



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۳۴۵-۳۵۶

اثر کود شیمیایی اوره و کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی و برخی از ویژگی‌های خاک در کشت زعفران (*Crocus sativus L.*)

اعظم فعلی^۱، سعیده ملکی فراهانی^{۲*}، حسین بشارتی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
۳. دانشیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۱۶

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد کودهای آلی، شیمیایی و زیستی بر ویژگی‌های گیاه و خاک در کشت زعفران (*Crocus sativus L.*) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه زعفران شش ساله دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۹۵-۹۴ انجام گرفت. عامل اول کود شیمیایی نیتروژن (اوره)، در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل دوم کودهای آلی و زیستی مختلف در چهار سطح (شاهد، ورمی کمپوست، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه حاوی سودوموناس و باسیلوس و تلفیق ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه و ورمی کمپوست) بود. نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای کودی عملکرد کمی و کیفی زعفران و ویژگی‌های خاک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. تلفیق ورمی کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین اثر معنی‌دار را در افزایش عملکرد کمی و بهبود ویژگی‌های خاک داشت. به طوری‌که در این تیمار ۴۲/۶ درصد عملکرد خشک کلاله، ۶۶/۶۷ درصد نیتروژن خاک، ۶۸/۳۹ درصد ماده آلی خاک و ۴۳/۷۵ درصد فسفر قابل جذب خاک نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که به جز تلفیق ورمی کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در اکثر موارد در تلفیق سایر تیمارهای کودی با یکدیگر نسبت به شاهد برتری معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی در کشت زعفران کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست به همراه نصف مقدار کود اوره توصیه شده می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه و بهبود ویژگی‌های خاک شود.

کلیدواژه‌ها: باسیلوس، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، سودوموناس، فسفر قابل جذب، ورمی کمپوست.

۱. مقدمه

زعفران (*Corcus sativus* L.) گیاهی از تیره زنبقیان (Iridaceae)، است، که به عنوان یک محصول استراتژیک و ارزشمندترین گیاه بومی ایران و گرانترین گیاه دارویی جهان محسوب می‌شود. قدمت کشت آن در مناطق جنوبی و مرکزی خراسان به بیش از ۷۵۰ سال می‌رسد [۳]. با وجود این که ایران با تولید سالانه ۲۰۰ تن زعفران خشک از سطح بیش از ۶۰ هزار هکتار اراضی زراعی، عمده‌ترین تولیدکننده این محصول در دنیا محسوب می‌شود؛ ولی حداکثر مقادیر عملکرد زعفران در ایران حدود ۷/۵ و به طور متوسط ۳/۹۶ کیلوگرم در هکتار بوده که در مقایسه با کشورهایی مانند اسپانیا با ۱۵ و پاکستان با ۹ کیلوگرم تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد [۶]. از این رو ضرورت دارد تا راهکارهایی در جهت بهبود عملکرد زعفران در ایران ارائه گردد. یکی از عوامل مهم در این زمینه، بهبود حاصلخیزی خاک و مدیریت تغذیه‌ای گیاه از طریق کاربرد کودهای آلی و معدنی می‌باشد. در این رابطه کاربرد توام کودهای معدنی و آلی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست، و بهبود شرایط خاک کمک خواهد نمود.

کودهای آلی حتی در مقادیر جزئی می‌توانند اثرات مثبتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک اعمال کنند. به ویژه این که مقدار ماده آلی در بیش تر از ۶۰ درصد از خاک‌های زیر کشت ایران کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آن‌ها کم تر از نیم درصد است. در اکثر مناطق مورد کشت زعفران (مناطق خشک و نیمه خشک) نیز این مسئله صدق می‌کند. لذا کاربرد کودهای آلی و مدیریت تغذیه تلفیقی در زراعت زعفران به منظور افزایش عملکرد و بهبود خواص خاک بسیار حائز اهمیت است [۲۲].

ورمی کمپوست و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه جزء مهم‌ترین کودهای آلی می‌باشند. ورمی کمپوست فضولات کرم به همراه درصدی از مواد آلی و غذایی بستر به همراه آنزیم و ویتامین و لاشه کرم‌ها است. ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR^۱ به گروه وسیعی از باکتری‌های مفید خاکزی اطلاق می‌شوند که وقتی در کنار گیاه به عنوان میزبان رشد می‌کنند، رشد گیاه را تحریک نمایند. آزمایش‌های مختلف نشان داده که در حال حاضر از بین کودهای آلی ورمی کمپوست و کودهای زیستی به دلیل خواص و مزیت‌های مطلوب فراوان در مدیریت‌های کوددهی تلفیقی بسیار موفق ظاهر شده‌اند [۱۹]. در آزمایشی روی زعفران کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش گلدهی شد [۵]. پژوهش‌های زیادی انجام شده که اثرات مثبت تلفیق ورمی کمپوست با کودهای شیمیایی را گزارش کرده‌اند که از میان آن‌ها می‌توان به مطالعات اثر تلفیقی ورمی کمپوست و کود شیمیایی روی زعفران [۱۰ و ۱۶] اشاره کرد. اکثر مطالعات به بهبود ویژگی‌های خاک در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست در خاک اشاره دارد. برای مثال آزمایش‌ها نشان می‌دهند که کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش عناصر کم مصرف و پرمصرف، کربن آلی، زیست توده میکروبی و فعالیت آنزیمی، تخلخل و ظرفیت نگهداری آب، تولید هورمون‌های رشد گیاهی و تولید اسیدهای آلی در خاک می‌شود [۹ و ۲۰]. مطالعات زیادی اثرات مثبت کود زیستی را بر رشد گیاهان گزارش کرده‌اند؛ پارای و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی بر روی گیاه زعفران گزارش کردند که کاربرد کود زیستی PGPR حاوی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس از طریق رشد و بزرگ‌تر کردن بنه‌ها سبب افزایش عملکرد

1. Plant growth-promoting rhizobacteria

اثر کود شیمیایی اوره و کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی و برخی از ویژگی‌های خاک در کشت زعفران (*Crocus sativus* L.)

