نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هفتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
شماره صفحه: ۲۳۴-۲۱۷
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2019.1990.1074

مقاله پژوهشی:

اثر تلقیح با میکوریزا و سطوح ورمی‌کمپوست بر برخی عناصر برگ و خصوصیات بنه زعفران زراعی (*Crocus sativus L.*) در شرایط آب و هوایی کرمان

نجمه جامی[۱]، اصغر رحیمی[۲*]، مهدی نقی‌زاده[۳]، ابراهیم صداقتی[۴]
۱- دانشجوی دکتری مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
* نویسنده مسئول: *rahimiasg@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۱۷

چکیده

به منظور بررسی غلظت عناصر پر مصرف و کم مصرف برگ و خصوصیات بنه زعفران (*Crocus sativus L.*) تحت تاثیر سطوح مختلف میکوریزا و ورمی‌کمپوست، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی در دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح ورمی‌کمپوست شامل صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار و چهار سطح تلقیح میکوریزا صفر، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ گرم به ازای هر کپه کاشت (شامل دو بنه با وزن یکسان و متوسط) بودند. در این آزمایش صفات درصد فسفر، نیتروژن، پتاس، منگنز، آهن، مس، قطر فلس انتهایی، تعداد، قطر، طول، وزن تر و خشک بنه و درصد کلونیزاسیون ریشه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار ورمی‌کمپوست بر طول و قطر بنه، قطر فلس انتهایی و وزن تر بنه، درصد فسفر، نیتروژن و درصد کلونیزاسیون ریشه بود. همچنین اثر میکوریزا بر درصد فسفر، نیتروژن، تعداد بنه در بوته، طول بنه، قطر فلس انتهایی، قطر و وزن تر و خشک بنه و درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار شد. اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر صفت قطر بنه معنی‌دار شد. بنابراین چنین بنظر می‌رسد کاربرد میکوریزا و ورمی‌کمپوست می‌تواند موجب بهبود برخی صفات کمی و کیفی زعفران گردد.

واژه‌های کلیدی: تلقیح، درصد کلونیزاسیون، عملکرد، فسفر، کود زیستی.

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus L.*) متعلق به خانواده زنبق (*Iridaceae*)، گیاهی علفی، چندساله، کورم‌دار و بدون ساقه هوایی است. از ویژگی‌های خاص این محصول از جمله امکان بهره برداری چند سال در یک نوبت کاشت، نیاز به آب کم، آبیاری آن در زمان‌های غیربحرانی نیاز آبی سایر گیاهان و نیز بازار فروش داخلی و خارجی مناسب، آن را به عنوان انتخاب نخست کشاورزان استان خراسان رضوی مطرح نموده‌است (*Oftadeh et al., 2017*). به دلیل طبیعت اکولوژیک و فنولوژیک زعفران، در طول کاشت تا برداشت، کشاورزان کمتر با مشکل آبیاری مواجه می‌شوند (*Srivastava, 1964*)، از این‌رو، عملکرد کمی و کیفی آن تحت تأثیر شرایط خشک کردن (*Atefi et al., 2006*)، نوع کود و میزان کوددهی (*Behdani et al., 2005*) متغیر می‌باشد.

مدیریت درست کوددهی یکی از ابزارهای ضروری جهت برخورداری از یک نظام آگرواکولوژیکی پایدار است. با توجه به اینکه کشت زعفران به عنوان مهم‌ترین گیاه دارویی و ادویه‌ای در ایران (*Javadzadeh, 2011*)، عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور صورت می‌گیرد (*Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009*) و نیز با در نظر گرفتن کمبود مواد آلی خاک در این مناطق (*Shirani et al., 2011*)، لذا مصرف کودهای آلی و نیز مدیریت تلفیقی این کودها می بایست در تولید این گیاه به طور ویژه‌ای مورد توجه قرار گیرد. ورمی‌کمپوست از جمله مناسب‌ترین منابع غیرشیمیایی تغذیه گیاهی محسوب شده و باعث افزایش عملکرد مزارع زعفران ایران می‌شود (*Mohammad-Zadeh & Paseban, 2007*). مصرف ۱۰ تن در هکتار کود ورمی-کمپوست میزان کروسین و پیکروکروسین کلاله زعفران را افزایش می‌دهد (*Amini et al., 2014*). کاربرد مکمل کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد زعفران شده است (*Yasmin & Nehvi, 2013*).

ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار عملکرد خشک کلاله، تعداد، طول و وزن تر برگ، کلروفیل *a*، *b*، کل و سبزینگی در زعفران می شود. بطوری‌که بیشترین میزان کروفیل *a*، کل و سبزینگی از کاربرد ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار و کمترین آنها در شاهد مشاهده شده است (*Oftadeh et al., 2017*). افزایش مصرف ورمی‌کمپوست از ۱۰ به ۲۰ تن در هکتار، موجب فراهمی بیشتر عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و در نتیجه افزایش عملکرد بنه‌های دختری بیشتر از هشت گرم و عملکرد کل بنه‌های دختری زعفران شده است (*Madahi, 2015*).

استفاده از کودهای آلی به عنوان یک عامل تغذیه‌ای مناسب، نقش مفیدی بر بهبود خصوصیات رویشی زعفران داشته باشد که احتمالاً به دلیل بهبود تخصیص این مواد به اندام‌های مختلف و بالطبع افزایش تعداد، وزن کل و قطر بنه می باشد که سایر محققان نیز بهبود رشد زعفران را در شرایط استفاده از نهاده‌های آلی گزارش نموده اند (*Nehvi et al., 2010*). سرعت کند آزاد شدن عناصر غذایی از ورمی-کمپوست، مطابق با رشد چندساله زعفران است. ورمی-کمپوست حاوی مواد بیولوژیک فعال بوده که مانند تنظیم-کننده‌های رشد عمل می‌کنند (*Krishnamoorthy & Ajranabhiah, 1986*).

علاوه بر کودهای آلی، کودهای زیستی نیز می توانند برای اهداف کشاورزی پایدار مناسب باشند. در مطالعات بسیار زیادی به نقش قارچ‌های میکوریزایی در افزایش توانایی گیاهان در جذب بهتر عناصر معدنی و آب اشاره شده است (*Kappor et al., 2007*). قارچ های میکوریزایی که جزء اصلی بیشتر اکوسیستم‌ها هستند، اثر مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست خود دارند (*Harrier & Watson, 2004*). افزایش فتوسنتز گیاه توسط قارچ‌های میکوریزا توسط دیگر محققان نیز به اثبات رسیده است (*Azcon-Aguilar & Barea, 2002*). شواهد زیادی وجود دارد که گیاهان سرعت فتوسنتز خود را افزایش می‌دهند تا نیازهای همزیست خود را تأمین نمایند که از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت دی‌اکسید کربن به ازای واحد وزن برگ انجام می‌شود. گیاهان میکوریزایی دوره های خشکی بهتر از گیاهان غیرمیکوریزایی دی‌اکسید کربن را جذب می‌کنند. بررسی‌های زیادی در زمینه اثر همزیستی بر جنبه‌های فیزیولوژیک گیاهان انجام شده و نتایج نشان داده است که قارچ‌های میکوریزایی جذب عناصر منگنز، کلسیم، آهن، گوگرد، پتاسیم و نیتروژن را افزایش می‌دهند (*Jeffries, 2001*). اهمیت این همزیستی در مورد جذب فسفر و عناصر با تحرک اندک در خاک در شرایط تنش آبی مشهودتر است (*Li-Lin & Marschner, 1991*). کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش تعداد و عملکرد گل گیاه زعفران می‌شود (*Golzari, 2016*). رضوانی‌مقدم و همکاران (*Rezvani Moghaddam et al., 2013*) در مطالعه اثر

کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران، بیشترین افزایش در تعداد گل زعفران را در تیمارهای ۶۰ تن در هکتار کود دامی و قارچ میکوریزا و کود شیمیایی به ترتیب تا ۷۰ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد مشاهده کردند. تلقیح قارچ میکوریزا روی زعفران موجب افزایش ارتفاع، وزن تر ریشه و اندام هوایی در گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد گردید *(Zand et al., 2014)*. در بین عناصر غذایی بیشترین نقش مایکوریزا در جذب فسفر است. همچنین مشخص شد که استفاده از کودهای زیستی تا ۲۵ درصد به افزایش تعداد گل و عملکرد کلاله نسبت به شاهد کمک می‌کند (*Koocheki et al., 2011*).

