نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۲۷-۱۴
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2020.3243.1125

مقاله پژوهشی:

تأثیر غلظت‌های عصاره جلبک دریایی آکادین و کود مرغی مایع بیومکس بر صفات کیفی، مواد موثره و زعفران (*Crocus sativus* L.)

مهدی گرامی صادقیان[۱]، محمد علی بهدانی[۲*]، سید وحید اسلامی[۳]، محمد حسین امینی فرد[۴]
۱- کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- استاد،گروه پژوهشی زعفران، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۴- استادیارگروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: mabehdani@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی آکادین® و کود مایع مرغی بیومیکس® بر صفات کیفی، مواد موثره زعفران و عملکرد، آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان فردوس انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل عصاره جلبک دریایی آکادین® در چهار سطح (صفر، ۱، ۱/۵ و ۲ کیلوگرم در هزار لیتر آب) و کود مرغی مایع بیومیکس® در چهار سطح (صفر، ۲، ۴ و ۶ لیتر در هزار لیتر آب) در نظر گرفته شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل میزان فنول کل، آنتوسیانین، کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و عملکرد تَر و خشک کلاله بود. نتایج بدست آمده، بیانگر تاثیر معنی‌دار عصاره جلبک دریایی® بر صفات مورد بررسی بود، بطوریکه پیکروکروسین کلاله در تیمار ۲ کیلو در هزار عصاره جلبک دریایی آکادین® ۲۶ درصد بیشتر از شاهد بود. کود مرغی مایع® هم بر مواد موثره زعفران تأثیر معنی داری داشت، بطوریکه پیکروکروسین کلاله در تیمار ۶ لیتر در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® نسبت به شاهد ۲۴ درصدافزایش داشت. اثر متقابل این دو کود نیز بر میزان آنتوسیانین، فنول کل، کروسین، سافرانال معنی‌دار شد، بطوریکه در تیمار ۲ کیلوگرم در هزار عصاره جلبک دریایی آکادین® و ۶ لیتر در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® بیشترین افزایش دیده شد. همچنین کاربرد عصاره جلبک دریایی® بر عملکرد کلاله تأثیر معنی‌دار داشت، بطوریکه عملکرد کلاله تَر و کلاله خشک در تیمار ۲ کیلوگرم در هزار عصاره جلبک دریایی® به ترتیب ۱۳ و ۲۰ درصد بیشتر از شاهد بود. نتایج این تحقیق بیانگر اثرات سودمند کاربرد عصاره جلبک دریایی آکادین® (۲ کیلوگرم در هزار لیتر آب) و کود مایع مرغی بیومیکس® (۶ لیتر در هزار لیتر آب) بر بهبود صفات بیوشیمیایی، مواد موثره و عملکرد زعفران در مقایسه با شاهد بود.

واژه‌های کلیدی: متابولیت‌های ثانویه، کروسین، سافرنال، فنل، کلاله.

مقدمه

زعفران با نام علمی (*Crocus sativus* L.) گران‌ترین ادویه جهان به‌حساب می‌آید (Fallahi et al., 2018). این گیاه در صنایع غذایی به‌عنوان طعم‌دهنده و در صنایع داروسازی به‌عنوان آرام‌بخش، ضداسپاسم، ضددرد، اشتها آور و مقوی معده استفاده می‌شود (Fallahi & Mahmoodi, 2018). ارزش کیفی زعفران به‌خاطر متابولیت‌های ثانویه اصلی و مشتقات آن می‌باشد، ترکیبات زرد رنگ کروسین مسئول رنگ زعفران، ترکیبات تلخ پیکروکروسین مسئول طعم و سافرانال مسئول عطر و بوی آن می‌باشد (Hosseinzadeh & Yonesi, 2002).

استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک، پیامدهایی مانند کاهش کیفیت خاک و کاهش سلامت غذا را به همراه داشته است (Gholizade et al., 2016). در راستای بهره‌گیری از منابع طبیعی به عنوان جایگزین های ارزان و سالم برای کودهای شیمیایی، کاربرد نهاده‌های زیستی ازجمله عصاره جلبک دریایی یکی از راه‌های تأمین حاصل‌خیزی خاک می‌باشد (Kocira et al., 2013). عصاره‌ها پرکاربردترین محصول جلبک دریایی هستند که به طور گسترده در محصولات باغی و زراعی استفاده می‌شوند و به صورت مایع و یا به شکل پودر قابل حل در دسترس هستند (Fornes et al., 2002; Haider et al., 2012). از خواص مفیدکاربرد جلبک‌ها علاوه بر دارا بودن نیتروژن و عناصر غذایی، دارا بودن تنظیم کننده رشد در پیکره آنها است. وجود ترکیبات هورمونی چون اکسین، جیبرلین، فنیل استیک اسید و سیتوکنین در انواع جلبک‌ها به اثبات رسیده است (Rayorath et al., 2008). خندان و همکاران (Khandan et al., 2018) گزارش کرد که کاربرد عصاره جلبک تاثیر معنی‌داری بر مقدار کاروتنوئید، آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ و مواد مؤثره کلاله (پیکروکروسین، سافرانال و کروسین) زعفران داشت. آنها بیان داشتند که بیشترین محتوای کاروتنوئید (۱/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، آنتوسیانین (۲۴/۴۹ میلی‌گرم در صد گرم)، محتوای آنتی‌اکسیدان کل (۲۹/۸۰ درصد) از تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود زیستی عصاره جلبک به‌دست آمد. نتایج حاصل از مطالعه تغییرات میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال و ویژگی‌های زراعی زعفران تحت تأثیر مصرف کودهای زیستی و شیمیایی فسفره، نشان داده است که حداکثر مقدار پیکروکروسین از تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ و حداکثر میزان سافرانال و کروسین از تلفیق کود زیستی و کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد (Naghdi Badi et al., 2011). همچنین نتایج مطالعات گلذاری جهان آبادی و همکاران (Golzzari Jahanabad et al., 2016) طی بررسی اثر کاربرد برخی منابع کودی بر خصوصیات رویشی و صفات کیفی زعفران نشان داده است که با مصرف کود زیستی بیوآمینوپالیس بیشترین مقدار مواد مؤثره زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) نسبت به شاهد به دست آمد. نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که بیشترین میزان کروسین از مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود زیستی نیتروکسین و بیشترین مقادیر پیکروکروسین و سافرانال از تیمار مصرف منفرد نیتروکیسن حاصل شد (Omidi et al., 2009).

