

ارزیابی تأثیر منابع کودی مختلف بر برخی خصوصیات بانه و عملکرد گل زعفران

محمد باقر عالی زاده^۱، حسن مکاریان^{۲*}، علی عبادی^۳، ابراهیم ایزدی دربندی^۴، احمد غلامی^۲، عباس نصیری دهرسخی^۵

۱-دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۵- دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: h.makarian@yahoo.com

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.390675.1331

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۲

چکیده

مدیریت صحیح تغذیه گیاهی یکی از ابزارهای لازم برای بر خورداری از یک بوم‌نظام کشاورزی اکولوژیک پایدار و پرسود در گیاه زعفران می‌باشد. در همین راستا، به منظور بررسی اثر کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیکی بر خصوصیات بانه و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.) آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: 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 و عامل دوم کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (NP) به نسبت مساوی در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و عامل سوم پنج سطح کود زیستی شامل: عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با *Azotobacter chroococcum*، *Pseudomonas aeruginosa* و *Bacillus subtilis* و تلقیح سه‌گانه آن‌ها بود. کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، وزن خشک برگ زعفران را ۷۶ درصد و هم‌چنین وزن خشک بانه را ۸۱ درصد نسبت به شاهد عدم تلقیح افزایش داد. کاربرد ورمی کمپوست همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از کود NP، بیشترین وزن تر گل (۲۷۷/۶۳ کیلوگرم در هکتار) را به همراه داشت. کاربرد ورمی کمپوست بعلاوه ۱۰۰ کیلوگرم کود NP نسبت به کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود NP به تنهایی، وزن تر گل را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. براساس نتایج این پژوهش، کاربرد تلفیقی کود آلی و شیمیایی ضمن کاهش مصرف کود شیمیایی، منجر به افزایش رشد و عملکرد گل زعفران می‌شود که گام مهمی در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کود آلی، کود زیستی، مدیریت پایدار، ورمی کمپوست

مقدمه

است طول این دوره کاهش یابد (Koocheki et al., 2022). باوجود اینکه ایران در بین کشورهای تولیدکننده زعفران مقام نخست را از نظر سطح زیرکشت و میزان تولید سالیانه دارد، ولسی میانگین عملکرد آن در مقایسه با متوسط عملکرد جهانی این محصول اندک می‌باشد (Kumar et al., 2009). به‌نظر می‌رسد که تفاوت معنی‌دار عملکرد تولیدی در ایران و سایر کشورهای عمده تولیدکننده، به‌دلیل نامناسب بودن راه‌های تغذیه این گیاه و نیز تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق رشد باشد. بر این اساس ضروری به‌نظر می‌رسد که با به‌کارگیری فناوری‌های نوین تغذیه گیاه، شرایط را برای بهبود عملکرد زعفران فراهم نمود (Heidari et al., 2014). در حال حاضر استفاده از کودهای شیمیایی یکی از شناخته‌شده‌ترین

در بین گیاهان دارویی، زعفران (*Crocus sativus* L.) جایگاه ویژه‌ای در تغذیه و سلامت انسان دارد. این گیاه نقش قابل توجهی در وضعیت اجتماعی و اقتصادی مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران پیدا کرده است. زعفران به دلیل نیاز آبی پایین و ارزش اقتصادی بالا به‌طور ویژه‌ای مورد استقبال واقع شده است (Dastranj and Sepaskhah, 2019). زعفران گیاهی ژئوفیت و عقیم است که به صورت رویشی از طریق تشکیل بانه تکثیر می‌یابد. این گیاه مراحل مختلف رشد را در هر فصل زراعی با گل‌دهی آغاز و با تولید بانه‌های دختری از بانه مادری به اتمام می‌رساند. بانه‌های دختری روی بانه مادری تشکیل می‌شوند. دوره بهره‌برداری از مزرعه زعفران می‌تواند تا بیش از یک دهه ادامه یابد، هر چند که بسته به مدیریت زراعی بهتر

افزایش معنی‌دار عملکرد زعفران گردید (Kirmani *et al.*, 2014). در پژوهشی که با هدف بررسی تأثیر مصرف برخی کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که تلقیح بنه‌های زعفران با باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس با اثر بر جذب عناصر غذایی باعث بهبود اکثر صفات کمی و کیفی زعفران شد. کاربرد همزمان کود زیستی و شیمیایی عملکرد کمی و کیفی زعفران را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن همان قدر بر عملکرد کلاله مؤثر بود که کاربرد نصف مقدار کود شیمیایی (۲۵ کیلوگرم) به همراه کود زیستی مؤثر بود. همچنین کاربرد هم‌زمان کود شیمیایی و زیستی عملکرد کلاله را نسبت به کاربرد منفرد کود شیمیایی به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Heidari *et al.*, 2014).

باتوجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور و خشک‌سالی‌های اخیر ضروری است گیاهانی که نیاز آبی پایینی دارند بیشتر مورد توجه قرار گیرند. از جمله گیاهانی که با توجه به شرایط اقلیمی استان اردبیل مورد توجه قرار گرفته، زعفران می‌باشد که می‌تواند جایگاه بالایی در صادرات و ایجاد اشتغال در مناطق روستایی و کشاورزی استان داشته باشند. از طرفی دیگر، کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد به همراه کودهای شیمیایی و آلی در کشت زعفران در استان اردبیل مورد مطالعه قرار نگرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کودهای زیستی حاوی باکتری *P. A. chorococum*، *B. subtilis* و *aeruginosa* و مقادیر مختلف کودهای شیمیایی و کودهای آلی بر برخی خصوصیات بنه و عملکرد گل زعفران انجام گردید.

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 اجرا شد. 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

راهکارهای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی می‌باشد. اما در سال‌های اخیر به منظور حذف اثرات مخرب زیست‌محیطی کودهای شیمیایی، رویکرد کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از منابع غذایی جایگزین از قبیل کودهای زیستی و آلی در بین محققین افزایش یافته است.