کاربرد کودهای آلی در بسیاری از موارد باعث افزایش عملکرد زعفران شده است که با افزایش تعداد گل، ارتفاع بوته و تعداد برگ همبستگی داشته است (*Aytekin & Acikgoz, 2008*). کود زیستی از طریق ترشح مواد حل-کننده باکتری‌ها و کاهش اسیدیته خاک توانسته که عناصر مختلف غذایی بیشتری را به صورت محلول در اختیار گیاه بگذارد و باعث افزایش عملکرد شود (*Han et al., 2006*). همچنین در تحقیقی که اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر عملکرد زعفران بررسی شده بود، مشخص گردید که اثر تیمارهای کودی بر وزن تر گل معنی دار شد. گیاه میزبان می‌تواند تا ۲۵ درصد از نیاز نیتروژنه خود را از طریق رابطه همزیستی با قارچ های میکوریزا-آربوسکولار تامین نماید *(Marchner & Dell, 1994)*. با توجه به اهمیت گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، همسو با تولید محصولات سالم و در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار، تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر همزمان سطوح مختلف کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر برخی از عناصر پرمصرف و کم مصرف برگ و برخی خصوصیات بنه‌های زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی فجر دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. شهرستان کرمان بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار مبدأ، با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا قرار گرفته است. آب و هوای کرمان بر مبنای فرمول آمبرژه گرم و خشک است. خاک مزرعه دارای بافت شنی لومی و *pH* ۷/۵۷ و شوری ۰/۶۹۴ دسی‌زیمنس بر متر بود.

فاکتورهای مورد مطالعه شامل سطوح ورمی‌کمپوست (با نام تجاری آگرین از شرکت دانش سبز ماهان) صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار و میکوریزا (خاک حاوی اسپور قارچ استفاده شده شامل مخلوطی از گونه‌های *Rhizophagus iranicus, G. caledonius, intraraduces, Glomus R. irregularis* بودند که از مناطق سراسر کشور از جمله خاک‌های مزارع زعفران استان‌های کرمان و خراسان رضوی جداسازی، شناسایی و تکثیر شده بودند. میزان مورد استفاده نیز بر مبنای آزمایش‌های گلخانه‌ای و باغی در مورد میزان بهینه مصرف برخی گیاهان مانند لوبیا، پسته، ذرت و پیازچه مدنظر قرار گرفت)، صفر، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ گرم خاک حاوی اسپور قارچ به ازای هر کپه کاشت بود که دو بنه زعفران با وزن متوسط و یکسان ۷ تا ۸ گرم کاشته شد.

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک نمونه‌برداری قبل از شروع آزمایش انجام شد که نتایج در جدول ۱ جدول آمده است.

جهت اجرای آزمایش ابتدا پس از شخم، دیسک و مسطح کردن زمین، اقدام به کرت‌بندی مزرعه نموده و قبل از کاشت، کود ورمی‌کمپوست به کرت‌ها اضافه شد. ابعاد کرت‌ها ۲×۲/۵ متر (پنج متر مربع) بودند و بین کرت‌ها فاصله ۵۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها یک متر (با احتساب جوی‌های آبیاری)، در نظر گرفته شد. بنه‌های مرغوب و یکنواخت (با متوسط وزن ۸-۷ گرم)، سالم، بدون زخم و عاری از هر بیماری از اکوتیپ شهرستان کاشمر استان خراسان رضوی تهیه شد. برای اعمال تیمارها، قبل از کاشت، مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست تا عمق ۲۰ سانتی متری خاک مخلوط گردید. کود زیستی میکوریزا در تیمارهای صفر، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ گرم خاک حاوی اسپور قارچ به ازای هر کپه قرار داده شده و سپس بنه‌های زعفران در فواصل ۱۰×۱۰ سانتی‌متر روی ردیف‌های کاشت نهاده شدند (۲۰۰ بنه در متر مربع و دو بنه با وزن یکسان و متوسط در هر کپه کاشت) و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمان کاشت بنه ها اواخر شهریورماه ۱۳۹۶ بود. آبیاری اول قبل از ظهور گل‌ها انجام شد. در شهرستان کرمان با توجه به شرایط اقلیمی و تجارب کشاورزان منطقه، اولین آبیاری معمولاً در اواخر مهرماه (۲۰ مهرماه به بعد) انجام می-

شود. بعد از ۵-۳ روز از آبیاری، هنگام گاورو شدن زمین، سله-شکنی انجام شد. بعد از اتمام گلدهی که دوره آن ۲۰ روز به طول انجامید (از ۱۳۹۶/۸/۹ تا ۱۳۹۶/۸/۲۹)، آبیاری‌های بعدی بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه انجام شد. ضمناً مبارزه با علف‌های هرز به شکل وجین دستی و در طی چند مرحله رشدی صورت گرفت.

جدول ۱. نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه زعفران (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک)

Table 1. The results of analysis of physicochemical properties of soil of Saffron field

بافت *Texture*	پتاسیم قابل دسترس *Available K (ppm)*	فسفر قابل دسترس *Available P (ppm)*	نیتروژن قابل دسترس *Available N (%)*	وزن مخصوص ظاهری *GS* ($g.m^3$)	وزن مخصوص حقیقی *Specific gravity* ($g.m^3$)	شاخص واکنش *pH*	هدایت الکتریکی *EC* ($dS.m^{-1}$)
شنی- لومی *Loamy sand*	*313*	*23.5*	*0.5*	*2.89*	*2.82*	*7.57*	*0.694*

جدول ۲. نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکوشیمیایی کود ورمی‌کمپوست

Table 2. The results of analysis of physicochemical properties vermicompost

پتاسیم کل *Total K (%)*	فسفرکل *Total P_2O_5 (%)*	ازت کل *Total N(%)*	آهن کل *Total Fe (%)*	منگنز کل *Total Mn (%)*	مس کل *Total cu (%)*	روی کل *Total Zn (%)*	کربن آلی *Organic carbon (%)*	میزان‌کربن به نیتروژن *C/N (%)*	شاخص واکنش *pH*	هدایت الکتریکی *EC* ($mS.cm^{-1}$)
0.53	*1.08*	*1.15*	*0.82*	*0.032*	*0.0028*	*0.0093*	*32.85*	*28*	*7.81*	*1.63*

جهت تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه از نمونه‌های تهیه شده از ریشه (ریشه‌های مویی) که در محلول (۵۰ درصد آب مقطر و ۵۰ درصد الکل سفید) نگهداری شده بود، استفاده شد. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمن استفاده گردید. بر طبق این روش پس از شستشوی کامل ریشه ها با آب جهت رنگ‌بری، ریشه‌ها به داخل شیشه های حاوی *KOH* ده درصد منتقل و به مدت دو ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ۴-۳ بار با آب مقطر کاملاً شسته و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول *HCl* یک دهم نرمال قرار گرفتند. سپس ریشه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محلولی با فرمولاسیون ۰/۶۵ گرم پودر تریپان بلو در ۳۲۵ میلی‌لیتر اسید لاکتیک، ۳۰۰ میلی‌لیتر گلیسیرین و ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند. برای ارزیابی قطعات ریشه، هر قطعه ریشه در روی لام و در داخل محلول لاکتوفنل در زیر میکروسکوپ ارزیابی شد. میزان کلونیزاسیون با برآورد طولی از ریشه که به ساختمان های قارچی (وزیکول، آرباسکول و هیف) آلوده بودند، محاسبه و میانگین درصد کلونیزاسیون طول ریشه تعیین گردید. بعد از اندازه‌گیری در زمستان سال ۱۳۹۶و در مرحله نخست، در بهار سال ۱۳۹۷ مجدداً نمونه‌گیری از ریشه‌های بنه‌ها، صورت گرفت و درصد کلونیزاسیون ریشه‌های زعفران در مرحله دوم محاسبه گردید و درصد کلونیزاسیون میانگین محاسبه شد (*Philips & Hyman, 1970*).

در مرداد ماه سال ۱۳۹۷ نیز بعد از خشک شدن کامل برگ‌های زعفران، بنه‌ها برداشت و خصوصیات بنه‌ها شامل قطر و طول یک بنه، قطر فلس انتهایی یک بنه، تعداد بنه در هر بوته، وزن تر و خشک یک بنه (پس از گذاشتن بنه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون)، اندازه‌گیری شد.

برخی از عناصر غذایی موجود در برگ های بالغ زعفران نیز اندازه‌گیری شد. این عناصر شامل فسفر، نیتروژن، پتاسیم، آهن، مس و منگنز بودند. به منظور اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال (*Bremner & Mulvaney, 1982*) و جهت اندازه‌گیری غلظت فسفر از روش کالریمتری رنگ زرد مولیبدات-وانادات (*Page et al., 1982*) استفاده شد. در این روش ۱/۲۵ گرم آمونیوم مونووانادات در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوش و ۲۲/۵ گرم آمونیوم هپتامولیبدات در ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل و دو محلول با هم مخلوط و بعد از سرد شدن ۲۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک به آن اضافه و به حجم یک لیتر رسانده شد. سپس ۱۰ سی‌سی از عصاره گیاه (برای تهیه عصاره گیاه، ۰/۵ گرم نمونه گیاهی آسیاب شده به

مدت پنج ساعت در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و با از اضافه نمودن ۱۰ سی‌سی اسید کلریدریک دو نرمال حجم آن با آب مقطر به ۵۰ سی‌سی رسانیده شد) با ۱۰ سی‌سی محلول زرد به حجم ۵۰ سی‌سی رسانیده و بعد از ۳۰ دقیقه در طول موج ۴۷۰ نانومتر عدد مربوطه در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم بعد از تهیه عصاره گیاه از دستگاه فلیم‌فوتومتر (*JENWAY PFP7 flame photometer*) استفاده شد (*Page et al., 1982*). برای اندازه‌گیری غلظت آهن، مس و منگنز بعد از تهیه عصاره از طیف‌سنج اتمی شعله‌ای (*Shimadzu Co., Japan ;Model AA-670*) استفاده شد (*Page et al., 1982*).