کود مرغی علاوه برداشتن عناصر ماکرو و میکرو (منگنز، آهن، مس و بُر) یکی از کودهای ارزان قیمت در مقایسه با کودهای متداول در تولیدگیاهان زراعی است و از نظر داشتن نیتروژن نسبت به سایرکودهای دامی غنی‌تر است (Zhou, 2005)، به‌طوری‌که نزدیک به ۷۴ درصد از فسفر کل و۴۰ درصد از نیتروژن کل موجود درکود مرغی به شکل قابل دسترس هستند. کود مرغی دارای خواصی مانند آزاد سازی تدریجی نیتروژن (کاهش آبشویی نیترات)، ترکیبات پتاسیم و کلسیم (کاهش اسیدی شدن خاک) و ماده آلی (افزایش ظرفیت نگهداری آب و موادغذایی) می‌باشد (Ghosh et al., 2004).

جامی الاحمدی و همکاران (Jami-Alahmadi et al., 2009) در مطالعه بر روی اکوسیستم‌های زراعی خراسان، یکی از علل برتری عملکرد زعفران را استفاده از کودهای آلی دانستند. براساس نتایج به‌دست آمده امینی فرد و قلی زاده (Aminifard & Gholizade, 2020) کنسانتره کود مرغی اثر معنی‌داری بر میزان فنل و آنتوسیانین گلبرگ و مواد موثره کلاله زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) داشت، به‌طوری‌که بالاترین مقادیر فنل کل و آنتوسیانین (به ترتیب، ۹/۰۷۸ و ۲۶/۷۰ میلی‌گرم در صد گرم وزن خشک) از

تیمار پنج تن کنسانتره کود مرغ در هکتار حاصل شد، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ تحت تأثیر این کود قرار نگرفت. محققین دیگری نیز افزایش میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال را در نتیجه استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد در زراعت زعفران گزارش کرده‌اند (Rasouli et al., 2015). کاپلن و اُرمان (Kaplan, & Orman, 2010) در بررسی تأثیر کاربرد انواع کودهای آلی (کودهای گاوی، گوسفندی و مرغی) بر وزن خشک و میزان و کمیت اسانس گیاه دارویی مریم گلی بیان داشتند که کاربرد کودهای آلی در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی‌دار میزان اسانس این گونه دارویی شد. استفاده از نهاده‌های زیستی حاوی عصاره جلبک و کود مرغی بیومکس جهت تولید زعفران ارگانیک و سالم برای حفظ و افزایش سهم ایران از بازار جهانی این محصول دارای اهمیت است. لذا هدف از اجرای این طرح، مطالعه تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و کود مرغی مایع بر صفات کیفی، متابولیت‌های ثانویه و عملکرد گیاه دارویی زعفران بود، تا با کاهش اتکاء به نهاده‌های شیمیایی، بتوان درجهت تولید مواد موثره باکیفیت این گیاه دارویی مهم گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان فردوس در شمال غربی استان خراسان جنوبی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل، محلول‌پاشی کود جلبک دریایی آکادین® در چهار سطح شامل غلظت‌های صفر، ۱، ۱/۵ و ۲ در هزار و محلول‌پاشی کود بیومیکس® در چهار سطح شامل صفر، ۴، ۵ و ۶ در هزار بود. کود مایع مرغی بیومیکس® از شرکت پرهام و کود عصاره جلبک دریایی آکادین® از شرکت آرمان سبز آدینه تهیه گردید (جدول ۲ و ۳). قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری گردید (جدول ۱). به منظور انجام عملیات در زمین مذکور ۳ بلوک با فاصله ۴ متر از یکدیگر که هر یک شامل ۱۶ کرت بود ایجاد شد. بطوریکه هر کرت شامل ۱۰ ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر و با طول ردیف ۳ متر بود، فاصله هر کرت با کرت بعدی نیز ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بنه‌های کاشته شده در این مزرعه با میانگین وزنی هر بنه ۸ گرم بوده‌اند و کاشت آن‌ها در مهر ماه ۱۳۹۶ به صورت ردیفی با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام شد و تراکم کاشت ۵۰ بنه در هر متر مربع در نظر گرفته شد. قبل از کاشت مقدار ۴۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده در فصل پاییز به خاک اضافه گردید.

به منظور اعمال تیمارها پس از آماده‌سازی محلول‌ها با غلظت‌های مورد نظر عملیات محلول‌پاشی با استفاده از سم‌پاش پشتی دستی ۲۰ لیتری با فشار کاری ۲/۵ تا ۴ بار انجام شد. محلول پاشی کودها هر کدام بصورت جداگانه طی ۲ نوبت در اوایل اسفند ماه ۱۳۹۶ و اوایل فروردین ماه ۱۳۹۷ انجام گردید. عملیات آبیاری با آب شهری شهرستان فردوس با EC=۱/۲ ds/m انجام پذیرفت، بدین صورت که اولین آبیاری قبل از گلدهی در ۱۵ آبان سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ و آبیاری‌های بعدی، بعد از اتمام دوره‌ی گلدهی و سپس در ماه‌های دی، اسفند، فروردین و اردیبهشت ماه انجام شد. در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه کود شیمیایی، آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز در طی دوره‌ی رشد گیاه (۳ بار در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین) از طریق وجین دستی انجام شد. در ابتدای فصل رشد بعدی (۱۵ آبان ماه ۹۷) اولین آبیاری زعفران انجام و سپس سله شکنی نیز انجام گردید. همزمان با شروع گلدهی (اواخر آبان ماه ۹۷)، گل‌های هر کرت به صورت روزانه از کل سطح کرت‌ها جمع آوری و عملکرد کلاله تَر و خشک محاسبه گردید. سپس، کلاله ها در آون با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و برای اندازه گیری صفات کیفی زعفران آماده شدند.