ورمی کمپوست به مقدار ده تن در هکتار در شهریور قبل از گلدهی، با خاک مخلوط شد. کود اوره در مقادیر مشخص، به صورت تقسیط شده قبل از گلدهی در مهرماه و بعد از گلدهی به کرت‌ها افزوده شد. کود زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد به همراه آب مقطر با تراکم جمعیت ۱۰۸ گرم بر لیتر قبل از گلدهی در شهریورماه به کرت‌های مربوطه اضافه شد [۵]. آبیاری به صورت کرتی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در چندین نوبت به روش وجین دستی انجام گرفت. سله‌شکنی به صورت خراش‌دهی سطحی قبل از گلدهی به منظور خروج بهتر گل‌ها انجام شد. تیمارها به مدت شش سال روی کرت‌ها اعمال شدند. در سال ششم، جهت بررسی عملکرد زعفران در زمان گلدهی از نیمه آبان تا نیمه آذر، با حذف اثر حاشیه، تمامی گل‌ها از چهار ردیف میانی برداشت شد. شاخص‌هایی نظیر؛ عملکرد تازه گل، تعداد گل در واحد سطح و عملکرد خشک کلاله به عنوان عملکرد کمی و درصد سافرانال، پیکروکروسین و کروسین کلاله طبق استاندارد ملی ایران [۱۷]. به عنوان عملکرد کیفی زعفران اندازه‌گیری شدند. قبل از خشک شدن برگ‌ها در بهار، نمونه‌برداری از زمین به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد. از هر کرت ۵ نمونه تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری زمین به وسیله اوگر برداشته و یک نمونه مرکب از آن‌ها تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله؛ ظرفیت زراعی (FC)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی خاک، به روش والکی و بلاک، مواد آلی خاک، نسبت C/N، درصد نیتروژن کل به روش کج‌لدال و فسفر قابل جذب به روش اولسن اندازه‌گیری شدند [۲، ۱۱، ۲۱، ۲۲]. تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش آزمون دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.0 انجام گرفت و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

زعفران شد [۱۹]. امینی و همکاران (۲۰۱۴) در آزمایشی گزارش کردند که کاربرد کود زیستی فسفره حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر حاوی سودوموناس و باسیلوس سبب افزایش معنی‌دار عملکرد زعفران شد [۱۰]. با توجه به اهمیت تولید گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این تحقیق در راستای کشاورزی پایدار با هدف حصول عملکرد کمی و کیفی مطلوب انجام شده است، که طی آن تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی و ویژگی‌های خاک در کشت زعفران ارزیابی شده است.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی زعفران دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۶۲ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۵-۹۴ به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در کرت‌هایی به ابعاد ۲ در ۵ متر به اجرا درآمد. عامل اول مشتمل بر مقادیر مختلف کود شیمیایی نیتروژن (اوره) در سه سطح؛ صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مقدار توصیه کودی بر اساس آزمون خاک و میزان نیاز گیاه و عامل دوم شامل؛ کودهای آلی و زیستی مختلف در چهار سطح بدون کود، ورمی کمپوست (تهیه شده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب)، کود زیستی PGPR حاوی باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس (تهیه شده از سویه‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب)، ترکیب کود زیستی با ورمی کمپوست بود. تراکم کاشت زعفران ۸۰ بوته در متر مربع بود. بنابر یافته‌های پژوهشگران برای کاشت از بنه‌های ۸ تا ۱۰ گرمی استفاده شد. کود

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک قبل از کشت

واکنش	هدایت	درصد	مواد	ظرفیت	کربن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	روی	منگنز	آهن
گل	الکتریکی	اشباع	خشتی شونده	زراعی	آلی	کل	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
اشباع	(dS.m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
۷/۵	۶/۸۵	۴۰	۱۹/۳	۲۵/۴	۰/۷۳	۰/۰۷	۲۵	۵۰۷	۱/۳۸	۰/۹۸	۱۵/۹۲	۴/۵۲

جدول ۲. نتایج حاصل از آزمون تجزیه کود ورمی کمپوست

واکنش	هدایت	کربن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	روی	منگنز	آهن	کلسیم	منیزیم
گل	الکتریکی	آلی	کل	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(meq/l)	(meq/l)
اشباع	(dS.m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
۸/۵	۶/۲۱	۱۷/۵	۲/۲۴	۱۰۲۰	۹۳۴۰	۶/۱۲۴	۳۷/۸۵	۳۰/۵	۷۵	۵/۲	۱۱/۸