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با نرم‌افزار *SAS 9.4* و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون *LSD* در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عناصر پرمصرف و کم مصرف در برگ گیاه زعفران (شامل فسفر، پتاسیم، نیتروژن، منگنز، مس و آهن)

اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر درصد فسفر برگ گیاه زعفران، معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار فسفر از تیمار ۲۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (۲۹۶/ درصد) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۲۵۵/ درصد). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۱۰ گرم میکوریزا (۰/۲۹۱ درصد) و کمترین از شاهد (۲۴۸/ درصد) به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی، ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۱۶/۰۷ درصد و ۱۰ گرم خاک حاوی اسپور قارچ میکوریزا به ازای هر کپه تا ۱۷/۴۰ درصد این صفت را در برگ زعفران افزایش داد.

اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا و اثر متقابل این دو اگر چه باعث افزایش درصد پتاسیم شد، اما این مقدار معنی‌دار نبود (جدول۲). بیشترین مقدار پتاسیم از تیمار کود ورمی‌کمپوست ۱۶ تن در هکتار به میزان (۱/۸ درصد) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۱/۵۳ درصد). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۱۵ گرم میکوریزا (۱/۶۹ درصد) و کمترین آن از شاهد (۱/۵۸ درصد) حاصل شد (جدول ۴). به طور کلی، ۱۶ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۱۷/۶۴ درصد و ۱۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه تا ۶/۹۶ درصد این صفت را در برگ زعفران افزایش داد. اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر مقدار نیتروژن برگ زعفران به ترتیب در سطح احتمال یک و ۵ در صد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار نیتروژن از تیمار ۱۶ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (۳/۸۹ درصد) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۳/۶ درصد). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۱۰ گرم میکوریزا (۳/۸۷ درصد) و کمترین آن از تیمار ۱۵ گرم میکوریزا (۳/۶۶ درصد) به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی، مصرف ۱۶ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۸/۰۵ درصد و ۱۰ گرم خاک حاوی قارچ میکوریزا تا ۴/۵۹ درصد این صفت را در برگ زعفران افزایش داد.

بیشترین مقدار منگنز از تیمار ۲۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار (۲۲/۸*ppm*) و بیشترین میزان این صفت از تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (۲۳/۹ *ppm*) و کمترین آن از تیمار ۱۶ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (۲۰/۸ *ppm*) و تیمار ۱۰ گرم میکوریزا (۲۰/۵ *ppm*) حاصل شد. (جدول ۶). به طور کلی، مصرف ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار با ۵/۵ درصد و ۷/۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه تا ۱۳/۲۷ درصد این صفت را در برگ زعفران افزایش داد. بیشترین مقدار مس برگ زعفران از تیمار هشت تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (*ppm* ۵/۷۹)، ۷/۵ و ۱۰گرم میکوریزا (۵/۵ *ppm*) و کمترین آن از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (*ppm* ۵/۰۴) و تیمار ۱۵ گرم میکوریزا (*ppm* ۵/۲) حاصل شد (جدول ۶). به طور کلی، ۱۶ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار با ۵/۲۹ درصد و ۱۰ گرم میکوریزا تا ۲/۷۴ درصد این صفت را در برگ زعفران افزایش داد. بیشترین مقدار آهن برگ زعفران، از تیمار ۱۶ کود ورمی‌کمپوست تن در هکتار (۱۴۰/۴*ppm*) و همچنین از تیمار ۱۵ گرم میکوریزا (*ppm* ۱۳۷/۸) و کمترین آن از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (*ppm* ۱۳۱/۳) و تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (*ppm* ۱۲۸/۴) حاصل شد (جدول ۶). به طور کلی، هشت تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به میزان ۱۲/۴۲ این صفت را در برگ زعفران افزایش داد.

جدول۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر ماکرو برگ زعفران تحت تاثیر سطوح ورمی‌کمپوست و میکوریزا

Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for macro-element contents of saffron leaves of affected as vermicompost levels and mycorrhiza

منابع تغییر *S.O.V*	درجه آزادی *df*	پتاس *Potassium*	نیتروژن *Nitrogen*	فسفر *Phosphorus*
بلوک *Block*	2	1.2184^{**}	0.0097^{ns}	0.00180^{ns}
ورمی‌کمپوست (*V*) *Vermicompost (V)*	3	0.1890^{ns}	0.1971^{**}	0.0038^{**}
میکوریزا (*M*) *Mycorrhiza (M)*	3	0.02966^{ns}	0.1018^{*}	0.0044^{**}
V×M	9	0.1888^{ns}	0.0477^{ns}	0.0043^{ns}
خطا *Error*	30	0.1720	0.0302	0.00071
ضریب تغییرات *CV (%)*		25.44	4.64	9.67

ns، * و **: نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک و پنج درصد است.

*ns, * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively*

جدول۴. مقایسه میانگین محتوی عناصر ماکرو برگ زعفران تحت تاثیر سطوح ورمی‌کمپوست و میکوریزا

Table 4. Mean comparisons for macro-element contents of saffron leaves affected as vermicompost levels and Mycorrhiza

تیمار *Treatment*		درصد فسفر *Phosphorus percentage*	درصد نیتروژن *Nitrogen percentage*	درصد پتاس *Potassium percentage*
ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) *Vermicompost (t.ha^{-1})*	0	0.255^{c*}	3.6^{c}	1.53^{a}
	8	0.2675^{bc}	3.693^{bc}	1.54^{a}
	16	0.28282^{ab}	3.897^{a}	1.80^{a}
	24	0.2967^{a}	3.793^{ac}	1.64^{a}
میکوریزا (گرم خاک به ازای هر کپه) *Mycorrhiza (g soil per one hole)*	0	0.2482^{b}	3.70^{b}	1.58^{a}
	7.5	0.28559^{a}	3.73^{b}	1.63^{a}
	10	0.2914^{a}	3.87^{a}	1.61^{a}
	15	0.27742^{a}	3.66^{b}	1.69^{a}

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون از نظر آزمون *LSD* در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

** Means followed by the same letter(s) in each column do not have significantly different at p<0.05 based on LSD test.*

جدول ۵. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر عناصر میکرو برگ زعفران

Table 5. Analysis of variance (mean of squares) for the Micro Elements of leaves of saffron affected as Vermicompost levels and Mycorrhiza

منابع تغییر *S.O.V*	درجه آزادی *df*	آهن *Fe*	مس *Cu*	منگنز *Mn*
بلوک *Block*	2	0.00002253^{*}	4.39^{*}	1.22^{*}
ورمی‌کمپوست (*V*) *Vermicompost (V)*	3	0.00000328^{ns}	1.96^{ns}	8.72^{ns}
میکوریزا (*M*) *Mycorrhiza (M)*	3	0.00000696^{ns}	1.05^{ns}	2.60^{ns}
V×M	9	0.00000895^{ns}	1.38^{ns}	1.29^{ns}
خطا *Error*	30	0.00000587	1.62	0.00000023
ضریب تغییرات *CV (%)*		17.12	23.77	22

ns، * و **: نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک و پنج درصد است.

*ns, * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively*

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر عناصر میکرو برگ زعفران

Table 6. Mean comparisons for micro-elements of saffron leaves affected as vermicompost levels and Mycorrhiza

تیمار *Treatment*		منگنز *Manganese* ppm	مس *Copper* ppm	آهن *Iron* ppm
ورمی‌کمپوست *Vermicompost (t.ha^{-1})*	0	21.6^{a*}	5.07^{a}	133.4^{a}
	8	22.1^{a}	5.79^{a}	132.2^{a}
	16	20.8^{a}	5.45^{a}	140.4^{a}
	24	22.8^{a}	5.04^{a}	131.1^{a}
میکوریزا *Mycorrhiza (g per one hole)*	0	21.1^{a}	5.5^{a}	134.2^{a}
	7.5	23.9^{a}	5.5^{a}	128.4^{a}
	10	20.5^{a}	5.5^{a}	136.8^{a}
	15	21.7^{a}	5.2^{a}	137.8^{a}

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون از نظر آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

** Means followed by the same letter(s) in each column do not have significantly different at p<0.05 based on LSD test.*

خصوصیات بنه زعفران

اثر میکوریزا بر تعداد بنه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). بیشترین مقدار تعداد بنه در بوته از تیمار هشت تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (۱/۷۱ بنه در بوته) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۱/۶۱ بنه در بوته). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (۲/۰۸ بنه در بوته) و کمترین آن از شاهد میکوریزا (۱/۳۵ بنه در بوته) حاصل شد (جدول ۸).

اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر طول بنه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. (جدول ۷). نتایج جدول مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد که بیشترین مقدار طول بنه از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (cm ۱/۷۵) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۱/۴۵cm). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (cm ۱/۷۶) و کمترین آن از شاهد میکوریزا (cm۱/۴۵) حاصل شد (جدول ۸). به طور کلی، مصرف ۲۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به میزان ۲۰/۶۸ درصد و ۷/۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه، طول بنه را تا ۲۱/۳۷ درصد در بنه‌های زعفران افزایش داد. اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا و همچنین اثر متقابل این دو قطر بنه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج جدول مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد که بیشترین مقدار قطر بنه از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (۲/۶۸cm) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۲cm). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (۲/۶۳ cm) و کمترین آن از شاهد (۲/۰۵cm) حاصل شد (جدول ۸). بیشترین مقدار قطر بنه از اثر متقابل تیمار هشت تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار و ۱۰ گرم میکوریزا حاصل شد (۳/۲cm). کمترین مقدار این صفت نیز از اثر متقابل شاهد ورمی‌کمپوست و شاهد میکوریزا حاصل شد (۱/۸ cm) (شکل ۱). به طور کلی، ۲۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به میزان ۳۳/۴۴ درصد و ۷/۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه قطر بنه را تا ۲۸/۲۹ درصد در بنه‌های زعفران افزایش داد. اثر کود ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر قطر فلس انتهای بنه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج جدول مقایسه میانگین های اثر اصلی نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر بنه از تیمار ۱۶ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (۱/۶۳cm) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۱/۲ cm). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (۱/۶۷cm) و کمترین آن از شاهد (۱/۲۴cm) حاصل شد (جدول ۸). شانزده تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۳۵/۸۳ درصد و ۷/۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه قطر فلس انتهای بنه را تا ۳۴/۶۷ درصد در بنه‌های زعفران افزایش داد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر میکوریزا بر وزن خشک بنه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج جدول مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک بنه از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (۵/۸۳ g/m^2) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۴/۶۵g/m^2). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۱۰ گرم میکوریزا (۶/۷۲g/m^2) و کمترین آن از شاهد

($۳/۶۰ g/m^2$) حاصل شد (جدول ۱۰). به طور کلی ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۲۵/۳۷ درصد و ۱۰ گرم میکوریزا به ازای هر کپه وزن خشک بنه را تا ۸۶/۶۶ درصد در بنه های زعفران افزایش داد. اثر کود ورمی‌کمپوست بر وزن تر بنه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر میکوریزا بر این صفت، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج جدول مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر بنه از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار ($۱۳/۵۳ g/m^2$) و کمترین آن از شاهد حاصل شد ($۱۰/۱۴ g/m^2$). همچنین بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۱۰ گرم میکوریزا ($۱۴/۵۴ g/m^2$) و کمترین آن از شاهد ($۸/۲۵ g/m^2$) حاصل شد (جدول ۱۰). به طور کلی، ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۳۳/۴۳ درصد و ۱۰ گرم میکوریزا به ازای هر کپه وزن تر بنه را تا ۷۶/۲۴ درصد در بنه‌های زعفران افزایش داد.

اثر کود ورمی‌کمپوست بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر میکوریزا بر این شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج جدول مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد که بیشترین مقدار درصد کلونیزاسیون ریشه از تیمار ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار (۵۰/۵۵ درصد) و کمترین آن از شاهد حاصل شد (۳۵/۲۶ درصد). بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۷/۵ گرم میکوریزا (۵۴/۳۱ درصد) و کمترین آن از شاهد (۲۶/۴۳ درصد) حاصل شد (جدول ۱۰). به طور کلی، ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۴۳/۳۶ درصد و ۱۰ گرم میکوریزا به ازای هر کپه تا ۸۳/۹۱ درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها را افزایش داد.

جدول۷. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر تعداد، طول و قطر بنه زعفران

Table 7. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of vermicompost levels and Mycorrhiza on number, length and diameter of corms of saffron as affected by

منابع تغییرات *S.O.V*	درجه آزادی *df*	میانگین مربعات *Means Of Squares*		
		قطر بنه *Corm diameter*	طول بنه *Corm length*	تعداد بنه در بوته *Corm number per plant*
بلوک *Block*	*2*	*0.039 ns*	*0.032 ns*	*0.37 ns*
ورمی‌کمپوست *Vermicompost (V)*	*3*	*1.10 ***	*0.21 ***	*0.065 ns*
میکوریزا *Mycorrhiza (M)*	*3*	*0.87 ***	*0.21 ***	*1.37 ***
V×M	*9*	*0.30 ***	*0.013 ns*	*0.093 ns*
خطا *Error*	*3*	*0.1118*	*0.058*	*0.26*
ضریب تغییرات *CV*	-	*13.68*	*14.75*	*30.26*

ns، * و **: نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک و پنج درصد است.

*ns, * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively*

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر تعداد، طول و قطر بنه زعفران

Table 8. Mean comparison for the number, length and diameter of corms of saffron as affected by Vermicompost levels and Mycorrhiza

تیمار *Treatment*		تعداد بنه در بوته *Corm number per plant*	طول بنه *Corm length (cm)*	قطر بنه *Corm diameter (cm)*
ورمی‌کمپوست *Vermicompost (t.ha^{-1})*	*0*	*1.61^{a}*	*1.45^{b}*	*2.0083^{a}*
	8	*1.71^{a}*	*1.62^{ab}*	*2.60^{a}*
	16	*1.66^{a}*	*1.70^{a}*	*2.47^{a}*
	24	*1.70^{a}*	*1.75^{a}*	*2.68^{a}*
میکوریزا *Mycorrhiza (g per one hole)*	*0*	*1.35^{c}*	*1.45^{b}*	*2.05^{b}*
	7.5	*2.08^{a}*	*1.76^{a}*	*2.63^{a}*
	10	*1.86^{ab}*	*1.69^{a}*	*2.60^{a}*
	15	*1.46^{bc}*	*1.63^{ab}*	*2.48^{a}*

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون از نظر آزمون *LSD* در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

** Means followed by the same letter(s) in each column do not have significantly different at p<0.05 based on LSD test.*

جدول ۹. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر قطر فلس انتهایی، وزن تر و خشک و درصد کلونیزاسیون بنه زعفران

Table 9. Analysis of variance (mean of squares) for terminal scales diameter of corm, fresh and dry weight and colonization percentage of the corms as affected by vermicompost levels and mycorrhiza

منابع تغییرات *S.O.V*	درجه آزادی *df*	درصد کلونیزاسیون *Colonization percentage*	وزن خشک بنه *Dry weight of corms*	وزن تر بنه *Fresh weight of corms*	قطر فلس انتهایی بنه *Diameter of terminal scale of corms*
بلوک *Block*	*2*	*110.84^{ns}*	*0.66^{ns}*	*4.35^{ns}*	*0.11^{ns}*
ورمی‌کمپوست *Vermicompost*	*3*	*612.0037**	*3.64^{ns}*	*28.61**	*0.45***
میکوریزا *Mycorrhiza*	*3*	*1749.73***	*21.56***	*98.06***	*0.398***
اثر متقابل *V×M*	*9*	*82.792^{ns}*	*1.54^{ns}*	*8.58^{ns}*	*0.072^{ns}*
خطا *Error*	*3*	*157.81*	*1.88*	*9.15*	*0.070*
ضریب تغییرات *CV (%)*		*29.50*	*25.10*	*24.43*	*17.80*

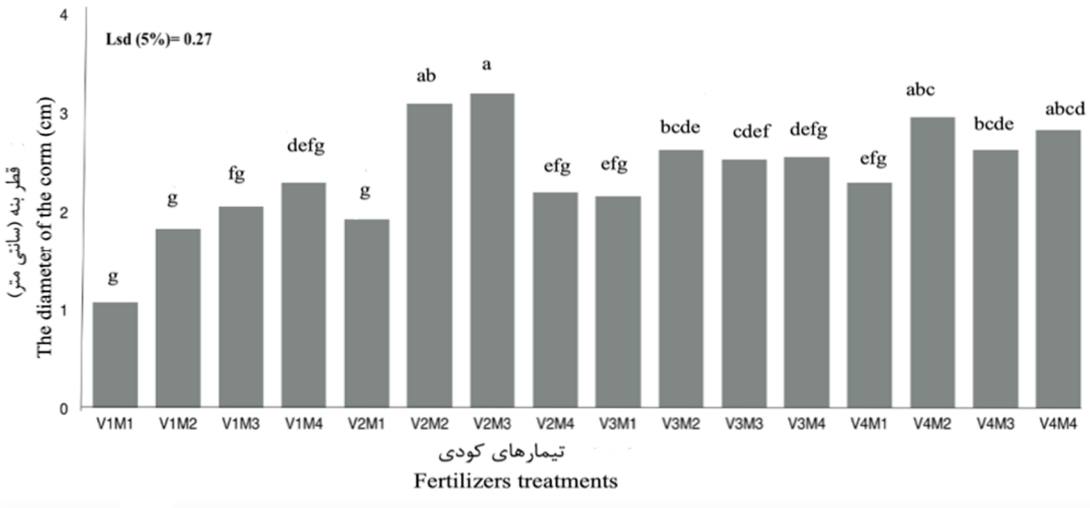
ns، * و **: نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک و پنج درصد است.

