نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هشتم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۹
شماره صفحه: ۱۵۹-۱۴۱
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2019.2064.1080

مقاله پژوهشی:

اثر محلول‌پاشی با کودهای جلبک دریایی، اوره و ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

قربان عزیزی[۱]، سید غلامرضا موسوی[۲*]، محمد جواد ثقه‌الاسلامی[۲]، منصور فاضلی رستم‌پور[۳]
۱- دانشجوی دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند، ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند، ایران.
۳- استادیار بخش تحقیقات زراعی باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران.
* نویسنده مسئول: *s_reza1350@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۵

چکیده

مدیریت تغذیه از مهم‌ترین عوامل در تعیین عملکرد و کیفیت زعفران (*Crocus sativus* L.) به شمار می‌رود. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی بر عملکرد زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه شخصی واقع در روستای بجد بیرجند اجرا گردید. فاکتورها شامل جلبک دریایی آکادین در سه سطح (شاهد، یک و دو لیتر در هزار)، اوره در سه سطح (صفر، هفت و ده در هزار) و کود ریزمغذی اکوکوئل میکرومیکس در دو سطح (صفر و دو در هزار) بود. اثر جلبک دریایی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده برگ، بنه و گل مثبت و معنی‌دار گردید. کاربرد دو لیتر در هکتار جلبک دریایی، وزن کلاله خشک، تعداد گل، وزن خشک بنه و وزن خشک برگ در واحد سطح را به طور معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد به ترتیب ۶۵/۳، ۳۷/۰۶، ۶۱/۹۹ و ۱۶/۱۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر محلول-پاشی اوره نیز بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود. عملکرد کلاله خشک در محلول‌پاشی هفت در هزار اوره به میزان ۴۱/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. به طور کلی، محلول‌پاشی هفت در هزار اوره اثر مثبت بیشتری بر صفات اندازه‌گیری شده داشت. تأثیر کود ریزمغذی بر صفات برگ، بنه و گل معنی‌دار بود. به طور کلی، تیمار دو در هزار جلبک دریایی، هفت در هزار اوره و دو در هزار ریزمغذی بالاترین عملکرد را در اکثر صفات دارا بود. در مجموع، بهره‌گیری از منابع نوین کودی، ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی، قدمی مؤثر و امیدبخش در راستای کشاورزی پایدار خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آکادین، بنه، عملکرد کلاله خشک، نیتروژن.

مقدمه

زعفران *(Crocus sativas L.)* گرانترین ادویه جهان و یکی از ۸۵ عضو جنس *کروکوس* (*Crocus*) است. گیاهی چندساله و تک‌لپه از خانواده زنبقیان *(Iridaceae)* که تکثیر آن از طریق بنه انجام می‌گیرد. زعفران گیاهی است که با شروع بارندگی‌های پاییزه رشد می‌کند و با اتمام بارندگی‌های بهاره رشد آن خاتمه می‌یابد. لذا این محصول در الگوی کاشت استان‌های خراسان رضوی و جنوبی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و کشت آن به عنوان یک گیاه سازگار در منطقه، همه‌ساله رو به گسترش می‌باشد (*Saeedi Rad & Mokhtarian, 2013*).

براساس گزارش قربانی و کوچکی *(Ghorbani & Koocheki, 2006)* زعفران اقتصادی‌ترین گیاه در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده در جنوب خراسان به شمار می‌رود. این گیاه به دلیل دارا بودن آشیانه اکولوژیکی ویژه نسبت به سایر گیاهان و ویژگی‌های اقتصادی منحصر به فرد، از اهمیت خاصی برخوردار است. گرچه نام این محصول مینیاتوری و به اصطلاح دست‌ساز همیشه با نام ایران همراه بوده است ولی به نظر می‌رسد تلاش‌های علمی پژوهشگران ما در گذشته درخور این گیاه پرآوازه نیست *(Koocheki, 2013)*.

علی‌رغم قدمت کاشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات کشاورزی رایج در کشور، این گیاه از فناوری‌های نوین سهم کمتری داشته و تولید آن بیشتر بر دانش بومی متکی می‌باشد (*Koocheki, 2004*). با وجود این‌که ایران یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان زعفران در جهان است و بیش از ۸۴ درصد سطح زیر کشت زعفران در دنیا به ایران تعلق دارد (*Koocheki, 2013*)، اما میزان عملکرد آن در مقایسه با سایر کشورهای تولیدکننده بسیار پایین است به طوری‌که متوسط عملکرد زعفران ایران در سال اول کشت ۰/۲۳ کیلوگرم و در سال دوم ۱/۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد اما در کشور اسپانیا عملکرد کلاله خشک در سال اول و دوم به ترتیب ۶-۴ و ۱۲-۱۰ کیلوگرم در هکتار است (*Kafi et al., 2002*). فراهمی متعادل عناصر غذایی نقش بسیار مهمی در گل‌انگیزی و بهبود رشد بنه‌های مادری زعفران ایفاء می‌کند (*Rezvani Moghaddam et al., 2013; Behdani et al., 2006; Koocheki et al., 2011*). روش‌های معمول اصلاح نباتات در زعفران به دلیل داشتن سه سری کروموزوم در سلول‌های سوماتیکی، پیشرفت چندانی نداشته است (*Kafi et al., 2002*). لذا جهت دست‌یابی به بنه‌های مرغوب و درشت، تغذیه و محلول‌پاشی برگی می‌تواند تأثیر بسیار مطلوبی بر رشد بنه‌ها و گل‌دهی این گیاه ارزشمند به همراه داشته باشد.

با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی خصوصاً نیتروژن و بروز مشکلات زیست محیطی از یک‌طرف و عدم وجود سیستم ریشه‌ای گسترده در زعفران از طرف دیگر، تغذیه برگی و انجام محلول‌پاشی راهکاری مطلوب در بهبود عملکرد زعفران می‌باشد (*Torabi & Sadeghi, 1995*). امیرقاسمی (*Amirghasemi, 2001*) عنوان نمود که مصرف کودهای محلول به‌خصوص در اسفندماه بسیار سودمند است، زیرا جذب این مواد توسط برگ‌ها و تجمع آنها در پارانشیم ذخیره‌ای بنه‌ها باعث می‌شود که این مواد در مراحل تشدید میتوز تابستانه به همراه سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی، در تشکیل و تقویت بیشتر اندام‌های گل در مریستم انتهایی جوانه بنه‌ها مؤثر بوده و در نهایت، موجب افزایش گل‌آوری در مزرعه گردد. استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی باعث ایجاد خسارت جبران‌ناپذیری به محیط زیست و سلامت انسان‌ها شده و کودهای شیمیایی نیتروژنی باعث آلودگی منابع آب و خاک گردیده و از این طریق باعث ایجاد بیماری‌های متعدد در انسان و سایر موجودات می‌شوند. برای کاهش مخاطرات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیائی باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای غذایی گیاه به پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز منجر شود (*Koocheki et al., 2013*). امروزه موضوع کشاورزی ارگانیک مطرح است که در آن علاوه بر کمیت تولید، به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود (*Moradi et al., 2011*). از این رو کودهای آلی می‌توانند جایگزین مناسبی برای این مواد در کشاورزی زیستی باشند. عصاره جلبک تأثیر مفیدی روی گیاهان، به دلیل داشتن

هورمون‌های رشد سیتوکنین، *IBA* و *IAA* و عناصری مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها دارد (*Taghadosi et al., 2012*). از جمله سودمندی‌های استفاده از کود جلبک دریایی در کشاورزی می‌توان به رشد و گسترش بیشتر ریشه‌ها، جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذرها، به تأخیرانداختن پیری میوه‌ها و افزایش عمر پس از برداشت محصولات، افزایش توان و مقاومت گیاهان در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده و افزایش کمیت و کیفیت میوه‌ها اشاره کرد (*Hankins et al., 1990; Norrie et al., 2006*) که به محرک‌های رشد موجود در جلبک دریایی (*Hang, 1997*) و سیتوکنین‌های ترانس-زآتین (*Stirk et al., 1997*)، مواد اکسینی (*Crouch et al., 1993*) بتائین و مواد شبه بتائین (*Blunden et al., 1996*) نسبت داده شده‌اند.

برخلاف کودهای شیمیایی، عصاره به دست آمده از جلبک دریایی از تخریب محیط زیست جلوگیری نموده، غیرسمی بوده و آلودگی خطرناک برای انسان، حیوانات و پرندگان ایجاد نمی‌کند(*Del Poso et al., 2007*).

کامل (*Kamel, 2018*) دو مرحله محلول‌پاشی سه در هزار کود کامل حاوی عصاره جلبک دریایی در اوایل بهمن و اوایل اسفند جهت تولید عملکرد بالای بنه با متوسط وزن مطلوب در زراعت زعفران را توصیه نمود. با مطالعه تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی بر رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی گزارش شد که با کاربرد عصاره جلبک‌دریایی در زمان‌های مختلف رشد، عملکرد و کیفیت غده سیب‌زمینی به طور معنی‌داری افزایش یافت. در این تحقیق بیشترین عملکرد غده با کاربرد عصاره جلبک دریایی در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت بدست آمد (*Haider et al., 2012*).