۳. نتایج و بحث

۱.۳. عملکرد کمی و کیفی گل و کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده و متقابل تیمارهای کودی بر تعداد گل، عملکرد تر گل و عملکرد خشک کلاله در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین عملکرد کمی در تیمار تلفیق ورمی کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد؛ گرچه بین این تیمار با تیمار کود زیستی PGPR، اختلاف معنی داری مشاهده نشد. کمترین عملکرد کمی نیز در تیمار ترکیبی کود زیستی با کود شیمیایی مشاهده شد با افزایش کود شیمیایی در تعداد و عملکرد تر گل افزایش معنی داری نسبت به شاهد مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش کود شیمیایی تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد خشک کلاله افزایش معنی داری یافت، ولی با افزایش میزان کود تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی داری نسبت به شاهد مشاهده نشد (شکل ۱). تحقیقات نشان داده که اثرات مطلوب کود ورمی کمپوست به دلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و

ویژگی‌های میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت، تنظیم pH افزایش معنی دار ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت و همچنین بر خورداری این کودها از عناصر غذایی می‌باشد [۹ و ۲۰]. آزمایش‌ها ثابت کرده است که ترکیب ورمی کمپوست با کود شیمیایی می‌تواند رشد گیاه، و عملکرد محصول را بهتر از ورمی کمپوست تنها افزایش دهد، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد [۳]. دلایل افزایش عملکرد در کود زیستی فسفات‌ها را می‌توان این‌گونه توضیح داد که با توجه به این که تولید اندام‌های هوایی و زایشی تحت تأثیر فعالیت‌های مربوط به جذب ریشه، میزان انتقال آب و مواد غذایی و فتوسنتز قرار دارد، لذا کود زیستی توسط آزادسازی و جذب بیشتر فسفر و سایر عناصر غذایی موجب افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه بهبود عملکرد گردیده است. مارولاندا و همکاران (۲۰۰۹) نیز با مطالعه اثر PGPR حاوی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس بر گیاه شبدر سفید (*Trifolium repens L.*) تحت تنش خشکی نشان دادند که جذب مواد مغذی در ناحیه ریزوسفر افزایش یافت، که در نتیجه آن زیست‌توده ریشه و ساقه نیز افزایش یافت [۱۸].

اثر کود شیمیایی اوره و کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی و برخی از ویژگی‌های خاک در کشت زعفران (*Crocus sativus* L.)

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر کود شیمیایی (اوره) و کود غیر شیمیایی (آلی و زیستی) بر عملکرد کمی و کیفی و ویژگی‌های خاک در کشت زعفران

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد گل	عملکرد تر گل	عملکرد خشک کلاله	پیکروکروسین	سافرانال	کروسین
تکرار	۲	۴۱۰۰۰/۵۴۶*	۵/۰۸۳ ^{ns}	۰/۰۰۲۷ ^{ns}	۱۰۲/۴۶ ^{ns}	۱۲۷/۴۷۵ ^{ns}	۱۶۸/۸۲۱ ^{ns}
کود شیمیایی اوره	۲	۱۰۰۰۰/۲۴۴**	۲۱/۴۵۸**	۰/۰۹۱۱**	۱۰۹۹/۵۹*	۷۴۹/۷۲۶**	۶۱۴/۱۲۱**
کود آلی	۳	۶۲۰۰۰/۳۰۸**	۳۱/۳۶۵**	۰/۰۵۷**	۱۹۵/۰۹ ^{ns}	۱۶۳/۶ ^{ns}	۳۴/۳۹ ^{ns}
کود شیمیایی اوره × کود آلی	۶	۱۷۸۰۰۰/۴۸۹**	۱۳/۰۳۷**	۰/۰۵۶**	۵۰۶/۸۶ ^{ns}	۲۹۸/۶۱*	۲۵۷/۷۱*
خطا	۲۲	۹۰۰۰/۸۷۶	۱/۶۹۷	۰/۰۰۲۵	۲۴۰/۶۳۳	۹۷/۹۸	۹۰/۰۲
ضریب تغییرات		۸/۹۸۸	۱۰/۹۰۱	۶/۶۲۲	۲۲/۷۴	۲۸/۲۹۱	۱۲/۴۷

†-ns, * ** به ترتیب؛ غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر کود شیمیایی (اوره) و کود غیر شیمیایی (آلی و زیستی) بر عملکرد کمی و کیفی و ویژگی‌های خاک در کشت زعفران

منابع تغییرات	درجه آزادی	ظرفیت زراعی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	مقدار ماده آلی	کربن آلی	نیترژن کل	نسبت کربن به نیترژن	فسفر قابل جذب
تکرار	۲	۲/۳۱۲ ^{ns}	۰/۰۱۹۷*	۰/۰۴۲*	۰/۰۹۰۹ ^{ns}	۳۰۶/۱۲۷ ^{ns}	۲/۲۷۴ ^{ns}	۱/۶۷ ^{ns}	۲۱۰/۵۸ ^{ns}
کود شیمیایی اوره	۲	۰/۲۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۲۳ ^{ns}	۰/۱۷۹**	۱/۲۰۹**	۴۰۷۱/۰۷۷**	۳۰/۲۴۹**	۲/۴۴ ^{ns}	۱۱۷۶/۷۵**
کود آلی	۳	۹/۲۴۷**	۰/۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۴۴۱**	۰/۴۴۵**	۱۴۹۹/۳۳۸**	۱۱/۱۴**	۱/۳۹ ^{ns}	۱۶۵۸/۹۱**
کود شیمیایی اوره × کود آلی	۶	۳/۹۲**	۰/۰۰۵۷ ^{ns}	۰/۰۹۹**	۰/۲۱**	۷۰۹/۸۴۴**	۵/۲۷۴**	۰/۶۸ ^{ns}	۱۳۷۲/۴۱**
خطا	۲۲	۰/۸۱۱	۰/۰۰۴۶	۰/۰۱۰	۰/۰۲۹	۱۳۴۷/۰۳۷	۰/۷۴۲	۰/۹۱	۱۱۶/۷۶
ضریب تغییرات		۴/۸۸	۲۹/۳۸	۱/۳۰۸	۱۷/۲۸۷	۱۷/۲۸۷	۱۶/۶۲۱	۸/۷۹	۱۳/۶۳

