): 757-761.
- 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.). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 155–166. (In Persian with English Summary).
- Nehvi, F.A., Khan, M.A., Lone, A.A., and Maqhdoomi, M.I. 2009. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. 3rd International Symposium on Saffron, Iran, 20-23 may 2009, p. 171- 174.
- Omidi, H., Naghdi Buddy, H., Golzad, A. Torabi, H., and Fotokyan, M. 2010. Biological effects of nitrogen fertilizer on yield and quality and quantity of saffron. Journal of Medicinal Plants 8 (30): 98- 109. (In Persian with English Summary).
- Parshad, R. 2009. Process development impact on industries and awards. Microbial Biotechnology Division, India 16 (3): 234-249.
- Pasban, F., Balouchi, H., Yadavi, A., Salehi, A., and Attarzadeh, M. 2015. The role of organic and biological fertilizers in qualitative and quantitative yield of soybean (*Glycine max* L.)

- cv Williams. Journal of Agriculture and Sustainable Production 25 (3): 138-149. (In Persian with English Summary).
- Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, Gh., Eivazi, A.R., and Hoseini, T. 2011. Effect of bio and chemical fertilizers on yield and quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27 (1): 81-96. (In Persian with English Summary).
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H. 2015. Saffron (*Crocus sativus* L.) yield as affected by different fertilizing systems. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (2): 204 – 219. (In Persian with English Summary).
- Rezvani-Moghaddam, P., Mohammad-Abadi, A.A., and Sabori, A. 2006. Effect of different animal manure on flower yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron (*Crocus sativus* L.) in Mashhad conditions. II International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran. 1- April 2007, p. 159-163.
- Rohi, M., Amirshakari, H., and Kordenaeej, A. 2014. Effect of corm density and watermelon sowing date as live mulch on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Crop Production Research 6 (1): 1-17. (In Persian with English Summary).
- 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 (10): 1316-1320.
- Sharifi Ashoorabadi, A., Matin, A., Lebaschi, M.H., and Abbaszadeh, B. 2004. Effects of nitrogen application methods on yield of Melissa (*Melissa officinalis*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 20 (3): 369-376. (In Persian with English Summary).
- Sharifi-Ashoorabadi, A., Normohammadi, G.H., Matin, A., Ghalavand, A., and Lebaschi, M.H. 2002. Comparison efficiency consumption energy in different method of soil fertility (chemical, integrated, organic). Iranian Journal of Forest and Range 57: 91- 97. (In Persian).
- Shokrani, F., Pirzad, A., Zardoshti, M.R., and Darvishzadeh, R. 2012. Effect of biological nitrogen on the yield of dried flower and essential oil of *Calendula officinalis* L. under end season water deficit condition. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3 (1): 24-34.
- Subler, S., Edwards, C.A., and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. Bio-Cycle 39: 63-66.
- Sundara, B., Natarajan, V., and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. Field Crop Research 77 (1): 43-49.
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Roupheal, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. Journal of Food Agriculture and Environment 7 (1): 19-23.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., and Cheung, K.C. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, Pand K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma Journal 125 (1-2): 155-166.
- Zahir, A.Z., Abbas, S.A., Khalid, A., and Arshad, M. 1998. Substrate depended microbially derived plant hormones for improving growth of maize seeding. Pakistan Journal of Biological Science 3 (2): 289-291.

# The effect of organic and biological fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) at the climate of Ardabil region

Mohammad Bagher Alizadeh<sup>1</sup>, Hassan Makarian<sup>2\*</sup>, Ali Ebadi Khazine Ghadim<sup>3</sup>, Ebrahim Izadi-Darbandi<sup>4</sup> and Ahmad Gholami<sup>2</sup>

Submitted: 4 December 2017

Accepted: 26 June 2018

Alizadeh, M.B., Makarian, H., Ebadi Khazine Ghadim, A., Izadi-Darbandi, E., and Gholami, A. 2019. The effect of organic and biological fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) at the climate of Ardabil region. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(2): 227-244.

## Abstract

In recent years, in order to produce organic products and reduce environmental problems, organic and biological fertilizers are used to increase soil fertility, eliminate the nutritional needs and to improve of plants growth. In order to evaluate the effect of organic and biological fertilizers on qualitative and quantitative traits of saffron, a field experiment was carried out as split plots based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Ardebil Agricultural Research Center during two growing seasons of 2015-2016 and 2016- 2017. Treatments included three levels of organic fertilizers: vermicompost (10 t.ha<sup>-1</sup>), manure (25 t.ha<sup>-1</sup>) and control in the main plots, and plant growth promoting rhizobacteria in four levels including, control, *Azotobacter* sp. PTCC 1658, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* and the combination of biofertilizer (*A. sp. PTCC 1658*+ *B. subtilis*+ *P. aeruginosa*) in sub plots. Bio fertilizers were inoculated on the saffron corms before sowing in the first year and were applied mixed with irrigation water in the second year. The results indicated that the interaction effects of organic and biological fertilizers increased the fresh weight of flowers, dry and wet yield of stigma and style and qualitative compounds including crocin (Color factor), picrocrocin (Taste factor) and safranal (Perfume factor) compared to control. So that, the application of manure and vermicompost in combination with the total of bio-fertilizers (*A. sp. PTCC 1658*+ *B. subtilis*+ *P. aeruginosa*), increased the dry matter of stigma from 0.86 kg.h<sup>-1</sup> to 2.93 and 2.7 kg.h<sup>-1</sup> respectively. By using manure fertilizer with biofertilizers, picrocrocin, safranal and crocin, were increased 73, 77 and 83 percent compared to the control respectively. Based on this experiment results, the combined use of organic and biological fertilizers in addition to reducing the environmental pollution, can enhance qualities and quantities of yield of saffron through synergistic effects.

**Keywords:** *Azotobacter*, *Bacillus subtilis*, Manure, *Pseudomonas aeruginosus*, Safranal, Vermicompost.

1 - Ph.D. Student in Agroecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2 - Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

3 - Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

4 - Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad-IRAN

(\*Corresponding author Email: h.makarian@yahoo.com)

DOI: 10.22048/jsat.2018.109405.1274