نیتروژن از جمله عناصری است که از طریق آبیاری و شستشو از دسترس ریشه خارج شده که در این شرایط کاربرد برگی این عنصر راهی مناسب برای ایجاد تغییراتی در رشد رویشی و زایشی می‌باشد. تحقیقات نشان داده است محلول‌پاشی بهاره نیتروژن راهی برای حداکثر جذب و استفاده گیاه از این عنصر است (*Salem & Kilany, 2004*). در پژوهش مختاری (*Mokhtary, 2014*) محلول‌پاشی در دی ماه با غلظت هفت در هزار تیمار برتر و مؤثر بر شاخص‌های گل و بنه زعفران بود.

در بین تحقیقات متنوعی که تاکنون بر روی زعفران صورت پذیرفته، مسأله تغذیه همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌است. بخشی از این تحقیقات به مصرف کودهای محلول معطوف است (*Hosseini et al., 2004*). مصرف کودهای محلول به‌خصوص در اسفند و فروردین ماه در زعفران بسیار مهم است، زیرا رشد بنه‌های کوچک در این مدت تکمیل می‌شود. در این مرحله بنه‌های کوچک دارای ساقه ضعیف و برای تغذیه به برگ‌ها وابسته هستند (*Kafi et al ., 2002*). علاوه بر این بنه‌های دختری به وجود آمده در گیاه زعفران فاقد ریشه هستند و مواد مغذی مورد نیاز برای ادامه فعالیت خود را از طریق فتوسنتز و یا جذب برگی تأمین می‌کنند (*Crouch et al., 1993*).

مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی در فرآیند تولید محصولات، نگرانی جامعه جهانی را از نظر آثار آنها بر سلامتی برانگیخته است. این امر باعث شده تا حرکت‌هایی در جهت کاهش مصرف یا جایگزین نمودن مواد شیمیایی با فرآورده‌های نوین سازگار با محیط زیست، طی فرایند تولید، انجام شود. این پژوهش با هدف تعیین میزان اثربخشی کاربرد کودهای منشأ گرفته از عصاره جلبک دریایی، اوره و ریزمغذی به صورت تغذیه برگی بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در روستای بجد شهرستان بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۵۶۲ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. در این مطالعه عامل اول، دوم و سوم به‌ترتیب شامل کود عصاره جلبک دریایی (با نام تجاری آکادین) در سه سطح صفر، یک و دو لیتر در هکتار، کود اوره در سه سطح صفر، ۷ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار و کود ریزمغذی با نام تجاری اکوکوئل میکرومیکس (*MICROMIX ECOQUEL*) در دو سطح صفر و دو

کیلو گرم در هکتار در اختلاط با ۱۰۰۰ لیتر آب بود. آکادین عصاره‌ای خالص از جلبک دریایی *آسکوفیلوم* (شامل ۱۷ اسید امینه) به همراه هورمون‌های گیاهی است. پودر آکادین به عنوان یک مکمل در برنامه غذایی گیاهان مصرف می‌شود. شرکت *Acadian seaplants* کشور کانادا آن را تولید و عرضه می‌نماید. در جدول ۱ برخی خصوصیات و مواد تشکیل‌دهنده نشان داده شده است. اکوکوئل میکرومیکس *(Ecoquel Micromix)* توسط شرکت فیوچراکو بایوساینس اسپانیا تولید شده و در ایران به صورت انحصاری توسط شرکت فروغ‌دشت توزیع می‌گردد. اکوکوئل میکرومیکس ترکیبی از عناصر مختلف مورد نیاز گیاهان است.

جدول ۱. برخی خصوصیات و مواد تشکیل‌دهنده آکادین
Table 1. Some Characteristics and Materials of the Acadian

ترکیبات Compounds	میزان Amounts (%)	ترکیبات Compounds	میزان Amounts (%)
نیتروژن *(N)*	*0.7*	آمینواسیدها *Amino acids*	*4.4*
فسفر *(P)*	*0.2*	مواد آلی و معدنی *Organic and materials minerals*	*65-75*
پتاسیم *(K)*	*17*	اسید آلجینیک *Alginic acid*	*10*
مانیتول *(Mannitol)*	*4*	محلولیت *Solubility*	*100*

قابلیت انحلال اکوکوئل میکرومیکس در آب بالاست. در جدول ۲ برخی ترکیبات و مواد تشکیل دهنده این کود نشان داده شده است.

جدول ۲. مواد تشکیل‌دهنده اکوکوئل میکرومیکس
Table 2. Ecoquel Micromix ingredients

ترکیبات Compounds	میزان(%) Amounts (%)
آمینواسیدها *(Amino acids)*	*2*
آهن *(Fe-EDTA)*	*6*
روی *(Zn-EDTA)*	*1.2*
منگنز *(Mn-EDTA)*	*2.5*
مس *(Cu-EDTA)*	*0.6*
بر *(B)*	*0.5*
مولیبدن *(Mo)*	*0.4*
کبالت *(Co)*	*0.02*

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک در اوایل خرداد ۱۳۹۵ انجام و پس از تسطیح زمین به وسیله لولر، اقدام به کرت‌بندی با ابعاد ۱/۲×۴ متر گردید. سطح کشت هر کرت ۴/۸ متر مربع بود (شش ردیف خط کشت به طول چهار متر بر اساس تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع با فواصل بین ردیف ۲۰ و روی ردیف به ترتیب پنج سانتی‌متر). بین هر کرت پشته‌هایی با عرض ۵۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها یک متر فاصله در نظر گرفته شد. کاشت در تاریخ ۱۳۹۵/۶/۱۴ و با استفاده از بنه‌های ۱۰-۸ گرم پس از ضدعفونی با قارچ کش بنومیل انجام گرفت. بنه‌ها از مزرعه پنج ساله واقع در روستای فتح‌آباد فردوس تهیه شد. قبل از شروع آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، اسیدیته و هدایت الکتریکی، محتوی عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم نمونه‌برداری تصادفی و مرکب توسط بیل از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۴ ارائه شده است. باتوجه به فقر مواد آلی خاک و عرف منطقه، ۳۰ تن در هکتار کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده تهیه و پس از سرند نمودن و جداکردن مواد زائد و سنگ در اواخر خرداد سال ۱۳۹۵ بر سطح خاک پخش و سپس عملیات شخم اولیه و ثانویه مزرعه انجام شد. در جدول ۳ نتایج تجزیه کودی نشان داده شده است.

جدول ۳. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه کود حیوانی (گاوی)
Table 3. Results of chemical analysis of animal manure (bovine)

ترکیب Compound	واحد Unit	مقدار Amount
کلسیم *(Ca)*	*%*	*1.12*
نیتروژن *(N)*	*%*	*0.8*
فسفر *(P)*	*%*	*0.42*
پتاسیم *(K)*	*%*	*0.45*
ماده آلی *(Organic matter)*	*%*	*53.12*
اسیدیته *(pH)*	-	*8.17*
هدایت الکتریکی *(EC)*	$dS.m^{-1}$	*5.23*

پیش از کاشت و بر اساس نتایج آنالیز خاک، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۰۰ کیلوگرم، نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم و پتاسیم از

منبع سولفات پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های مورد نظر استفاده گردید.

پس از انجام آبیاری اول در ۲۵ مهر ماه و گاورو شدن زمین متناسب با عرف کشاورزان، سله‌شکنی جهت تسهیل گل‌دهی با استفاده از چهارشاخ و به کمک نیروی انسانی تا عمق ۸-۵ سانتی‌متر انجام شد. میزان آبیاری در هر نوبت برای تمام تیمارها ثابت و متناسب با عرف زارعین انجام گردید. آب وارد شده به هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. سیستم آبیاری تحت فشار از نوع لوله تیپ سطحی بود. گل‌های سال اول در ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۵ ظاهر و بدلیل ناچیز بودن عملکرد و عدم اعمال تیمارها در محاسبات منظور نگردید. اولین نوبت محلول‌پاشی در تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۴ و دو نوبت دیگر به فاصله ۱۰ روز انجام شد. صفات رویشی برگ و بنه در اواخر خرداد ۱۳۹۶ اندازه‌گیری شد. جهت کاهش عارضه برگ‌سوزی، تیمارهای مختلف تغذیه برگی در هنگام صبح یا در بعد از ظهر و در شرایط عدم وجود باد بر روی برگ‌ها پاشیده شدند. در روزهای اعمال تیمارها و یک روز بعد از آن، بارندگی و پیامد آن شستشوی محلول غذایی از روی برگ‌ها وجود نداشت. در تیمارهای عدم مصرف نیز هم‌زمان، محلول‌پاشی با آب معمولی و فاقد کودهای مذکور انجام گردید. عملیات داشت شامل سله‌شکنی و وجین علف‌های هرز مطابق با عرف منطقه در طول فصل رشد به طور منظم انجام شد. جهت مطالعه رفتار بنه‌های زعفران در واکنش به تیمارهای آزمایش، در انتهای فروردین ماه نمونه برداری تخریبی با حذف اثرات حاشیه‌ای از سطح ۰/۸ مترمربع جهت اندازه‌گیری تعداد، طول و وزن خشک برگ و در انتهای خرداد ماه تعداد و وزن بنه‌های دختری و فراوانی وزنی بنه‌ها به طور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شد.