†-ns, * ** به ترتیب؛ غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

۲.۳. عملکرد کیفی زعفران (درصد پیکروکروسین، سافرانال و کروسین)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود شیمیایی بر درصد رنگیزه پیکرو کروسین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کود شیمیایی و کود غیر شیمیایی در سطح احتمال پنج درصد بر درصد سافرانال (عامل عطر زعفران) و کروسین (عامل رنگ زعفران) معنی‌دار شدند، ولی اثر کود غیر شیمیایی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین عملکرد کیفی زعفران در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به همراه سایر کودهای

آلی مشاهده شد. در تمامی تیمارهای کود آلی، با افزایش کود شیمیایی تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار در درصد پیکروکروسین، سافرانال و کروسین نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش میزان کود شیمیایی سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باز هم تفاوت معنی‌داری در درصد کروسین مشاهده نشد، ولی در درصد پیکروکروسین و سافرانال افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد به‌ویژه در تیمار تلفیقی کود زیستی و ورمی کمپوست مشاهده شد (جدول ۴). دلایل افزایش عملکرد در تیمارهای کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی را می‌توان این‌طور بیان کرد که در این تیمارها هزینه

فعلی و همکاران

درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) بیشترین ظرفیت زراعی خاک (افزایش معنی‌دار ۱۲/۰۱ درصدی نسبت به شاهد) در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد و کمترین ظرفیت زراعی نیز در تیمارهای کود شیمیایی ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش مقدار کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری در ظرفیت زراعی خاک مشاهده نشد (شکل ۲). مطالعات نشان داده است که ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث اصلاح کیفیت خاک به-وسیله بهبود ساختمان خاک و افزایش تخلخل، افزایش مواد مغذی در دسترس گیاه، افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین موجب افزایش تولید گیاه نسبت به کودهای شیمیایی شود. از طرفی کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی در خاک به دلیل افزایش بیشتر سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) ذرات خاک، میزان رطوبت خاک را بیشتر افزایش می‌دهد [۲۱].

بیشتری برای افزایش شاخص‌های کیفی زعفران صورت گرفته است. با توجه به این‌که این تیمارها عملکرد کمی زعفران را کمتر از تیمارهای دیگر افزایش داده‌اند، این احتمال قوی‌تر می‌شود که هزینه بیشتری از کربن‌گیری (طی فتوسنتز) صرف افزایش کیفیت شده است. احتمال دیگری که می‌توان در مورد این نتیجه داد این است که این رنگیزه‌های کاروتنوئیدی به‌عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدان عمل کرده و در شرایط نامناسب زیست محیطی افزایش یافته‌اند. نتایج آزمایش رستمی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که میزان کروسین کلاله زعفران در شرایط اعمال تنش‌های نیترات سرب و نیترات نقره افزایش یافت [۴].

۳.۳. ویژگی‌های خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر تمام ویژگی‌های مورد مطالعه خاک غیر از هدایت الکتریکی خاک و نسبت C/N در سطح احتمال یک

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر عملکرد کمی و کیفی و ویژگی‌های خاک در کشت زعفران