اندازه‌گیری مقدار کل ترکیبات فنولی کلاله

برای اندازه‌گیری محتوی فنول کل کلاله زعفران (از نمونه‌های خشک شده روز هفتم که اوج گلدهی زعفران بوده استفاده شده است) و از روش گالیک اسید و معرف فولین سیکالتو استفاده شد (Chuah et al., 2008). بدین منظور، نیم میلی‌لیتر عصاره کلاله به لوله آزمایش منتقل شده و بعد از پنج دقیقه نیم میلی‌لیتر

فولین سیکالتو به آن اضافه و سپس دو میلی‌لیتر بیکربنات سدیم به آن افزوده شد. بعد محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق گذاشته و ۱۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه 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.

اندازه گیری آنتوسیانین کلاله

اندازه‌گیری آنتوسیانین کلاله به روش pH افتراقی انجام گرفت (Wrosotad, 1976). آنتوسیانین غالب کلاله زعفران سیانیدین -۳ گلیکوزید می‌باشد و طول موج حداکثر آن ۵۲۰ می‌باشد. برای این منظور از دو بافر شامل پتاسیم کلرید و کلریدریک اسید با pH = ۱ و سدیم استات و کلریدریک اسید با pH = ۴/۵ استفاده شد. نمونه‌ها با بافر به حجم رسانده شدند و سپس در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر میزان جذب برای هر دو بافر قرائت شد. میزان آنتوسیانین از معادله ۱ محاسبه گردید.

$$\text{آنتوسیانین کل} \frac{mg}{L} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\varepsilon \times d} \quad (۱)$$

$$A = (Amax - A700nm)pH1 - (Amax - A700)\ pH4.5$$

A_{max}= جذب در طول موج ۵۱۰، DF= درجه رقت (۱۰)، £= ۱۵۶۰۰، M_W= وزن مولکولی پلارگونیدین ۳- گلیکوزاید: ۴۳۳/۳۹ گرم بر مول.

اندازه‌گیری مواد مؤثره کلاله

جهت اندازه‌گیری ترکیبات کیفی (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) موجود در کلاله، از روش استاندارد ملی ایران (INSO, 2006) استفاده شد. بدین منظور مقدار ۵۰ میلی‌گرم از نمونه کلاله پودر شده با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم در یک شیشه ساعت توزین و به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری منتقل شد. سپس مقدار ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. محتویات بالن ژوژه به مدت ۶۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس بالن ژوژه تا خط نشانه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ رسید و در آن بسته و خوب مخلوط شد تا محلول یکنواختی به دست آمد. از این محلول دو میلی‌لیتر توسط پیپت برداشته و به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد و بهم زده شد تا محلول یکنواختی بدست آید. این محلول سریع و به دور از نور به وسیله کاغذ صافی صاف گردید. از آب مقطر به عنوان شاهد و تنظیم کننده اسپکتروفتومتر (Shimadzu, Bio spect-7607) استفاده شد. سپس درصد ترکیبات شیمیایی زعفران بر اساس فرمول (۲) محاسبه گردید.

$$E_{1cm}^{1\%} = \frac{A \times 100}{M(100 - H)} \quad (۲)$$

$E_{1cm}^{1\%}$ = میزان جذب عصاره آبی زعفران، A= میزان ترکیبات شیمیایی زعفران در طول موج‌های زیر: پیکروکروسین: جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر، سافرانال: جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر، کروسین: جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر، M= جرم نمونه زعفران (گرم)، H= میزان رطوبت کلاله که معمولا بین ۸-۱۰ درصد می‌باشد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1. Physical and chemical properties of research station soil

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	نیتروژن کل (درصد) N (%)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر گیلوگرم) P (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر گیلوگرم) K (mg/kg)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	بافت Texture
7.86	1.72	0.048	0.6	135	0.54	شنی رسی Sandy Clay

جدول ۲. ویژگی‌های کود مایع مرغی بیومیکس

Table 2. Characteristics of Biomix poultry manure

نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	توده آلی (درصد) Organic mass (%)	کربن آلی (درصد) organic carbon (%)	هیومیک و فولیک اسید (درصد) Humic and folic acid (%)	منیزیم (پی‌پی‌ام) Mg (ppm)	آهن (پی‌پی‌ام) Fe (ppm)	روی (پی‌پی‌ام) Zn (ppm)	منگنز (پی‌پی‌ام) Mn (ppm)
6	2	6	18	7.6	10	2500	2500	3000	1000

جدول ۳. آنالیز عصاره جلبک دریایی آکادین

Table 3. Analysis of Acadian seaweed extract

نیتروژن N	دی فسفر پنتا اکسید P_2O_5	پتاسیم اکسید K_2O	NPK و مواد معدنی NPK and minerals	رطوبت Moisture	آلژنیک اسید Alginic acid	مانیتول Mannitol	آمینو اسید Amino acid
(درصد) (%)							
0.7	0.2	17	45	6.5	10	4	4