وزن خشک بنه‌ها نیز با قرار دادن نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد آون تعیین شد. آبیاری تسهیل گل‌دهی سال دوم در ۳۰ مهر ماه ۱۳۹۶ انجام و ظهور گل‌ها ۱۳۹۶/۸/۲۳ آغاز و تا تاریخ ۱۳۹۶/۹/۲۰ ادامه داشت. برداشت گل‌ها یک روز در میان انجام و عملکرد و اجزای عملکرد گل اندازه‌گیری شد. در این تحقیق، برداشت گل‌ها از چهار ردیف میانی هر کرت پس از حذف دو ردیف خط کشت از طرفین و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت (برای حذف اثرات حاشیه‌ای) صورت گرفت و بر اساس آن شاخص‌های مربوط به گل شامل تعداد گل در واحد سطح، وزن تر گل و وزن خشک کلاله از زمان شروع گل‌دهی تا پایان دوره گل‌دهی تعیین و در نهایت میانگین این صفات در واحد سطح محاسبه گردید. کنترل علف‌های هرز طی دو مرحله و در ماه‌های آذر و اسفند از طریق وجین دستی انجام شد. در طول اجرای آزمایش هیچ‌گونه آفت‌کش یا علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت. در این مزرعه حداقل پنج سال قبل از شروع آزمایش، هیچ نوع کود آلی یا شیمیایی استفاده نگردیده بود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری *SAS 9.1* انجام و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه و نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه *EXCEL* رسم گردید.

نتایج و بحث

شاخص‌های گل

ارزیابی میانگین مربعات صفات مربوط به گل نشان داد که اثر ساده برگ‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی، اوره و ریزمغذی بر صفات تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۴).

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بین غلظت صفر (شاهد) و دو در هزار جلبک دریایی تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) در صفات تعداد گل، وزن ترگل و وزن خشک‌کلاله وجود دارد. با افزایش غلظت عصاره جلبک‌دریایی شاخص‌های گل افزایش یافت. حداقل مقادیر در شاهد مشاهده گردید. چنین استنباط می‌شودکه افزایش میزان مصرف عصاره جلبک‌دریایی منجر به بهبود رشد و توسعه ریشه‌ها شده، کارایی گیاه در استفاده از عناصر موجود در خاک افزایش و در نهایت، رشد و توسعه اندام‌های هوایی بهبود می‌یابد. بیشترین افزایش تعداد گل، وزن ترگل و وزن خشک‌کلاله به ترتیب با ۳۷/۰۶، ۷۷/۹۲ و ۶۵/۳۲ درصد در تیمار محلول‌پاشی دو لیتر جلبک‌دریایی بدست آمد (جدول ۶). در این راستا گزارش شده است که عصاره جلبک‌دریایی باعث بهبود تهویه خاک شده و محلول‌پاشی آن

منجر به افزایش رشد، عملکرد و تولید در بسیاری از محصولات گردیده که این موضوع به اسیدهای آمینه و محرک‌های رشدی آنان نسبت داده شده است (*Norrie et al., 2006*).

جدول ۴. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 4. Some physical and chemical properties of soil at experimental site

بافت Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی O.C. (%)	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P (*ppm*)	پتاسیم K (*ppm*)	اسیدیته pH
شنی لومی *loam Sandy*	*55*	*30*	*15*	*3.49*	*0.04*	*0.006*	*3.8*	*236*	*7.45*

در بسیاری از محصولات کشاورزی، عملکرد به طور مستقیم به میزان گل‌دهی و تشکیل میوه وابسته است. برخی محققان عنوان نموده‌اند که افزایش میزان گل‌دهی و تشکیل میوه در اثر استفاده از کود جلبک دریایی می‌تواند نتیجه توانمند و قوی شدن گیاهان به دلیل افزایش حجم ریشه و جذب عناصر غذایی باشد (*Crouch et al.,1992*).

بیشترین مقادیر شاخص‌های گل در تیمارهفت در هزار اوره مشاهده شد (جدول ۶). محلول‌پاشی ۱۰ در هزار کاهش صفات مذکور را به دنبال داشت. اگر چه تمام صفات در این غلظت افزایش پیدا کرد، اما در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار تعداد گل با شاهد مشاهده نگردید. به بیان دیگر میزان افزایش صفات با افزایش غلظت اوره کاهش یافت. در مطالعه مختاری (*Mokhtary, 2014*) نیز بالاترین عملکرد در محلول‌پاشی اوره هفت در هزار گزارش شده است. امیدی و همکارا ن (*Omidi et al., 2009*) به منظور بررسی اثر کود شیمیایی و بیولوژیکی بر عملکرد کمی - وکیفی زعفران نشان دادند که عملکرد کلاله و خامه - زعفران با مصرف کودهای شیمیایی به طور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین عملکرد در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره و تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی و شیمیایی اوره بدست آمد. در مطالعه فعلی و همکاران (*Feli et al., 2018*) تلفیق ورمی‌کمپوست با ۵۰ کیلوگرم کود اوره بیشترین اثر معنی‌دار را در افزایش عملکرد کمی ایجاد کرد، به طوری‌که در این تیمار، عملکرد خشک کلاله به میزان ۴۲/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. ذبیحی و همکاران (*Zabihi et al., 2011*) بیان کردند از ۱۵ اسفند تا ۱۵ فروردین ماه که مصادف با زرد شدن برگ‌هاست، غلظت عناصر غذائی در برگ با شیب تندی کاهش یافته و تغذیه - برگی در این مرحله رشدی گیاه را مهم و بر آن تأکید نمودند.کاربرد ریزمغذی با تولید ۵۱/۳۴ گل در متر مربع از برتری معنی‌دار ۳۲/۰۵ درصدی نسبت به عدم کاربرد ریزمغذی برخوردار بود. همچنین عملکرد وزن ترگل و وزن خشک کلاله را به طور معنی‌دار و به تر تیب ۲۶/۷ و ۲۹/۷ درصد نسبت به عدم کاربرد ریزمغذی افزایش داد (جدول ۶). درتحقیق حسینی و همکاران (*Hosseini et al., 2004*) مصرف یک بار کود مایع مخلوط با غلظت هفت در هزار در ماه اسفند موجب افزایش ۳۳ درصدی عملکرد زعفران شده و تولید محصول مزارع سنتی را دو کیلوگرم در هکتار افزایش داد. اکبریان و همکاران (*Akbarian et al., 2012*) نیز در آزمایشی دو ساله در شهرستان‌های بم و گناباد اظهار داشتند با دو بار محلول‌پاشی عناصر پتاسیم، روی و آهن، طول برگ و عملکرد گل نسبت به تیمار بدون برگ‌پاشی افزایش یافت و با افزایش مقدار محلول به سه لیتر در هکتار، عملکرد کلاله و ویژگی‌های کیفی زعفران افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد صفات گل تحت تأثیر اثر متقابل جلبک دریایی و کود اوره قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل جلبک دریایی و کود اوره بیانگر آن است که بیشترین مقدار صفات تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله با میانگین‌های به ترتیب ۵۷/۱۶ گرم در متر مربع، ۲۵/۴۷ گرم در متر مربع و ۲/۶۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار دو در هزار جلبک دریایی و برگ‌پاشی اوره هفت در هزار بدست آمد.