اگرچه زعفران نسبت به حاصلخیزی خاک گیاهی نسبتاً کم‌توقع می‌باشد، اما کاربرد کودهای آلی به عنوان بستر کاشت، بهینه‌سازی رشد و سپس بهبود وزن و سایر خصوصیات بنه دختری زعفران را به دنبال دارد (Saeidi Aboueshaghi *et al.*, 2022). پژوهش‌گران اظهار داشتند کاربرد ورمی کمپوست نسبت به کودهای معدنی، تعداد و وزن بنه‌های دختری را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Seyyedi *et al.*, 2018). در پژوهش دیگری که با هدف مطالعه اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های بنه‌های دختری و گل زعفران انجام شد، نتایج نشان داد کاربرد کودهای آلی در مقایسه با کود شیمیایی اثر بیشتری بر ویژگی بنه‌های دختری زعفران و عملکرد زعفران داشت (Shariatmadari *et al.*, 2018). در پژوهشی که به منظور بررسی نقش کودهای دامی، شیمیایی و اندازه بنه مادری بر ویژگی‌های بنه‌های دختری و عملکرد زعفران انجام شد، نتایج آزمایش حاکی از نقش مثبت فراهمی عناصر غذایی از منابع کود دامی و شیمیایی در بهبود رشد و عملکرد بنه‌های دختری زعفران بود. از سویی دیگر، کاربرد کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی اثر بیشتری بر ویژگی‌های بنه‌های دختری زعفران داشت (Koocheki *et al.*, 2014).

از منابع نوین و ارزان کودی که در تغذیه گیاهان استفاده می‌شود، می‌توان به کودهای زیستی اشاره کرد. کودهای زیستی حاوی ریزموجودات مفید خاکزی از قبیل باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها یا متابولیت‌های حاصل از آن‌ها می‌باشند که به طرق مختلف رشد گیاه میزبان را تحریک می‌کنند (Zhang *et al.*, 2013). در تحقیقی، پژوهش‌گران تأثیر مثبت تیمار باکتری *B. subtilis* را بر کلیه صفات رویشی و زایشی زعفران گزارش نمودند، به گونه‌ای که این کود عملکرد کلاله خشک را ۱۲ درصد افزایش داد (Sharaf-*et al.*, 2008). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاربرد منفرد از تو باکتر در زراعت زعفران تأثیری بر رشد این گیاه نداشته، ولی کاربرد تلفیقی آن با ۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن سبب

آن‌ها (*B. subtilis* + *P. aeruginosa* + *A. chorococum*) بود. نیاز کودی براساس آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل (۴۶ درصد فسفر خالص) تعیین گردید و در تیمار نصف نیاز کودی نیز، ۵۰ کیلوگرم از هر کدام از کودهای فوق‌الذکر استفاده گردید. 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 ۱ نشان داده شده است.

هکتار) و ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) بود که در کرت‌های اصلی قرار گرفت. عامل دوم کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (NP) به نسبت مساوی در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی استفاده شد و عامل سوم پنج سطح کود زیستی شامل: عدم تلقیح (شاهد) و تلقیح با *A. chorococum* (باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن)، تلقیح با *P. aeruginosa* (حل‌کننده فسفات با ۱۰۸ سلول زنده در هر میلی‌لیتر) و تلقیح با *B. subtilis* (باکتری حل‌کننده فسفر که با ترشح اسیدهای آلی سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با ۱۰۸ سلول زنده در هر میلی‌لیتر) و تلقیح سه‌گانه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی (در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (0-30 cm depth)

بافت خاک	رس	سیلت	شن	ماده آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل	هدایت الکتریکی	pH
Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Organic matter (%)	Potassium (mg/kg)	Phosphorus (mg/kg)	Nitrogen (%)	EC (dS m ⁻¹)	
شنی لومی	22.56	30.72	46.72	1.86	183	21	0.062	448	7.8

نیمه آبان‌ماه 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. وزن تر برگ زعفران در پایان فصل رشد سال اول کاشت زعفران قبل از زرد شدن برگ‌ها با استفاده از کوادرات ۰/۵ × ۰/۵ متر و پس از حذف اثر حاشیه‌ای از سه نقطه در هر کرت برداشت و در آزمایشگاه توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ نیز از آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت استفاده گردید و سپس توزین شد. تعداد بنه دختری، وزن تر بنه دختری، وزن خشک بنه دختری و قطر بنه دختری نیز در خرداد ماه سال ۱۳۹۵ پس از زرد شدن کامل برگ‌ها و خارج کردن تصادفی بنه‌ها در سه نقطه از هر کرت اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن اندام‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. هم‌چنین قطر بنه‌ها با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ و برای اندازه‌گیری طول آن‌ها از خط‌کش استفاده شد.

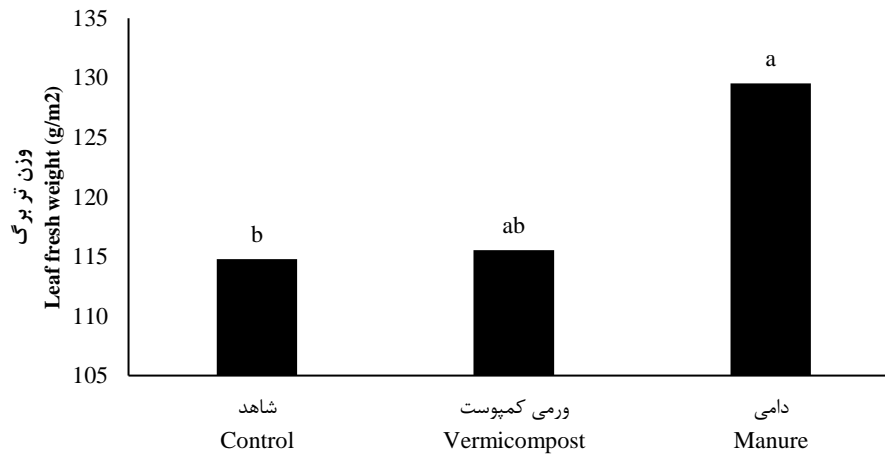
در این پژوهش از نرم‌افزار MSTATC جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 صورت گرفت.