در پایان تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

میزان فنل کل کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل کودهای جلبک دریایی آکادین® و کود مایع مرغی بیومیکس® بر محتوای فنول کلاله معنی‌دار بود (جدول۳). کمترین سطح فنول (۶۲/۲۸ میلی‌گرم در صد گرم وزن خشک) مربوط به شاهد و بیشترین سطح برای مصرف ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® و ۶ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® (۶۲/۶۳ میلی‌گرم در صد گرم وزن خشک) حاصل شد (جدول۶). طبق گزارش تور و همکاران (Toor et al., 2006) به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی با افزایش تولید میزان قند و کربن در گیاه قند بیشتری در ساختمان متابولیت‌های ثانویه نظیر ترکیبات فنولی استفاده می‌شود که در نهایت باعث افزایش میزان فنول در گیاه می‌گردد. از آنجایی‌که برای ساخت و سنتز ترکیبات فنلی، حضور کربوهیدرات‌ها لازم و ضروری می‌باشد، لذا افزایش در مقدار کربوهیدرات‌ها، سبب افزایش سنتز ترکیبات فنلی می‌گردد که دلیل این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیش‌تر کربن به مسیر شیکمیک اسید (مسیر ساختن ترکیبات فنلی) مربوط باشد (Nguyen et al., 2010). نتایج برخی تحقیقات نیز نشان داده است که کاربرد ترکیبات زیستی، برخی تنظیم کننده‌های رشد و تنش‌های محیطی می‌تواند میزان ترکیبات فنولی را تا حد قابل توجهی در گیاه افزایش دهد (Wu & Ng, 2008). نتایج محققان نشان داد که کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش ترکیبات فنولی گیاه شد (Fan et al., 2011; Guo et al., 2011). همچنین، آسامی و همکاران (Asami et al., 2003) و هارگریوس و همکاران (Hargreaves et al 2009) نشان دادند، که کاربرد کودهای آلی میزان فنول گیاه را افزایش داد.

میزان آنتوسیانین کل کلاله

میزان آنتوسیانین کلاله زعفران به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل تیمارهای مصرف جلبک دریایی آکادین® و کود مایع مرغی بیومیکس® قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار مصرف ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® و ۶ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمار ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® و ۵ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® تفاوت معنی‌داری مشاهده

نشد و کمترین میزان آن در شاهد حاصل شد. تیمار ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® و ۵ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® ۳۴۸ درصد آنتوسیانین کلاله زعفران را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۶). مشابه نتایج این تحقیق در بررسی اثر عصاره جلبک بر زعفران گزارش شده است که استفاده از این ترکیب میزان آنتوسیانین موجود در زعفران را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد (Khandan, 2018). پارسا و همکاران (Parsa et al., 2017) نیز گزارش کردند که کاربرد کود زیستی ازتوباکتر بر میزان آنتوسیانین گلبرگ زعفران اثر مثبت و معنی‌داری داشت. آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدهایی با ترکیبات گلوکوزیدی هستند که وجود قند برای تشکیل آن‌ها ضروری است (Hapkins,1999). وجود مواد آلی و نیز برخی تنظیم‌کننده‌های رشد در عصاره جلبک دریایی مثل سایتوکنین‌های ترانس-زاتین، مواد اکسینی، بتائین و نیز مواد شبه‌بتائین، میزان فتوسنتز و تولید ترکیبات قندی در گیاه را افزایش می‌دهد (Crouch and Staden, 1993).

عصاره جلبک دریایی آکادین با تحریک مسیر فلاونوئید، منجر به تجمع فلاونوئیدها و افزایش ظرفیت ضد رادیکال در گیاهان می‌گردد و از بافت گیاه و غشاهای سلولی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب آنها جلوگیری کرده و از این طریق محتوای آنتی‌اکسیدان‌هایی همچون آنتوسیانین را در محصول افزایش می‌دهد (Nair et al., 2012). استفاده از کودهای آلی نظیر کود مرغی به واسطه مقادیر بالای ترکیبات هیومیکی، باعث سنتز ترکیبات فنولی مثل فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در گیاهان می‌شود (Theunissen et al., 2010). مشابه نتایج این تحقیق، گندی و همکاران (Gendy et al., 2012) در بررسی تأثیر کود آلی و کود زیستی بر خصوصیات بیوشیمیایی چای ترش اظهار داشتند که حداکثر میزان آنتوسیانین از مصرف کود آلی به‌دست آمد. همچنین برخی محققین نیز افزایش میزان آنتوسیانین گیاه را در نتیجه استفاده از کودهای آلی گزارش کردند (Gendy et al., 2012). با توجه به اینکه عصاره جلبک دریایی و کود مایع مرغی سطح بالایی از مواد آلی را دارند (Crouch et al., 1993; Whapham et al., 1993) می‌توانند در بهبود ترکیبات موثرۀ گیاهان مفید واقع شوند. لذا افزایش میزان ترکیبات فنلی تحت تاثیر کودهای آلی (جلبک دریایی و کود مایع مرغی) در افزایش میزان آنتوسیانین نیز موثر است که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد.

میزان متابولیت‌های ثانویه کلاله (کروسین، پیکروکروسین و سافرنال)

همانطور که نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد اثرات ساده و متقابل فاکتورهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان کروسین کلاله زعفران اختلاف معنی‌دار داشت. همانطور که در (جدول ۶) مقایسه میانگین اثرات متقابل ملاحظه می‌گردد میزان کروسین در تیمار ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® و ۶ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® ۲۳۰ درصد بیشتر از شاهد شد. نتایج جدول (۳) مشخص کرد که میزان پیکروکروسین زعفران تنها تحت تاثیر معنی‌دار اثرات ساده جلبک دریایی آکادین® و کود مایع مرغی بیومیکس® قرار گرفت و اثرات متقابل این دو عامل نتوانستند بر این شاخص اختلاف معنی-داری نشان دهند. مقایسه میانگین صفات (جدول ۴) بیانگر این است که پیکروکروسین با کاربرد ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® ۲۶ درصد بیشتر از شاهد شد. همچنین با مصرف ۶ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® ۲۴ درصد میزان پیکروکروسین نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۵). مطابق با نتایج (جدول۳) جلبک دریایی® و کود مایع مرغی® توانستند میزان سافرانال را تحت تاثیر معنی‌دار خود قرار دهند. این شاخص تحت تاثیر اثر متقابل این دو عامل نیز قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد سافرانال در تیمار ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® و ۶ در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® ۸۰ درصد بیشتر از شاهد شد (جدول ۶).