*ns, * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively*

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر قطر فلس انتهایی، وزن تر و خشک و درصد کلونیزاسیون بنه زعفران

Table 10. Mean comparison for the diameter of the terminal scales, fresh and dry weight and colonization percentage of the corms as affected by Vermicompost levels and Mycorrhiza

تیمار *Treatment*		قطر فلس انتهایی بنه *Diameter of terminal scale of corms (cm)*	وزن تر بنه *Fresh weight of corms (g/m^2)*	وزن خشک بنه *Dry weight of the corms (g/m^2)*	درصد کلونیزاسیون *Colonization percentage*
ورمی‌کمپوست *Vermicompost ($t.ha^{-1}$)*	*0*	*1.20 b**	*10.14 b*	*4.65 b*	*35.26 c*
	8	*1.52 a*	*12.58 ab*	*5.66 ab*	*38.01 bc*
	16	*1.63 b*	*13.27 a*	*5.73 ab*	*46.45 ab*
	24	*1.60 a*	*13.53 a*	*5.83 a*	*50.55 a*
میکوریزا *Mycorrhiza (g per one hole)*	*0*	*1.24 b*	*8.25 b*	*3.60 c*	*26.43 c*
	7.5	*1.67 a*	*14.01 a*	*6.04 ab*	*54.31 a*
	10	*1.55 a*	*14.54 a*	*6.72 a*	*48.61 ab*
	15	*1.50 a*	*12.73 a*	*5.51 b*	*40.92 b*



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر قطر بنه زعفران

V_1، V_2، V_3 و V_4: به ترتیب نشان‌دهنده شاهد و ۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست

M_1، M_2، M_3 و M_4: به ترتیب نشان‌دهنده شاهد و ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه

Fig. 1. Mean comparisons for the interaction between vermicompost and mycorrhiza on the trait of saffron corm diameter

V_1, V_2, V_3 and V_4: are control and 8, 16 and 24 $t.ha^{-1}$ vermicompost, respectively. M_1, M_2, M_3 and M_4: are control, 7.5, 10 and 15 g mycorrhiza as one hole, respectively.

عناصر پرمصرف و کم مصرف در برگ (فسفر، پتاسیم، نیتروژن، منگنز، مس، آهن)

کاربرد ورمی‌کمپوست نسبت به کودهای معدنی، به طور معنی‌داری محتوای نیتروژن و فسفر بنه های دختری را افزایش داد (*Seyyedi et al., 2018*). کود ورمی‌کمپوست به عنوان یکی از کودهای آلی با کیفیت دارای سطح متعادلی از عناصر غذایی شامل نیتروژن می‌باشد (*Seyyedi et al., 2015*). کودهای زیستی احتمالاً به سبب ایجاد اثر هم‌افزایی با سایر میکروارگانیسم‌ها ممکن است بر عملکرد کیفی زعفران تأثیر مثبت گذاشته باشند (*Heydari et al., 2014*). در واقع، ریشه‌های میکوریزایی نسبت به ریشه‌های غیر میکوریزایی گیاه زعفران قادرند فسفر بیشتری جذب کنند (*Zand et al., 2014*). افزایش عملکرد گیاه زراعی در نتیجه مصرف کود ورمی‌کمپوست عموماً ناشی از تامین عناصر غذایی به ویژه نیتروژن جهت تحریک رشد گیاه است (*Rezvani-Moghaddam et al., 2014*).

کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2014*) گزارش نمودند که کاربرد کودهای آلی نقش موثری در جذب فسفر در گیاه زعفران در واحد سطح ایفا می‌کنند. رسولی و همکاران (*Rasouli et al., 2013*)، اظهار داشتند که کاربرد کود ورمی‌کمپوست ضمن افزایش میزان کلروفیل برگ، منجر به بهبود معنی دار غلظت فسفر در برگ زعفران شد. همچنین کاربرد کود ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی بیشترین تأثیر را بر عناصر شیمیایی برگ دارد. به طوری‌که غلظت آهن، منگز و روی برگ با کاربرد کود ورمی‌کمپوست افزایش یافت. تیموری و همکاران (*Teimori et al., 2013*) مشاهده نمودند که کود ورمی‌کمپوست نقش موثری در افزایش معنی دار غلظت فسفر بنه‌های دختری زعفران در هر سه اندازه مورد مطالعه (از ۰/۱ تا ۴، از ۴/۱ تا ۸ و بیش از ۸ گرم) داشتند. به نظر می‌رسد که گیاه زعفران از واکنش پذیری نسبتا بالایی در افزایش حلالیت و فراهمی فسفر (ناشی از کاربرد کودهای آلی) برخوردار باشد.

در مطالعه‌ای، موفق‌ترین کود برای افزایش رشد رویشی و زایشی و تحرک چرخه‌های فیزیولوژیک زعفران، کاربرد هم زمان ۵۰٪ کود شیمیایی، باکتری های محرک رشد و ورمی کمپوست به دست آمد. تنها مشکل این ترکیب کودی، تاثیر متوسط آن بر صفات کیفی برگ و گل بود که به نظر می‌رسد با تعداد و وزن بالای اندام ها جبران گردد. همچنین تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست کارآمد ترین تیمار در افزایش خصوصیات کیفی برگ زعفران بود (*Rasouli et al., 2013*). مزیت کاربرد ورمی-کمپوست در مقایسه با سایر کمپوست های آلی به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی (شامل: نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، مس و منگنز) و همچنین کیفیت بالاتر مواد هیومیکی در ورمی‌کمپوست می‌باشد (*Alikhani et al., 2011*). به عنوان نمونه درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ورمی‌کمپوست به ترتیب ۱/۹۴، ۰/۷۷ و ۰/۹۵ درصد تعیین شده است (*Gholami-Neghad et al., 2011*). افزایش عملکرد گیاه زراعی در اثر مصرف کود ورمی‌کمپوست در اثر افزایش سطح ماده آلی و بهبود خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک (*Ahmadabadi et al., 2011*) می باشد. انصاری (*Ansari, 2008*) نیز افزایش رشد و عملکرد گیاهان در نتیجه کاربرد کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش را به آزادسازی آهسته عناصر غذایی نسبت داد. در مطالعات بسیار زیادی به نقش قارچ‌های میکوریزایی در افزایش توانایی گیاهان در جذب زیادتر عناصر معدنی و آب اشاره شده است (*Kappor et al., 2007*). دلیل اصلی توانایی افزایش رشد و نمو گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی، توانایی گیاه همزیست با قارچ‌های میکوریزا در جذب عناصر معدنی مانند فسفر است. افزایش جذب و بهبود تغذیه فسفر از اولین علائم افزایش رشد و عملکرد در گیاهان میکوریزایی می‌باشد. افزایش جذب فسفر به وسیله میکوریزا، گره زایی را افزایش داده و به طور غیر مستقیم عنصر نیتروژن را در گیاه افزایش می دهد (*Lekberg & Koid, 2005*). تحقیقات متعدد نشان می دهد که فسفر، ازت، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن توسط سیستم میکوریزا جذب و به گیاه منتقل می شوند (*Barea et al., 2005*.). در بین عناصر غذایی بیشترین نقش مایکوریزا در جذب فسفر است. بعلاوه هیف‌ها در قارچ های میکوریزا از راه افزایش سطح تماس یا از راه افزایش طول مؤثر ریشه جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می دهند (*Ravnskov & Jakobsen, 1999*). بطور کلی، مکانیسم جذب از طریق افزایش حجم خاک قابل دسترس توسط ریسه‌های قارچ است (*Altieri, 1994*).