جدول ۵. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های مورد مطالعه زعفران تحت تأثیر محلول‌پاشی با کود های جلبک‌دریایی، اوره و ریزمغذی

Table 5. Analysis of variance (mean of squares) for characteristics of saffron as affected seaweed, Urea and micronutrient fertilizers as foliar application

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Length of leaf	وزن خشک برگ Fresh shoot	تعداد بنه Number of corm	وزن تر بنه Fresh weight of corm	وزن خشک بنه Corm dried weigh	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dried weight
تکرار *Replication*	*2*	*0.484^{ns}*	*17.53***	*13.25^{ns}*	*94.79^{ns}*	*461.48^{ns}*	*1438.18^{ns}*	*62.94^{ns}*	*1.67^{ns}*	*0.04^{ns}*
جلبک دریایی *Seaweed (a)*	*2*	*11.75***	*40.09***	*102.5***	*28337***	*600069.71***	*255287.94***	*896.05***	*382.27***	*3.62***
اوره *Urea (b)*	*2*	*5.52***	*34.03***	*32.68***	*23955.68***	*366311.64***	*150426.58***	*297.33***	*181.89***	*1.86***
ریزمغذی *Micronutrient (c)*	*1*	*9.78***	*35.04***	*85.25***	*46496.86***	*821000.45***	*361430.04***	*2095.9***	*203.16***	*2.99***
a×b	*4*	*0.277^{ns}*	*16.39***	*36.17***	*4186.88***	*135022.31***	*36481.63***	*81.62**	*56.66***	*0.20***
a×c	*2*	*0.25^{ns}*	*0.79^{ns}*	*10.45^{ns}*	*7738.68***	*64769.97***	*37786.18***	*76.9**	*37.73***	*0.33***
b×c	*2*	*0.87^{ns}*	*6.35***	*40.26***	*5028.38***	*46457.78***	*51142.63***	*316.38***	*16.85***	*0.23***
a×b×c	*4*	*0.31^{ns}*	*2.1^{ns}*	*9.12^{ns}*	*3407.24***	*42037.86***	*30614.26***	*130.97***	*9.54***	*0.18***
خطای آزمایشی *Error*	*34*	*0.32*	*0.998*	*4.17*	*528.34*	*4425.72*	*2997.68*	*22.63*	*1.94*	*0.03*
ضریب تغییرات CV (%)		*8.33*	*3.69*	*7.42*	*8.05*	*8.92*	*11.53*	*10.55*	*8.50*	*8.80*

ns، ** و * : به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

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

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر ساده محلول‌پاشی با کودهای جلبک دریایی، اوره و ریز مغذی بر ویژگی‌های مورد مطالعه زعفران

Table 6. Mean comparisons for the simple effects of seaweed, Urea and micronutrient as foliar application on characteristics of saffron

تیمارها Treatments		تعداد برگ Leaf number	طول برگ Length of leaf (*cm*)	وزن خشک برگ Leaf dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه Number of corms.m^{-2}	وزن تر بنه Fresh Corm weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بنه Corm dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد گل Number flower ($No.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dried weight ($kg.ha^{-1}$)
جلبک دریایی *Seaweed ($l.ha^{-1}$)*	*0*	*5.94^{c*}*	*25.39^{c}*	*26.5^{b}*	*239.74^{b}*	*535.82^{b}*	*337.57^{b}*	*37.45^{c}*	*11.82^{c}*	*1.361^{c}*
	1	*6.94^{b}*	*27.56^{b}*	*30.78^{a}*	*306.16^{a}*	*833.57^{a}*	*540.70^{a}*	*46.55^{b}*	*16.38^{b}*	*1.91^{b}*
	2	*7.54^{a}*	*28.25^{a}*	*30.47^{a}*	*310.55^{a}*	*867.78^{a}*	*546.84^{a}*	*51.33^{a}*	*21.03^{a}*	*2.25^{a}*
اوره *Urea ($kg.ha^{-1}$)*	*0*	*6.17^{b}*	*25.69^{c}*	*28.2^{b}*	*243.82^{b}*	*581.12^{b}*	*369.56^{b}*	*42^{b}*	*13.12^{c}*	*1.54^{c}*
	7	*7.2^{a}*	*28.44^{a}*	*30.77^{a}*	*311.7^{a}*	*822.63^{a}*	*524.16^{a}*	*49.71^{a}*	*19.47^{a}*	*2.176^{a}*
	10	*7.05^{a}*	*27.06^{b}*	*28.8^{b}*	*300.94^{a}*	*833.42^{a}*	*531.39^{a}*	*43.63^{b}*	*16.64^{b}*	*1.807^{b}*
ریزمغذی *Micronutrient ($kg.ha^{-1}$)*	*0*	*6.39^{b}*	*26.26^{b}*	*28^{b}*	*256.14^{b}*	*622.42^{b}*	*393.22^{b}*	*38.88^{b}*	*14.48^{b}*	*1.6^{b}*
	2	*7.23^{a}*	*27.87^{a}*	*30.51^{a}*	*314.83^{a}*	*869.03^{a}*	*556.85^{a}*	*51.34^{a}*	*18.35^{a}*	*2.075^{a}*

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

**Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.*

همچنین هر چند کاربرد ۱۰ در هزار کود اوره نسبت به عدم کاربرد آن در دو سطح عدم کاربرد جلبک دریایی و محلول‌پاشی یک در هزار جلبک دریایی منجر به افزایش معنی‌دار صفات گل به ترتیب ۲۱/۰۶، ۵۹/۳۴، ۳۴/۵۵ و ۱۱/۰۳، ۴۳/۱۹، ۲۸/۷۷ درصد گردید ولی در هر دو سطح ذکر شده کاربرد جلبک دریایی، بالاترین مقدار صفات گل را اوره هفت در هزار به خود اختصاص داد، اما در شرایط غلظت بالای جلبک دریایی(برگ‌پاشی دو در هزار)، کاربرد اوره ۱۰ در هزار تأثیر معنی‌دار منفی بر صفات تعداد گل و وزن تر گل به ترتیب ۱۲/۶ و ۹/۶ درصدی را باعث گردید. وزن خشک کلاله در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نداشت (جدول ۷). در توجیه نتایج فوق شاید بتوان محرک‌های رشد موجود در جلبک‌دریایی، سایتوکنین‌های ترانس- زآتین، مواد اکسینی، بتائین و مواد شبه بتائین که باعث افزایش میزان کلروفیل یا ممانعت از تخریب کلروفیل می‌شوند، را عامل افزایش عملکرد از طریق افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات‌ها توسط کلروفیل دانست. کمترین و بیشترین تعداد گل به ترتیب با ۳۲/۲ و ۵۷/۲ عدد در متر مربع درتیمار عدم کاربرد عصاره جلبک‌دریایی و اوره و تیمار دو لیتر در هکتار عصاره جلبک‌دریایی و اوره هفت در هزار بدست آمد. این افزایش معادل ۷۷/۸ درصد نسبت به شاهد بود. در پژوهش امیدی و همکاران (*Omidi et al., 2009*) تیمار نوع کود نیتروژن بر عملکرد زعفران تأثیر معنی‌داری داشت و بیشترین عملکرد زعفران خشک در مصرف کود اوره و مصرف کود زیستی بدست آمد که موجب افزایش ۸۳ درصدی عملکرد نسبت به شاهد شد. دلیل احتمالی کاهش عملکرد در تیمار بالاترین میزان غلظت اوره و عصاره جلبک‌دریایی، افزایش میزان عناصر غذایی بر روی برگ و متعاقب آن وقوع عارضه برگ‌سوزی می‌باشد. به طورکلی، با افزایش مصرف عصاره جلبک دریایی، کاربرد کود اوره کاهش و این موضوع گامی در جهت کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است. محلول‌پاشی برگی کودهای با منشا جلبک دریایی، کارآیی میزان جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه از خاک را افزایش داده و تا حدی مانع آبشویی نیتروژن از خاک می‌شود *(Liu et al., 2007)*.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل جلبک دریایی و کود ریزمغذی بیانگر آن است که گرچه در شرایط عدم کاربرد جلبک دریایی، کاربرد ریزمغذی نسبت به عدم کاربرد این کود منجر به افزایش معنی‌دار تعداد گل در متر مربع و عملکرد کلاله خشک زعفران شد، اما بیشترین افزایش این صفات در شرایط برگ‌پاشی دو در هزار جلبک دریایی مشاهده گردید، به طوری‌که کاربرد ریزمغذی در شرایط برگ‌پاشی دو در هزار جلبک دریایی، تعداد گل در متر مربع، عملکردهای وزن تر گل و وزن خشک کلاله را به ترتیب ۲۹، ۳۳/۷ و ۳۲ درصد افزایش داد (جدول ۸).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل جلبک‌دریایی و کود ریزمغذی نشان داد که بیشترین تعداد گل، وزن تر گل و عملکرد خشک کلاله با میانگین‌های به ترتیب ۵۷/۸۳ گرم در متر مربع، ۲۴/۰۶ گرم در متر مربع و ۲/۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۱۰ در هزار اوره و کاربرد دو لیتر ریزمغذی بدست آمد که از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تعداد گل تفاوتی با تیمار هفت در هزار اوره و کاربرد دو در هزار ریزمغذی نداشت، اما با سایر صفات تفاوت معنی‌دار داشت. از طرفی، کمترین مقادیر صفات مذکور در تیمار عدم مصرف کود حاصل گردید. فراهمی متعادل عناصر غذایی نقش بسیار مهمی در گل‌انگیزی و بهبود رشد بنه‌های مادری زعفران ایفاء می‌کند (*Behdani et al., 2005; Behdani et al., 2006; Koocheki et al., 2011; Rezvani Moghaddam et al., 2013a; Rezvani Moghaddam et al., 2013b*).