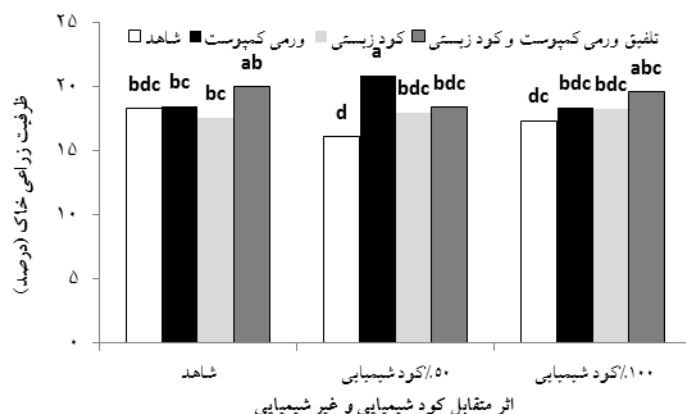
کود آلی	کود شیمیایی اوره	تعداد گل (n/ha)	عملکرد تر گل (kg/ha)	پیکروکروسین (%)	سافرانال (%)	کروسین (%)	اسیدیته	کربن آلی (%)	ماده آلی (g/kg)
C	*kg/ha	۱۲۴۰۰۰/۵۸dc	۴۸/۹ab	۵۳bc	۲۷b	۷۸/۴۳ab	۷/۳۹f	۲۸/۶d	۰/۴۹d
V		۱۴۴۰۰۰/۵۸ac	۵۶/۱۳a	۸۲/۲۷ab	۲۷/۸۶b	۷۳/۰۲ab	۷/۵۱def	۲۵/۸۱ab	۱/۴ab
B		۱۶۸۰۰۰/۸a	۵۶/۷۳a	۶۷/۴۷abc	۳۰/۲b	۷۲/۳۷ab	۷/۹۸ab	۷۵/۷۲ab	۱/۳ab
V+B		۱۵۶۰۰۰/۶۵ab	۴۸/۱۴ac	۶۵/۶۷abc	۲۹/۹b	۵۴b	۷/۶def	۵۷/۵۲bc	۰/۹۹bc
C	۵۰kg/ha	۱۳۲۰۰۰/۹۳bc	۵۲/۶۱ab	۴۷/۹۳c	۲۷/۴b	۷۴/۳۷ab	۷/۹۲abc	۸۵/۸a	۱/۴۷a
V		۱۷۶۰۰۰/۲۶a	۵۶/۲۴a	۷۳/۶۷abc	۳۸ab	۷۶/۴۳ab	۷/۴۱f	۹۰/۳۵a	۱/۵۵a
B		۸۸۰۰۰/۴۱e	۲۸/۰۱e	۵۹/۱abc	۳۱/۶b	۷۳/۶۳ab	۸/۱۲ab	۶۵/۶۵abc	۱/۱۳abc
V+B		۱۶۰۰۰۰/۷ab	۴۰/۷۳bd	۵۶/۲bc	۳۲/۴b	۷۵/۷۳ab	۷/۴۸ef	۵۶/۵۵bc	۰/۹۷bc
C	۱۰۰kg/ha	۱۴۴۰۰۰/۴۶ac	۵۲/۶۹ab	۸۷/۱a	۵۶/۷a	۸۱a	۷/۷bcd	۳۱/۲d	۰/۵۳d
V		۱۳۶۰۰۰/۵۵bc	۴۸/۶۶ab	۶۴/۱abc	۳۱/۷b	۸۲/۹a	۷/۹abc	۴۹/۴cd	۰/۸۵cd
B		۱۲۴۰۰۰/۴۵dc	۳۲/۱۹de	۷۲/۶abc	۲۹/۷b	۷۵/۶ab	۸/۱a	۴۷/۴۵cd	۰/۸۱cd
V+B		۱۰۰۰۰۰/۱۶de	۳۶/۳cde	۸۹/۳a	۵۷/۴a	۹۵/۱۳a	۷/۷۲cde	۲۴/۳۷d	۰/۴۲d

C، V، B، V+B به ترتیب شاهد، ورمی‌کمپوست، کود زیستی (بیولوژیک) و تلفیق ورمی‌کمپوست و کود زیستی. در هر ستون وجود حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای کودی می‌باشد.

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷

اثر کود شیمیایی اوره و کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی و برخی از ویژگی‌های خاک در کشت زعفران (*Crocus sativus* L.)



شکل ۲. اثر متقابل کود شیمیایی (اوره) و کود غیر شیمیایی (آلی و زیستی) بر ظرفیت زراعی خاک

اسیدی (دهنده پروتون به محیط خاک) نظیر اسیدهای هیومیک در کود ورمی کمپوست می‌تواند دلیل دیگر کاهش اسیدیته در این تیمار نسبت به کودهای زیستی و شیمیایی باشد.

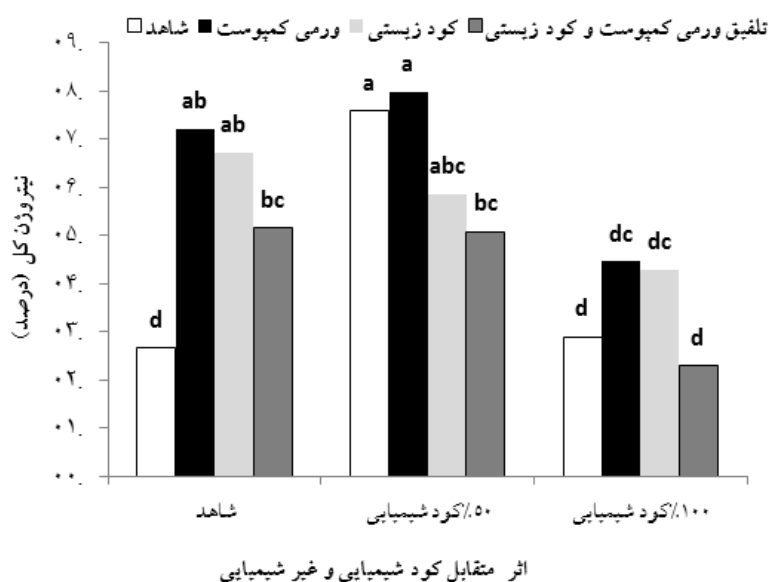
بیشترین درصد کربن و ماده آلی خاک به ترتیب در تیمار تلفیق ورمی کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد. کمترین درصد کربن و ماده آلی خاک نیز به ترتیب در تیمار تلفیقی ورمی کمپوست و کود زیستی با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی، تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد (جدول ۴). نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش کود شیمیایی تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار مقدار ماده آلی خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی با افزایش کود شیمیایی تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مقدار ماده آلی خاک تغییر معنی‌داری نکرد. در واقع تیمار تلفیق ورمی کمپوست با نیمی از کود شیمیایی هم منبع غنی از مواد غذایی می‌باشد و هم منبع متنوعی از جمعیت میکروبی که همگی منبع کربن آلی می‌باشند. احمدی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز در تحقیقی روی گیاهان نعنای (*Mentha aquatica* L.) و گل‌گاوزبان ایرانی (*Ehium*)