از جمله دلایل معنی دار نشدن اثر میکروارگانیسم ها بر برخی شاخص های اندازه گیری شده در برخی تیمارها، عدم

سازگاری این کودهای زیستی با شرایط اقلیمی محل آزمایش می‌باشد. زارع و همکاران (*Zarei et al., 2012*) در بررسی توأم کود دامی و زیستی بر خصوصیات کمی گندم نان گزارش کردند که تاثیر کود زیستی (ترکیبی از ۸۰ گونه میکروارگانیسم های مفید هوازی و غیرهوازی)، در افزایش محصول در خاک های حاصلخیز کمتر مشهود بوده و با کاهش حاصلخیزی خاک نقش کودهای زیستی در افزایش عملکرد پر رنگ تر شد. به طوری‌که در تیمار ۷/۵ تن در هکتار کود دامی با افزایش دفعات مصرف کود زیستی از صفر به ۳ نوبت، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت در حالی‌که در سطوح ۷/۵ و ۱۵ تن کود دامی با افزایش دفعات مصرف کود زیستی از ۳ به ۵ نوبت، کاهش عملکرد بیولوژیک مشاهده شد که با نتایج تحقیق *(Madahi, 2015)* که صفات مورد بررسی زعفران در نتیجه کاربرد کود زیستی با ۴۰ تن در هکتار کود دامی افزایش یافت، در صورتی که صفات مورد بررسی در نتیجه کاربرد کود زیستی با سطوح بالاتر کود دامی و ورمی‌کمپوست کاهش یافت، مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که تلقیح خاکی کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک شده و میکروارگانیسم‌های موجود در ترکیب کودهای زیستی، جهت رشد و تکثیر خود و همچنین تجزیه مواد آلی به کربن، نیتروژن خاک را مصرف نموده و مصرف نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌ها باعث افزایش نسبت کربن به نیتروژن و رقابت بین ریشه گیاه و میکروارگانیسم‌ها بر سر نیتروژن، باعث کاهش جذب این عناصر توسط گیاه و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود که با توجه به معنی‌دار نشدن جذب عناصر کم مصرف در اثر استفاده از کودهای آلی و زیستی و همچنین کاهش ۱/۰۸ درصدی نیتروژن برگ در اثر استفاده از ۱۵ گرم میکوریزا نسبت به شاهد، با نتایج این تحقیقات مطابقت دارد. همچنین چنانچه خاک از عناصر غذایی غنی باشد، تاثیر کود زیستی در افزایش محصول کمتر بوده و در خاک‌های با حاصلخیزی اندک، نقش کود زیستی در افزایش عملکرد پررنگ‌تر می‌شود. دلیل این امر ممکن است افزایش فعالیت باکتری‌های موجود در کود زیستی در خاک های فقیر از نظر عناصر غذایی قابل جذب باشد *(Zarei et al., 2012)*. همچنین به نظر می‌رسد که در مقادیر بالای کود زیستی و ورمی‌کمپوست، فراهمی عناصر غذایی باعث تکثیر بیش از حد میکروارگانیسم‌ها شده و در نتیجه رقابت بین میکروارگانیسم‌های خاک و میکروارگانیسم-های موجود در ترکیب کود زیستی با ریشه گیاه بر سر جذب عناصر غذایی افزایش یافته در نهایت باعث کاهش برخی ویژگی‌های رشدی گیاه شود. در این تحقیق نیز برخی عناصر پرمصرف مانند نیتروژن و کم مصرف مانند مس، در اثر استفاده از ماکوریزا در تیمار ۱۵ گرم به ترتیب ۱/۰۸ و ۵/۴۵ درصد کاهش یافتند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که کودهای زیستی تنها در مقادیر متوسط می‌توانند باعث افزایش عملکرد شوند.

خصوصیات مرتبط با بنه زعفران

کاربرد ورمی‌کمپوست، تعداد و وزن بنه‌های دختری متوسط و بزرگ را نسبت به کودهای معدنی بیشتر افزایش داد. لذا کاربرد ورمی‌کمپوست بایستی در تولید بنه‌های مادری با وزن مناسب مدنظر قرار گیرد. سیدی و همکاران (*Seyyedi et al., 2018*) نیز بیان نمودند که کاربرد ورمی‌کمپوست نسبت به کودهای معدنی، به طور معنی داری تعداد و وزن بنه‌های دختری را بیشتر افزایش داد. همچنین اثر کودهای آلی در تشکیل بنه‌های دختری بزرگتر بسیار مؤثر بود. اگرچه زعفران گیاهی نسبتاً کم‌توقع نسبت به حاصلخیزی خاک می‌باشد، اما استفاده از کودهای آلی به عنوان بستر کاشت، بهینه سازی رشد و به دنبال آن بهبود وزن و سایر خصوصیات بنه دختری زعفران را به دنبال دارد. نتایج آزمایشی حاکی از آن است که کاربرد کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی اثر بیشتری بر ویژگی‌های بنه‌های دختری زعفران داشت (*Shariat-Madari et al., 2018*). در تحقیقی دیگر مشخص شد که بیشترین تعداد بنه دختری (۵/۶۵)، از کاربرد تلفیق کود ورمی‌کمپوست و اوره و حداکثر وزن بنه های دختری (۱۱/۸ میلی‌گرم) از کاربرد کود ورمی‌کمپوست حاصل شد. به طور کلی، کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست بیشترین اثر مثبت را بر صفات عملکردی و رویشی زعفران دارد *(Azizi, 2014)*. بررسی تیمارهای ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و تیمارهای شیمیایی مبین آن است که استعمال کودهای آلی در سیستم‌های کشاورزی پایدار، ضمن بهبود ساختار و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، موجب فراهمی مطلوب آب و عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و در نتیجه افزایش عملکرد گیاهان در مقایسه با سیستم‌های متداول شده و می‌تواند به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی توصیه شود *(Azizi, 2014)*. در تحقیقی دیگر مشخص شد کاربرد کودهای آلی نقش مؤثری در بهبود عملکرد بنه در واحد سطح ایفا می‌کند (*Koocheki et al., 2014*). نتایج

تحقیقات زند و همکاران (*Zand et al., 2014*) مشخص نمود که بیشترین میزان همزیستی ریشه‌های بنه‌های زعفران مربوط به تیمار با میکوریزای ۵۰/۴۵ درصد و کمترین میزان مربوط به شاهد بود که هیچ اندامک قارچی در ریشه‌های آن مشاهده نشد، درحالی‌که در گلدان‌های تیمار شده با میکوریزا، ساختارهای قارچی از جمله وزیکول، آربوسکولار و هیف‌های بین و درون سلولی به خوبی مشاهده شدند که با نتایج حاصل از این تحقیق کاملاً مطابقت داشت. محمدپور و همکاران (*Mohammadpour et al., 2013*) در بررسی اثر دور آبیاری و کودهای مختلف بر عملکرد زعفران، گزارش نمودند که بیشترین میزان عملکرد زعفران در نتیجه مصرف ورمی-کمپوست حاصل شد. سرعت کند آزاد شدن عناصر غذایی از کود ورمی‌کمپوست، مطابق با رشد چندساله زعفران است. نتایج آزمایش رضوانی‌مقدم و همکاران (*Rezvani Moghaddam et al., 2013*) نیز حاکی از نقش معنی‌دار تیمارهای کودی بر تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده مربوط به عملکرد بنه بود. تیموری و همکاران (*Teimori et al., 2013*) نیز مشخص نمودند که تعداد بنه‌های بالای هشت گرم و نیز کل بنه‌های زعفران در نتیجه کاربرد کمپوست زباله های شهری افزایش یافت. معصومی و همکاران (*Masoomi et al., 2012*) در بررسی اثر تیمارهای کودی ورمی‌کمپوست در تولید بنه‌های زعفران، گزارش نمودند که ورمی‌کمپوست در افزایش تولید بنه‌های زعفران موثر است و کود ورمی-کمپوست (۳۰ تن در هکتار) + کود ازت (۵۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین تعداد بنه‌های دختری بیشتر از هشت گرم را تولید کرد. همچنین مصرف کودهای زیستی به همراه سطوح مختلف ورمی‌کمپوست منجر به افزایش ۵۹ درصدی تعداد بنه‌های دختری کمتر از هشت گرم، نسبت به مصرف کمپوست به تنهایی شد. در این آزمایش نیز به طور مشترک ۸ و ۲۴ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار به میزان ۵/۵۹ درصد و ۷/۵ گرم میکوریزا به ازای هر کپه تعداد بنه در بوته را تا ۵۴/۰۷ درصد در بنه‌های زعفران افزایش داد.

به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی به عنوان یک عامل تغذیه مناسب، نقش مفیدی بر بهبود خصوصیات رویشی زعفران داشته باشد که این امر احتمالا به دلیل افزایش در نتیجه بهبود تخصیص این مواد به اندام های مختلف و بالطبع افزایش تعداد و وزن کل بنه و قطر آن می‌شود که سایر محققان نیز بهبود رشد زعفران را در شرایط استفاده از نهاده‌های آلی گزارش نموده اند (*Nehvi et al., 2010*). بنابر گزارش امیدی و همکاران (*Omidi et al., 2009*) میکروارگانیسم‌های کودهای زیستی می‌تواند با تولید هورمون‌های رشد به ویژه جیبرلین باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، کلروفیل، قطر و وزن بنه و نیز عملکرد کلاله و خامه زعفران شوند.

