نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۳۰۹-۲۹۶
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2018.1663.1063

مقاله پژوهشی:

تأثیر سطوح عصاره جلبک و وزن بنه مادری بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و رشد رویشی و زایشی زعفران (*Crocus sativus* L.)

محمدحسین امینی‌فرد[1*]، سکینه خندان ده‌ارباب[2]، حمیدرضا فلاحی[3]، حامد کاوه[4]
۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گرایش گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات و عضو گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربت حیدریه و پژوهشگر پژوهشکده زعفران، تربت‌حیدریه، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات مصرف عصاره جلبک و وزن بنهٔ مادری بر رشد رویشی، عملکرد گل و غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل عصاره جلبک دریایی (بصورت غوطه‌وری بنه به مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های صفر، ۱۵ و ۳۰ قسمت در هزار قبل از کاشت و سپس مصرف صفر، ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار همراه با آبیاری اول) و وزن بنه مادری [ریز (کمتر از ۴ گرم)، متوسط (۸- ۴/۱) و درشت (۱۲- ۸/۱ گرم)] بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد گل، عملکرد گل، وزن تر و خشک کلاله، طول کلاله، وزن برگ، تعداد و طول برگ، محتوای کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل بودند. نتایج نشان داد که کاربرد عصاره جلبک بر عملکرد گل، عملکرد کلاله، وزن برگ و میزان کلروفیل *a* تأثیر معنی‌دار داشت. بیشترین عملکرد گل (۱/۲۹ گرم در مترمربع)، عملکرد کلاله خشک (۰/۰۵۹ گرم در مترمربع)، وزن خشک برگ (۰/۰۹۲ گرم در بوته) و کلروفیل *a* (۱/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ) از تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک و کمترین مقادیر عملکرد گل (۱/۰۶۱ گرم در متر مربع)، عملکرد کلاله خشک (۰/۰۵۲ گرم در متر مربع)، وزن خشک برگ (۰/۰۷۶ گرم در بوته) و کلروفیل *a* (۰/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در گیاهان شاهد (عدم مصرف عصاره جلبک) به‌دست آمد. با این وجود، از حیث صفات ذکر شده، تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک یافت نشد. وزن بنه‌های مادری نیز، تمامی صفات مورد بررسی را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داد. بیشترین تعداد گل (۴/۷ در مترمربع)، طول کلاله (۳۳/۶ میلی‌متر)، تعداد برگ (۹/۳ عدد در بوته) و طول برگ (۳۳/۶ سانتی‌متر) از بنه‌های مادری درشت و کمترین میزان تمامی این صفات در شرایط استفاده از بنه‌های مادری ریز به‌دست آمد. بر اساس نتایج حاصل از اثر متقابل وزن بنه و عصاره جلبک، بیشترین محتوای کلروفیل *b* و کل (به‌ترتیب ۱/۷۹ و ۲/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ) در گیاهان حاصل از بنه‌های مادری درشت و تغذیه شده با مقدار ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک حاصل شد. در مجموع، مصرف عصاره جلبک به میزان ۳۰ لیتر در هکتار و کاشت بنه‌های مادری درشت موجب افزایش رشد و عملکرد زعفران شد.

کلمات کلیدی: بنه، کلاله، کلروفیل، گلدهی، مدیریت تغذیه.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گران‌ترین ادویه جهان به‌حساب می‌آید. قسمت خوراکی و مورد استفاده زعفران کلاله می‌باشد. تکثیر زعفران زراعی منحصراً از طریق پیازهای توپر یا سوخ‌ها صورت می‌گیرد. این گیاه در کشورهایی مانند ایران، هند، پاکستان، مراکش، یونان، اسپانیا و ایتالیا کشت می‌گردد (*Fallahi et al., 2017; Fallahi & Mahmoodi, 2018*). در حال حاضر، ایران بزرگترین تولید کننده و صادر کننده زعفران در جهان است که با تولید سالانه بیش از ۳۰۰ تن کلاله خشک، بیش از ۹۰ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (*Fallahi et al., 2018*).

امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریعترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک گسترش چشم‌گیری یافته است (*Sharifi Ashourabadi, 1998*). در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد (*Ghost & Bhat, 1998*). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده گردد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه به پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز منجر شود (*Murty & Ladha, 1988*). با مدیریت صحیح حاصل‌خیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارایی مصرف نهاده‌های زراعی را نیز افزایش داد. در راستای بهره‌گیری از منابع طبیعی به‌عنوان جایگزین‌های ارزان و سالم برای کودهای شیمیایی، کاربرد نهاده‌های زیستی از جمله عصاره جلبک دریایی یکی از راهکارهای اکولوژیک تأمین حاصل‌خیزی خاک می‌باشد (*Kocira et al., 2013*). در حال حاضر استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌میزان فراوان در کشورهایی مانند انگلیس، رومانی، چین و فرانسه برای تولید محصولات گیاهی سالم، رو به افزایش است (*Verkleij, 1992*). عصاره جلبک دارای کربوهیدرات و سایر ترکیبات آلی است که باعث بهبود خصوصیات و ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. همچنین در این عصاره مقادیر بالایی پتاسیم و نیز سایر مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند (*Crouch & Staden, 1993*).

نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری و بهبود تحمل در شرایط بروز تنش‌های محیطی می‌شود (*Ludwig-Muller, 2000*). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول‌پاشی عصارهٔ جلبک با نام تجاری *Primo* و با غلظت ۲۵۰ میلی‌لیتر در ۵۰۰ لیتر آب در هر هکتار، عملکرد غده را در گیاه سیب‌زمینی به میزان ۲۰ درصد افزایش داد و کیفیت محصول تولیدی را نیز بهبود بخشید (*Haider et al., 2012*). در مطالعهٔ دیگری با مصرف عصاره جلبک در گیاه گوجه فرنگی بیان شد که محلول‌پاشی و کاربرد خاکی عصاره جلبک در غلظت ۰/۱ تا ۰/۸ درصد باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه گردید (*Kumari et al., 2011*). محققین دیگری نیز افزایش رشد و عملکرد را در نتیجه کاربرد عصاره جلبک در گیاهان ماش (*Kannan & Tamilselvan., 1990*)، ذرت (*Bishat et al., 2012*) و نخود (*Hagh parast et al., 2013*) گزارش کرده‌اند. در خصوص تأثیر عصاره جلبک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز بسیم‌فر و همکاران (*Bassim Far et al., 2015*) بیان داشتند که مصرف این ترکیب به‌طور معنی‌داری میزان کلروفیل کل برگ ماش را افزایش داد. در آزمایشی مصرف عصاره جلبک (*Ascophyllum nodosum*) با غلظت ۲ گرم بر لیتر، طول دوره گلدهی زعفران را حدود سه روز افزایش داد (*Bozorgi et al., 2014*).