بنابر نتایج تحقیقات اکبریان و همکاران (*Akbarian et al., 2012*) محلول‌پاشی با پتاسیم، روی و آهن، طول برگ و عملکرد گل زعفران را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. ارزیابی میانگین مربعات صفات گل (جدول ۵) نشان داد که برهمکنش برگ‌پاشی کود اوره و ریزمغذی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود داشت. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل برگ‌پاشی کود اوره و ریزمغذی بیانگر آن است که هر چند در شرایط عدم محلول‌پاشی اوره، هفت در هزار و ۱۰ در هزار اوره کاربرد ریزمغذی نسبت به عدم کاربرد این کود منجر به افزایش معنی‌دار تعداد گل در متر مربع، وزن تر گل و عملکرد کلاله خشک زعفران شد، اما بیشترین افزایش این صفات در شرایط هفت در هزار

اوره مشاهده گردید، به طوری که کاربرد ریزمغذی در این شرایط تعداد گل، وزن تر گل و عملکرد کلاله خشک را به ترتیب ۱۲/۶، ۲۳/۰۲ و ۲۵/۷۳ درصد و در برگ‌پاشی ۱۰ در هزار به ترتیب ۶۷/۰۱، ۴۱/۷ و ۴۶/۵۲ درصد افزایش داد (جدول ۹).

اونال وکاوسوگلو (*Unal & Cavusoglu, 2005*) در بررسی اثر انواع کودهای شیمیایی بر زعفران اظهار نمودند که بیشترین وزن تر گل و وزن خشک کلاله مربوط به تیمارکود شیمیایی اوره بود. همچنین بالاترین تعداد گل در تیمار مصرف کود اوره و کمترین تعداد گل در شاهد (عدم مصرف کود) بدست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

اثرات متقابل سه‌گانه عصاره جلبک دریایی، اوره و ریزمغذی بر شاخص‌های گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها کمترین مقدار شاخص‌های گل در تیمار عدم استفاده از این کودها (شاهد) و بالاترین تعداد گل با ۶۱/۹ گل در متر مربع با کاربرد دو در هزار عصاره جلبک دریایی در تلفیق با ۱۰ در هزار اوره و دو در هزار کود ریزمغذی، وزن ترگل با ۲۸/۵۳ گرم در متر مربع در تیمار کاربرد دو در هزار عصاره جلبک دریایی توام با هفت در هزار اوره و دو در هزار کود ریزمغذی و عملکرد خشک کلاله با ۲/۸۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار ترکیب یک در هزار عصاره جلبک‌دریایی، هفت در هزار اوره و دو در هزار کود ریزمغذی بدست آمد (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد با کاربرد عصاره جلبک دریایی،کارایی جذب نیتروژن و سایر عناصر غذایی افزایش می‌یابد. آزمایش حاضر نشان داد عصاره جلبک دریایی در ترکیب با سایر کودها تأثیر مثبت و معنی‌داری در دستیابی به سطوح بالای عملکرد دارد. در مجموع کاربرد ترکیب یک در هزار عصاره جلبک دریایی جلبک‌دریایی توام با هفت در هزار اوره و دو در هزار ریزمغذی با عنایت به قرارگیری در یک گروه آماری و عدم اختلاف معنی‌دار با تیمارهای حداکثری ذکر شده، مطلوبیت بیشتری را دارا می‌باشد.

شاخص‌های برگ و بنه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) تمام صفات اندازه‌گیری شده برگ و بنه در واکنش به عصاره جلبک‌دریایی، اوره و ریز مغذی بود (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) با افزایش مصرف عصاره جلبک دریایی مقادیر تمامی صفات افزایش یافت. درصد افزایش نسبت به شاهد در صفات بنه بیش از برگ بود. بیشترین درصد افزایش نسبت به شاهد در وزن تر و خشک بنه به ترتیب به میزان ۶۱/۹۵ و ۶۲ درصد مشاهده گردید. در مطالعه کامل (*Kamel, 2018*) مصرف کود ریزمغذی حاوی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش طول برگ، تعداد بنه در واحد سطح، عملکرد بنه، وزن خشک برگ، تعداد جوانه در بنه، متوسط وزن بنه، درصد وزنی بنه‌های کمتر از چهار گرم و درصد وزنی بنه‌های ۸-۴ گرم گردید، اما درصد وزنی بنه‌های بیشتر از هشت گرم را کاهش داد. به نظر می‌رسد کودهای زیستی از طریق کمک به جذب نیتروژن و فسفر و نقش این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم-های مورد نیاز گیاه، می‌توانند باعث افزایش بافت‌های فتوسنتزی و افزایش تولید اسانس شوند (*Mohammadpoor et al., 2015*). عصاره به دست‌آمده از این جلبک حاوی مواد مختلف از جمله شبه هورمون‌های محرک رشد، عناصر غذایی و انواع مواد ضد تنش می‌باشد. این کودها، با افزایش تعداد، طول و حجم ریشه‌ها در گوجه فرنگی باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش طول، قطر، وزن میوه و عملکرد گردید (*Crouch et al., 1992*). به طورکلی، بالاترین مقدار صفات برگ و تعداد بنه در محلول‌پاشی هفت در هزار اوره و صفات وزن تر و خشک بنه در محلول‌پاشی اوره ۱۰ در هزار اندازه‌گیری شد (جدول ۶). فراهمی سریع و آسان عناصر غذایی در سیستم‌های کودی شیمیایی را می‌توان دلیل اصلی افزایش قابل ملاحظه تعداد و عملکرد بنه در تیمارهای حاوی کود شیمیایی دانست (*Koocheki et al., 2011*). در مطالعات محققین گزارش شده است که افزایش تعداد برگ در اثر کاربرد اوره ناشی از جذب نیتروژن است، زیرا این عنصر با تأثیر بر فرآیند فتوسنتز و تقسیم سلولی منجر به افزایش رشد رویشی و سطح سبز گیاه می‌شود (*Saikia et al., 2010*). واکنش تمامی صفات برگ و بنه نیز به برگ‌پاشی کود ریزمغذی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کمترین افزایش در صفت طول برگ با ۶/۱ درصد و بیشترین

تغییر در صفت وزن خشک بنه با ۴۱/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد در اثر محلول‌پاشی کود ریزمغذی مشاهده گردید (جدول ۶). به طور کلی، میزان افزایش صفات بنه بیش از اندام هوایی بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات برگ و بنه (به استثناء تعداد برگ) در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثر متقابل جلبک دریایی و اوره قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل جلبک دریایی و کود اوره بیانگر آن است که بیشترین مقدار صفات مذکور در تیمار دو در هزار جلبک دریایی و برگ‌پاشی اوره هفت در هزار بدست آمد. همچنین درشرایط عدم کاربرد جلبک دریایی، بیشترین مقدار صفات برگ با کاربرد هفت در هزار کود اوره و بیشترین مقدار صفات بنه را محلول‌پاشی ۱۰ در هزار کود اوره دارا بود. به طور کلی، در غلظت‌های یک و دو در هزار جلبک دریایی علی‌رغم افزایش اکثر صفات برگ و بنه در برگ‌پاشی اوره نسبت به شاهد، ارجحیت کاربرد محلول‌پاشی هفت در هزار اوره بیشتر می‌باشد (جدول ۷).

محققین مختلف تاکید نموده‌اند که محلول‌پاشی برگی با این کودها، کارآیی میزان جذب نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه از خاک را افزایش داده و تا حدی مانع آبشویی نیتروژن از خاک می‌شود (*Cao et al., 2010; Liu et al., 2007*). بنابراین افزایش مصرف کود زیستی جلبک دریایی جایگزینی مناسب برای کود شیمیایی اوره بوده و منجر به پایداری بوم‌نظام‌های زراعی می‌گردد.

براساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش عصاره جلبک دریایی و کود ریزمغذی برای صفات طول برگ، تعداد و وزن خشک برگ غیرمعنی‌دار و برای سایر صفات از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. کمترین مقدار تمامی صفات برگ و بنه به شاهد اختصاص داشت. افزایش مصرف عصاره جلبک دریایی توام با کود ریزمغذی موجب افزایش مقادیر تمامی صفات شد. بیشترین تعداد برگ را تیمار دو در هزار جلبک دریایی توام با دو در هزار ریز مغذی تولید نمود. در سایر صفات برگ و بنه اختلاف تیمارهای یک و دو لیتر در هزار عصاره جلبک‌دریایی در یک گروه آماری قرار گرفته و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود. بنابراین تیمار یک در هزار جلبک دریایی توام با دو در هزار ریز مغذی دارای مطلوبیت بیشتری را دارا می‌باشد (جدول ۸).

تحقیقات نشان داده است کودهای زیستی در ترکیب با کودهای شیمیایی، می‌توانند بر فراهمی ترکیبات، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری متقابل با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه زعفران، نقش داشته باشد (*Naghib et al., 2012*).

بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از عصاره جلبک‌دریایی به علت وجود هورمون‌های رشد در آن و اثر آن‌ها بر روند جذب و حرکت مواد مغذی در گیاه موجب افزایش غلظت مواد مغذی در برگ شده که در نهایت موجب افزایش وزن گیاه خواهد شد (*Sunarpi et al., 2010*). در مطالعات مختلف نشان داده شده که اسیدهای آمینه نقش بسزایی در فعال‌سازی برخی فرایندهای تشکیل قند در میوه‌ها ایفاء می‌کنند. علت این اثرات مثبت می‌تواند وجود ریزمغذی‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی موجود در این کود، به‌ویژه سیتوکنین باشد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشاهدات آزمایش برهمکنش کود اوره و کودکامل بر تمام صفات بجز تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کود اوره و کود کامل (جدول ۹) بیانگر آن است که استفاده از ریزمغذی به طور معنی‌داری شاخص‌های برگ و بنه را در شرایط عدم مصرف، هفت و ده در هزار محلول‌پاشی گیاه افزایش داد. با این‌وجود، در شرایط عدم برگ‌پاشی کود اوره (شاهد)، استفاده از ریزمغذی بر اکثر این صفات (به استثناء وزن تر بنه) معنی‌دار نبود. همچنین بیشترین افزایش این صفات در شرایط هفت در هزار اوره مشاهده گردید و اکثر صفات بجز طول برگ با محلول‌پاشی ۱۰ در هزار اوره در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی جلبک دریایی و اوره برشاخص‌های مورد مطالعه زعفران

Table 7. Mean comparisons for interaction effects of seaweed and Urea leaf spraying on characteristics of saffron

جلبک دریایی Seaweed ($l.ha^{-1}$)	اوره Urea ($kg.ha^{-1}$)	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Length of leaf (cm)	وزن خشک برگ Leaf dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه Number of corms.m^{-2}	وزن تر بنه Corm fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بنه Corm dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد گل Number flower ($No.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dried weight ($kg.ha^{-1}$)
0	0	5.44^{d*}	22^{e}	22.79^{d}	210.48^{e}	414.81^{e}	244.81^{e}	32.15^{f}	7.87^{f}	1.1^{e}
	7	6.35^{c}	27.8^{bc}	30.46^{ab}	234.08^{de}	438.65^{e}	303.01^{e}	41.27^{de}	12.34^{e}	1.51^{d}
	10	6.04^{cd}	26.33^{d}	26.26^{c}	274.67^{bc}	754^{c}	464.89^{c}	38.92^{e}	15.24^{d}	1.478^{d}
1	0	6.04^{cd}	26.83^{cd}	31.13^{ab}	266.18^{c}	575.99^{d}	397.59^{d}	42.15^{de}	11.74^{e}	1.462^{d}
	7	7.38^{ab}	28^{bc}	29.97^{ab}	352.75^{a}	1017.52^{a}	675.08^{a}	50.7^{bc}	20.6^{b}	2.374^{b}
	10	7.4^{ab}	27.83^{bc}	31.25^{ab}	299.55^{b}	907.2^{b}	549.44^{b}	46.8^{bcd}	16.81^{cd}	1.884^{c}
2	0	7.04^{b}	28.25^{b}	30.66^{ab}	254.8^{cd}	752.55^{c}	466.28^{c}	51.68^{ab}	19.77^{b}	2.049^{c}
	7	7.86^{a}	29.5^{a}	31.88^{a}	348.26^{a}	1011.7^{a}	594.4^{b}	57.16^{a}	25.47^{a}	2.645^{a}
	10	7.73^{ab}	27^{bcd}	28.89^{b}	328.6^{a}	839.06^{b}	579.85^{b}	45.17^{cd}	17.87^{c}	2.06^{c}

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

**Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test*

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی جلبک‌دریایی و ریزمغذی بر ویژگی‌های مورد مطالعه زعفران

Table 8. Mean comparisons for interaction effects of seaweed and micronutrient foliar application on characteristics of saffron

جلبک دریایی Seaweed ($l.ha^{-1}$)	ریزمغذی Micronutrient ($kg.ha^{-1}$)	تعداد برگ Leaf number per corm	طول برگ Length of leaf (cm)	وزن خشک برگ Leaf dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه Number of corm per/ m^{-2}	وزن تر بنه Corm fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بنه Corm dried weigh ($g.m^{-2}$)	تعداد گل Number flower ($No.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dried weight ($kg.ha^{-1}$)
0	0	5.63^{e*}	24.78^{d}	26.13^{d}	234.34^{d}	481.61^{d}	307.79^{d}	33.4^{d}	11.52^{d}	1.282^{e}
	2	6.26^{d}	26^{c}	26.88^{cd}	245.14^{cd}	590.03^{c}	367.34^{c}	41.49^{bc}	12.11^{d}	1.44^{d}
1	0	6.53^{cd}	26.78^{bc}	29.09^{b}	264.55^{bc}	679.9^{b}	441.13^{b}	38.4^{c}	13.89^{c}	1.586^{d}
	2	7.35^{b}	28.33^{a}	32.48^{a}	347.78^{a}	987.24^{a}	640.27^{a}	54.7^{a}	18.88^{b}	2.227^{b}
2	0	6.99^{bc}	27.22^{b}	28.78^{bc}	269.54^{b}	705.74^{b}	430.75^{b}	44.84^{b}	$18.^{b}$	1.944^{c}
	2	8.09^{a}	29.28^{a}	32.17^{a}	351.57^{a}	1029.82^{a}	662.93^{a}	57.83^{a}	24.06^{a}	2.557^{a}

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

**Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.*

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی اوره و ریزمغذی بر ویژگی‌های مورد مطالعه زعفران

Table 9. Mean comparisons for interaction effects of Urea and micronutrient foliar application on characteristics of saffron

اوره Urea ($kg.ha^{-1}$)	ریزمغذی Micronutrient ($kg.ha^{-1}$)	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Length of leaf (cm)	وزن خشک برگ Leaf dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه Number of corms.m^{-2}	وزن تر بنه Corm fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بنه Corm dried weigh ($g.m^{-2}$)	تعداد گل Number flower ($No.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dried weight ($kg.ha^{-1}$)
0	0	6^{c*}	25.56^{c}	27.94^{c}	233.65^{c}	516.47^{c}	348.68^{c}	37.2^{c}	12.19^{e}	1.418^{e}
	2	6.35^{bc}	25.83^{c}	28.44^{bc}	253.99^{bc}	645.77^{b}	390.44^{bc}	46.79^{b}	14.06^{d}	1.652^{d}
7	0	6.66^{b}	27.44^{b}	30.23^{ab}	274.66^{b}	670.83^{b}	419.41^{b}	46.76^{b}	17.46^{c}	1.928^{c}
	2	7.74^{a}	29.44^{a}	31.31^{a}	348.73^{a}	974.44^{a}	628.91^{a}	52.65^{a}	21.48^{a}	2.424^{a}
10	0	6.49^{bc}	25.78^{c}	25.82^{d}	260.11^{b}	679.96^{b}	411.58^{b}	32.68^{c}	13.77^{d}	1.466^{e}
	2	7.62^{a}	28.33^{b}	31.77^{a}	341.77^{a}	986.88^{a}	651.19^{a}	54.58^{a}	19.51^{b}	2.148^{b}

*در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

**Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.*

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی کودهای جلبک دریایی، اوره و ریزمغذی بر ویژگی‌های مورد مطالعه زعفران

Table 10. Mean comparisons for interaction effects of seaweed, Urea and micronutrient fertilizers as foliar application on characteristics of saffron