گزارشات مشابهی که قبلاً توسط سایر محققین (Golzari Jahan Abadi et al., 2016; Naghdi Badi et al., 2011) گزارش شده است، گویای آن می‌باشد که استفاده از نهاده‌های زیستی و بیولوژیک تاثیر بسزایی بر عملکرد کیفی زعفران داشته است. در نتایجی مشابه، خندان ده ارباب (Khandan Deh Arabab, 2018) مصرف کود عصاره جلبک دریایی را بر میزان مواد موثره کلاله زعفران (کروسین،

پیکروکروسین و سافرانال) را معنی‌دار گزارش کرد. محققان Golzari Jahan Abadi et al. (2016) دریافتند که بیشترین مقدار مواد مؤثره کلالهٔ زعفران با کاربرد کود زیستی بیوآمینوپالیس حاصل شد. حیدری و همکاران (Heydari et al., 2014) نیز بیان داشتند که بیشترین میزان سافرانال در تیمارهای مصرف کود زیستی و در سطح کمتر کود شیمیایی نیتروژن به دست آمد. کودهای آلی و زیستی به دلیل فراهمی مناسب و متعادل عناصر غذایی، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری با سایر ریزجانداران و تولید ترکیبات اولیهٔ مؤثر در بیوسنتز گلیکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه (کروسین و پیکروکروسین) ممکن است بر عملکرد کیفی و مواد مؤثره زعفران تأثیرگذار باشند (Patten & Glick, 1996). لذا، از آنجایی که جلبک دریایی آکادین حاوی هورمون‌های گیاهی و عناصر غذایی بوده کود مایع مرغی دارای عناصر ماکرو، میکرو و کربن می‌باشد، می‌تواند با افزایش فراهمی و دسترسی به عناصر غذایی و افزایش فعالیت میکروارگانیزم‌ها، باعث بهبود خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک گردیده و با ایجاد بستر مناسب، باعث افزایش تولید هیدرات کربن شده، که با تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه گلیکوزیدی (همچون کروسین و پیکروکروسین)، می‌تواند میزان آنها را در زعفران افزایش دهد. همچنین ساخت اسانس‌های ترپنوئیدی نظیر فیتوالکسین‌ها و سافرانال زعفران نیاز مبرم به ترکیب‌های فسفردار دارد و برای تأمین انرژی لازم (ATP وNADPH) برای چرخه‌های آن به نیتروژن وابسته است (Loomis & Corteau, 1972).

عملکرد کلاله

مطابق با نتایج تجزیه واریانس (جدول۴)، تنها کاربرد عصاره جلبک دریایی آکادین® بر عملکرد تَر و خشک کلاله زعفران معنی‌دار گردید. با بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که عملکرد تَر کلاله زعفران در تیمار ۲ در هزار جلبک دریایی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارد، در افزایش تولید مواد مؤثره موجود در کلالهٔ زعفران نقش مؤثری دارد. آکادین® ۱۳ درصد بیشتر از شاهد بود. همچنین، عملکرد کلاله خشک زعفران در تیمار ۲ در هزار جلبک دریایی آکادین® به میزان ۲۰ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۵).

مشابه این نتایج، خندان (Khandan 2018) گزارش کرد که بیشترین عملکرد کلاله خشک زعفران با مصرف عصاره جلبک حاصل گردید. در تحقیق دیگری گزارش شد که کاربرد خاکی عصاره جلبک در مراحل اولیه رشد در گیاه گل داوودی علاوه بر افزایش میزان جذب عناصر غذایی بر تعداد، قطر، طول و وزن خشک ریشه این گیاه افزود (Ji et al., 2017). امیدی و همکاران (omidi et al., 2009) نیز گزارش کردند که مصرف کود نیتروکسین به تنهایی و یا همراه با اوره توانست باعث افزایش عملکرد کلاله و خامه زعفران شود. در بررسی‌های سایر محققین نیز افزایش عملکرد کلاله تحت تاثیر کودهای زیستی گزارش شده بودند (Shoghi Kalkhoran et al., 2009). برخی مطالعات نشان می‌دهد که عصاره جلبک در افزایش تولید و انتقال سیتوکنین‌ها از ریشه به اندام‌های زایشی و متعاقب آن شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاه دارای نقش است (Vijayanand et al., 2014). افزون بر این، در این عصاره مقادیر بالایی از مواد معدنیِ محلول در آب وجود دارد که به راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند (Crouch & Van Staden, 1993). همچنین عصاره جلبک دریایی به دلیل دارا بودن کربوهیدرات و سایر ترکیبات آلی، باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی آکادین و کود مایع مرغی بیومیکس برصفات کیفی کلاله زعفران

Table 3. Variance analysis of the effect of Acadian seaweed extract and Biomix poultry manure application on qualitative traits of saffron stigma

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	فنول کلاله Stigma phenol	آنتوسیانین کلاله Stigma anthocyanin	کروسین کلاله Stigma crocin	پیکروکروسین کلاله Stigma picrocrocin	سافرانال کلاله Stigma safranal
بلوک Block	2	0.0002^{ns}	3.200^{ns}	268.083^{ns}	6.107^{ns}	11.206 ^{ns}
جلبک دریایی آکادین Acadian Seaweed	3	0.0112**	343.938**	25099**	369.879**	191.203**
کود مایع مرغی بیومیکس Biomix poultry manure	3	0.1051**	148.498**	45922**	314.064**	164.628**
آکادین×بیومیکس Acadian × Biomix	9	0.0052**	18.861**	1920.5**	5.894^{ns}	5.060**
خطا Error	30	0.00083	2.9973	210.21	5.505	1.385
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		0.0461	10.397	6.134	4.2356	3.921