کرم زعفران برای کاشت از شهرستان قاینات تهیه و بنه‌های ۸ تا ۱۰ گرمی انتخاب و پس از آماده‌سازی بستر در کرت‌هایی به ابعاد ۵×۲ متر کاشته شد. بنه‌ها با تراکم ۶۰ عدد در مترمربع در ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری با فواصل بوته پنج سانتی‌متر و در عمق ۲۰ سانتی‌متر با دست کاشت شدند. باکتری‌های *A. chorococum* PTCC، *P. aeruginosa* و *B. subtilis* 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 *A. chorococum*، *P. aeruginosa* و *B. subtilis* در تراکم ۱۰^۸ - CLF L^۱ آب مقطر انجام شده و در ۱۵ شهریور سال ۱۳۹۴ کاشت شد. کود اوره همراه آب آبیاری دوم (پس از برداشت گل) به زمین اضافه شد. عملیات تلقیح کودهای زیستی 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 کودهای زیستی ۶ لیتر در هکتار بود (Heidari et al., 2014). گل‌های زعفران در اولین ساعات صبح از نیمه مهرماه تا

نتایج و بحث وزن تر و خشک برگ

آلی بر وزن تر و خشک برگ زعفران در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده کودهای زیستی بر وزن تر و خشک برگ به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای



شکل ۱- تأثیر کودهای آلی بر وزن تر برگ‌های زعفران

Figure 1- Effect of organic fertilizer on leaf fresh weight

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر صفات مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance (Mean squares) of effect the organic, biological and chemical fertilizers on studied traits

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	تعداد کل بنه	وزن تر بنه
SOV	df	Leaf fresh weight	Leaf dry weight	Total corm	Corm fresh weight
تکرار	2	10452.9**	1571.91**	2.17 ^{ns}	257898 ^{ns}
Replication					
کود آلی	2	2170.71*	378.25*	2.74 ^{ns}	10081 ^{ns}
Organic fertilizer					
خطای الف	4	301.48	21.78	1.31	42232
Error a					
کود شیمیایی	1	308.39 ^{ns}	218.05 ^{ns}	0.27 ^{ns}	283271**
Chemical fertilizer					
کود آلی * کود شیمیایی	4	489.91 ^{ns}	186.18 ^{ns}	7.81 ^{ns}	455520**
Organic fertilizer*Chemical fertilizer					
خطای ب	6	728.28	141.45	1.73	4176
Error b					
کود زیستی	4	18203.64*	4668.36**	92.37**	578121*
Bio-fertilizer					
کود آلی * کود زیستی	8	674.76 ^{ns}	119.48 ^{ns}	2.78*	20010 ^{ns}
Organic fertilizer*Bio-fertilizer					
کود شیمیایی * کود زیستی	4	619.89 ^{ns}	99.07 ^{ns}	1.055 ^{ns}	10540 ^{ns}
Chemical fertilizer*Bio-fertilizer					
کود آلی * کود شیمیایی * کود زیستی	8	624.74 ^{ns}	197.71 ^{ns}	2.047 ^{ns}	42802 ^{ns}
Organic*Chemical*Bio-fertilizer					
خطای کل	41	2931.74	660.93	11.068	118083
Total error					
ضریب تغییرات	-	22.38	21.52	12.89	22.28
CV (%)					

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

ns = non-significant. * = Significant at 5% level. ** = Significant at 1% level.

ادامه جدول ۲

Table 2 Continued.

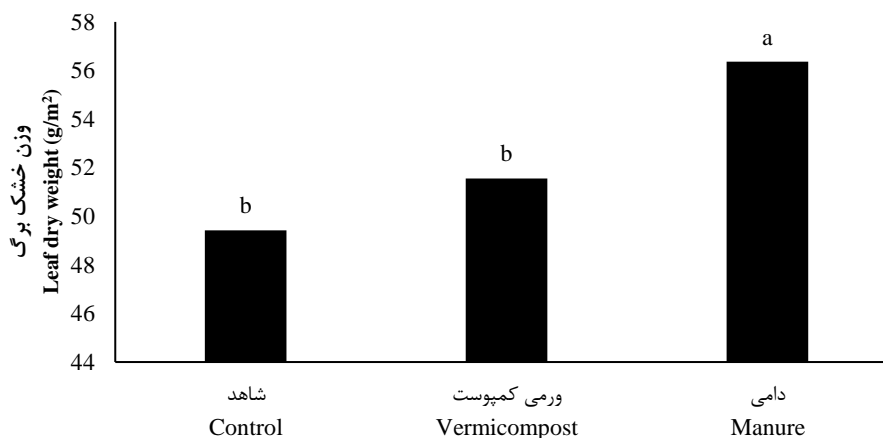
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک بانه	قطر بانه	تعداد گل	وزن تر گل
SOV	df	Corm dry weight	Corm diameter	Number of flowers	Flower fresh weight
تکرار	2	31635**	83.71**	159**	1426
Replication					
کود آلی	2	11166*	11.55 ^{ns}	205 ^{ns}	151649**
Organic fertilizer					
خطای الف	4	14.30	3.45	480	930
Error a					
کود شیمیایی	1	35724**	85.58**	17696*	35657**
Chemical fertilizer					
کود آلی*کود شیمیایی	4	31367**	16.13 ^{ns}	530 ^{ns}	8427*
Organic fertilizer*Chemical fertilizer					
خطای ب	6	1486	8.06	2705	1212
Error b					
کود زیستی	4	96693**	190.65**	6643**	32474**
Bio-fertilizer					
کود آلی*کود زیستی	8	5838 ^{ns}	3.135 ^{ns}	119 ^{ns}	2652*
Organic fertilizer*Bio-fertilizer					
کود شیمیایی*کود زیستی	4	1767 ^{ns}	5.315 ^{ns}	288 ^{ns}	1033 ^{ns}
Chemical fertilizer*Bio-fertilizer					
کود آلی*شیمیایی*زیستی	8	5845 ^{ns}	4.023 ^{ns}	154 ^{ns}	1247 ^{ns}
Organic*Chemical*Bio-fertilizer					
خطای کل	41	16732.46	29.55	3393	13046
Total error					
ضریب تغییرات	-	19.31	7.86	19.06	14.45
CV (%)					

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

ns = non-significant. * = Significant at 5% level. ** = Significant at 1% level.