در کنار مدیریت عناصر غذایی، اندازه بنهٔ مادری نیز از عوامل اصلی و تعیین کننده ظرفیت گلدهی زعفران است (*Sadeghi, 1993*). مطالعات نشان داده است که رابطه نزدیکی بین اندازه بنه و گل‌دهی در زعفران به‌ویژه در اولین سال کاشت گیاه وجود دارد (*Koocheki et al., 2016; Fallahi et al., 2017*). حسن‌زاده اول و همکاران (*Hassanzadeh Aval et al., 2013*) گزارش کردند که با افزایش وزن بنه مادری تعداد گل و عملکرد کلاله خشک در واحد سطح در سال اول گلدهی افزایش یافت. در تحقیق دیگری با کاشت بنه‌های مادری با وزن متفاوت مشخص گردید که بنه‌های بزرگ، سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتری در طی دوره رشد زعفران دارند (*Renua-Morata et al., 2012*).

تولید زعفران بر مبنای اصول اکولوژیک به دلیل مصارف گسترده‌ای که این گیاه در صنایع غذایی و دارویی دارد، حائز اهمیت است. بر این مبنا هدف از اجرای این تحقیق

ارزیابی تأثیر مصرف عصاره جلبک دریایی در سطوح مختلف وزن بنه مادری، بر رشد و عملکرد این گیاه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح وزن بنه [ریز (کمتر از ۴ گرم)، متوسط (۸- ۴/۱) و درشت (۱۲- ۸/۱ گرم)] و سه سطح عصاره جلبک دریایی (صفر، ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار) تعیین شدند.

قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه-برداری گردید (جدول ۱). پس از انجام عملیات آماده-سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح زمین، کرت‌هایی به ابعاد ۲× ۲ متر (چهار مترمربع) ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) در نظر گرفته شد. هم‌زمان با آماده‌سازی کرت‌ها، به‌منظور اجتناب از مخلوط شدن آب کرت‌ها با یکدیگر، برای هر تکرار جوی آبیاری جداگانه‌ای در نظر گرفته شد و آبیاری به‌صورت سیفونی انجام گرفت. آبیاری اول پس از کاشت به‌صورت عرقابی انجام شد. آبیاری‌های بعدی طبق عرف منطقه در پنج نوبت (پس از برداشت گل‌ها، اوایل آذرماه، اواسط دی‌ماه، اواخر اسفند و اواسط اردیبهشت‌ماه) انجام گرفت. مقدار آب مصرفی در هر نوبت حدود ۷۰۰ مترمکعب در هکتار و هدایت الکتریکی آب مصرفی نیز حدود ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود.

از آنجا که انتخاب بنه مرغوب جهت کاشت در ایجاد عملکرد بالا حائز اهمیت است، لذا بنه‌های مادریِ سالم و بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری از شهرستان قائن برای کشت تهیه شد. بنه‌های زعفران پس از جداسازی قسمتی از پوشش سطحی فلس‌ها، در گروه-های وزنی ذکر شده طبقه‌بندی شدند. کاشت بنه‌ها به روش دانه تسبیحی در ۱۵ مهرماه سال ۱۳۹۵ در شیارهایی با عمق ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین‌ردیفی ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیفی ۱۰ سانتی‌متر با تراکم ۵۰ بنه در متر مربع صورت گرفت.

عصاره جلبک با نام تجاری اگری‌تکنو (*Agritecno*) ساخت کشور ایران و طبق مقادیر و روش توصیه شده توسط شرکت سازنده، قبل از کاشت به‌صورت غوطه‌وری بنه‌ها (به مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های ۱۵و ۳۰ قسمت در هزار به‌ترتیب برای سطوح ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک) و همچنین همراه با آبیاری اول (به مقدار ۱۵ یا ۳۰ لیتر در هکتار)، زمانی که کرت‌ها به‌صورت یکسان غرقاب شدند، مصرف شد. خصوصیات شیمیایی عصاره جلبک مورد استفاده، در جدول (۲) آورده شده است. آبیاری اول بعد از کاشت (پانزدهم مهرماه) و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول به‌منظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. پنج روز پس از آبیاری دوم، عملیات سله‌شکنی به جهت اینکه جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون بیایند و رشد مطلوبی داشته باشند انجام گرفت.

برداشت گل‌های زعفران به‌مدت حدود سه هفته در اولین ساعات صبح از اوایل تا اواخر آبـان‌ماه سال ۱۳۹۵، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و ۲۰ سانتی-متر از ابتدا و انتهای هر کرت) به‌صورت روزانه صورت گرفت. پس از شمارش و توزین جداگانهٔ گل‌های مربوط به هر کرت، قسمت‌های مختلف گل در آون الکتریکی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید.

اندازه‌گیری اجزاء رویشی گیاه شامل میانگین تعداد برگ در هر بوته، طول برگ و وزن برگ و نیز محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کلروفیل کل) در اواسط اسفندماه صورت گرفت. برای تعیین محتوای کلروفیل از برگ‌های جوان توسعه یافتهٔ گیاه استفاده شد. اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل a، b و کلروفیل کل با استفاده از روش آرنون (*Arnon, 1967*) صورت پذیرفت. برای این منظور ۰/۲ گرم از بافت تر برگ در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد و سپس حجم محلول با استون به ۲۰ میلی‌لیتر رسید. محلول به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. سپس میزان کلروفیل a در طول موج ۶۶۳ نانومتر و کلروفیل b در طیف جذبی ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای تعیین غلظت کلروفیل معادلات زیر مورد استفاده قرار گرفت (*Arnon, 1967*).

$$Chlorophyll\ a = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)\ V/100W$$

$$Chlorophyll\ b = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)\ V/100$$

$Chlorophyll\ total = (20.2 \times A645 + 8.02 \times A663) \times V \times 1000/W$

در این معادلات V= حجم محلول صاف شده، A= جذب در طول موج‌های قرائت شده و W= وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشند.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار *SAS 9.1* استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- physical and chemical properties of soil used in experiment

بافت Texture	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	مواد آلی (درصد) Organic Matter (%)	نیتروژن کل Total N (%)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P
لومی Loam	7.7	3.4	0.68	0. 08	230	40

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود عصاره جلبک

Table 2- chemical properties of algae extract.