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

ns and ** are nonsignificant and significant at the 0.01, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده جلبک دریایی آکادین بر پیکروکروسین کلاله زعفران

Table 4. Mean comparison of the effect of simple Acadian seaweed on the picrocrocin of saffron stigma

جلبک دریایی آکادین (در هزار) Acadian Seaweed (per thousands)	پیکروکروسین کلاله (میزان جذب عصاره آبی) Stigma picrocrocin ($E^{1\%}_{1cm}$)
0	49.87^{d}
1	53.37^{c}
1.5	55.34^{b}
2	63.00^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

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

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ساده کود مایع مرغی بیومیکس بر پیکروکروسین کلاله زعفران

Table 5. Mean comparison of the simple effect of Biomix poultry manure on picrocrocin of saffron stigma

کود مایع مرغی بیومیکس (در هزار) Biomix poultry manure (in thousand)	پیکروکروسین کلاله (میزان جذب عصاره آبی) Stigma picrocrocin ($E^{1\%}_{1cm}$)
0	49.19d
4	53.81c
5	57.40b
6	61.18a

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

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

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل جلبک دریایی آکادین و کود مایع مرغی بیومیکس بر صفات کیفی کلاله زعفران

Table 6. Mean comparison of the mean interaction effect of Acadian seaweed and Biomix poultry manure on qualitative traits of saffron stigma

جلبک دریایی آکادین (در هزار) Acadian Seaweed (per thousands)	کود مایع مرغی بیومیکس (در هزار) Biomix poultry manure (in thousand)	فنول کلاله (میلی گرم در صد گرم وزن خشک) Stigma phenol (mg. 100g dry weight^{-1})	آنتوسیانین کلاله (میلی گرم در صد گرم وزن خشک) Stigma anthocyanin (mg. 100g dry weight^{-1})	کروسین کلاله (میزان جذب عصاره آبی) Stigma crocin ($E_{1cm}^{1\%}$)	سافرانال کلاله (میزان جذب عصاره آبی) Stigma safranal ($E_{1cm}^{1\%}$)
0	0	62.28^{i}	6.61^{h}	117.33^{j}	21.54^{h}
	4	62.35^{fgh}	12.19^{fg}	192^{g}	24.87^{g}
	5	62.36^{fg}	11.96^{g}	230^{f}	25.16^{g}
	6	62.47^{c}	12.97^{efg}	266^{cde}	29.03^{f}
1	0	62.35^{fgh}	11.76^{g}	137.33^{ij}	22.62^{h}
	4	62.37^{efg}	14.86^{def}	160^{hi}	28.31^{f}
	5	62.38^{efg}	14.96^{def}	242^{ef}	31.23^{e}
	6	62.44^{cd}	15.42^{de}	258de	32.78^{de}
1.5	0	62.31^{hi}	12.99^{efg}	173.33^{gh}	27.54^{f}
	4	62.39^{ef}	18.60^{bc}	197.33^{g}	32.70^{de}
	5	62.41^{de}	19.44^{b}	290^{c}	32.82^{cde}
	6	62.39^{ef}	20.92^{b}	335.33^{b}	33.64^{cd}
2	0	62.47^{c}	15.99^{cd}	255.33^{de}	27.75^{f}
	4	62.44^{cd}	19.52^{b}	268^{cd}	34.78^{bc}
	5	62.54^{b}	28.52^{a}	272^{cd}	36.50^{b}
	6	62.63^{a}	29.63^{a}	387.33^{a}	38.81^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

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

جدول ۷. تجزیه واریانس اثرکاربرد جلبک دریایی آکادین و کود مایع مرغی بیومیکس برعملکرد کلاله زعفران

Table 7. Analysis of variance of the effect of application of Acadian seaweed and Biomix poultry manure on the yield of saffron stigma

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	عملکرد تَر کلاله Fresh stigma yield	عملکردخشک کلاله Dry stigma yield
بلوک Block	2	0.0035*	0.00003^{ns}
جلبک دریایی آکادین Acadian Seaweed	3	0.0532**	0.00848**
کود مایع مرغی بیومیکس Biomix poultry manure	3	0.0015^{ns}	0.00042^{ns}
آکادین×بیومیکس Acadian × Biomix	9	0.0005^{ns}	0.00006^{ns}
خطا Error	30	0.00089	0.00017
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	2.567	4.089

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *are nonsignificant and significant at the 0.01 and 0.05 levels, respectively.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر ساده مصرف جلبک دریایی آکادین بر عملکرد کلاله زعفران

Table 8. Mean comparison of the average effect of simple Acadian seaweed consumption on the yield of saffron stigma

جلبک دریایی آکادین (در هزار) Acadian Seaweed (per thousands)	عملکرد تَرکلاله (گرم در متر مربع) Fresh stigma yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد خشک کلاله (گرم در متر مربع) Dry stigma yield ($g.m^{-2}$)
0	1.088^{d}	0.282^{c}
1	1.132^{c}	0.303^{b}
1.5	1.195^{b}	0.330^{a}
2	1.239^{a}	0.341^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

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

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر ساده کود مایع مرغی بیومیکس بر عملکرد کلاله زعفران

Table 9. Mean comparison of the average simple effect of Biomix poultry manure on the yield of saffron stigma

کود مایع مرغی بیومیکس (در هزار) Biomix poultry manure (per thousand)	عملکرد تَرکلاله (گرم در متر مربع) Fresh stigma yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد خشک کلاله (گرم در متر مربع) Dry stigma yield ($g.m^{-2}$)
0	1.088^{a}	0.311^{a}
1	1.132^{a}	0.312^{a}
1.5	1.195^{a}	0.311^{a}
2	1.139^{a}	0.323^{a}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