بیشترین اسیدیته خاک در تیمار تلفیقی کود زیستی با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد، اگرچه بین این تیمار و تیمار ترکیبی کود زیستی با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کمترین اسیدیته نیز به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار ترکیبی ورمی کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش کود شیمیایی اوره اسیدیته خاک نیز افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۴). دلیل افزایش اسیدیته در تیمار تلفیقی کود زیستی با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی را می‌توان دو عامل مهم بیان کرد؛ (۱) افزایش جذب آنیون‌های فسفر (ناشی از کود زیستی) و نیترات (ناشی از کود نیتروژنه) و دفع یون هیدروکسیل توسط ریشه به محیط خاک و قلیایی شدن محیط خاک و (۲) افزایش انحلال کاتیون‌های بازی به‌ویژه پتاسیم در اثر اسیدهای ناشی از کود زیستی [۱۵ و ۱۲]. در مقابل ورمی کمپوست با افزایش جذب (افزایش جذب ناشی از وجود سیدروفورهای کلاته‌کننده فلزات هست) عناصر میکرو نظیر کاتیون‌های آهن، روی، منگنز و دفع پروتون (H^+) به محیط خاک شرایط را برای کاهش pH فراهم می‌کند. از طرفی وجود ترکیبات دارای گروه‌های عاملی

آزمایش نشان داد که با افزایش کود شیمیایی تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار، درصد نیتروژن خاک افزایش یافت، ولی افزایش کود شیمیایی تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با کاهش درصد نیتروژن خاک همراه بود (شکل ۳). مواد آلی مبین ذخیره نیتروژن خاک است پس هر تیمار کودی که درصد ماده آلی بیشتری داشته باشد، ذخیره نیتروژن بیشتری را در خاک ایجاد می‌کند. همچنین، هر تیماری که عملکرد بیشتری ایجاد کند حجم ریشه، ترشحات ریشه‌ای و بقایای بیشتری را در خاک ایجاد کرده که خود این مواد که به فیتوسیدروفور^۱ معروفند، منبع مواد آلی و نیتروژن می‌باشند. از طرفی افزایش ماده آلی خاک خود باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی کلونیدهای خاک و کاهش آبشویی نیتروژن می‌شود. به علاوه رهاسازی تدریجی مواد و عناصر موجود در کود آلی باعث کاهش آبشویی و تلفات عناصر غذایی از جمله نیتروژن در خاک می‌شود [۸ و ۲۵].

amoenum) بیشترین درصد کربن آلی را در تیمارهای ورمی‌کمپوست و تلفیق ورمی‌کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی و کمترین مقدار ماده آلی را در تیمارهای شاهد و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی گزارش کردند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد [۲]. همچنین، ملکی فراهانی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی روی اثر کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی در کشت گیاه جو *Hordeum vulgare* گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست و کاربرد تلفیقی آن با کود شیمیایی باعث بیشترین افزایش در کربن آلی خاک شد [۷].

بیشترین درصد نیتروژن خاک در تیمار ترکیب ورمی‌کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد، که نسبت به شاهد افزایش ۶۶/۶۴ درصدی داشت. البته بین این تیمار و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج این

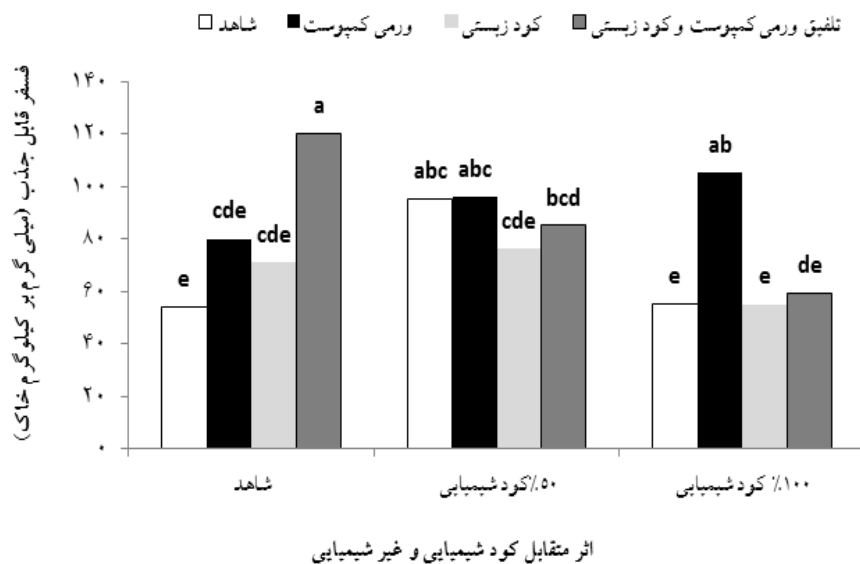


شکل ۳. اثر متقابل کود شیمیایی (اوره) و کود غیر شیمیایی (آلی و زیستی) بر نیتروژن کل خاک

اثر کود شیمیایی اوره و کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی و برخی از ویژگی‌های خاک در کشت زعفران (*Crocus sativus* L.)

ولی با افزایش مقدار کود شیمیایی تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مقدار فسفر خاک کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای تلفیقی و تنهای ورمی‌کمپوست از تیمارهای تلفیقی و تنهای کود زیستی در افزایش فسفر قابل جذب خاک موفق‌تر بود. دلایل این مسئله را می‌توان به ویژگی‌های برتر کود ورمی‌کمپوست نسبت به کود زیستی از جمله بالاتر بودن درصد عناصر غذایی و رهاسازی تدریجی عناصر در خاک نسبت داد [۱۴ و ۱۳].