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	پتاسیم کل (٪) Total K (%)	فسفر کل (٪) Total P (%)	ماده آلی (٪) Total Organic matter (%)	عصاره جلبک (٪) Seaweed extract (%)
7.1	3.2	2.5%	15%	7%	16%

نتایج و بحث

تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار وزن بنهٔ مادری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد گل زعفران بود، امّا بین سطوح مختلف عصاره جلبک و اثر متقابل این دو عامل، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش وزن بنه، تعداد گل زعفران افزایش یافت. بطوریکه، با افزایش وزن بنه مادری کشت شده از ۴ – ۰/۱ به ۱۲ – ۸/۱ گرم، تعداد گل ۲/۸ برابر شد (جدول ۴). مشابه نتایج تحقیق حاضر، محققین دیگری نیز بیان داشتند که کاشت بنه‌های بزرگ‌تر به‌ویژه در سال اول گلدهی علاوه بر افزایش تعداد گل، میزان عملکرد اقتصادی بیشتری را تولید می‌کند (*Behdani et al., 2008; Fallahi et al., 2017*). نتایج نصیری‌خراسانی و همکاران (*Nasiri Khorasani et al., 2011*)، گرستا و همکاران (*Gresta et al., 2008*) و امیدبیگی و همکاران (*Omid Beigi et al., 2000*) نیز حاکی از وجود همبستگی مثبت بین وزن بنه و میزان گلدهی زعفران است و علت این رابطه ناشی از ذخیرهٔ بیشتر مواد غذایی در بنه‌های درشت می‌باشد. این ذخیره منبع مواد غذایی مورد نیاز گیاه را بعد از مرحله خواب و در مراحل اولیه رشد تأمین می‌نماید که در نهایت باعث افزایش تعداد و عملکرد گل زعفران می‌گردد (*Mollafilabi et al., 2009*).

عملکرد گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد گل تحت تأثیر معنی‌دار مصرف عصاره جلبک و وزن بنهٔ مادری واقع شد، امّا برای اثر متقابل این دو عامل تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که کمترین عملکرد گل در شاهد (عدم مصرف عصاره جلبک) و بیشترین مقدار آن از تیمار کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک به‌دست آمد که بین این دو تیمار ۲۲ درصد اختلاف وجود داشت. در خصوص عملکرد گل بین تیمارهای مصرف ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). مشابه این نتایج بسیاری از محققین افزایش تعداد گل را در گیاهان لوبیا (*Sivasangari Ramya et al., 2015*)، بامیه (*Thirumaran et al., 2006*) و بادمجان (*Sivasangari Ramya, 2015*) در نتیجه مصرف

عصاره جلبک گزارش کرده‌اند. افزایش میزان گلدهی در اثر کاربرد عصاره جلبک می‌تواند در نتیجه بهبود رشد، افزایش حجم ریشه و جذب عناصر غذایی باشد (*Crouch & Staden, 1993*). به‌نظر می‌رسد محرک-های رشد موجود در عصاره جلبک (*Zhang, 1997*)، مواد اکسینی مانند *IAA*[1] و *IBA*[2] (*Crouch & Staden, 1993*)، بتائین و مواد شبه‌بتائین (*Blunden et al., 1996*) و نیز ماکرومغذی‌هایی مانند فسفر و پتاسیم به همراه انواع ریزمغذی‌ها و ویتامین‌ها سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (*Kalaivanan et al., 2012*). برخی مطالعات نشان می‌دهد که عصاره جلبک در افزایش تولید و انتقال سیتوکنین‌ها از ریشه به اندام-های زایشی و متعاقب آن شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاه دارای نقش است (*Sivasangari Ramya et al., 2015*).

مقایسه میانگین صفات (جدول ۴) نشان داد که عملکرد گل حاصل از بنه‌های مادری درشت ۳/۳ مرتبه بیشتر از عملکرد به دست آمده از بنه‌های ریز بود. افزایش عملکرد گل زعفران در شرایط استفاده از بنه‌های درشت مورد تأیید بسیاری از محققین قرار گرفته است (*Khavari et al., 2011; Koocheki et al., 2013; Koocheki et al., 2016; Fallahi et al., 2017*). به‌نظر می‌رسد ذخایر بیشتر بنه‌های مادری بزرگ‌تر، امکان اختصاص عناصر غذایی بیشتری به جوانه‌های رویشی و زایشی را فراهم کرده و باعث افزایش گل‌آوری و عملکرد زعفران می‌شود (*Azizi-Zohan et al., 2008; Behdani & Fallahi, 2015*).

طول کلاله

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تنها اثر ساده وزن بنهٔ مادری در سطح احتمال یک درصد بر متوسط طول کلاله معنی‌دار بود و عصاره جلبک و اثر متقابل این دو عامل نتوانستند تأثیر معنی‌داری بر صفت طول کلاله اعمال نمایند. حداکثر طول کلاله با ۳۳/۶ میلی‌متر، در شرایط کاشت بنه‌های مادری درشت به دست آمد که ۲۳ درصد بیشتر از مقدار طول کلاله در بنه‌های ریز بود (جدول ۴). مشابه این نتایج توسط محققان دیگری (*Munshi et al., 2003; Alipoor et al., 2013*) نیز گزارش شده و این موضوع به وجود ذخایر غذایی کافی در بنه‌های درشت نسبت داده شده است.

عملکرد کلاله

مطابق با نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثرات ساده عصاره جلبک و وزن بنهٔ مادری بر عملکرد کلاله‌تر و خشک معنی‌دار بود. کمترین عملکرد کلاله (۰/۰۵۲ گرم در مترمربع) در شاهد و بیشترین آن (۰/۰۵۹ گرم در مترمربع) از تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک به‌دست آمد که بیانگر حدود ۱۳/۵ درصد تفاوت می‌باشد. از نظر آماری بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار جلبک دریایی تفاوت معنی‌داری در ارتباط با عملکرد کلاله مشاهده نشد. مشابه این نتایج، مفاخری (*Mafakheri, 2017*) گزارش کرد که، بیشترین وزن خشک بوته شنبلیه با مصرف عصاره جلبک حاصل گردید. همچنین افزایش عملکرد گیاهان سویا (*Rathore et al., 2009*)، کرچک (*Salamat Bakhsh et al., 2013*)، کرفس (*Shehata et al., 2011*) و گندم (*Mukesh et al., 2013*) نیز در نتیجه کاربرد عصاره جلبک گزارش شده است. 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. افزون بر این، در این عصاره مقادیر بالایی از مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند (*Crouch & Staden, 1993*). افزودن این نوع کودهای آلی به-خاک باعث بهبود جمعیت میکروبی خاک می‌شود. فعالیت این ریزجانداران موجب تسهیل جذب برخی عناصر غذایی و در نهایت افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاه می‌گردد (*Cao et al., 2010*). 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 (*Rongting et al., 2017*).

