نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هشتم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۹
شماره صفحه: ۹-۱
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2017.93.1002

مقاله پژوهشی:

تأثیر سطوح ورمی‌کمپوست حیوانی بر خصوصیات بیوشیمیایی و مواد مؤثره گلبرگ و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)

علی افتاده فدافن[۱]، محمد حسین امینی‌فرد[۲*]، فرید مرادی‌نژاد[۲]، محمد علی بهدانی[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهان دارویی، گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
۲- دانشیار گروه باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
۳- استاد گروه پژوهشی زعفران و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه دانشگاه بیرجند، ایران.
*نویسنده مسئول: *mh.aminifard@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۰

چکیده
مدیریت تغذیه از مهمترین عوامل در تعیین کمیت و کیفیت زعفران به شمار می‌رود که در این میان، کودهای آلی نقش مهمی در تولید با کیفیت و ارگانیک زعفران ایفا می‌کنند. این آزمایش به منظور ارزیابی تاثیر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست کود حیوانی بر خصوصیات بیوشیمیایی و مواد مؤثره زعفران گلبرگ و کلاله، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با کاربرد چهار سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد ورمی‌کمپوست بر میزان پیکروکروسین (طعم)، سافرانال (عطر) و کروسین (رنگ) کلاله زعفران تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری‌که بیشترین میزان پیکروکروسین و سافرانال از تیمار ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به ترتیب به میزان ۳۷/۸۸ و ۱۷/۰۶ درصد و کمترین آن از شاهد به میزان ۲۵/۷۸، ۸/۵ درصد به دست آمد. همچنین تیمارهای مصرف ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار، باعث افزایش ۶۰ درصدی میزان کروسین در مقایسه با شاهد شدند. نتایج نشان داد که میزان فنول گلبرگ زعفران تحت تاثیر تیمار ورمی‌کمپوست قرار نگرفت، اما میزان آنتوسیانین و آنتی‌اکسیدان گلبرگ معنی‌دار شد، به طوری‌که بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار (۱۶/۴۳میلی‌گرم در۱۰۰ گرم) و کمترین آن در شاهد (۸/۳۴ میلی‌گرم در۱۰۰ گرم) مشاهده شد. همچنین بالاترین میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ در تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به میزان (۳۴/۹ درصد) مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد سطوح ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار توانایی افزایش میزان مواد مؤثره زعفران را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان، پیکروکروسین، سافرانال، فنول، کروسین.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus L.* از خانواده زنبق (*Iridaceae*) گیاهی تک لپه، یکساله، از نظر زراعی چند ساله و نیمه گرمسیری است که در آب و هوایی مدیترانه، غرب آسیا و همچنین در مناطق کم‌باران ایران با زمستان سرد و تابستانی گرم رویش دارد (*Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009*).

از جمله مؤلفه‌های اساسی جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، مصرف نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است. اما استفاده دراز مدت از کودهای شیمیایی، خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تخریب کرده و باعث کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی، ایجاد مشکلات محیط زیستی و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (*Wu et al., 2004*).

امروزه به‌دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست محیطی توجه بیشتری به کودهای آلی و زیستی برای جایگزینی کودهای شیمیایی شده است (*Pierre Anoshi et al., 2010*). استفاده از این مواد، باعث بهبود ساختمان خاک، محتوی ماده آلی و باروری خاک می‌گردد که برای گیاه و خاک مزایایی به همراه دارد (*Patra et al., 2000*). در این راستا نتایج تحقیقات بهدانی و همکاران (*Behdani et al., 2006*) نشان داد که استفاده از کودهای آلی در زراعت زعفران موجب افزایش وزن تازه و خشک و درصد ماده خشک بنه‌ها شده و میزان ریشه‌های بنه را افزایش می‌دهد که این اثرات ممکن است در نتیجه افزایش رطوبت خاک و نهایتاً رشد بهتر گیاه باشد.