بیشترین فسفر قابل جذب خاک در تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود زیستی مشاهده شد. کمترین فسفر قابل جذب خاک نیز به ترتیب در تیمارهای شاهد، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی و تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود زیستی با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی مشاهده شد (شکل ۴). نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش کود شیمیایی تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار مقدار فسفر قابل جذب خاک افزایش یافت،



شکل ۴. اثر متقابل کود شیمیایی (اوره) و کود غیر شیمیایی (آلی و زیستی) بر فسفر قابل جذب خاک

با کود زیستی و مقدار کامل کود شیمیایی با ورمی‌کمپوست، نه تنها اثر مثبتی بر ویژگی‌های گیاه و خاک نداشت، بلکه اکثر صفات مورد مطالعه تحت تأثیر منفی آن قرار گرفتند. چنین به نظر می‌رسد که کود شیمیایی اوره (با توجه به تصعیدپذیری بالا و تولید گاز سمی آمونیاک و آبشویی زیاد) شرایط مناسبی را برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و فعالیت میکروبی خاک فراهم نمی‌کند. تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود زیستی و تیمارهای تلفیقی آن با کود شیمیایی در برخی از صفات موفق ظاهر شده و جزء تیمارهای برتر بوده‌اند،

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار کودی تلفیقی ورمی‌کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره باعث افزایش صفات مربوط به عملکرد و ویژگی‌های خاک شد و در همه صفات مورد مطالعه جزء تیمارهای برتر بود. در واقع تلفیق کود آلی ورمی‌کمپوست و نصف مقدار توصیه‌شده کود شیمیایی سبب افزایش جذب عناصر (به‌ویژه افزایش درصد نیتروژن و فسفر قابل جذب خاک که دو عنصر کلیدی در افزایش گلدهی محسوب می‌شوند) شد. تلفیق کود شیمیایی

- میوه. هشتمین کنگره علوم باغبانی ایران.
۴. رستمی م و محمدی ه (۱۳۹۲) بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بنه بر رشد و عملکرد زعفران (*Crucus sativus* L.) در شرایط اقلیمی ملایر. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۲۷-۳۸: (۱)۵.
۵. رسولی ز، ملکی فراهانی س و بشارتی ه (۱۳۹۲) واکنش برخی از منابع رویشی زعفران (*Crucus sativus* L.) به منابع کودی مختلف. مجله پژوهش‌های زعفران (علوم خاک و آب). ۲۷(۱): ۶.
۶. رضوانی مقدم پ، محمدآبادی ع، فلاحی ح و اقحوانی م (۱۳۹۳) اثر مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد گل و رشد بنه در گیاه زعفران مزروعی (*Crocus sativus* L.). علوم باغبانی. علوم و صنایع کشاورزی. ۲۸(۳): ۴۳۴-۴۲۷.
۷. ملکی فراهانی س، مظاهری د و چایی چی م (۱۳۹۲) تأثیر کاربرد توام کودهای شیمیایی و ارگانیک بر خصوصیات شیمیایی گیاه و خاک در کشت جو در شرایط کم‌آبایی. به‌زراعی کشاورزی. ۱۵(۲): ۷۴-۶۱.
8. Ahmad R, Naveed M, Aslam M, Zahir ZA, Arshad M and Jilani G (2008) Economizing the use of nitrogen fertilizer in wheat production through enriched compost. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 23 : 243-249.
9. Alidadi H, Hosseinzadeh A, Najafpoor AA, Esmaili H, Zanganeh J, Dolatabadi M and Ghasemy F (2016) Waste recycling by vermicomposting: Maturity and quality assessment via dehydrogenase enzyme activity, lignin, water soluble carbon, nitrogen, phosphorous and other indicators. *Environmental Management*. 182: 134-140.
10. Amini S, Maleki Farahani S, Sharghi Y and Zahedi H (2014) Influence of vermicompost and bacterium of *Bacillus* and *Pseudomonas* on growth, yield and morphological traits of saffron. *Applied Science and Agriculture*. 9(3): 933-941
11. Azarmi R, Torabi M and Didar R (2008) Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*. 7(14): 2397-2401.

ولی در کل در این تیمارها نسبت به شاهد اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای در بهبود عملکرد و ویژگی‌های خاک مشاهده نشد. اگرچه تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود زیستی برخی از صفات مربوط به عملکرد زعفران مثل تعداد گل را افزایش داد، اما عامل عملکرد اقتصادی در زعفران عملکرد خشک کلاله می‌باشد، که بین اثر این تیمار و تیمار شاهد بر این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد که در تیمارهای تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود زیستی، افزایش جمعیت میکروبی و افزایش رقابت بین آن‌ها و جذب حداکثری منابع و عناصر غذایی به نفع جمعیت میکروبی (نه گیاه) عامل اصلی عدم موفقیت این تیمارها باشد. به‌طورکلی بر اساس نتایج این مطالعه سیستم تلفیقی ورمی‌کمپوست با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در افزایش عملکرد گیاه و بهبود ویژگی‌های خاک موفق‌تر از سایر تیمارها بود. در واقع تلفیق کود شیمیایی اوره با سایر تیمارهای کود آلی، زیستی و تلفیق کود آلی با کود زیستی نه تنها موجب افزایش و بهبود معنی‌دار عملکرد و ویژگی‌های خاک نسبت به شاهد نشد، بلکه هزینه‌های تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز ممکن است افزایش دهد.