به‌دست آمد (شکل‌های ۱ و ۲ و جدول ۳)، به‌طوری‌که کود دامی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) به ترتیب باعث افزایش ۱۳ و ۱۵ درصدی وزن تر و خشک برگ شد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر و خشک برگ در تیمار مصرف کود دامی و مصرف تلفیقی کودهای زیستی (*B. subtilis* + *P. aeruginosa* + *A. chorococum*)



شکل ۲- تأثیر کودهای آلی بر وزن خشک برگ‌های زعفران

Figure 2- Effect of organic fertilizer on leaf dry weight

برگ به صورت منفرد نشان داد که تیمار کود زیستی ازتوباکتر تفاوت معنی داری نسبت به بقیه تیمارها داشته است. اما تفاوت در بین کودهای زیستی بر وزن خشک برگ معنی دار نبود (جدول ۳).

همچنین کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، وزن تر و خشک برگ زعفران را به ترتیب ۸۱ و ۷۶ درصد نسبت به شاهد (بدون تلفیح با باکتری) افزایش داد. مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی بر وزن تر و خشک

جدول ۳- تأثیر کودهای زیستی بر صفات مورد مطالعه

Table 3- The effect of bio-fertilizers on studied traits

کود زیستی Bio-fertilizer	صفات Traits					
	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g/m ²)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g/m ²)	وزن تر بنه Corm fresh weight (g/m ²)	وزن خشک بنه Corm dry weight (g/m ²)	قطر بنه Corm diameter (mm)	تعداد گل در مترمربع Number of flowers
شاهد Control	78.589c	42.32c	555.37c	249.25c	16.22d	92.11c
باسیلوس Bacillus	120.35b	51.59b	646.05bc	311.53b	20.68bc	127.11b
ازتوباکتر Azotobacter	152.817ab	52.28b	751.26b	343.24b	21.72b	124.75b
سودوموناس Pseudomonas	121.622b	48.74b	749.74b	333.21b	20.10c	129.77b
تلفیقی Integrated	166.367a	77.30a	1032.54a	451.4a	25.28a	177.19a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5 % probability level (LSD test).

(Khorramdel, 2016) با کاربرد کود دامی و محلول پاشی برگ و تأثیر مثبت آن‌ها بر افزایش وزن خشک برگ گزارش شده است. به نظر می‌رسد کاربرد کود دامی از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری و تخلخل، شرایط ریزوسفر را برای بنه‌ها بهبود بخشیده که این امر از طریق بهبود رشد اندام‌های رویشی و بنه‌ها، افزایش وزن خشک برگ و بنه را به دنبال داشته است (Rasoulzadeh and Yaghoubi, 2010). محققین (Mollafilabi and Khorramdel, 2016) بیان نمودند که تغذیه مناسب و کاربرد مقادیر مطلوب حاصلخیز کننده‌های آلی عامل مهمی در بهبود رشد گیاه محسوب می‌شود.

علاوه بر این، آزادسازی تدریجی عناصر غذایی نیز می‌تواند در درازمدت علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تحت تأثیر افزایش آبشویی و در نتیجه تلفات عناصر غذایی، موجب بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها و حرکت در جهت نیل به پایداری بوم‌نظام‌ها شود.

پژوهش‌گران (Mollafilabi and Khorramdel, 2016) گزارش کردند، وزن تر و خشک برگ همبستگی بالایی با طول برگ، تعداد برگ، اندازه و وزن بنه دارد و تثبیت عناصر و انحلال آن‌ها توسط باکتری‌ها اثر معنی داری بر وزن تر و خشک برگ می‌گذارد. هم چنین کودهای آلی نیز با بهبود محتوای ماده آلی خاک و بهبود ذخیره رطوبتی و سبک کردن آن بر وزن تر و خشک برگ تأثیر مثبتی می‌گذارد.

آنچه حائز اهمیت است، تأثیر مثبت کودهای زیستی بر وزن تر و خشک برگ با افزایش تثبیت نیتروژن می‌باشد. زیرا وزن تر برگ در تیمار کاربرد ازتوباکتر به تنهایی در حد تیمار تلفیقی کودهای زیستی بود و این احتمال وجود دارد که ازتوباکتر با تثبیت نیتروژن مقدار وزن تر برگ را بالا ببرد. بنابراین مطابق با گزارش پژوهش‌گران (Heidari et al., 2014) به نظر می‌رسد توانایی ازتوباکتر در فرایند تثبیت نیتروژن و نیز انحلال فسفات‌های نامحلول، به طور مؤثری باعث افزایش این صفت شده است.

نتایج مشابهی نیز توسط محققین (Mollafilabi and

تعداد بانه

زیستی نشان داد که بیشترین تعداد بانه‌ها از تیمارهای کود آلی همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و کمترین تعداد بانه‌ها از تیمار شاهد (بدون مصرف کود آلی و زیستی)، کود دامی و ورمی کمپوست (عدم کاربرد کود زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای زیستی و برهمکنش کود زیستی و آلی به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بر تعداد بانه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش کودهای آلی و

جدول ۴- اثر برهمکنش کودهای آلی و زیستی بر تعداد بانه و وزن تر گل

Table 4- Interaction effect of organic and biological fertilizers on number of corm and flower fresh weight

کود آلی Organic fertilizer	کود زیستی Bio-fertilizer	صفات Traits	
		تعداد بانه Number of corms	وزن تر گل Flower fresh weight (kg/ha)
شاهد Control	شاهد Control	4.33g	79.19g
	باسیلوس Bacillus	6ef	113.53fg
	ازتوباکتر Azotobacter	7.33de	94.36g
	سودوموناس Pseudomonas	7.56d	108.55fg
	تلفیقی Integrated	10.31ab	165.55e
ورمی کمپوست Vermicompost	شاهد Control	4.3g	164.26e
	باسیلوس Bacillus	7.33de	225.85cd
	ازتوباکتر Azotobacter	8.16cd	270.171b
	سودوموناس Pseudomonas	7.66d	262.88bc
	تلفیقی Integrated	11.16a	329.35a
دامی Manure	شاهد Control	5fg	114.16fg
	باسیلوس Bacillus	6.83de	149.09ef
	ازتوباکتر Azotobacter	7.5d	139.06ef
	سودوموناس Pseudomonas	9.5bc	142.28ef
	تلفیقی Integrated	11a	218.46d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5 % probability level (LSD test).