یکی از منابع کودی آلی که استفاده از آن در سیستم‌های دارای مدیریت پایدار خاک مرسوم است، ورمی‌کمپوست می‌باشد. ورمی‌کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده و به‌عنوان آفت‌کش قوی زیستی مطرح است (*Martin et al., 1997*). نتایج صالحی و همکاران (*Salehi et al., 2011*) نشان می‌دهد که با افزایش میزان ورمی‌کمپوست به خاک فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه افزایش می‌یابد. نهوی و همکاران (*Nehvi et al., 2010*) در پژوهشی تأثیر مثبت کاربرد ترکیبی ورمی‌کمپوست بر عملکرد گل زعفران را مشاهده کردند. همچنین محمدزاده و پاسبان (*Mohamadzadeh & Pasban, 2007*) بیان کردند ورمی‌کمپوست از جمله مناسب‌ترین منابع غیرشیمیایی تغذیه گیاهی محسوب می‌شود که نقش آن در افزایش عملکرد مزارع زعفران ایران مثبت ارزیابی شده است. در زمینه کاربرد کودهای آلی بر روی خصوصیات کیفی زعفران، رسولی و همکاران (*Rasouli et al., 2015*) در تحقیقات خود به تاثیر مثبت کودهای آلی بر میزان مواد مؤثره زعفران اشاره نموده‌اند. همچنین اسماعیلی و همکاران (*Ismaili et al., 2013*) در پژوهشی به اثر مثبت ورمی کمپوست بر روی مواد مؤثره کلاله زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) اشاره کرده‌اند. لذا با توجه به اهمیت روز افزون تولید محصولات سالم و طبیعی و نظر به اهمیت اقتصادی قابل توجه تولید زعفران، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست به عنوان یک کود آلی بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی گیاه زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر) و ورمی‌کمپوست مصرفی، نمونه برداری قبل از شروع آزمایش انجام شد که نتایج حاصل از تجزیه خاک و ورمی‌کمپوست به ترتیب در جداول ۱و ۲ آمده است. به منظور اجرای آزمایش، ابتدا پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرت‌بندی زمین نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر (چهار متر مربع) ایجاد و بین بلوک‌ها فاصله‌ای با عرض یک متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) ایجاد شد. قبل از انجام کشت مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. بمنظور اجتناب از مخلوط شدن آب بلوک‌ها برای هر تکرار، جوی آبیاری جداگانه‌ای در نظر گرفته شد. سپس بنه‌های مرغوب و یکنواخت (وزن بین ۷ تا ۹ گرم و به طور متوسط ۸ گرم، سالم، بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری) از اکوتیپ شهرستان کاشمر تهیه شد. فواصل کاشت بنه‌ها ۲۰×۱۰ سانتی‌متر (با تراکم ۵۰ بنه در متر مربع) و عمق کاشت حدود ۱۵ سانتی‌متر و به صورت خشکه‌کاری کاشته شدند. زمان کاشت اواخر شهریور ماه سال ۹۴ بود. آبیاری

اول همزمان با کاشت و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول بمنظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. عملیات سله‌شکنی به جهت اینکه جوانه‌های گل با سهولت از خاک بیرون بیایند و رشد مطلوبی داشته باشند، انجام شد. در طول اجرای آزمایش کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد. نمونه‌برداری در اواسط آبان همزمان با گل دهی زعفران آغاز شد. پس از جمع‌آوری گل‌ها، کلاله و گلبرگ‌ها در آون با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند.

جدول ۱. نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Results of soil analysis physical and chemical properties

بافت Texture	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	شاخص واکنش pH	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	سدیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available Na ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی	*0.68*	*7.76*	*60*	*420.35*	*98*	*3.1*

جدول ۲. برخی خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست استفاده شده

Table 2. Some chemical properties of Vermicompost

ماده آلی(٪) MC (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m^{-1})	شاخص واکنش pH
16.8	*9.14*	*3.08*	*7.7*

اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان گلبرگ

برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ از روش *DPPH* یا سنجش مهار رادیکال‌های آزاد (۲ و ۲ دی فنیل-۱پیکریل هیدرازیل) استفاده شد *(Brand-Williams et al., 1995)*. بدین منظور پس از تهیه عصاره گلبرگ زعفران، دو میلی-لیتر از محلول اتانولی ۰/۱۵ میلی مولار *DPPH* به لوله آزمایش حاوی یک میلی‌لیتر عصاره اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه با دستگاه ورتکس، مخلوط شد. سپس محلول به مدت ۲۵ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق تثبیت گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. سپس فعالیت آنتی اکسیدانی از طریق معادله ذیل محاسبه گردید.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل = ۱- (جذب شاهد/ جذب نمونه)*۱۰۰