ورمی‌کمپوست باعث افزایش درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا با ریشه‌های زعفران شد. بزرگترین گروه این قارچ ها که غالبا با بسیاری از محصولات کشاورزی همزیستی دارند، قارچ های میکوریزای وزیکولار آرباسکولار (*VAM*) نام دارند. این قارچ‌ها در سلول‌های پوست ریشه نفوذ کرده و ساختمان مخصوصی مشابه با اندام‌های مکنده قارچ (آرباسکول و یا هیف‌های در هم پیچیده) ایجاد کرده که در تماس با سیتوپلاسم گیاه میزبان قرار دارند. ساختمان این قارچ‌ها در پوست ریشه باعث سطح تماس بیشتری برای تبادلات متابولیکی بین گیاه میزبان و قارچ می‌شود. همچنین قارچ‌های *AM* از طریق هیف‌های خارج سلولی بطور مستقیم با خاک اطراف ریشه گیاه میزبان در ارتباط هستند. این هیف‌ها در خاک گسترش یافته و سیستم ریشه‌ای را به منظور جذب عناصر غذایی و آب افزایش داده و همچنین در بهبود ساختمان خاک برای تهویه بهتر و نفوذ آب سهم عمده‌ای دارند. هنگامی که میکوریزای *AM* تشکیل می‌شود، در مورفولوژی ریشه تغییراتی صورت گرفته و فیزیولوژی ریشه‌ها به طور قابل توجهی تغییر می‌کند. برای مثال، هنگامی‌که گیاهان با میکوریزا ارتباط برقرار می‌کنند، در غلظت ترکیبات تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، سیتوکینین و خصوصاً جیبرلین تغییراتی به وقوع می‌پیوندد (*Omidi et al., 2009*). سرعت فتوسنتز افزایش یافته و تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه و اندام‌های هوایی تغییر پیدا می‌کند. وضعیت تغذیه‌ای بافت گیاه میزبان در واکنش به تغییر در جذب عناصر معدنی از خاک تغییر یافته و این خود سبب تغییر در جنبه ساختاری و بیوشیمیایی سلولهای ریشه می گردد. این عامل می‌تواند نفوذپذیری غشا را تغییر داده و سبب تغییر در کمیت و کیفیت ترشحات ریشه ایی شود. تغییر در ترشحات ریشه‌ای تغییراتی را در ترکیب میکروارگانیسم‌های رایزوسفر خاک ایجاد می‌کند و به این دلیل می‌توان آن را مایکورایوسفر نامید.

نتیجه‌گیری

تلقیح با کودهای میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار صفاتی از قبیل: وزن تر بنه، وزن خشک بنه، قطر فلس انتهایی، درصد کلونیزاسیون ریشه، تعداد، طول و قطر بنه و عناصر نیتروژن و فسفر برگ بالغ در گیاه زعفران نسبت به شاهد شد. همچنین استفاده از کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش صفاتی از قبیل قطر فلس انتهایی، وزن تر بنه، درصد کلونیزاسیون ریشه، طول و قطر بنه، میزان فسفر و نیتروژن برگ بالغ زعفران نسبت به شاهد شد. بالا بودن میزان درصد همزیستی در ریشه این گیاه حاکی از وابستگی بالای زعفران به قارچ‌های میکوریزایی است که در ریشه گیاه زعفران تیمار شده با کود میکوریزا به خوبی مشهود است. کودهای زیستی به سبب تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، هورمون ها و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد اثر هم افزایی با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه، ممکن است بر عملکرد کیفی و کمی گیاه زعفران تاثیر مثبت گذاشته باشند. اگر چه با افزایش مصرف کودها و افزایش سطوح آن، میزان رشد افزایش یافته است، اما افزایش عناصر پر مصرف و کم مصرف فقط تا غلظت معینی میسر است. البته نتایج آزمایش حاکی از نقش مثبت و معنی‌دار کودهای زیستی بر عملکرد بنه زعفران بوده و رابطه مثبتی بین جذب عناصر غذایی (البته تا غلظت معینی) توسط گیاه وجود داشت. در این آزمایش، صفت قطر بنه از اثر متقابل ورمی‌کمپوست و میکوریزا معنی‌دار شده بود و بیشترین میزان این صفت از اثر متقابل هشت تن کود ورمی‌کمپوست و ۱۰ گرم میکوریزا به ازای هر کپه حاصل شد و اغلب صفات نیز با اعمال این تیمار افزایش یافتند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان نمود که کمبود مواد آلی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، ممکن است به کاهش نقش برخی گونه‌های میکوریزا که باعث افزایش عملکرد زعفران می‌شوند، گردد. لذا با توجه به کشت زعفران در مناطقی با بارندگی اندک، مصرف کودهای زیستی در زراعت این گیاه باعث افزایش مواد آلی خاک و افزایش اکثر شاخص های مرتبط با عملکرد بنه‌های دختری می‌گردد که این امر می‌تواند تاثیر مثبتی بر عملکرد گل و کلاله به همراه داشته باشد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که فراهمی و مدیریت تغذیه (استفاده از کودهای زیستی به همراه کود آلی) باعث ایجاد بنه‌هایی با اندازه مناسب جهت کاشت در سال‌های بعد می‌گردد. همچنین توسعه اسپور قارچ‌های میکوریزایی در خاک زمین‌های کشاورزی فقیر و با حاصلخیزی پایین برای بهبود دامنه‌های رویشگاهی زعفران مفید و باعث کاهش استفاده از کودهای شیمیایی می‌شود.

منابع

Ahmadabadi, A., Ghajarsepanloo, M., and Rahimi, S., 2011. The effect of vermicompost application on the some physical and chemical properties of the soil. J. Agric. Sci. Technol. 15, 125-137. [in Persian with English Summary].

Altieri, M.A., 1994. Sustainable agriculture. Encyclopedia of Agric. Sci. 4, 239-247.

Amini, S., Malekifarahani, A., and Shargi, Y., 2014. Effect of organic fertilizers and biological PGPR on the quality of saffron Crocus sativus L. National conference on Medical Plants, Islamic Azad University. Sci. Res. Branch Aytollah Amoli, Iran. [in Persian with English Summary].

Ansari, A.A., 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (Spinacia oleracea), onion (Allium cepa) and potato (Solanum tuberosum). World J. Agr. Sci. 4(5), 554-557.

Atefi, S.M., Hemmatikakhaki, A., and Norooz, M., 2006. Saffron (Chemistry, Quality Control and Processing). Beynolnahryn Publication, Iran. 192 p. [in Persian].

Alikhani, H., Yakhchali, B., and Mohammadi, L., 2011. Comparison of physical and chemical properties of common compost and Vermicompost., Iran. J. Biol. 24, 925-934. [in Persian with English Summary].

Aytekin, A., and Acikgoz, A.O., 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (Crocus sativus L.) plants. Molecules. 13, 1135-1146.

Azcon-Aguilar, J., and Barea, M., 2002. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: Significance and potentials. Sci. Hort. 68(1-4), 1-24.

Azizi, Z., 2014. Effects of planting date and application of biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of saffron in Guilan climate. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran. [in Persian with English Summary].

Barea, J.M., Werner, D., Azcon-Guilar, C., and Azcon, R., 2005. Interaction of arbuscular mycorrhizal and nitrogen fixing symbiosis in sustainable agriculture. In: D. Werner and W. E. Newton. (Eds.). Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Springer.

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M., and Rezvani-Moghaddam, P., 2005. Evaluation of quantitative and qualitative relationships between yield and consumption of food elements in saffron (Crocus sativus L.) study on farmer's farm. Iran. J. Field Crop Res. 3(1), 1-14. [in Persian with English Summary].

Bremner, D.C., and Mulvaney, J.M., 1982. Total Nitrogen. In: Methods of Soil Analysis. (A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keaney, Eds.). Number 9 Part II. Am. Soc. Agron.

Golzari, M., 2016. Effect of bio-fertilizer and mother corm weight on growth, flower and stigma yield and qualitative criteria of saffron. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture Birjand, University of Birjand, Iran. [in Persian with English Summary].

Gholami-Neghad, S.M., Arooei, K.H., and Nemati, S.H., 2011. Investigation on the effect of cocopeat and vermicompost ratio as planting bed on emergence and some quantitative and qualitative characteristic of Sweet Peppers. (Capsicum annuum L.). J. Hortic. 25, 369-375. [in Persian with English Summary].

Han, H., Supanjani, S., and 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. 52(3), 130-136.

Harrier, L.A., and Watson, C.A., 2004. The potential role of Arbuscular Mycorrhizal AM fungi in the bio protection of plants against soil-bone pathogens and/or other sustainable farming systems. Pest Manag. Sci. 60(2): 57-149.

Heydari, Z., Besharati, H., and Maleki-Farahani, S., 2014. Effect of some chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of crop saffron. J. Saffron Agron. & Technol. 2(3), 177-189. [in Persian with English Summary].

Javadzadeh, S.M., 2011. Prospects and problems for enhancing yield of saffron (Crocus sativus L.) in Iran. Int. J. Agric. Res. Rev. 1, 21-25.