میزان عملکرد کلاله خشک زعفران در سال ابتدایی کاشت در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت ۲۳۲ درصد بیشتر از بنه‌های مادری ریز بود (جدول ۴). یکی از مهمترین عوامل جهت افزایش عملکرد در مزارع یک-ساله اندازه بنه مصرفی می‌باشد (*Sadeghi, 1993;*

1- Indol Asetic Acid

2 - Indol Boteric Acid

Fallahi et al., 2017). کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2015*) این موضوع را با اندوخته غذایی بیش‌تر، رشد سریع ریشه‌ها و نیز رشد و استقرار زودتر بنه دختری در خاک مرتبط دانستند. بنه‌های درشت نه تنها در همان سال اول عملکرد مزرعه را بالا می‌برند، بلکه از طریق تولید بنه‌های بیش‌تر و درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال‌های بعد نیز بیش‌تر می‌کنند *(Hemmati Kakhki, 2003)*.

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن بنه مادری و مصرف عصاره جلبک بر برخی صفات مرتبط با گلدهی زعفران

Table 3- Analysis of variance (mean of square) for the effect of mother corm weights and algae extracts on some flowering parameters in saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد گل تر Fresh yield of flower	عملکرد کلاله تر Fresh yield of stigma	متوسط وزن تازه تک گل Fresh weight of flower	تعداد گل Number of flower	متوسط طول کلاله Average length of stigma	عملکرد کلاله خشک Dry yield of stigma
بلوک Block	2	0.198*	0.0002^{ns}	0.00013^{ns}	1.17^{ns}	0.634^{ns}	0.00002^{ns}
عصاره جلبک Algae extract	2	0.16*	0.00075**	0.00069*	0.8^{ns}	2.85^{ns}	0.00013*
وزن بنه Corm weight	2	3.397**	0.0099**	0.01**	20.25**	16.79**	0.0078**
وزن بنه * عصاره جلبک Corm weight* Algae extract	4	0037^{ns}	0.000022^{ns}	0.000094^{ns}	0.21^{ns}	1.50^{ns}	0.000042^{ns}
خطا Error	16	0.038	0.000094	0.00012	0.29	1.21	0.00003
ضریب تغییرات (درصد) CV *(%)*		17.24	10.87	3.30	16.71	4.39	10.23

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

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

جدول ۴- مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده وزن بنه مادری بر برخی صفات مرتبط با گلدهی زعفران

Table 4- Mean comparisons for simple effects of mother corm weight on some flowering indices in saffron

وزن بنهٔ مادری Mother corm weight (g)	عملکرد گل تر (گرم در متر مربع) Fresh yield of flower (g m^{-2})	عملکرد کلاله تر (گرم در متر مربع) Fresh yield of stigma (g m^{-2})	متوسط وزن تر تک‌گل (گرم) Fresh weight of flower (g)	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^{-2}	متوسط طول کلاله (میلی‌متر) Average length of stigma (mm)	عملکرد کلاله خشک (گرم در متر مربع) Dry yield of stigma (g m^{-2})
≤ 4	0.53^{c}	0.05^{c}	0.301^{c}	1.7^{c}	27.2^{c}	0.025^{c}
4.1 – 8	1.12^{b}	0.09^{b}	0.345^{b}	3.2^{b}	30.1^{b}	0.064^{b}
8.1 - 12	1.76^{a}	0.11^{a}	0.368^{a}	4.7^{a}	33.6^{a}	0.083^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده مصرف عصارهٔ جلبک دریایی بر برخی صفات مرتبط با گلدهی زعفران

Table 5- Mean comparisons for simple effects of algae extract application on some flowering indices in saffron

عصاره جلبک (لیتر در هکتار) (Algae extract L ha^{-1})	عملکرد گل تر (گرم در متر مربع) Fresh yield of flower (g m^{-2})	عملکرد کلاله تر (گرم در متر مربع) Fresh yield of stigma (g m^{-2})	متوسط وزن تر تک-گل (گرم) Fresh weight of flower (g)	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^{-2}	متوسط طول کلاله (میلی‌متر) Average length of stigma (mm)	عملکرد کلاله خشک (گرم در متر مربع) Dry yield of stigma (g m^{-2})
0	1.061[b]	0.081[b]	0.329[b]	3.05[a]	24.4[a]	0.052[b]
15	1.066[b]	0.087[b]	0.339[ab]	3.13[a]	25.1[a]	0.058[a]
30	1.29[a]	0.099[a]	0.346[a]	3.61[a]	25.5[a]	0.059[a]

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) مشخص کرد که تنها اثر ساده وزن بنهٔ مادری بر متوسط تعداد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بین سطوح مختلف عصاره جبلک و اثر متقابل این دو عامل تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. بیشترین متوسط تعداد برگ (۹/۳ در بوته) از بنه های درشت و کمترین آن (۶/۶ در بوته) از بنه‌های ریز حاصل شد (جدول ۷). مشابه نتایج این آزمایش، محققان دیگری نیز بالاترین تعداد برگ را در نتیجهٔ کاشت بنه-های بزرگ گزارش کردند (*Pandy & Srivastava, 1979; Alipoor et al., 2013*). افزایش وزن بنه با افزایش قدرت تقسیم سلولی باعث افزایش تعداد و سطح برگ زعفران می‌گردد (*Alipoor et al., 2015*).