اندازه‌گیری فنول گلبرگ

محتوی فنول کل با استفاده از روش گالیک اسید و معرف فولین سیکالتو محاسبه می‌شود *(Chuah et al., 2008)*. ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه گلبرگ زعفران به لوله آزمایش منتقل کرده و بعد از پنج دقیقه ۰/۵ میلی‌لیتر فولین سیکالتو به آن اضافه شد، سپس دو میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم (۲۰۰ گرم در لیتر) به آن افزوده شد. محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق گذاشته و ۱۰ میلی‌لیتر آب دی یونیزه (آب مقطر) به آن اضافه شد. سپس محلول را به مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده و در نهایت، توسط دستگاه اسپکتوفتومتر و طول موج ۷۲۵ نانومتر، میزان جذب نمونه قرائت و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک محاسبه گردید.

اندازه‌گیری آنتوسیانین گلبرگ

میزان آنتوسیانین گلبرگ زعفران با استفاده از روش اختلاف *pH* بین دو سیستم بافری براساس روش گیوستی و رولستاد (*Giusti & Wrolstad, 2003*) اندازه‌گیری شد. در این روش پس از آماده سازی عصاره گیاهی در دو بافر پتاسیم کلرید وکلریدریک اسید، با *pH* ۱ و سدیم استات و کلریدریک اسید با *pH* ۴/۵، جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری مواد مؤثره کلاله

مواد مؤثره اصلی کلاله زعفران شامل کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری طبق استاندارد ملی ایران *(INS, 2006)* اندازه‌گیری شدند. بر اساس این روش، ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه

کلاله پودر شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد، سپس این ترکیب به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی با همزن مغناطیسی حل و میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و اعداد به دست آمده در معادله $X=A/M\times 100$ قرار داده شد.

X: میزان ترکیب کیفی مشخص بر حسب درصد، A: عدد قرائت شده توسط دستگاه و M: وزن خشک کلاله بر حسب میلی‌گرم. در نهایت، تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصله توسط نرم افزار آماری *SAS (9.1)* و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تاثیر ورمی کمپوست بر آنتی‌اکسیدان گلبرگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کاربرد ورمی-کمپوست بر میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ زعفران معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ زعفران از مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و به میزان ۳۴/۹ درصد به دست آمد، این در شرایطی بود که کمترین میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ به میزان ۲۶/۰۶ درصد از مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل گردید. بین شاهد و سطح پنج تن ورمی‌کمپوست اختلاف ۱/۵ درصدی وجود داشت که اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۴). در آزمایشات مختلف تأثیر مثبت مصرف کودهای آلی نسبت به سایر کودها بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان گزارش شده است. به طوری‌که، نتایج پژوهش بر روی زنجبیل *(Zingiber officinale)* بیانگر تأثیر معنی‌دار مصرف ورمی‌کمپوست بر روی فعالیت آنتی اکسیدانی این گیاه است *(Ghasemzadeh & Jaafar, 2011)*. براساس مطالعات صورت گرفته، افزایش تدریجی سطح کود آلی باعث افزایش غلظت عناصر *N, P, K* در محیط کشت و در نهایت افزایش آنتی‌اکسیدان می‌شود *(Shiow & Hsin-Shan., 2003)*. حسن‌زاده و همکاران *(Hasnzade et al., 2014)* علت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست را به نوع بافت کود مربوط دانستند. مواد مؤثره در گیاهان اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی و تحت تاثیر آنزیم‌ها و کوآنزیم‌ها ساخته می‌شوند، ولی ساخت آنها بطور بارزی تحت تاثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که این عوامل سبب تغییراتی در رشد گیاهان دارویی و کیفیت مواد مؤثره آنها می‌گردد (*Omid Beygi, 2000*). یکی از این عوامل حاصلخیزی خاک می‌باشد. ریمیر (*Rimmer, 2006*) گزارش کرد که حاصلخیزی و وجود مواد آلی در خاک می‌تواند باعث افزایش میزان آنتی‌اکسیدان گیاه شود و با توجه به این‌که ورمی‌کمپوست هم می‌تواند این نقش را ایفا نماید، لذا افزایش آنتی‌اکسیدان زعفران منطقی به نظر می‌رسد. همچنین مصرف ۱۵ تن ورمی-کمپوست باعث تاثیر منفی بر میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ زعفران شده است. کاهش درصد آنتی‌اکسیدان در سطوح بالاتر از ۱۰ تن ورمی‌کمپوست احتمالاً ناشی از افزایش میزان نمک‌های محلول خاک به دلیل مصرف مقادیر زیاد ورمی‌کمپوست می‌باشد (*Arancon et al., 2002*).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات شیمیایی زعفران

Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for different levels of vermicompost on chemical traits of saffron

منابع تغییرات S .O.V	درجه آزادی df	آنتی‌اکسیدان Antioxidant	فنول Phenols	آنتوسیانین Anthocyanins	پیکروکروسین Picrocrocin	کروسین Corosin	سافرانال Safranal
بلوک Block	2	1.67^{ns}	1.16^{ns}	5.14^{ns}	72.87^{*}	17.05^{ns}	0.12^{ns}
تیمار Treatment	3	40.24^{**}	6.20^{ns}	37.79^{**}	73.95^{*}	273.95^{*}	38.90^{*}
خطا Error	6	2.90	3.49	2.17	9.19	31.53	6.88
ضریب تغییرات C.V. (%)		5.68	0.39	11.42	9.56	14.55	21.73

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۴. اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر برخی صفات شیمیایی زعفران

Table 4. Effect of different vermicompost levels on chemical traits of saffron

ورمی‌کمپوست Vermicompost ($t.\ ha^{-1}$)	آنتی‌اکسیدان گلبرگ Petal antioxidant (%)	فنول گلبرگ Petal phenol ($mg.100g^{-1}$)	آنتوسیانین گلبرگ Petal anthocyanin ($mg.100g^{-1}$)	پیکروکروسین کلاله Stigma picrocrocin (%)	کروسین کلاله Stigma corocin (%)	سافرانال کلاله Stigma safranal (%)
0	29.63^{b*}	474.66^{a}	8.34^{c}	25.78^{c}	29.05^{b}	8.50^{b}
5	29.20^{bc}	476.13^{a}	11.99^{b}	30.98^{bc}	31.65^{b}	11.63^{b}
10	34.90^{a}	478.03^{a}	16.43^{a}	$32.14a^{b}$	46.57^{a}	11.06^{b}
15	26.06^{c}	477.10^{a}	14.83^{ab}	37.88^{a}	47.02^{a}	17.06^{a}

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

**In each column, means followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level of using Duncan's Multiple Rang Test.*

فنول

اثر سطوح مختلف مصرف کود ورمی‌کمپوست بر میزان فنول گلبرگ زعفران معنی‌دار نشد (جدول ۳)؛ با این‌حال، بیشترین میزان فنول ۴۷۸/۰۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد (جدول ۴). ترکیبات فنلی به عنوان متابولیت ثانویه در تمام گونه‌های گیاهی در بافت‌های خاصی و زمانی معین، در پاسخ به عوامل مختلف محیطی مانند تنش کمبود مواد غذایی، آفات و بیماری‌ها، نور، تابش اشعه *UV*، درجه حرارت و زخمی شدن سنتز می‌شوند (*Christie et al., 1994*). گیاهان دارویی بر خلاف سایر محصولات کشاورزی که در شرایط تنشی از نظر مقدار تولید خسارت می‌بینند، ممکن است در این شرایط تولید شیمیایی بیشتر و در نتیجه بازدهی اقتصادی بهتری پیدا کنند (*Omid Beygi, 2005*). در این آزمایش با توجه به فراهم بودن شرایط مناسب رشد، گیاه تحت تأثیر تنش قرار نگرفته و این موضوع می‌تواند از دلایل عدم تأثیر پذیری میزان فنول از تیمار ورمی‌کمپوست باشد. بهرامی و امید بیگی (*Bahrami & Omid Beygi, 2002*) بیان کردند تیمارهای کودی ممکن است منجر به افزایش محصول شوند، در حالی‌که میزان ترکیبات فنولی در گیاه را کاهش می‌دهند. در آزمایش مشابهی امامی بیستگانی و همکاران (*Emami Bistgani et al., 2015*) گزارش کردند که تیمار کود آلی تأثیر معنی‌داری بر میزان فنول گیاه آویشن دنائی (*Thymus deanensis Celak.*) نداشت. رضوی‌نیا و همکاران (*Razavi Ni et al., 2013*) نیز بیان داشتند کاربرد تیمارهای کودی در گیاه سرخار گل (*Echinacea purpurea L.*) اثر معنی‌داری بر میزان فنول آن نداشت.