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

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از کودهای جلبک دریایی آکادین® و کود مایع مرغی بیومیکس® در افزایش خصوصیات کیفی کلاله زعفران اثر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که کود جلبک دریایی آکادین® در مقایسه با کود مایع مرغی بیومیکس® به جز در میزان فنول و کروسین در بقیه شاخص‌ها به طور چشمگیری اثر افزایشی بیشتری داشت. اثر متقابل این دو کود نیز بر میزان آنتوسیانین، فنول کل، کروسین، سافرانال معنی‌دار شد، بطوریکه در تیمار ۲ کیلوگرم در هزار عصاره جلبک دریایی آکادین® و ۶ لیتر در هزار کود مایع مرغی بیومیکس® بیشترین افزایش دیده شد. علاوه بر این تنها کاربرد عصاره جلبک دریایی آکادین® بر عملکرد تَر و خشک کلاله زعفران معنی‌دار گردید. بدین ترتیب توصیه می‌گردد، کود جلبک دریایی آکادین و کود مرغی مایع بیومکس به عنوان گامی مؤثر در افزایش تولید ایـن گیـاه مـد نظر قرار داده شود. به منظور تکمیل نتایج این آزمایش توصیه می‌شود اثر سایر سطوح و روش‌های مصرف این کود ها در طی پژوهش‌های چندساله بر عملکرد، ویژگی‌های کیفی و محتوای مواد مؤثره زعفران بررسی شود.

منابع

Aminifard, M.H., & Gholizade. (2020). Effect of Chicken Manure on antioxdant activity and Secondary Metabolites of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Plant Production Technology*. Doi: 10.22084/ppt.2018.12899.1705

Asami, D. K., Hong, Y.-J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of agricultural Food Chemistry*. 51(5), 1237-1241.

Chuah, A. M., Lee, Y.-C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.-J., & Matoba, T., (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*. 111(1), 20-28.

Crouch, I. J., & Van Staden, J., (1993). Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation.* 13(1), 21-29.

Fallahi, H. R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., & Feizi, H. (2018). Possibility of increasing the weight of saffron corm through integrated and timed management of agricultural inputs. Final Report of Research Project, Saffron Institute. [In Persian].

Fallahi, H. R. and Mahmoodi, S. (2018). Impact of water availability and fertilization management on saffron (Crocus sativus L.) biomass allocation. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1(2), 133-148.

Fan, D., Hodges, D. M., Zhang, J., Kirby, C. W., Ji, X., Locke, S. J., et al., (2011). Commercial extract of the brown seaweed Ascophyllum nodosum enhances phenolic antioxidant content of spinach (Spinacia oleracea L.) which protects Caenorhabditis elegans against oxidative and thermal stress. *Food Chemistry*. 124(1), 195-202.

Fernandez, S. C., & Bendersky, G., (2004). Therapy with saffron and the goddess at Thera. Prospect. Biol. Med. 47(2): 199-226.

Fornes, F., Sanchez-Perales, M., & Guardiola, J., 2002. Effect of a seaweed extract on the productivity of'de Nules' clementine mandarin and navelina orange. *Botanica Marina*. 45(5), 486-489.

Gendy, A., Said-Al Ahl, H., & Mahmoud, A. A., (2012). Growth, productivity and chemical constituents of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. *Australian Journal of Basic Applied Sciences*. 6(5), 1-12.

Ghosh, P., Bandyopadhyay, K., Manna, M., Mandal, K., Misra, A., & Hati, K., (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology*. 95(1), 85-93.

Goli, S. A. H., Mokhtari, F., & Rahimmalek, M. (2012). Phenolic Compounds and Antioxidant Activity from Saffron (Crocus sativus L.) Petal. *Journal of Agricultural Science*. 4(10): 175-181.

Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M. A., Sayyari Zahan, M. H., & Khorramdel, S., (2016). Effect of some fertilizer sources and mother corm weight on growth criteria and qualitative traits of saffron (Crocus sativus L.) *Journal of Saffron Research* (semi-annual). 4(2), 172-186. [In Persian].

Guo, R., Yuan, G., & Wang, Q., (2011). Effect of sucrose and mannitol on the accumulation of health-promoting compounds and the activity of metabolic enzymes in broccoli sprouts. *Scientia Horticulturae*. 128(3), 159-165.

Haider, M. W., Ayyub, C. M., Pervez, M. A., Asad, H. U., Manan, A., Raza, S. A., et al., (2012). Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Soil Environment*. 31(2).

Hargreaves, J., Adl, M. S., & Warman, P., (2009). The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science Utilization*. 17(2), 85-94.

Hapkins, W. G. (1999). Introduction to plant physiology (Vol 1 and 2). New York: John wiley and Sons.

Hosseinzadeh, H., and Younesi, H. (2002). Petal and stigma extract of Crocus sativus L. have antinociceptive and antiinflammatory effects in mice. *Biomed Centeral Pharmacology* 2 (7), 7-15.

Heydari, Z., Besharati, H., & Maleki Farahani, S. (2014). Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 2(3), 177-189.

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

Jami-Alahmadi, M., Behdani, M. A., & Akbarpour, A., (2009). Analysis of Agronomic effective factors yield of saffron agroecosystems in southern Khorasan. Paper presented at the 3nd. *International Symposium of saffron*, 20-23 May, Greece.

Ji, R., Dong, G., Shi, W., & Min, J., (2017). Effects of liquid organic fertilizers on plant growth and rhizosphere soil characteristics of chrysanthemum. *Sustainability*. 9(5), 841.

Kaplan, M., & Orman, S. (2010). Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 21, 1655-1665.

Khandan Deh Arabab, S., (2018). Effect of Amino Acid, Seaweed Extract and Corm Weight on Quantitative and Qualitative Characteristics of Saffron (Crocus sativus L.). (M.Sc), Faculty of Agriculture, Birjand University.