جلبک دریایی Seaweed ($l.ha^{-1}$)	اوره Urea ($kg.ha^{-1}$)	ریزمغذی Micronutrient ($kg.ha^{-1}$)	تعداد برگ Leaf numbers	طول برگ Length of leaf (cm)	وزن خشک برگ Leaf dried weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه Number of corms.m^{-2}	وزن تر بنه Corm fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بنه Corm dried weigh ($g.m^{-2}$)	تعداد گل Number flower ($No.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dried weight ($kg.ha^{-1}$)
0	0	0	5.13^{f*}	21.67^{h}	22.44^{h}	203.33^{i}	340.59^{j}	216.85^{h}	25.5^{i}	7.33^{f}	1.01^{h}
0	0	2	5.75^{ef}	22.33^{h}	23.14^{gh}	217.62^{hi}	489.04^{hi}	272.77^{h}	38.8^{fg}	8.403^{f}	1.18^{gh}
0	7	0	5.98^{def}	27.67^{cde}	30.17^{bcd}	226.24^{ghi}	382.49^{ij}	297.28^{gh}	40.31^{efg}	12.21^{e}	1.409^{fg}
0	7	2	6.73^{cde}	28^{bcde}	30.75^{bcd}	241.91^{efghi}	494.81^{hi}	308.73^{gh}	42.22^{defg}	12.47^{e}	1.61^{ef}
0	10	0	5.78^{def}	25^{g}	25.77^{efgh}	273.43^{def}	721.77^{ef}	409.25^{ef}	34.4^{gh}	15.02^{d}	1.426^{fg}
0	10	2	6.29^{cde}	27.67^{cde}	26.74^{defg}	275.9^{cdef}	786.23^{cde}	520.52^{d}	43.44^{def}	15.47^{cd}	1.53^{ef}
1	0	0	6.02^{def}	27^{cdef}	30.86^{bcd}	235.72^{fghi}	557.52^{gh}	419.05^{ef}	36.3^{fgh}	11.73^{e}	1.448^{fg}
1	0	2	6.07^{def}	26.67^{defg}	31.4^{abc}	296.65^{cd}	594.46^{gh}	376.13^{fg}	48^{cde}	11.76^{e}	1.475^{fg}
1	7	0	6.71^{cde}	26.33^{efg}	29.14^{bcde}	316.79^{c}	754.46^{def}	466.8^{def}	43.7^{def}	17.76^{c}	1.902^{d}
1	7	2	8.05^{ab}	29.67^{ab}	30.79^{bcd}	388.71^{ab}	1280.18^{a}	883.35^{a}	57.7^{ab}	23.44^{b}	2.846^{a}
1	10	0	6.86^{cd}	27^{cdef}	27.26^{cdef}	241.13^{efghi}	727.33^{ef}	437.54^{def}	35.2^{fgh}	12.2^{e}	1.409^{fg}
1	10	2	7.93^{ab}	28.67^{bc}	35.24^{a}	357.97^{b}	1087.07^{b}	661.33^{c}	58.4^{ab}	21.43^{b}	2.359^{c}
2	0	0	6.86^{cd}	28^{bcde}	30.52^{bcd}	261.9^{defg}	651.30^{fg}	410.14^{ef}	49.8^{bcd}	17.51^{c}	1.797^{de}
2	0	2	7.22^{bc}	28.5^{bcd}	30.79^{bcd}	247.7^{efgh}	853.80^{cd}	522.42^{d}	53.57^{abc}	22.03^{b}	2.3^{c}
2	7	0	7.28^{bc}	28.33^{bcd}	31.37^{abc}	280.95^{cde}	875.14^{c}	494.14^{de}	56.28^{abc}	22.4^{b}	2.473^{c}
2	7	2	8.44^{a}	30.67^{a}	32.38^{ab}	415.57^{a}	1148.32^{b}	694.65^{bc}	58.03^{ab}	28.53^{a}	2.816^{ab}
2	10	0	6.83^{cde}	25.33^{fg}	24.44^{fgh}	265.77^{defg}	590.79^{gh}	387.97^{fg}	28.43^{hi}	14.11^{de}	1.563^{ef}
2	10	2	8.62^{a}	28.67^{bc}	33.34^{ab}	391.43^{ab}	1087.33^{b}	771.73^{b}	61.9^{a}	21.63^{b}	2.557^{bc}

*در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

**Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.*

از سوی دیگر، بررسی جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد کمترین میزان صفات مختلف مربوط به تیمار دوگانه عدم کاربرد اوره و کود ریزمغذی بود. ترکیب اوره و کود ریزمغذی باعث افزایش اکثر صفات گردید. به طوری که درصد افزایش در صفات مرتبط با بنه بیش از برگ بود. احتمالاً در زعفران بنه‌ها مخزن قوی‌تری بوده و بیشتر مواد فتوسنتزی از برگ به اندام‌های زیر زمینی تخصیص یافته است.

اثرمتقابل سه‌گانه عصاره جلبک‌دریایی، اوره و ریزمغذی بر صفات تعداد، طول و وزن خشک برگ معنی‌دار نبود و در مورد سایر صفات اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد (جدول ۵). حداقل صفات اندازه‌گیری‌شده برگ و بنه در سه گانه عدم کاربرد کود (شاهد) بدست آمد (جدول ۱۰). بیشترین مقادیر صفات تعداد و طول برگ، با محلول-پاشی سه‌گانه یک در هزار عصاره جلبک‌دریایی، هفت در هزار اوره و دو در هزار کود ریزمغذی تولید شد. کرمانی (*Kirmani et al., 2014*) نیز نشان داد که اثر مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد کلاله زعفران بهتر از کاربرد منفرد هر یک از آن‌ها بود که این موضوع می‌تواند نشان دهنده اثر مثبت کودهای زیستی بر جذب و افزایش کارایی کودهای شیمیایی مورد استفاده محسوب شود. در ارتباط با تعداد، وزن تر و خشک بنه، کاربرد سه‌گانه دو در هزار عصاره جلبک دریایی، هفت در هزار اوره و دو در هزار کود ریزمغذی ارجحیت بیشتری را دارا می‌باشد.

به نظر می‌رسد که مصرف هفت در هزار اوره باعث رشد و افزایش شاخص‌ها شده و بیشتر از آن بر اساس قانون بازده نزولی اثرات بازدارنده اوره ظاهر و منجر به کاهش عملکرد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های مدیریت مناسب مصرف عناصر غذایی در جهت افزایش عملکرد، به‌کارگیری محلول‌پاشی کودها به عنوان مکمل همراه با مصرف تقسیطی در مراحل کاشت و داشت زعفران است. نتایج این آزمایش مبین اثر مثبت کاربرد عصاره جلبک‌دریایی در افزایش عملکرد تمامی صفات اندازه‌گیری شده زعفران است کاربرد دو لیتر در هکتار عصاره جلبک‌دریایی صفات وزن خشک کلاله، تعداد گل و وزن خشک بنه را به ترتیب ۶۵/۳۱، ۳۷/۰۶ و ۶۲ درصد افزایش داد. استفاده از عصاره جلبک به عنوان یک نوع کود بیولوژیکی می‌تواند در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی زعفران مؤثر باشد و در بین سطوح مصرفی، برگ‌پاشی دو در هزار عصاره جلبک دریایی، بیشترین تأثیر را در افزایش صفات عملکردی زعفران داشت. طبق نتایج حاصل از آزمایش اثر محلول‌پاشی اوره بر تمامی صفات معنی‌دار بود. به طور کلی، محلول‌پاشی اوره هفت در هزار عملکرد بالاتری نسبت به کاربرد ۱۰ در هزار اوره دارا بود. بیشترین وزن خشک کلاله، تعدادگل و تعداد بنه در محلول‌پاشی هفت در هزار اوره به دست آمد.

اثر کود ریزمغذی بر روی تمامی صفات معنی‌دار و با محلول‌پاشی دو در هزار کود ریزمغذی افزایش یافت. در این پژوهش، تیمار محلول‌پاشی دو در هزار عصاره جلبک دریایی توام با هفت در هزار اوره و دو در هزار کود ریزمغذی بیشترین تأثیر را در اکثر صفات مهم عملکردی باعث شد. بنابراین با در نظر گرفتن جمیع جهات می‌توان محلول‌پاشی برگی کودهای عصاره جلبک‌دریایی، اوره و کود ریزمغذی را برای تولید بنه-های درشت‌تر زعفران و همچنین کسب عملکرد مطلوب به کشاورزان و تولیدکنندگان توصیه نمود.

منابع

Abarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., oormohammadi, G.H., and Darvish Kojouri, F., 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (Crocus sativa). Ann. Biol. Res. 3(12), 5651-5658. [in Persian with English Summary].

Alam, M.Z., Braun, G., Norrie, J., and Hodges, D.M., 2013. Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. Can. J. Plant Sci. 93, 23–36.

Amirghasemi, T., 2001. Saffron, Red Gold of Iran. Ayandegan Publication. Tehran, Iran. [in Persian].

Behdani, M.A., Koocheki A., Nassiri, M., Rezvani, P., 2005. Evaluation of quantitative relationships between

saffron and nutrition (On farm trial). J Agric. Res. 3(1), 1-14. [In Persian with English Summary].

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

Blunden, G., Jenkins, T., and Liu, Y., 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. J. Appl. Phycol. 8, 535-543.

Cao, J., Peng, Z., Huang, J., Yu, J., Li, W., Yang, L., and Lin, Z., 2010. Effect of foliar application of amino acid on yield and quality of flowering Chinese cabbage. Chinese Agric. Sci. Bull. 26, 162-165.

Crouch, I., and van Staden, J., 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Plant Growth Regul.13, 21-29.

Del Poso, A., Perez, P., Gutierrez, D., Alonso, A., Morcuende, R., and Martinez-Carrasco, R., 2007. Gas exchange acclimation to elevated CO_2 in upper-sunlit and lower-shaded canopy leaves in relation to nitrogen acquisition and partitioning in wheat grown in field chambers. Environ. Exp. Bot. 53, 371-380.

Dore, T.J., Meynard, M., and Sebillote, M., 1998. The role of grain number, nitrogen nutrition and stem number in limiting pea crop (Pisum sativum) yield under agricultural conditions. Eur. J. Agron. 8, 29-37.