طول برگ

اثر ساده وزن بنهٔ مادری بر متوسط طول برگ زعفران معنی‌دار بود، ولی این صفت تحت تأثیر معنی‌دار مصرف عصاره جلبک و اثر متقابل عوامل آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۷) نشان داد که استفاده از بنه‌های درشت مقدار این شاخص را در مقایسه با تیمار مصرف بنه‌های ریز ۲۴ درصد بهبود بخشید. مشابه این نتایج، تحقیقات دیگری (*Nassiri Mahallati et al., 2007; Pandy et al., 1979*) نیز نشان داد که با افزایش وزن بنه، طول برگ زعفران افزایش می‌یابد. ظهور زودتر برگ‌ها در بنه‌های بزرگ‌تر سبب استفاده بهتر از منابع و رشد بهتر می‌گردد که به-دنبال آن افزایش طول برگ را در پی دارد (*Behdani & Fallahi, 2015*).

وزن برگ

مصرف عصاره جلبک و وزن بنهٔ مادری، تأثیر معنی‌داری بر وزن‌تر و خشک برگ زعفران داشتند، اما اثر متقابل این دو عامل بر صفت مذکور غیر معنی‌دار بود (جدول ۶). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۸)، کمترین متوسط وزن‌تر و خشک برگ (به‌ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۰۷۶ گرم در بوته) در شاهد و بیشترین آن (به‌ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۰۹۲ گرم در بوته) در تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک مشاهده شد؛ هر چند از لحاظ آماری بین سطوح ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مصرف عصاره جلبک میزان ماده خشک برگ‌های زعفران را ۲۱/۰۵ درصد افزایش داد. مشابه این نتایج، در بررسی اثر عصاره جلبک بر خصوصیات رشدی شنبلیله گزارش شد که مصرف این ترکیب بر میزان ماده خشک برگ افزود (*Pise & sabale, 2010*). تحقیقات نشان داده است گیاهانی که با کودهای حاوی عناصر غذایی تغذیه می‌شوند تعداد برگ، سطح برگ و تولید ماده خشک بیشتری در طی دوره رشد دارند (*Said-Al Ahl & Mahmoud, 2009*). عصاره جلبک سرشار از عناصر غذایی است (*Booth, 1969*). به‌نظر می‌رسد اثر مثبت این ریز مغذی‌ها در کنار حضور تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه سیتوکینین در این نهادهٔ آلی باعث افزیش سطح برگ (*Baxter et al., 2005*)، بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش غلظت کلروفیل برگ‌ها و در نتیجه افزایش فتوسنتز می‌شود (*Pasian, 2001*).

بیشترین وزن‌تر و خشک برگ زعفران در نتیجهٔ استفاده از بنه‌های مادری درشت به‌دست آمد (جدول ۷) . در تحقیق مشابهی نیز با افزایش وزن بنه، میزان سطح برگ-ها و تولید ماده خشک در طی دوره رشد زعفران افزایش یافت (*Renua-Morata et al., 2012*). امیرشکاری و همکاران (*Amirshekari et al., 2007*) هم بیان داشتند که کاشت بنه‌های دارای وزن بیشتر، تعداد و وزن خشک برگ‌های زعفران را افزایش داد. با توجه به افزایش طول و تعداد برگ‌ها در تیمار کاربرد بنه‌های درشت، افزایش وزن‌تر و خشک برگ‌های زعفران دور از انتظار نمی‌باشد.

محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶)، اثر مصرف عصاره جلبک بر میزان کلروفیل *a* معنی‌دار شد. اثر متقابل عصاره جلبک و وزن بنهٔ مادری نیز بر میزان کلروفیل *b* و کلروفیل کل معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۸)، مصرف بالاترین سطح عصارهٔ جلبک غلظت کلروفیل *a* را ۱۲ درصد بهبود بخشید، هر چند از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای استفاده از ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک مشاهده نشد. بیشترین میزان کلروفیل *b* و کلروفیل کل در برگ‌های گیاهان حاصل از بنه‌های مادری درشت که با مقدار ۳۰ لیتر در هکتار عصاره جلبک تغذیه شده بودند به دست آمد (جدول ۹). مشابه این نتایج مفاخری (*Mafakheri, 2017*) در تحقیقی با کاربرد برخی کودهای آلی و شیمیایی در گیاه دارویی شنبلیله، گزارش کرد که عصاره جلبک میزان کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. افزایش میزان کلروفیل کل در برگ گیاه بامیه (*Thirumaran et al., 2006*) نیز در شرایط استفاده از عصاره جلبک گزارش شده است.

ارزش عصاره جلبک به‌عنوان کود نه تنها به دلیل محتوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، بلکه به‌دلیل عناصر کمیاب و متابولیت‌های آن نیز می‌باشد (*Booth. 1969*). اسیدهای آمینه و بتائین جزو موادی هستند که در کودهای جلبک یافت می‌شوند (*Ross & Holden, 2012*). اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع نیتروژن آلی، یک ترکیب اساسی در تولید کلروفیل و فتوسنتز می‌باشند (*Badr & Fekry, 1999*). با توجه به اینکه عمده‌ی رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند (*Zgallai et al., 2006*) لذا حضور اسیدهای آمینه در عصاره جلبک، بواسطهٔ افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و نهایتاً افزایش رشد گیاه گردد (*Oraghi Ardebili et al., 2011*). بتائین موجود در عصاره جلبک نیز بر کاهش تخریب کلروفیل تأثیر مثبت دارد (*Shahbazi et al., 2015*).

اندازه بنه مادری نیز سرعت فتوسنتز را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (*Renua-Morata et al., 2012*). تحقیقات نشان‌داده است که بنه‌های مادری بزرگ‌تر، در توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و اندام‌های فتوسنتز کننده هوایی نقش دارند (*Amirshekari et al., 2007*). گسترش زودتر اندام‌های فتوسنتزی سبب استفاده بیشتر گیاه از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی می‌شود (*Koocheki et al., 2015*). همچنین بنه‌های بزرگ‌تر کارایی جذب و مصرف نیتروژن بالاتری نسبت به بنه‌های کوچک‌تر دارند (*Arisha & Bradisi., 1999*). از این رو به‌نظر می‌رسد افزایش کلروفیل در نتیجه کاشت بنه‌های مادری بزرگ‌تر، ناشی از توانایی بیشتر گیاه در جذب نیتروژن از خاک باشد (*Molina et al., 2005*). نیتروژن ساختار اصلی تمامی آمینواسیدها در پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌باشد (که به‌عنوان ترکیبات ساختاری کلروپلاست فعالیت می‌کنند) و در نتیجه وجود مقدار کافی از این عنصر باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاه می‌گردد (*Badr & Fekry, 1999*).