(*al.*, 2022). نتایج پژوهشی نشان داد که مصرف کود دامی نقش مؤثری در افزایش تعداد و عملکرد بانه‌های زعفران داشت (Amiri, 2008). در پژوهش دیگری که با هدف مطالعه اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های بانه‌های دختری و گل

اگرچه زعفران نسبت به حاصلخیزی خاک گیاهی نسبتاً کم‌توقع می‌باشد، اما کاربرد کودهای آلی به عنوان بستر کاشت، بهینه‌سازی رشد و سپس بهبود وزن و سایر خصوصیات بانه دختری زعفران را به دنبال دارد (Saeidi Aboueshaghi *et al.*)

می‌رسد که افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد بنه‌ها به دلیل تحریک فتوسنتز برگ‌ها از طریق کودهای زیستی، موجب نمو بیشتر برگ‌ها و تولید بنه‌های درشت‌تر شده است. این فرایند با افزایش تولید مواد پرورده، فعال شدن جوانه‌های بیشتر روی بنه‌های دختری و تولید بنه‌های درشت‌تر و همچنین افزایش تعداد آن‌ها، ظرفیت گل‌دهی را بهبود می‌بخشد (Mollafilabi and Khorramdel, 2016). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کودهای آلی و شیمیایی نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی ۱۰۰ درصد باعث افزایش وزن تر و خشک بنه زعفران نسبت به شاهد (بدون مصرف کود آلی) شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمار کود شیمیایی توصیه شده (۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی NP در هکتار) اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کودهای آلی همراه با نصف کود شیمیایی توصیه شده (۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی NP در هکتار) بر صفات وزن تر و خشک بنه زعفران نداشت (جدول ۵).

زعفران انجام شد، نتایج نشان داد کاربرد کودهای آلی در مقایسه با کود شیمیایی اثر بیشتری بر ویژگی بنه‌های دختری زعفران و عملکرد زعفران داشت (Shariatmadari *et al.*, 2018).

وزن تر و خشک بنه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کودهای شیمیایی و زیستی به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بر وزن تر بنه و اثر ساده کودهای آلی، شیمیایی و زیستی به ترتیب در سطح پنج و یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود، هم‌چنین برهمکنش کودهای آلی و شیمیایی بر صفت وزن تر و خشک بنه زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (*P. aeruginosa*, *A. chorococum* و *B. subtilis*) وزن تر و خشک بنه را به ترتیب ۸۵ و ۸۱ درصد نسبت به شاهد (بدون تلقیح) افزایش داد (جدول ۳). به‌نظر

جدول ۵- برهمکنش اثر کودهای آلی و شیمیایی بر صفات مورد مطالعه

Table 5- Interaction effect of organic and chemical fertilizers on studied traits

کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (کیلوگرم در هکتار) NP Chemical fertilizer (kg/ha)	کود آلی Organic fertilizer	صفات Traits		
		وزن تر بنه Corm fresh weight (g/m ²)	وزن خشک بنه Corm dry weight (g/m ²)	وزن تر گل Flower fresh weight (kg/ha)
100	شاهد Control	565.59c	303.52b	112.98d
	ورمی کمپوست Vermicompost	744.56bc	341.97b	223.37b
	دامی Manure	762.52b	308.04b	118.49d
200	شاهد Control	730.88bc	325.49b	120.77d
	ورمی کمپوست Vermicompost	970.63a	413.99a	277.63a
	دامی Manure	707.77bc	333.59b	184.45c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5 % probability level (LSD test).

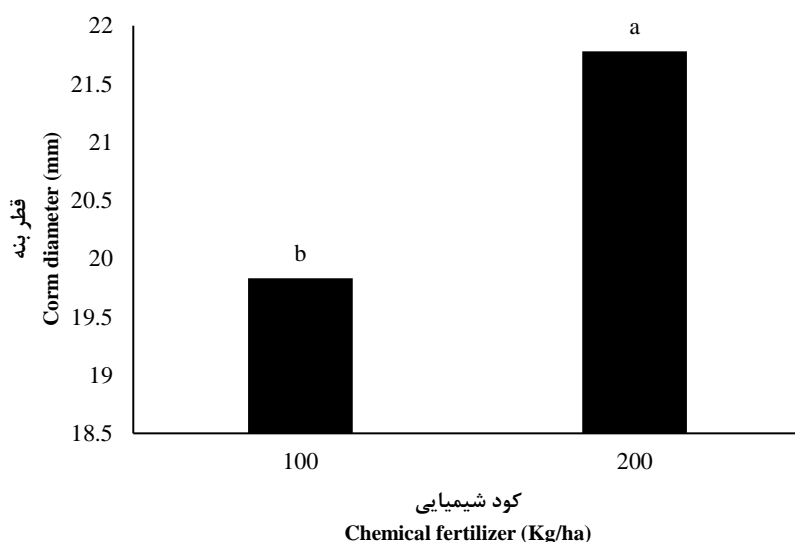
آن به خاک می‌تواند موجب تحریک رشد و گسترش سلولی شود. از طرفی با کاربرد توأم کود شیمیایی با ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) با بهبود شرایط برای تغذیه و تولید کربوهیدرات، باعث افزایش عملکرد تر و خشک بنه زعفران شده

با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که کاربرد نیمی از کود شیمیایی با کودهای آلی باعث افزایش وزن تر و خشک بنه، مشابه کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود. از آنجایی که نیتروژن و فسفر از مهم‌ترین عناصر برای رشد بنه است، افزودن

(Seyyedi *et al.*, 2018).