Jeffries, P., 2001. Achievements in the past and outlook for the future of AMF. Research School of Bioscience. University of Kent. Canterbury. Kent.

Kappor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K., 2007. Effect of Arbuscular Mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in Artemisia annual. Mycorrhiza. 17, 587-581.

Koocheki, A., Seyyedi, M., Azizi, H., and Shahriari, 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.). J. Saffron Agron. & Technol. 2(1), 3-16. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammadabadi, A.A., 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron Crocus sativus L. J. Soil & Water. 25(1), 196-206. [in Persian with English Summary].

Krishnamoorthy, R.V., and Ajranabhiah, S.N.V., 1986. Biological activity of earthworm casts an assessment of plant growth promoter levels in casts. Proceedings of Indian Academy of Science. (Animal Science). 95, 341-351.

Lekberg, Y., and Koid, R.T., 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, rhizobia, available soil P and nodulation of groundnut (Arachis hypogaea) in Zimbabwe. Agric. Ecosyst. Environ. 110, 143.

Li-lin, X.E., and George Marschner, H., 1991. Extension of phosphorous depletion zone in VAM Mycorrhizal white clover in a calcareous soil. J. Plant & Soil. 136, 41-48.

Masoomi, Z., Zandi, P., Habibpour, S.H., and Masoomi, I.R., 2012. Study of the effect of vermicompost fertilizer on the production of the corms of saffron (Crocus sativus L.) in the first year of cultivation. National Conference on saffron Research Achievements. Dec. 15. Torbat, Iran. [in Persian].

Madahi, S., 2015. Investigating the effect of organic biological and chemical fertilizers and soil organic carbon on the yield of saffron (Crocus sativus L.) MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [in Persian with English Summary].

Marchner, H., and Dell, B., 1994. Nutrient

uptake in Mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159, 89-102.

Mohammad-Zadeh, A.R., and Paseban, M., 2007. The effect of the source and quantities of organic fertilizers on saffron crop yield. 10th Iranian Soil Science Conference, Iran. [in Persian].

Mohammadpour, J., Ghodoosi, M.R., Esmi, R., Shariatmadari, Z., Adib, M.R., and Jahedipour, S., 2013. Evaluation of the effects of irrigation and different fertilizers on some morphological traits and yield of saffron. The 2rd National Conference of Saffron Scientific Research, Iran. [in Persian].

Nehvi, F.A., Khan, M.A., and Lone, A.A., 2010. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. J. Acta Hort. 850, 171-174.

Oftadeh, A., Aminifard, M.H., Behdani, M.A., and Moradineghad, F., 2017.The Effect of different levels of nitroxin and vermicompost on yield and photosynthetic pigmentation of saffron (Crocus sativus L.). J. saffron Res. 5(2), 163-179. [in Persian with English Summary].

Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A.H., and Torabi Fotoukian, M.H., 2009. The effect of humic and bio-fertilizer resource of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Med. Plant 8, 98-109. [in Persian with English Summary].

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R., 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. Agronomy Society of America.

Rasouli, Z., 2009. Effect of vermicompost, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of saffron. MSc Thesis, Faculty of agriculture, University of Shahed, Iran. [in Persian with English Summary].

Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H., 2013. Some vegetative characteristics of saffron (Crocus sativus L.) as affected by various fertilizers. Iran. J. Soil Res. 27, 35-46. [in Persian with English Summary].

Roustamian, S., 2015. The effect of vermicompost on physiological characteristics of saffron in conditions of Damghan. MSc Thesis, Faculty of agriculture, University of Damghan, Iran. [in Persian with English Summary].

Ravnskov, S., and Jakobsen, I., 1999. Effects of Pseudomonas fluoresences DF_{57} on growth and P uptake of two Arbuscular Mycorrhizal fungi in symbiosis with cucumber. Mycorrhiza. 8, 329-334.

Rezvani-Moghaddam, P., and Seyyedi, S.M., 2014. The role of organic and Biological fertilizers in absorption of phosphorus and potassium by black cumin (Nigella sativa L.). J. Hortic. 28, 43-53. [in Persian with English Summary].

Rezvani-Moghaddam, P., Koocheki, A., Filabi, A., and Seyyedi, M., 2013. Effect of chemical and biological fertilizers replacement corms and flower's yield of saffron. Iran. J. Agric. Sci. 15(1), 234-246. [in Persian with English Summary].

Rezvani-Moghaddam, P., Khorramdel, S., Ghafoori, A., and Shabahang, J., 2013. Evaluation of growth and yield of saffron (Crocus sativus L.) under the influence of compost of mushrooms and corm density. J. Saffron Res. 1(1), 13-26. [in Persian with English Summary].

Shirani, H., Abolhasanizeraatkar, M., Lakzian, A., and Akhgar, A., 2011. Decomposition rate of municipal wastes compost, Vermicompost, manure and Pistachio compost in different soil texture and salinity in laboratory condition. J. Water & Soil. 25, 84-93. [in Persian with English Summary].

Sepaskhah, A.R., and Kamgarhaghigi, A.A., 2009. Saffron irrigation regime. Int. J. Plant Prod. 3, 1-16.

Seyyedi, S., Khaje-Hosseini, M., Rezvani-Moghaddam, P., and Shahandeh, H., 2015. Relationship of soil phosphorus solubility and nitrogen absorption and its effect on harvest index of black cumin (Nigella sativa L.). Iran. J. Crop Sci. 46, 25-36. [in Persian with English Summary].

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. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 49(5), 585-603.

Shariat-Madari, Z., Shoor, M., Rezvani-Moghaddam, P., Tehranifar, A., and Ahmadian, A., 2018. Study of the effects of organic and chemical fertilizers on the characteristic of the corms and flowers of saffron. J. Agric. & Technol. Saffron. 6(3),

291-308. [in Persian with English Summary].

Srivastava, R.P., 1964. Saffron finds a new home in U.P. Indian Farm. 13(10), 20-22.

Teimori, S., Behdani, M.A, Ghaderi, M.G., and Sadeghi, B. 2013. Investigation on the effect of organic chemical fertilizers on morphological and agronomic of Saffron (Crocus sativus L.) corm criteria. J. Saffron Res. 1, 36-47. [in Persian with English Summary].

Yasmin, S., and Nehvi, F.A., 2013. Saffron as a valuable spice: A comprehensive review. Afr. J. Agric. Res. 8(3), 234-242.

Zand, A., Reyahi, H., Zanganeh, S., and Shariatmadari, Z., 2014. The effect of Coexistence with fungi species of arbuscular mycorrhizal Funneliformis mosseae on growth and yield of saffron (Crocus sativus L.). Saffron Res J. 2, 141-151. [in Persian with English Summary].

Zarei, A., Jamali, S.M., Taheri, G.H., and Khazae, H. 2012. The effect of animal manure and biological materials on quantitative characteristic of bread wheat. J. Agroecol. 2(1), 63-74. [in Persian with English Summary].

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.7, No.2, Fall & Winter, 2019-2020
p. 217-234
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2019.1990.1074

University of Birjand

Original Article:

Effects of Mycorrhiza Inoculation and Vermicompost Levels on some Nutrient Concentrations and Corm Criteria of Saffron (Crocus sativus L.) under Kerman Climatic Conditions

Najmeh Jami[1], Asghar Rahimi[2*], Ebrahim Sedaghati[3], Mahdi Naghizadeh[4]
1- PhD Student of Production Engineering and Plant Genetics, Valiasr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Valiasr University, Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
**Corresponding author E-mail: rahimiasg@gmail.com*

Received 28 October 2018; Accepted 07 May 2019

Abstract

In order to evaluate the micro and macro elements of saffron (Crocus sativus L.) under the influence of various levels of inoculation with mycorrhiza and vermicompost in a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications was conducted in research field of Shahid Bahonar University of Kerman. The investigated factors included vermicompost at 4 levels of 0, 8, 16 and 24 t.ha^{-1} and four levels of mycorrhizal fertilizer 0, 7.5, 10 and 15 g inoculation were put in each hole consisting two corms with equal and moderate weight. In this experiment, traits including: phosphorus, nitrogen, potassium, manganese, iron, copper, number of corms in per plant, length of corms, diameter corm scales, corm diameter, fresh weight of corm, dry weight of corm and colonization percentage of roots. The results showed a significant effect of vermicompost on corm length, corm diameter, diameter corm final scales, fresh weight of corms, phosphorus, and nitrogen and colonization percentage of roots. The effect of mycorrhiza on the phosphorus, nitrogen, the number of corms in the plant, the length of the corm, colonization percentage of roots, diameter corm scales and corm diameter. Also, the interaction between vermicompost and mycorrhiza fertilizer was significant on the traits of corm diameter. Therefore, it seems that the application of mycorrhiza inoculation with vermicompost fertilizer could enhance some quantitative and qualitative traits of saffron.

***Keywords:** Bio-fertilizer, Colonization -Percentage, Inoculation, Phosphorus, Yield.*