جدول ۶- میانگین مربعات مربوط به اثر وزن بنه مادری و مصرف عصاره جلبک بر صفات رویشی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی زعفران

Table 6- Mean of square for the effect of mother corms weight and algae extract application on some vegetative traits and photosynthetic pigments concentration in saffron leaves

منابع تغییرات *S.O.V*	درجه آزادی df	تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	متوسط طول برگ Average leaf length	متوسط وزن تر برگ Fresh weight of leaf	متوسط وزن خشک برگ Dry weight of leaf	کلروفیل *a* Chlorophyll *a*	کلروفیل *b* Chlorophyll *b*	کلروفیل کل Total chlorophyll
بلوک Block	2	1.14^{ns}	0.067ns	0.00045ns	0.00017ns	0.0029ns	0.015ns	0.015ns
عصاره جلبک Algae extract	2	0.7^{ns}	1.26ns	0.0095**	0.00069**	0.038**	0.11*	0.288**
وزن بنه مادری Mother corm weight	2	16.59**	93.85**	0.014**	0.00017**	0.017*	0.31**	0.479**
وزن بنه × عصاره جلبک Corm weight* Algae extract	4	0.37ns	3.47ns	0.0004ns	0.000011ns	0.0034ns	0.099*	0.13*
خطا Error	16	0.68	2.23	0.0006	0.000018	0.0036	0.023	0.031
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		10.75	4.92	7.65	5.21	5.72	11.54	7.46

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

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

جدول ۷- مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده وزن بنهٔ مادری بر برخی صفات رویشی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی زعفران

Table 7- Mean comparisons for simple effects of mother corm weight on some vegetative traits and photosynthetic pigments concentration in saffron leaves

وزن بنهٔ مادری (گرم) Mother corm weight *(g)*	طول برگ (سانتی‌متر) Average leaf length (cm)	متوسط تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	وزن تر برگ (گرم در بوته) Leaf fresh weight (g per plant)	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Leaf dry weight (g per plant)	کلروفیل *a* (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل *b* (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)
≤ 4	27.2^{c}	6.6^{c}	0.28^{c}	0.079^{b}	1.01^{b}	1.1^{c}	2.17^{b}
4.1 – 8	30.1^{b}	7.5^{b}	0.32^{b}	0.081^{b}	1.04^{ab}	1.3^{b}	2.35^{b}
8.1 – 12	33.6^{a}	9.3^{a}	0.36^{a}	0.087^{a}	1.1^{a}	1.5^{a}	2.63^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۸- مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده مصرف عصاره جلبک بر برخی صفات رویشی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی زعفران

Table 8- Mean comparisons for simple effects of algae extract application on some vegetative traits and photosynthetic pigments concentration in saffron leaves

عصاره جلبک (لیتر در هکتار) Algae extract (L ha^{-1})	طول برگ (سانتی‌متر) Average leaf length (cm)	متوسط تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	وزن تر برگ (گرم در بوته) Leaf fresh weight (g per plant)	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Leaf dry weight (g per plant)	کلروفیل *a* (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل *b* (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)
0	30.07^{a}	7.55^{a}	0.28^{b}	0.076^{b}	0.98^{b}	1.20^{b}	2.19^{b}
15	30.21^{a}	7.88^{a}	0.33^{a}	0.079^{b}	1.07^{a}	1.35^{ab}	2.42^{a}
30	30.78^{a}	8.11^{a}	0.34^{a}	0.092^{a}	1.11^{a}	1.43^{a}	2.54^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۹- مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل وزن بنهٔ مادری و مصرف عصاره جلبک بر محتوای کلروفیل در برگ‌های زعفران

Table 9- Mean comparison for the interaction effect of mother corm weight and algae extract application on photosynthetic pigments concentration in saffron leaves

وزن بنه مادری Corm weight (g)	عصاره جلبک (لیتر در هکتار) Algae extract (L ha^{-1})	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	کلروفیل *b* (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)
≤ 4	0	2.15^{c}	1.12^{c}
4.1 - 8	0	2.171^{c}	1.17^{c}
8.1 - 12	0	2.174^{c}	1.172^{c}
≤ 4	15	2.19^{c}	1.18^{c}
4.1 - 8	15	2.34^{c}	1.27^{c}
8.1 - 12	15	2.74^{ab}	1.61^{ab}
≤ 4	30	2.24^{c}	1.26c
4.1 - 8	30	2.16^{bc}	1.37^{bc}
8.1 - 12	30	2.98^{a}	1.79^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از عصاره جلبک در سطوح مختلف وزن بنهٔ مادری می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد زعفران مؤثر باشد. مصرف ۱۵ تا ۳۰ کیلوگرم عصاره جلبک و استفاده از بنه‌های مادری با وزن ۸ تا ۱۲ گرم بیشترین عملکرد گل و کلاله را تولید کرد. بنابراین، استفاده از این نهاده آلی و ارزان ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی زیست‌محیطی، می‌تواند راه‌کاری مناسب در راستای تولید پایدار گیاه زعفران باشد. به‌منظور تکمیل نتایج این آزمایش پیشنهاد می‌شود، اثر مصرف سایر سطوح عصاره جلبک دریایی در طی پژوهش‌های چندساله بر عملکرد کمی و کیفی زعفران بررسی شود. با وجود اینکه آزمایش کنونی به‌صورت یکساله اجرا شد، باز هم مصرف عصاره جلبک به صورت پیش‌تیمار بنه قبل از کاشت و نیز مصرف آن همراه با آبیاری اول موجب بهبود گلدهی زعفران گردید. بر این اساس، انتظار می‌رود اثرات مثبت این ترکیب تغذیه‌ای در آزمایشات طولانی‌مدت به طور چشم‌گیرتری ظاهر گردد.

منابع

Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M. A., and Sayyari, M.H., 2013. Effect of manure, bio-and chemical-fertilizers and corm size on saffron (Crocus sativus L.) yield and yield components. J. Saffron Res. 1(2), 73-84. [In Persian with English Summary].

Alipoor Miandehi, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H., 2015. Effects of corm weight and application of fertilizer types on some growth characteristics and yield of saffron (Crocus sativus L.) under Mahvelat conditions. J. Saffron Res. 2(2), 97-112. [In Persian with English Summary].

Amirshekari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress Sanavy, A., and Jalali Javaran, M., 2007. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (Crocus sativus L.). Iran. J. Biol. (Sci. Res.). 19 (1), 5-18. [In Persian with English Summary].