قطر بنه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کودهای شیمیایی و زیستی در سطح احتمال یک درصد بر قطر بنه معنی دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در مورد کاربرد کودهای شیمیایی نشان داد که تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی بیشترین قطر بنه (۲۱/۷۸ میلی‌متر) را به خود اختصاص داد که اختلاف معنی داری با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی داشت (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر کود شیمیایی بر قطر بنه

Figure 3- The effect of chemical fertilizer on corm diameter

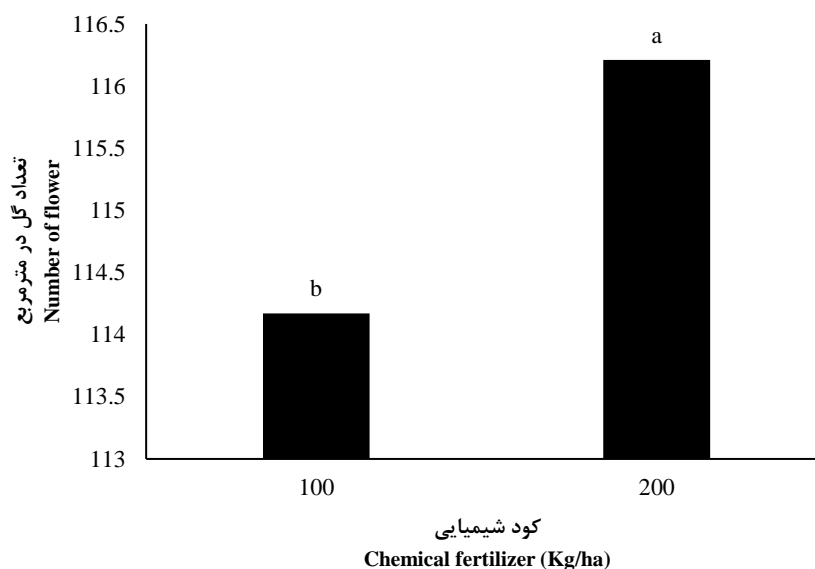
بنه‌های مادری در اندازه بزرگ می‌تولند به دلیل ذخیره بیشتر عناصر غذایی در ابتدای دوره و نیز سرعت رشد و جذب بیشتر عناصر در طی فصل رشد باشد. با توجه به اینکه رشد و نمو اندام‌های ظاهر شده از بنه‌های زعفران در مراحل اولیه اساساً وابسته به میزان اندوخته موجود در بنه‌های مادری است، بنابراین بنه‌های درشت‌تر زعفران به دلیل داشتن اندوخته غذایی و تولید انرژی بیشتر، ضمن تولید ماده خشک بیشتر، مقدار ریشه بیشتری را در مقایسه با بنه‌های کوچک تولید می‌کنند (Renau-Morata *et al.*, 2012). به طوری که در پژوهش حاضر نیز افزایش معنی دار اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد

است. چرا که ورمی کمپوست علاوه بر تأمین عناصر غذایی، با فعالیت و عملکرد بیولوژیک (دفع کننده‌های قارچی) خود، روند رشد گیاه را کنترل می‌کند که این موضوع در افزایش وزن تر و خشک بنه بسیار مهم است. نتایج سایر تحقیقات انجام شده نیز با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. برای مثال، پژوهشگران در تحقیقات خود بر روی زعفران گزارش کردند که مصرف ورمی کمپوست به همراه ۵۰ کیلوگرم کود اوره افزایش قابل ملاحظه در عملکرد کمی و بهبود ویژگی‌های خاک در مقایسه با شاهد داشته است (Feli *et al.*, 2018). پژوهشگران اظهار داشتند کاربرد ورمی کمپوست نسبت به کودهای معدنی، تعداد و وزن بنه‌های دختری را به طور معنی داری افزایش داد

سایر پژوهشگران (Rasouli *et al.*, 2015) نیز نتایج مشابهی از افزایش قطر بنه زعفران با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نسبت به کاربرد ۵۰ درصد آن گزارش کرده‌اند. همچنین نتایج مقایسه کودهای زیستی نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (*P. aeruginosa* + *A. chorococum* + *B. subtilis*)، قطر بنه را ۵۵ درصد نسبت به شاهد (بدون تلفیق) افزایش داد. کاربرد تیمار ازتوباکتر، باسیلوس و سدوموناس نیز در مرتبه‌های بعدی از نظر تولید بنه‌های بزرگ‌تر قرار داشتند (جدول ۳).
افزایش رشد و تولید بیشتر بنه‌های دختری در نتیجه کشت

عناصر غذایی از منابع کود دامی و شیمیایی در بهبود رشد و عملکرد بنه‌های دختر زعفران بود. از سوی دیگر، کاربرد کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی اثر بیشتری بر ویژگی‌های بنه‌های دختر زعفران داشت (Koocheki et al., 2014).

بنه، همانند افزایش قطر بنه‌های زعفران مشاهده می‌شود. در پژوهشی که به منظور بررسی نقش کودهای دامی، شیمیایی و اندازه بنه مادری بر ویژگی‌های بنه‌های دختر و عملکرد زعفران انجام شد، نتایج آزمایش حاکی از نقش مثبت فراهمی



شکل ۴- تأثیر کود شیمیایی بر تعداد گل زعفران

Figure 4- The effect of chemical fertilizer on number of saffron flowers

باکتری‌های محرک رشد می‌باشد. در تحقیقی، پژوهش‌گران تأثیر مثبت تیمار باکتری *B. subtilis* را بر کلیه صفات رویشی و زایشی زعفران گزارش نمودند، به گونه‌ای که این کود عملکرد کلاله خشک را ۱۲ درصد افزایش داد (-Sharaf Eldin et al., 2008). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاربرد منفرد *A. chorococum* در زراعت زعفران تأثیری بر رشد این گیاه نداشته، ولی کاربرد تلفیقی آن با ۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار عملکرد زعفران گردید (Kirmani et al., 2014).