منابع

- اسکندری س، قربانی ر، رضوانی مقدم پ و نصیری م (۱۳۹۳) اثر کاربرد منفرد و تلفیقی کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریغال. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۶(۳): ۴۶۷-۴۷۶.
- احمدی‌آبادی ز، قاجار م و رحیمی س (۱۳۹۰) اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۵(۵۸): ۱۲۵-۱۳۷.
- بدوی ه، عالم‌زاده ن و اطمینان س (۱۳۹۲) تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده با کود شیمیایی بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی گوجه‌فرنگی قبل از تشکیل

12. Azarpour E, Moradi M and Bozorgi HR (2012) Effect of Vermicompost application and seed inoculation with biological nitrogen fertilizer under different plant densities in Soybean (*Glycin max* L. cultivar, Williams). African Journal of Agricultural Research. 7: 1534-1540.
13. Berger LR, Stamford NP, Santos CERS, Freitas ADS, Franco LO and Stamford TCM (2013) Plant and soil characteristics affected by biofertilizers from rocks and organic matter inoculated with diazotrophic bacteria and fungi that produce chitosan. Soil Science and Plant Nutrition. 13(3): 592-603.
14. Edwards CA (2004) Earthworm Ecology. Published by CRC Press. Boca Raton. Second edition. 441 pp.
15. Hu XF, Chen J and Guo JF (2006) Two phosphate and potassium solubilizing bacteria isolated from Tiannumountain, Zhejiang, China. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 22: 983-990.
16. Iqbal AM, Samad SS, Aijaz AA, Nehvi FA, Gowhar A, Niyaz AD and Aijaz AL (2012) Impact of Corm weight on Saffron yield under Temperate Conditions of Kashmir. Vegetos. 25(2): 303-305.
17. ISO/TS 3632-1/2 (2003) Technical Specification. Saffron (*Crocus sativus* L). Ed. ISO. Geneva. Switzerland.
18. Marulanda A, Barea JM and Azcon R (2009) Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. Plant Growth Regulation. 28: 115-124.
19. Parray JA, Kamili AN, Reshi ZA, Hamid R and Qadri RA (2013) Screening of beneficial properties of rhizobacteria isolated from Saffron (*Crocus sativus* L) rhizosphere. African Journal of Microbiology Research . 7(23): 2905-2910.
20. Ravindran B, Wong JWC, Selvam A and Sekaran G (2016) Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. Bioresource Technology. 217: 200-204.
21. Roy S, Arunachalam K, Dutta BK and Arunachalam A (2010) Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. Applied Soil Ecology. 45(2): 78-84.
22. Shirani H, Abolhasani M, Lakzian A and Akhgar A (2011) Decomposition rate of municipal wastes compost, vermicompost, manure and pistacho compost in different soil texture and salinity in laboratory condition. Water and Soil. 25: 84-93.
23. Singh R, Divya S, Awasthi A and Kalra A (2012) Technology for efficient and successful delivery of vermicompost colonized bioinoculants in *Pogostemon cablin* (patchouli) Benth. Microbiology and Biotechnology. 28: 323-333.
24. Song X, Liu M, Wu D, Griffiths BS, Jiao J, Li H and Hu F (2015) Interaction matters: Synergy between vermicompost and PGPR agents improves soil quality, crop quality and crop yield in the field. Applied Soil Ecology. 89: 25-34.
25. Yang L, Zhao F, Chang Q, Li T and Li F (2015) Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. Agricultural Water Management. 160: 98-105.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

The impact of chemical urea fertilizer and different organic and bio-fertilizers on both quantitative and qualitative yield and some soil properties in cultivation of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Azam Feli¹, Saeideh Maleki Farahani^{2*}, Hossein Besharati³

1. Former M.Sc. Student, Department of Crop production, and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, Shahed University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, Shahed University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

Received: December 6, 2016

Acceptance: January 29, 2017

Abstract

The present experiment attempts to evaluate the effects of organic, chemical, and biological fertilizers on plant and soil properties in saffron cultivation. It has been performed in the research farm of Shahed University during the growing seasons of 2015-2016 as a factorial with two factors, based on a randomized complete block design with three replications. The first factor has been nitrogen fertilizer (urea) at three levels (0, 50, and 100 kg per ha), and the second, different types of non-chemical fertilizers at four levels (namely, control, vermicompost, PGPR bio-fertilizer with *Pseudomonas* and *Bacillus* bacteria, and integrated application of bio-fertilizer and vermicompost). Results show that fertilizer treatments have significantly changed the qualitative and quantitative properties of plant and soil. Among the fertilizer treatments, the integrated application of vermicompost along with 50 kg/ha chemical fertilizers have had the largest significant growth yields, improving soil properties, as stigma dry yield, soil nitrogen content, soil organic matter, and available soil phosphorus have increased by 42.6%, 66.67%, 68.39%, and 43.75%, compared to the control, in this treatment. As such, it can be said that totally-integrated application of vermicompost along with half of the recommended urea fertilizer is capable of increasing the yield and improving soil properties in saffron cultivation.

Keywords: *Bacillus*, chemical fertilizer, PGPR bio-fertilizer, *Pseudomonas*, vermicompost.