Arisha, H.M., and Bradisi, A., 1998. Effect of mineral fertilizers and organic fertilizerss on growth, yield and quality of potato under sandy soil conditions. Zagazig J. Agric. Res. 26, 391- 405.

Arnon, A. N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy. 23(1), 112-121.

Azizi-Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R., 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. J. Arid. Environ. 72(3), 270- 278.

Badr, L.A.A., and W.A. Fekry., 1999. Effect of intercropping and doses of fertilization on growth and productivity of taro and cucumber plants. 1-vegetative growth and chemical constituents of foliage. Zagazig J. Agric. Res. 25, 1087–101.

Bassim Far, R., Nasri, M., and Zargari, K., 2015. Effect of seaweed extract and vermicompost on yield and yield components and phosphor and chlorophyll of Mung bean in Varamin region. Agronomic Research Semi Desert Regions, 12(3), 81-92. [In Persian].

Baxter, C.J., Carrari, F., Bauke, A., Overy, S., Hill, S.A., Quick, P.W., Fernie, A.R., and Sweetlove, L.J., 2005. Fruit carbohydrate metabolism in an introgression line of tomato with increased fruit soluble solids. Plant Cell Physiol. 46(3), 425-437.

Behdani, M.A., and Fallahi, H.R., 2015. Saffron: Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of Birjand Publication. [In Persian].

Bhdani, M. A., Jami Alhammadi, M., and Akbarpour, A., 2008. Ecological separation approach to optimize saffron production in south khorasan. Research project of Saffron Research Group. Birjand University.

Bishat, H., Habibi, D., Shokoufar, A., and Sajjadi, N., 2012. Corn response to biological fertilizers of marine algae extract and amino acid glycine. Twelfth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding.

Blunden, G., Jenkins, T., and Liu, Y., 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. J. Appl. Phycol. 8(6), 535-543.

Booth, E., 1969. The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. Proc. Int. Seaweed Symp. 6, 622-655.

Bozorgi, H.R., Bakian, M., Moraditochaee, M., and Azarpour, E., 2014. Saffron (crocus sativus L.) flowering duration changes under different management strategies in Astaneh Ashrafiyeh. Adv. Environ. Biol. 8(5), 1267-1272.

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

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

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., and Feizi, H., 2017. Mother corm weight and soil amendment improves the vegetative and reproductive growth of saffron (Crocus sativus L.). J. Med. & Spice Plants, 22(3), 110-114.

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., and 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. Influence of organic and chemical fertilization on growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. Saffron Agro. & Technol. 6(2), 147-166. [In Persian with English Summary].

Ghost, B.C., and Bhat, R., 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ. Pollut. 102(1), 123-126.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G., 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. Agron. Sustain. Dev. 28(1), 95-112.

Hagh parast, M., 2011. Reducing negative effects of drought stress on chickpea using humic acid and marine algae extract. Crop

production under environmental stress conditions, year 4, No. 1.

Haider, M.W., Ayub, Ch. M., Pervez, M.A., Asad, H.U., Manan, A., Raza, S.A., and 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.

Hassanzade Aval, F., Rezvani moghaddam, P., Bannayan aval, M., and Khorasani, R., 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (Crocus sativus L.). Saffron Agro. & Technol., 1(1), 22-39. [In Persian with English Summary].

Hemmati Kakhki, A., 2003. A review on 15 years' saffron research. Khorasan research institute for food science and technology. Mashhad, Iran. p.125. [In Persian].

Kalaivanan, C., Chandrasekaran, M., and Venkatesalu, V., 2012. Effect of seaweed liquid extract of Caulerpa scalpelliformis on growth and biochemical constituents of black gram (Vigna mungo (L.) Hepper). Phykos. 42(2), 46-53.

Kannan, L., and Tamilselvan, C., 1990. Effect of seaweed manures on Vigna radiatus L. (green gram). Paper presented at the Perspectives in phycology (Prof. MOP Iyenger Centenary Celebration Volume). Proceedings of the International Symposium on Aviation Psychology, Madras, India, 8-13 January 1987.

Khavari, A., Behdani, M.A., Zamani, GH. R., Mahmoudi, S., 2012. The Effect of Planting Method and Bennet Weight on Saffron Performance in Qaynat Area. Master's Degree in Agriculture. School of Agriculture. Birjand University.

Kingman, A. R., and Moore, J., 1982. Isolation, purification and quantification of several growth regulating substance in Ascophyllum nodosum (Phaeophyceae). Botanica Marin, 25, 149-153.

Kocira, A., Kornas, R., and Kocira, S., 2013. Effect assessment of Kelpak sl on the Bean yield. J. Cent. Eur. Agric. 14(2), 67-76.

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., Jamshid Eyni, M., and Seyyedi, S.M., 2015. The effect of mother corm size and type of fertilizer on nitrogen use efficiency in saffron. Saffron Agron. & Technol. 2(4), 243-254. [In Persian with English Summary].

Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., and Ehyaei, H.R., 2016. Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of Saffron (Crocus sativus L.). J. Agroecology, 7(4), 425-442. [In Persian with English Summary].

Kumar, R., 2009. Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (Crocus sativus L.). Sci. Hortic. 122(1), 142-145.

Kumari, R., Kaur, I., and Bhatnagar, A.K., 2011. Effect of aqueous extract of Sargassum johnstonii Setchell and Gardner on growth, yield and quality of Lycopersicon esculentum Mill. J. Appl. Phycol. 23(3), 623-633.

Ludwig-Muller, J., 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. Plant Growth Regul. 32(2), 219-230.

Mafakheri, S., 2017. Effect of application of some organic and chemical fertilizers on morphological and biochemical traits of Trigonella foenum-graecum L. Plant Prod. (Sci. J. Agric.), 40 (3), 27-40. [In Persian with English Summary].

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., Garcia-Luice, A., 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (Crocus sativus L.). Sci. Hortic. 103(3), 361-379.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H., 2009. The new methods of saffron production. The 4 National Festival of Saffron, Khorasan-Razavi, Iran, 27-28 October 2009. [In Persian].

Mukesh T.S., Sudhakar T.Z., Doongar R.C., Karuppanan E., and Jitendra, C., 2013. Seaweed sap as alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. J. Plant Nutr. 36(1), 192-200.

Munshi, A.M., Zaffar, G., and Zargar, G.H., 2003. Prospects of saffron cultivation in the cold arid zone of Kargil (Ladakh). Hum. Impact Desert Environ. 95, 434-436.