وزن تر گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود آلی، کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن تر گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین برهمکنش کودهای شیمیایی × آلی و کودهای زیستی × آلی بر وزن تر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کودهای شیمیایی و آلی

تعداد گل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کودهای شیمیایی و زیستی بر روی صفت تعداد گل به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر ساده کود آلی و برهمکنش تیمارهای کودی بر تعداد گل معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین تیمار کود شیمیایی نشان داد که تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی، بیشترین تعداد گل را با اختلاف معنی‌داری به خود اختصاص داد (شکل ۴). پژوهشگران (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. هم‌چنین نتایج مقایسه سطوح کودهای زیستی نشان داد که کاربرد هم‌زمان *A. chorococum*، *P. aeruginosa* و *B. subtilis* باعث افزایش ۹۲ درصدی تعداد گل نسبت به تیمار شاهد می‌شود (جدول ۳). این امر مبین اثر افزایش ظرفیت جذب عناصر توسط

شیمیایی عملکرد کمی و کیفی زعفران را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار داد، به طوری که کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن همان قدر بر عملکرد کلاله مؤثر بود که کاربرد نصف مقدار کود شیمیایی (۲۵ کیلوگرم) به همراه کود زیستی مؤثر بود. همچنین کاربرد هم زمان کود شیمیایی و زیستی عملکرد کلاله را نسبت به کاربرد منفرد کود شیمیایی به طور معنی داری افزایش داد (Heidari et al., 2014).

نتیجه گیری کلی

از مجموع نتایج به دست آمده در این تحقیق مشخص می شود که شاخص های بررسی شده بانه زعفران تحت تأثیر نوع و مقدار کودهای به کاررفته و اثرات متقابل آنها قرار گرفت. بطوری که کاربرد تلفیقی کودهای آلی همراه با کودهای شیمیایی ویژگی های بانه زعفران را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار داد، همچنین کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز (۱۰۰ کیلوگرم از کود NP در هکتار) در تلفیق با کودهای آلی تأثیر یکسانی با کاربرد مقدار ۱۰۰ درصد کود توصیه شده (۲۰۰ کیلوگرم از کود NP در هکتار) بر صفات مربوط به وزن گل و بانه زعفران نشان داد. از این رو، برای کاهش اثرات زیان بار کاربرد کودهای شیمیایی بر محیط زیست و بوم نظام های زراعی می توان کودهای شیمیایی و آلی را بصورت تلفیقی بکار برد و ضمن کاهش در مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی های زیست محیطی به تولید محصول سالم کمک شایانی نمود.

نشان داد که تیمار ورمی کمپوست همراه با ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار، بیشترین وزن تر گل (۲۷۷/۶۳ کیلوگرم در هکتار) را به همراه داشت. همچنین قابل ذکر است که کاربرد ورمی کمپوست به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار به طور معنی داری نسبت به کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی NP در هکتار (بدون کود آلی) وزن تر گل را افزایش می دهد و این یعنی به جای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی می توان نصف آن را با کاربرد کود آلی جایگزین کرد و ۵۰ درصد از مصرف کود شیمیایی کاسته می شود. همچنین تیمار ورمی کمپوست همراه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (*P. + A. chorococum*) باعث افزایش ۴۶ درصدی عملکرد تر گل نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود زیستی) گردید (جدول ۵).

این نتایج بیانگر نقش تغذیه ای و ایجاد شرایط مطلوب اکولوژیکی بسترهای کودی مورد استفاده بر شروع گل دهی و وزن گل می باشد. باکتری های تثبیت کننده علاوه بر تثبیت با تولید فیتوهورمون ها سبب تحریک رشد گیاه و جذب مواد غذایی و فتوسنتز می شوند. در پژوهشی که با هدف بررسی تأثیر مصرف برخی کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که تلفیق بانه های زعفران با باکتری های *P. aeruginosa* و *B. subtilis* با اثر بر جذب عناصر غذایی باعث بهبود اکثر صفات کمی و کیفی زعفران شد. کاربرد همزمان کود زیستی و