Feli, A., Maleki Farahani, S., Besharati, H., The impact of chemical urea fertilizer and different organic and biofertilizers on both quantitative and qualitative yield and some soil properties in cultivation of saffron (Crocus sativus L.). Crop Improv. (J. Agric. Crops Prod.). 20(2), 345-356. [in Persian With English Summary].

Ghorbani, R., and Koocheki, A. 2006. Organic saffron in Iran: Prospects challenges. Proceedings of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran. 28-30 October 2006, p. 369-374. [in Persian].

Haider, M.W., Ayub, C.M., Pervez, M.A., Asad, H.U., Manan, A., Raza, S.A., Ashraf, I., 2012. Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (Solanum tubersoum L.). Soil Environ. 31(2), 157-162.

Hankins, S.D., and Hockey, H.P., 1990. The effect of a liquid seaweed extract from Ascophyllum nodosum (Fucales, Phaeophyta) on the two-spotted red spider mite Tetranychus urticae. Hydrobiologia. 204, 555-559.

Hosseini, M., Sadeghi and, B., and Aghamiri, S.A., 2004. Influence of foliar fertilization on yield of saffron (Crocus sativus L.). In: Proceedings of the 1st International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. Acta Hortic. (ISHS). 650, 207-209.

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laîné, P., Goux, D., Garnica, M., Fuentes, M., Brassica napus growth is promoted by Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol. seaweed extract: Microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. Journal of Plant Growth Regulation, March 2013.

Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A., 2002. Saffron: Production and Processing. Zaban va Adab Press, Iran. 276 pp. [in Persian].

Kamel, P., 2018. Effect of time and amount of total fertilizer containing seaweed extract on growth characteristics of aerial parts and saffron. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Sabzvar, Iran. [in Persian With English Summary].

Khorasani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Hassanzadeh Aval, F., 2013. Effect of concentration, time and frequency of foliar applications on vegetative growth and production of replacement corms of saffron (Crocus sativus L.) by using a complete nutrient solution. In: Proceeding of the 2nd National

Conference on the Newest Scientific and Research Findings on Saffron. Torbat Heydariyeh, Iran, October 30, p. 40. [in Persian].

Kirmani, N.A., Sofi, J.A., Bhat, M.A., and Ansar-Ul-Haq, S., 2014. Sustainable saffron production as influenced by integrated nitrogen management in typical hapludalfs of NW Himalayas. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 45: 653-668.

Koocheki, A., 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference production in Iran. Acta Hort. 650, 175-182

Koocheki, A., 2013. Research on production of Saffron in Iran: Past trend and future prospects. Saffron Agron. & Technol. 1(1), 3-21. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, 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. Water Soil. 25, 196-206. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A.R., Amir Moradi, S., Shabahang, J., and Kalantari Khandani, S., 2013. Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plants Plantago Ovata Forssk., Alyssum homolocarpum L., Lepidium perfoilatum L., and Lalementia iberica L. Journal of Agroecol. 1, 16-26. [in Persian with English Summary].

Liu, X.Q., Ko, K.Y., Kim, S.H., and Lee, K.S., 2007. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 39, 269-281.

Macdonald, J.E., Hacking, J., Weng, Y., and Norrie, J., 2012. Root growth of containerized lodgepole pine seedlings in response to Ascophyllum nodosum extract application during nursery culture. Can. J. Plant Sci. 92, 1207-1212.

Mohammadpoor Vashvaei, R., Ghloy, M., Rmroodi, M., and Fakheri, B., 2015. Effects of drought and inoculation with biofertilizers on growth, yield and essential oil of Thymus vulgaris L. J. Agroecol. 7(2), 237-253. [in Persian with English Summary].

Mokhtari, M., 2014. Effect of nitrogen fertilizer rate and nutrient uses on agronomic traits of saffron. Fourth National Conference on Saffron. Bozorgmehr Branch Ghaenat, Iran. [in Persian].

Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nejad Ali, A., 2011. The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (Foeniculum vulgare). J. Hort. Sci. 25(1), 25-33. [in Persian with English Summary].

Naghibi, M., 2012. The effects of biological and chemical fertilizers sprayed on performance and features corms flower (Crocus sativus L.). National Conference on Environment and Plant Production, 6th-7th Sep. Semnan, Iran. [in Persian with English Summary].

Norrie, J., and Keathley, J., 2006. Benefits of Ascophyllum nodosum marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. Acta Hort. 727, 243-245.

Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi H., and Fotoukian, M.H., 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Medicin. Plant. 8, 98-09. [in Persian with English Summary].

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., min Ghafori, A., and Shabahang, J., 2013a. Evaluation of growth and yield of saffron (Crocus sativus L.) affected by spent mushroom compost and corm density. J. Saffron Res. 1(1), 13-26. [in Persian with English Summary].

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M., 2013. Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (Crocus sativus L.). Iran. J. Crop Sci. 15, 234-246. [in Persian with English Summary].

Saeedi Rad, M., and Mokhtarian, A., 2013. Scientific and practical principles of planting and harvesting of saffron. Sarva publications, Tehran, Iran. [in Persian with English Summary].

Saikia, S.P., Dutta, S.P., Goswami, A., Bhau, B.S., and Kanjilal, P.B., 2010. Role of Azospirillum in the improvement of legumes. In: Microbes for Legume Improvement; Springer Vienna p. 389-408.

Salem, A.T., and Kilany, S., 2004. The influence of NPK, phosphorus source and potassium foliar application on growth and fruit quality Thompson Seedless grapevines. J. Acta Hort. 460, 163-173.

Stirk, W., and van Staden, J., 1997. Isolation and identification of cytokinins in a new commercial seaweed product made from Fucus serratus L. J. Appl. Phycol. 9, 327-330.

Sunarpi, J.A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N.I., and Nikmatullah, A., 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. Bioscience. 2(2), 73-77.

Taghadosi, M., Hasani, N., and Sinki, J., 2012. Irrigation stress and spraying with humic acid and seaweed extract in antioxidant enzymes and proline in sorghum. Crop Prod. Environ. Stress. 4(1), 1-12. [in Persian with English Summary].

Torabi, M., and Sadeghi, B., 1995. Pattern of nutrient changes in leaf and corm of saffron during growth period. Abstract of the Second National Symposium on Saffron and Medicinal Plants. 8^{th}-9^{th} November, Gonabad, Iran. [in Persian].

Unal, M., and Cavusoglu, A., 2005. The effect of various nitrogen fertilizers on saffron (Crocus sativus L.) yield. Akdeniz Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi. 18(2), 257-260.

Zabihi, H., Rezayain, S., Ghasemzadeh-Ghanji, M., and Passban, M., 2011. Tempeoral changes of nutrient element in leaf saffron. 12^{th} Iranian Soil Science Congress, Tabriz, Iran. [in Persian with English Summary].

Zhang, X., 1997. Influence of plant growth regulators on turfgrass growth, antioxidant status, and drought tolerance. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

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

p. 141-159

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2019.2064.1080

University of Birjand

Original Article:

Effects of Foliar Application of Seaweed, Urea and Micronutrient Fertilizers on Yield and its Components of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Ghorban Azizi[1], Seyyed Gholamreza Musavi[2*], Mohammad Javad Seghatoleslami[2], Mansour Fazeli Rostampour[3]

1- PhD. Student, Islamic Azad University, Birjand, Iran.

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.

3- Assistant Professo, Department of Agronomic Research, Agricultural and Natural Resources Research Center, Sistan, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Zabol, Iran.

**Corresponding author Email: s_reza1350@yahoo.com*

Received 22 January 2019; Accepted 16 November 2019

Abstract

Nutrition management is one of the most important parameters in determining the yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). In order to study the effects of foliar application on flower and corm yield of saffron, a field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design during growing season of 2016-2017 at a private farm in Bojd village of Birjand, Iran. Treatments included three levels of seaweed (Acadian) (control, 1 and 2 liters per thousand), three levels of Urea (such as control, 7 and 10 per thousand) and two levels of micronutrient (MICROMIX ECOQUEL) fertilizers (including control and 2 per thousand). The results revealed that the effect of seaweed on all measured traits was positive and significant. The application of 2 l.ha^{-1} seaweed was increased dried weight of stigma, the number of flower, corm dried weight and dried weight of leaf up to 65.32, 37.06, 61.99 and 16.15 percent compared to control, respectively as ($P\leq0.01$). The effect of Urea foliar application on the all measured traits was significant. The highest dry yield of stigma by 41.3% as compared to control was produced in 7 kg.ha^{-1} urea foliar application. The effect of foliar micronutrient was positive and significant on all measured traits. Generally, application of 2 L.ha^{-1} of seaweed, 7 kg of urea and 2 kg of micronutrient had the highest yield in most of the measured traits. Overall, the use of ecologic fertilizers while reducing the consumption of chemical fertilizers and mitigating environmental pollutions, will be an effective and promising step towards sustainable agriculture.

Keywords: Acadian, Dried weight stigma, Foliar application, Nitrogen, Seaweed.