آنتوسیانین

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر میزان آنتوسیانین گلبرگ بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی سطوح ورمی‌کمپوست مورد مطالعه، منجر به افزایش میزان آنتوسیانین نسبت به شاهد شد؛ بطوری‌که با مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و عدم مصرف ورمی‌کمپوست بترتیب بیشترین و کمترین میزان آنتوسیانین، به مقدار ۱۶/۴۳ و ۸/۳۴ میلی‌گرم در۱۰۰ گرم به دست آمد (جدول ۴). پاپافوتیو و همکاران (*Papafotiou et al., 2007*) نشان دادند که افزایش تدریجی سطح کود آلی در محیط رشد باعث افزایش تدریجی غلظت آنتوسیانین در برگ‌های کرچک هندی (*Codiaeum variegatum L.*) می‌شود. سعیدی (*Saeedi, 2001*) افزایش آنتوسیانین گل‌های لاله را در نتیجه استفاده از ورمی‌کمپوست گزارش کرد.

کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست با افزایش عناصر غذایی در خاک، باعث افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود فتوسنتز و کربوهیدرات در گیاه می‌شوند (*Lattanzio et al., 2013*). در این زمینه، تور و همکاران (*Toor et al., 2006*) اظهار داشتند که به خاطر استفاده از کودهای آلی، میزان قند و کربن در گیاه افزایش می‌یابد، لذا قند اضافی که در گیاه تولید می‌شود، در ساختمان متابولیت‌های ثانویه استفاده می‌شود که در نهایت، باعث افزایش میزان این ترکیبات در گیاه می‌گردد. همچنین تئونیسن و همکاران

(*Theunissen et al., 2010*) بیان کردند که استفاده از کودهای آلی به واسطه مقادیر بالای ترکیبات هیومیکی، باعث سنتز و افزایش ترکیبات فنولی مثل فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در گیاهان می‌شود. همچنین از مزایای ورمی‌کمپوست دارا بودن خاصیت تامپونی می‌باشد که از نوسانات *pH* در خلال جذب عناصر توسط گیاه جلوگیری می‌کند *(Bowman & Reinecke, 1991)* و این خاصیت تامپونی باعث می‌شود که *pH* نه تنها روی رنگ آنتوسیانین اثر بگذارد بلکه باعث استحکام آن نیز بشود (*Remon et al., 2000*).