Kocira, A., Kornas, R., & Kocira, S., (2013). Effect assessment of Kelpak SL on the bean yield (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Central European Agriculture*. 14(2), 67-76.

Loomis, W. D., & Corteau, R., 1972. Essential oil biosynthesis. Recently Advance Phytochemistry. 6, 147-185.

Naghdi Badi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Fotookian, M. H., (2011). Change in crocin, safranal and picrocrocin content and agronomical characters of saffron under biological and chemical of phosphorous fertilizer. *Journal Of Medicinal Plants*. 4(40), 58-68. [In Farsi].

Nair, P., Kandasamy, S., Zhang, J., Ji, X., Kirby, C., Benkel, B., et al., (2012). Transcriptional and metabolomic analysis of Ascophyllum nodosum mediated freezing tolerance in Arabidopsis thaliana. *BMC genomics*. 13(1), 643.

Nguyen, P. M., Kwee, E. M., & Niemeyer, E. D., (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (Ocimum basilicum L.) leaves. *Food Chemistry*. 123(4), 1235-1241.

Omidi, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Footoukian, M. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal Of Medicinal Plants*, 8(30), 98-109.

Patten, C. L., & Glick, B. R., (1996). Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian Journal of Microbiology*. 42(3), 207-220.

Rasouli, Z., Maleki Farahani, S. and Besharati, H. (2015). Saffron (*Crocus sativus* L.) yield as affected by different fertilizing systems. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic* Plants 31 (2): 204-219. [In Persian].

Rathore, S., Chaudhary, D., Boricha, G., Ghosh, A., Bhatt, B., Zodape, S., et al., (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (Glycine max) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*. 75(2), 351-355.

Rayorath, P., Khan, W., Palanisamy, R., MacKinnon, S. L., Stefanova, R., Hankins, S. D., et al., (2008). Extracts of the brown seaweed Ascophyllum nodosum induce gibberellic acid (GA $_3$)-independent amylase activity in barley. *Journal of Plant Growth Regulation*. 27(4), 370-379.

Omidi, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H. and Fotoukiyan, M. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitive and quantitative of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants 2* (30): 98-109. (In Persian).

Salamat Bakhsh, M., Gholipoori, A., & Hasanzadeh, A., (2013). Effect of spray application of marigrine seaweed extract on yield and yield components of two wheat cultivars in West Azarbaijan, Urmia. Conference on Climate Change and Its Impact on Agricultural Farming. 89-92.

Shoghi Kalkhoran, S., Qalavand, A., & Modarres Sanavy, S. A. M. (2009). The effect of bacterial biofertilizer and winter wheat cultivation as green manure on yield and yield components of sunflower. Paper presented at the The first national conference on oilseeds, Isfahan.

Theunissen, J., Ndakidemi, P., & Laubscher, C., (2010). Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of Physical Sciences. 5(13), 1964-1973.

Toor, R. K., Savage, G. P., & Heeb, A., (2006). Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition Analysis*. 19(1), 20-27.

Whapham, C., Blunden, G., Jenkins, T., & Hankins, S., (1993). Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*. 5(2), 231.

Wu, S.-J., & Ng, L.-T., (2008). Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (Momordica charantia Linn. var. abbreviata Ser.) in Taiwan. *LWT-Food Science Technology*. 41(2), 323-330.

COPYRIGHTS

© 2022 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.10, No.1, Spring & Summer, 2022

p. 14-27

http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2020.3243.1125

University of Birjand

Original Article:

Evaluation of Acadian Seaweed Extract and Biomex Liquid Poultry on the Qualitative Traits and Secondary Metabolites of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Mahdi Gerami Sadeghian[1], Mohammad Ali Behdani[2*], Seyed Vahid Eslami[3], Mohammad Hossein Aminifard[4]

1- M.Sc. of Agronomy, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Professor, Saffron Research Group, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture University of Birjand, Birjand, Iran.

4- Assistant professor, Department of Horticultural Science, Special Plant Researches College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

** Corresponding Author Email: mabehdani@birjand.ac.ir*

Received 15 March 2020; Accepted 13 September 2020

Abstract

To investigate the effects of foliar application of Acadian seaweed extract® and Biomix poultry manure® on qualitative traits and secondary metabolites of saffron, an experiment was conducted as a factorial arrangement based on a randomized complete block design with three replications in the city of Ferdows the during growing season of 2017-2018. Experimental treatments included four levels of Acadian seaweed extract® (0, 1, 1.5, and 2 kg. l000 L^{-1} water) and four levels of liquid Biomix poultry manure® (0, 2, 4 and 6 L. l000 L^{-1} water). Measured traits included phenol, anthocyanin, crocin, picrocrocin, safranal, and fresh and dry stigma yield. Results showed the effect of treatments was significant on the studied traits. So that saffron stigma picrocrocin in treatment of 2 kg. l000 L^{-1} Acadian seaweed extracts® was 26% more than the control. Liquid poultry manure® also had a significant effect on secondary metabolites of saffron, so that saffron stigma picrocrocin in treatment of 6 L. l000 L^{-1} Biomix poultry manure® was 24% more than the control. Interaction between Acadian seaweed extract® and Biomix poultry manure® had a significant effect on anthocyanin, crocin, safranal, and phenol content. The highest increase was observed in 2 kg. l000 L^{-1} Acadian® and 6 L. l000 L^{-1} Biomix poultry manure®. Also, the use of seaweed extract® had a significant effect on stigma yield, so that the yield of fresh stigma (13%) and dry stigma (20%) in the treatment of 2 kg. l000 L^{-1} seaweed extracts® was higher than the control. According to the results of this study, the use of seaweed Acadian® (2 kg. l000 L^{-1} water) alone or in combination with Biomix poultry manure® (6 L. l000 L^{-1}water) can play an important role in enhancing the yield and quality characteristics of saffron.

Keywords: Crocin, Phenol, Safranal, Secondary metabolites, Stigma.