References

- Amiri, M.E., 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4, pp.274-279.
- Dastranj, M. and Sepaskhah, A.R., 2019. Saffron response to irrigation regime, salinity and planting method. *Scientia Horticulture*, 251, pp.215-224. doi: 10.1016/j.scienta.2019.03.027
- Feli, A., Maleki Farahani, S. and Besharati, H., 2018. 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.). *Crops Improvement*, 20(2), pp.345-356. [In Persian]. doi: 10.22059/jci.2017.60472
- 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 & Technology*, 2(3), pp.177-189. [In Persian]. doi: 10.22048/jsat.2014.7808
- Kirmanian, N.A., Sofi, J.A., Bhat, M.A. and Ansari-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*, 45, pp.653-668. doi: **10.1080/00103624.2013.874021**
- Koocheki, A., Jamshid Eyni, M. and Seyyedi, S.M., 2014. The effects of mother corm size, manure and chemical fertilizers on replacement corm criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 2(1), pp.34-46. [In Persian]. doi: **10.22077/jsr.2015.328**
- Koocheki, A., Khorramdel, S. and Moallem Banhangi, F., 2022. Effect of corm harvesting year on agronomic criteria, daughter corm, and flower yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 10(2), pp.101-116. [In Persian]. doi: **10.22048/jsat.2022.296998.1431**
- Mollafilabi, A. and Khorramdel, S., 2016. Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of Saffron (*Crocus Sativus* L.) in a six-year-old farm. *Saffron Agronomy & Technology*, 3(4), pp.237-249. [In Persian]. doi: **10.22048/jsat.2016.11897**
- 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), pp.204-219. [In Persian]. doi: **10.22092/ijmapr.2015.101461**
- Rasoulzadeh, A. and Yaghoubi, A., 2010. Effect of cattle manure on soil physical properties on a sandy clay loam soil in North-West Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2), pp.976-979.
- Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sánchez, M. and Molina, R.V., 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops and Products*, 39, pp.40-46. doi: **10.1016/j.indcrop.2012.02.009**
- Saeidi Aboueshaghi, R., Omidi, H. and Bostani, A., 2022. Effect of chicken manure and chemical fertilizers on some morphological characteristics and flowers production and replacement corm of Saffron (*Crocus sativus* L.) under irrigation regimes. *Saffron Agronomy & Technology*, 10(1), pp.19-39. [In Persian]. doi: **10.22048/jsat.2022.300362.1436**
- Seyyedi, S.M., Ebrahimian, E. and Rezaei Chiyaneh, E., 2018. Saffron daughter corms formation, nitrogen and phosphorus uptake in response to low planting density, sampling rounds, vermicompost and mineral fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(5), pp.585-603. doi: **10.1080/00103624.2018.1432634**
- 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, pp.1316-1320.
- Shariatmadari, Z., Shoor, M., Rezvani Moghaddam, P., Tehranifar, A. and Ahmadian, A., 2018. Study the effects of organic and chemical fertilizers on replacement corms and flower characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 6(3), pp.291-308. [In Persian]. doi: **10.22048/jsat.2017.89478.1239**
- Zhang, N., Wang, D., Liu, Y., Li, S., Shen, Q. and Zhang, R., 2013. Effects of different plant root exudates and their organic acid components on chemotaxis, biofilm formation and colonization by beneficial rhizosphere-associated bacterial strains. *Plant and Soil*, 374, pp.689-700. doi: **10.1007/s11104-013-1915-6**

Evaluation of the effect of different fertilizer sources on some characteristics of the corm and flower yield of saffron

Mohammad Bagher Alizadeh¹, Hassan Makarian^{2*}, Ali Ebadi³, Ebrahim Eizadi Darbandi⁴, Ahmad Gholami², Abbas Nasiri Dehsorkhi⁵

¹ PhD Graduate of Agroecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

² Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

³ Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

⁴ Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁵ PhD Graduate of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

*Corresponding Author: h.makarian@yahoo.com

Received: 22 March 2023

Accepted: 29 April 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.390675.1331

Abstract

Introduction: In recent years, in order to produce healthy products and reduce environmental problems, organic and biological fertilizers are used to increase soil fertility, meet nutritional needs and increase plant growth. Proper management of fertilizer consumption is one of the necessary tools to have a stable and profitable agro-ecological system in saffron. Due to the fact that few studies have been done on the combined use of biologic, organic and chemical fertilizers in saffron cultivation, therefore the present study was conducted to investigate the effect of biological fertilizers containing *Azotobacter*, *Pseudomonas* and *Bacillus subtilis* and different amounts of chemical and organic fertilizers on some characteristics of the corm and yield of saffron flower.

Materials and Methods: Experiment was carried out as split-split plots based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Ardebil Agricultural Research Center during growing seasons of 2015-2016. Experimental treatments include: organic fertilizer at three levels, control, manure (25 t.ha⁻¹) and vermicompost (10 t.ha⁻¹) placed in the main plots. The second factor was chemical fertilizers in two levels including 100 and 200 kg.ha⁻¹ nitrogen and phosphorus (NP) and the third factor is five levels of biological fertilizer including: no inoculation (control) and inoculation with *Azotobacter*, inoculation with *Pseudomonas*, inoculation with *Bacillus subtilis* and integrated inoculation (*Azetobacter* + *Pseudomonas* + *Bacillus subtilis*). The investigated traits were: leaf fresh weight, leaf dry weight, total corm, corm fresh weight, corm dry weight, corm diameter, number of flower and flower fresh weight. MSTATC software was used to conduct an analysis of variance (ANOVA) on all collected data. Significant differences between means correspond to a probability level of 0.05 according to the LSD test. Graphs were drawn using Excel software.

Results and Discussion: The results showed that the application of chemical, organic and biological fertilizers caused a significant increase in the characteristics of dry weight of leaves, number and diameter of corms, fresh and dry weight of corms compared to the control. The integrated application of biological fertilizers increased the dry weight of saffron leaves by 76%, respectively, and also the dry weight of the corm by 81%, respectively, compared to the control. The results of analysis of variance showed that the simple effects of chemical and biological fertilizers were significant at the probability level of 1% on corm diameter. The results of mean comparison of chemical fertilizers showed that the 100% recommended chemical fertilizer treatment had the maximum stem diameter (21.78 mm), which had a significant difference with the 50% recommended fertilizer requirement treatment. Also, the results of the mean comparison of biological fertilizers showed that the combined application of biological fertilizers (*Azotobacter*, *Pseudomonas* and *Bacillus subtilis*) increased the

corm diameter by 55% compared to the control (without inoculation). The yield of saffron flower also showed a significant increase under the influence of the applied treatments. The results of mean comparison of the chemical fertilizer treatment showed that the recommended chemical fertilizer treatment (200 kg.ha^{-1}) compared to 50% of the fertilizer requirement (100 kg.ha^{-1}) had the highest number of flowers with a significant difference.

Conclusion: The results obtained in this research showed that the investigated traits of saffron corm were affected by the type and amount of fertilizers used. So that the simultaneous application of bio-fertilizers combined with organic and chemical fertilizers significantly affected the characteristics of saffron corms. The use of 200 kg.ha^{-1} chemical fertilizer along with bio-fertilizers was as effective on the measured traits as the use of 100 kg.ha^{-1} chemical fertilizer along with bio-fertilizers. Therefore, it can be said that the use of chemical fertilizers alone is not suitable and the combined use of chemical fertilizers with organic and biological fertilizers will increase the efficiency of chemical fertilizers and reduce the amount of chemical fertilizers used, which leads to a decrease environmental pollution.

Keywords: Biofertilizer, Organic fertilizer, Sustainable management, Vermicompost