پیکروکروسین، سافرانال و کروسین

تاثیر مصرف کود آلی ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های کیفی کلاله شامل مولفه‌های طعم (پیکروکروسین)، عطر (سافرانال) و رنگ (کروسین) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان پیکروکروسین به میزان ۳۷/۸۸ درصد و سافرانال به مقدار ۱۷/۰۶ درصد در تیمار مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمد که با کمترین میزان آنها در شاهد به ترتیب ۲۵/۷۸ و ۸/۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. بیشترین میزان کروسین ۴۷/۰۲ درصد با کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و کمترین میزان آن ۲۹/۰۵ درصد در شاهد به دست آمد. با این وجود بین سطوح ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج تحقیقات اسماعیلی و همکاران (*Ismaili et al., 2013*) نشان داد که در بین کودهای آلی، ورمی‌کمپوست بیشترین تاثیر را بر روی هر یک از مواد مؤثره کروسین، پیکروکروسین و سافرانال داشت و کمترین مقدار آنها مربوط به شاهد بوده است. در پژوهشی دیگر امینی و همکاران (*Amini et al., 2014*) بیان کردند که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث افزایش پیکروکروسین وکروسین در کلاله زعفران شد. آنها نتیجه گرفتند که به‌کارگیری کودهای آلی (ورمی‌کمپوست) و زیستی بجای کودهای شیمیایی علاوه بر کاهش تخریب خاک، آب و محیط زیست باعث افزایش کیفیت محصول و عملکرد زعفران می‌شود. نتایج، بیانگر تاثیر مثبت کودهای آلی بر مواد مؤثره زعفران است، که این امر احتمالاً به سبب تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه باشد *(Patten & Glick, 1996; Nieto & Frankenberger, 1991)*. علاوه بر این، به نظر می‌رسد اسیدهای آلی تولید شده در طول تجزیه اصلاح کننده‌های آلی و در نتیجه کاهش اسیدیته خاک به دنبال کاربرد ورمی‌کمپوست در آن یا افزایش نفوذپذیری و آبشویی نمک‌ها می‌تواند از دلایل افزایش عناصر غذایی نظیر آهن، روی، مس و منگنز در خاک‌های تحت تیمارهای ورمی‌کمپوست باشند *(Munne & Alegre, 2000)* و در نتیجه این افزایش عناصر غذایی، تولید متابولیت‌های زعفران افزایش یابد. همچنین جاشانکار و وهاب (*Jashankar & Wahab, 2004*) دلیل تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان را وجود ریزجانداران هوازی مفید مانند ازتوباکترها و همچنین وجود موادی با ظرفیت هوادهی و نگهداری آب بالا و سطوح زیاد جذب عناصر غذایی در این کود بیان کردند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج یکساله و با توجه به شرایط محیطی و خاک حاصله از این آزمایش، مشخص شد که ورمی‌کمپوست توانسته است بر اکثر شاخص‌های کیفی و مواد مؤثره گیاه دارویی زعفران اثر مثبت بگذارد. در این تحقیق، سطوح ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار، بیشترین تأثیر را بر خصوصیات کیفی گیاه (خواص آنتی‌اکسیدانی و مواد مؤثره زعفران) اعمال کردند. هر چند لازم است سطوح پیشنهادی در این تحقیق، در مناطق و آزمایشات دیگر هم مورد تایید قرار گیرد. بطور کلی، با توجه به نتایج این مطالعه، به نظر می‌رسد که استفاده بهینه از نهاده‌های آلی از جمله ورمی‌کمپوست (البته با توجه به در نظر گرفتن شرایط خاک) می‌تواند برای بهبود بخشیدن به صفات کیفی و مواد مؤثره گیاه ارزشمند زعفران مد نظر قرار گیرد.

منابع

Amini, S., Maleki Farahani, S., and Shrgi, Y. 2014. Effect of organic fertilizers and biological (PGPR) on the quality of saffron (Crocus sativus L). National Conference on Medicinal Plants. Islamic Azad University. Science and Research Branch Ayatollah Amoli, Iran. [in Persian].

Arancon, N.Q., Edvards, C.A., Bierman, P., Metzeger, J.D., Lee, S., and Welc H.C., 2002. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, pappers and strawberries. Pedobiologia. 93, 139-144.

Bahrami, K., and Omid Beygi, R., 2002. The effect of nitrogen and phosphorus on fertility and quality of medicinal plant active ingredient of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench). MSc Thesis. Faculty of Horticulture. Tarbiat Modarres University, Iran. [in Persian with English abstract].

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P., 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (On farm trial). Iran. J. Field Crop Res. 3, 1-14. [in Persian with English Summary].

Bowman, H., and Reinecke, A., 1991. A defined medium for the study of growth and reproduction of earthworm Eisenia fetida (Oligochaeta). J. Biol. Fertil. Soils. 10, 4, 285-289.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate to antioxidant activity. Food Sci. Technol. 28, 25-30.

Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J., and Matoba, T., 2008. Effect of cooking on the anthioxidant properties of colored peppers. Food Chem. 111, 20-28.