Murty, M.G., and Ladha, J.K., 1988. Influence of Azospirillum inoculation on the mineral uptake and growth of riceunder hydroponic conditions. Plant Soil. 108(2), 281–285.

Nasiri Khorasani, N., Behdani, M.A., Akbarpour, A., and Mahmoudi, S. 2011. Assessing the quality of water resources in saffron agro-ecosystem using Arc GIS. (Case study: Sarbisheh city). Master's thesis, Faculty of Agriculture. University of Birjand (Saffron Research Group of Birjand University).

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (Crocus sativus L.). Iran. J. Field Crops Res. 5(1), 155-166. [In Persian with English Summary].

Omid Beigi, R. 2000. Production Method and Processing Medicinal Plants. Volume 1. Fekre Rooz Publication. [In Persian].

Oraghi Ardebili, Z., Laden Moghadam, AS. R., Moradi, M., 2011. Effect of Leaf Seedling on Selenium and Amino Acid on Parsley. Garmsar Azad University. Garmsar Master's Thesis.

Pandy, D., and Srivastava, R.P., 1979. A note on the effect of size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Prog. Hort. 6, 89-92.

Pasian, C., 2001. Micronutrient disorders. Ohaio state university fact sheet HYG. 1252-1259.

Pise, N.M., and Sabale, A.B., 2010. Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of Trigonella foenum-graecum L. J. Phytol. 2(4), 50-56.

Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhat, B.P., Zodape, S.T., and Patolia, J.S., 2009. Effect of seaweed extract on the growth, yield and quality of soybean (Glycine max) under rainfed condition. S. Afr. J. Bot. 75 (1), 351–355.

Renua-Morata, B., Nebauer, S.G., Sánchez, M., and Molina, R.V., 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (Crocus sativus L.). Ind. Crops Prod. 39, 40–46.

Rongting, J., Gangqiang, D., Weiming, S., and Ju, M., 2017. Effects of Liquid Organic Fertilizers on Plant Growth and Rhizosphere Soil Characteristics of Chrysanthemum. J. Sustainability. 9(5), 841; doi: 10.3390.

Ross, R., and Holden, D., 2012. Commercial extract of the brown seaweed Ascophyllum nodosu suppresses avocado Thrips and Persea Mites in field-grown hass avocados, A Practical Field Perspective. Calif. Avocado Soc. Yearb. 95,139-147.

Sadeghi, B., 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. Press of Iranian Research Organization for Scinece and Technology-Center of Khorasan. 52-53. [In Persian].

Said-Al Ahl, H., and Mahmoud, A. A., 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (Ocimum basilicum L.) under salt stress. Ozean J. Appl. Sci. 3(1), 97-111.

Salamat Bakhsh, M., Gholipoori, A., and 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.

Shahbazi, F., Seyyed nejad, F., Salimi, M., and Gilani, A., 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. Int. J. Agric. Crop Sci. 8(3), 283-287.

Sharifi Ashour Abadi, A., 1998. Evaluation of soil fertility in agroecosystems. PhD disseration, Islamic Azad Univesity of Oloum Tahghighat, Iran. [In Persian with English Summary].

Shehata, S.M., Abdel-Azem, H.S., El-Yazied, A.A., and El-Gizawy, A.M., 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. Eur. J. Sci. Res. 58(2), 257-265.

Sivasangari Ramya, S., Vijayanand, N., and Rathinavel, S., 2015. Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga Stoechospermum marginatum on growth, biochemical and yield of Solanu melongena. Int. J. Recyl. Org. Waste Agric. 4(3), 167-173.

Thirumaran, G., Pratap Karmakar, P., and Anantharaman, A., 2006. Effect of seaweed extracts used as fertilizer for Abelmoschus esculentus. J. Ecobiology. 19(4), 373- 376.

Verkleij, F.N., 1992. Seaweed extract in agriculture and horticulture. Rev. Biol. Agric. 8, 309-334.

Zgallai, H., Steppe, K., and Lemeur, R., 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in Tomato plants. J. Integr. Plant Biol. 48(6), 679-685.

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.9, No.2, Fall & Winter, 2021-2022
p. 296-309
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2018.1663.1063

University of Birjand

Original Article:

Effects of Different Levels of Algae Extract and Mother Corm Weight on Photosynthetic Pigment Content, Growth and Yield of Saffron

Mohammad Hossein Aminifard[1], Sakineh Khandan Deh-Arbab[2], Hamid-Reza Fallahi[3], Hamed Kaveh[4]

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

2- M.Sc. Student in Medicinal Plants, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding & Plant and Environmental Stresses Research Group, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Plant Production, University of Torbat heydarieh and Research Expert of Saffron Institute Torbat Heydarieh, Iran.

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

Received 3 June 2018; Accepted 21 December 2019

Abstract

For investigation the effect of algae extracts and mother corm weights on flower yield and growth characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.), an experiment was conducted at Research Farm of College of Agricultural, University of Birjand, during 2017. The factors included three seaweed extracts (0, 15 and 30 L ha^{-1}) and three corm weights [0.1- 4 (small), 4.1 – 8 (medium) and 8.1 - 12g (large-sized)] which were tested in a RCBD with three replications. Application of algae extract had a significant effect on flower yield, stigma yield, leaf weight and chlorophyll a content. The highest flower yield (1.29 $g.m^{-2}$), dry stigma yield (0.059 $g.m^{-2}$), leaf dry weight (0.092 g per plant) and chlorophyll a (11.1 mg g^{-1} FW) were obtained at 30 L ha^{-1} of algae extract, while the lowest amounts of flower yield (1.061 g m^{-2}), stigmas yield (0.052 g m^{-2}), leaves weight (0.076 g per plant) and chlorophyll a (0.98 g^{-1} FW) were gained in the control treatment. However, no significant difference was found between the levels 15 and 30 L ha^{-1} of algae extract. Corm weight also significantly influenced all studied traits. The highest number of flowers (4.7 per m^{-2}), stigma length (33.6 mm), number of leaves (9.3 per plant) and leaf length (33.6 cm) were found in large corms, but the smallest of them were obtained from small ones. Based on the results of the interaction effects of experimental factors, the highest chlorophyll b and total chlorophyll (1.79 and 2.98 mg g^{-1} FW, respectively) were obtained from 30 L ha^{-1} of algae extract and large corms. Overall, the use of organic algae extract (30 L ha^{-1}) and planting of larger mother corms significantly improved the growth and stigma yield of saffron.

Keywords: Chlorophyll, Corm, Flowering, Nutrition management, Stigma.