Christie, P.J., Alfenito, M.R., and Walbot, V., 1994. Impact of low-temperature stress on general phenylpropanoid and anthocyanin pathways enhancement of transcript abundance and anthocyanin pigmentation in maize seedlings. Planta. 194, 541-549.

Emami Bistgani1, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., and Ghasemi Pirbaloti, A., 2015. Effects of chemical and organic fertilizers and chitosan on physiological traits and phenolic compound amounts in thyme (Thymus deanensis Celak.) in Shahrekord region. J. Crop. 7 (1), 11-27.

Ghasemzadeh, A., and Jaafar, H.Z.E., 2011. Effect of CO_2 enrichment on synthesis of some primary and secondary metabolites in ginger (Zingiber officinale Roscoe.). Inte. J. Mol. Scie.12, 1101-1114.

Giusti, M.M., and Wrolstad, R.E., 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their application in food systems. Biochem Eng. J. 14, 217-225.

Hassanzadeh, K., Hemmati, K., and Alizadeh, M., 2014. Effect of organic fertilizers and Salicylic acid on some secondary metabolites of lemon balm (Melissa officinalis L.). National Conference on New Ideas in Sustainable Agriculture. Islamic Azad University of Boroujerd, Iran. [in Persian with English Summary].

INS (Iran National Standard). 2006. Research Institute of Standard and Iran. Saffron Bulletin, No. 259.

Ismaili, V., Moradi, P., and Ansari, K., 2013. Changes in Picrocrocin, crocins and under the influence of compost and bio-fertilizers safranal saffron. Second National Conference on the latest achievements of scientific and research saffron. University of Torbat-e-HeYdarieh. [in Persian with English Summary].

Jashankar, S., and Wahab, K., 2004. Effect of integrated nutrient management on the growth, yield components and yield of Sesame. Department of Agronomy, Annamalai University, Annamalainagar. 602-608.

Lattanzio, V., Cardinali, A., Ruta, C., Fortunato, I.M., Lattanzio, V.M.T., and Linsalata, V., 2013. Relationship of secondary metabolism to growth in oregano (Origanum vulgare L.) shoot cultures under nutritional stress. Environ. Exp. Bot. 65, 54–62.

Martin, J.P., Black, J.H., and Hawthorne, R.M., 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Biores. Technol. 75, 175-180.

Mohamadzadeh, A.R., and Pasban, M., 2007. Effect of sources and levels of organic fertilizers on crop yield of saffron flowers. Tenth Congress of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran

University, 6-4 September, Iran, p. 156. [in Persian with English Summary].

Munne, S., and Alegre, L., 2000. Significance of beta-carotene, alpha, tocopherol and the xanthophyll cycle and drought stress in (Melissa officinalis L.) plant. Plant Physiol. 27(2), 139-146.

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

Nieto, K.F., and Frankenberger, W.T., 1991. Influence of adenine, isopentyl alcohol and Azotobacter chroococcum on vegetative growth of Zea mays. Plant Soil.135, 213-21.

Omid Beygi, R., 2005. Findings from the Production of Medicinal Plants. Tehran, Tarrahan Nashr Press, Iran. 338 p. [in Persian].

Omid Beygi, R., 2000. Production Method and Processing Medicinal Plants. Vol. I. Fekre Rooz Publication, Tehran, Iran. [in Persian].

Papafotiou, M., Avajianneli, B., Michos, C., and Chatzipavlidis, I., 2007. Concentration, and growth of croton (Codiaeum variegatum L.) as affected by cotton gin trash compost use in the potting medium. Hortic. Sci. 42(1), 83-87.

Patra, D.D., Anwar, M., and Chand, S., 2000. Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese mint and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. AGR Ecosystem Environ. 80, 267-275.

Patten, C.L., and Glick, B.R., 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acide. Can J. Microbiol. 42, 207 - 216.

Pierre Anoshi, E., Imam, E., and Jamali, R., 2010. Comparison of the effects of bio-fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield and oil content of sunflower (Helianthus annuss L.) at different levels of drought stress. J. Agric Ecol. 2(3), 492-501. [in Persian with English Summary].

Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H., 2015. Saffron (Crocus sativus L.) yields as affected by different fertilizing systems. J. Med. Arom. Plant. Res. 31(2), 204-219.

Razavi Nia, S., AghaAlikhani, M., and Nagdi badi, H., 2013. Effect of vermicomposting fertilizer and chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of the plant Purple coneflower (Echinacea pururea L). J. Med. Arom. Plant. Res. 3 (2), 373-375. [in Persian with English Summary].

Remon, S., Ferrer, A., Marquina, P., Burgos, J., and Oria, R., 2000. Use of modified atmospheres to prolong the postharvest life of Burlat cherries at two different degrees of ripeness. J. Sci. Food Agric. 80(10), 1552-1545.

Rimmer, D.L., 2006. Free radicals' antioxidants and soil organic matter recalcitrance. Eur J. Soil. Sci. 57, 91-94.

Saeedi, F., 2001. The effect of different levels of vermicompost on the qualitative and quantitative indicators of Lilium flowers varieties (Nello, Tresor, Navona), MSc Thesis, Azad University Branch of Garmsar, Semnan, Iran. [in Persian with English Summary].

Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Asgharzadih, A., 2011. Effect of zeolite, Bacterial inoculum of vermicomposting concentration NPK elements essential oil content and essential oil yield in organic farming chamomile Matricaria chamomilla L. Ger Quart. Iran. J. Med. Arom. Plant Res. 27(2), 188-201. [in Persian with English Summary].

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

Shiow, Y., Wang, A., and Hsin-Shan, L.I.N., 2003. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. J. Agric. Food Chem. 51, 6844-6850.

Theunissen, J.P., Ndakidemi, A., and Laubscher, C.P., 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. Int. J. Phys. Sci. 5(13), 1964-1973.

Toor, R.K., Geoffrey, P., and Savagea, A.H., 2006. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. J. Food. Compost. Anal. 19, 20-27.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H., 2004. Effect of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. Geoderma. 125, 155-166.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.8, No.1, Spring & Summer, 2020

p. 1-9

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2017.93.1002

University of Birjand

Original Article:

Effect of Cattle Manure Vermicompost on Biochemical Criteria and Active Components of Saffron (*Crocus sativus* L.) Petals and Stigmas

Ali Oftadeh Fadafen[1], Mohammad Hossein Aminifard[2*], Farid Moradinezhad[2], Mohammad Ali Behdani[3]

1- M.Sc. Student, Department of Horticulture, College of Agriculture of Medical plants Physiology, University of Birjand, Iran.

2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Special Plant Researches College of Agriculture, University of Birjand, Iran.

3- Professor, Department of saffron and Special Plant Researches College of Agriculture University of Birjand, Iran.

**Corresponding author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir*

Received 19 May 2016; Accepted 08 April 2020

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of different rates of vermicompost manure on biochemical characteristics and active ingredients of saffron based on a randomized complete block design with different vermicompost rates (0, 5, 10 and 15 t.ha^{-1}) as treatments with at the Agricultural Research Station, University of Birjand, Iran during 2015-2016. According to the results, vermicompost application had a significant effect on picrocrocin (as taste factor), safranal (as perfume factor) and crocin (as color factor) contents. The highest picrocrocin and safranal contents were observed in 15 t.ha^{-1} of vermicompost (with 37.88% and 17.06%, respectively) and these lowest were observed in control (with 25.78% and 8.5%, respectively). Also, 10 and 15 t.ha^{-1} vermicompost caused 60% increasement in crocin content compared to control. Although petals phenol content was not significantly affected by vermicompost rates, but anthocyanin and antioxidant content of petals were significantly affected. As the highest anthocyanin, content was recorded from 10 t.ha^{-1} of vermicompost (16.43 mg.100g^{-1}) and the lowest was obtained in control (8.34 mg.100g^{-1}). Also, the highest antioxidant content of petals was observed in 10 t.ha^{-1} vermicompost (34.90%). In general, the results of this study showed that the use of vermicompost at the rates of 10 and 15 t per ha can improved the active ingredients of saffron.

Keywords: Antioxidants, Anthocyanin, Crocin, Phenols, Picrocrocin, Safranal.