

Plant Prod., 43(2) (2020) 213-226  
DOI: 10.22055/ppd.2019.26492.1630

ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## Evaluating the Effects of Growth Promoting Fertilizer Containing Seaweed Extract and Mother Corm Weight on Antioxidant Activity and Stigma Quality of Saffron

Sakineh Khandan Deh-Arbab<sup>1</sup>, Mohammad Hossein Aminifard<sup>2\*</sup>, Hamid-Reza Fallahi<sup>3</sup> and Hamed Kaveh<sup>4</sup>

- 1- M.Sc. Student of Horticultural Science- Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran (mh.aminifard@birjand.ac.ir)
- 3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
- 4- Assistant Professor, Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh and Research Expert of Saffron Institute Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran

Received: 27 November, 2018

Accepted: 6 March, 2019

### Abstract

#### Background and Objectives

Algae are usually aquatic photosynthetic organisms that sequester CO<sub>2</sub> in their biomass. They are rich in organic matter and nutrients, and thereby can be used in agriculture as an organic fertilizer. Their application will lead to the production of healthy and qualitative foods. To the best of our knowledge, so far the effect of application of marine algae has not been evaluated on saffron qualitative parameters. Therefore, the aim of present study was to investigate the effect of algae in different levels of mother corm weight on qualitative indices of petals and stigmas in saffron.

#### Materials and Methods

To investigate the effect of growth promoting fertilizer containing seaweed extract and mother corm weight on qualitative parameters in petals and stigmas of saffron (*Crocus sativus* L.), an experiment was conducted at Research Field of College of Agriculture at University of Birjand in 2017. The experimental factors included seaweed extract (0, 15 and 30 l ha<sup>-1</sup>) and corm weight [0.1-4 (small), 4.1-8 (medium) and 8.1-12g (large-sized)], which were tested in a RCBD with three replications.

#### Results

The use of algae extract had a significant effect on the petal yield, carotenoid content and antioxidant activity of petals (antioxidant and anthocyanin content) and quality of stigma (picrocrocin, safranal and crocin content). The highest amounts of dry petal yield (0.027 g plant<sup>-1</sup>), carotenoid content (1.83 mg g<sup>-1</sup> FW), anthocyanin (24.49 mg 100g<sup>-1</sup> DW), antioxidant (29.80%), safranal (42.43), crocin (198.78) and picrocrocin (74.57) were obtained when seaweed extract was used at the rate of 30 l ha<sup>-1</sup>. However, no significant difference was found between the two levels of algae extract in terms of all mentioned parameters. The lowest values of petal yield (0.023 g plant<sup>-1</sup>), carotenoid (1.04 mg g<sup>-1</sup> FW), anthocyanin (22.29 mg .100 g DW), antioxidant (25.54%), safranal (40.61 λ  $\frac{1\%}{1cm}$ ), crocin (176.64 λ  $\frac{1\%}{1cm}$ ), and picrocrocin (72.60 λ  $\frac{1\%}{1cm}$ ) were obtained from control treatment. Mother corm weight also exerted a significant effect on antioxidant activity, petals anthocyanin content and safranal content in

stigma and the highest of them were gained when large-sized mother corms were planted. The interaction effect of experimental factors was not significant on measured parameters.

**Discussion**

Overall, the results of this study indicated the beneficial effects of seaweed extract on improving biochemical traits and effective ingredients, which is appropriate for organic production of saffron. The positive role of algae on plants is related to providing micro- and macro-nutrient as well as production of biologically active biotical substances against plant-infecting pathogens. In addition, they have a significant role in improving soil physical and chemical properties, which lead to better growth and development of the plants. Better quality of saffron produced from larger mother corms may also be related to more nutrient reservoir in such corms.

**Keywords:** Anthocyanin, Carotenoid, Crocin, Petal, Picrocrocin, Safranal, Stigma

## تأثیر سطوح مختلف کود محرک رشد حاوی عصاره جلبک و وزن بنه مادری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مواد مؤثره زعفران

سکینه خندان ده‌ارباب<sup>۱</sup>، محمدحسین امینی‌فرد<sup>۲\*</sup>، حمیدرضا فلاحی<sup>۳</sup> و حامد کاوه<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی-گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- \*نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران (mh.aminifard@birjand.ac.ir)

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۴- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربت حیدریه و پژوهشگر پژوهشکده زعفران تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۶

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود محرک رشد و وزن بنه مادری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.) آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کود محرک رشد حاوی ۱۶ درصد عصاره جلبک با مقادیر صفر، ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار به صورت غوطه‌وری بنه و مصرف در آب آبیاری) و وزن بنه مادری (۴-، ۰/۱-، ۸-، ۴/۱-، ۱۲-، ۸/۱ گرم) بودند. کاربرد کود زیستی اثر معنی‌داری بر عملکرد گلبرگ، مقدار کاروتنوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ (محتوای آنتی‌اکسیدان کل و آنتوسیانین) و مواد مؤثره کلاله (پیکروکروسین، سافرانال و کروسین) داشت. بیشترین مقدار عملکرد گلبرگ (۰/۰۲۲ گرم در بوته)، محتوای کاروتنوئید (۱/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، آنتوسیانین (۲۴/۴۹ میلی‌گرم در صد گرم)، آنتی‌اکسیدانت (۲۹/۸۰ درصد)، سافرانال، کروسین و پیکروکروسین از تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود زیستی به دست آمد؛ اما در بیشتر صفات تفاوت معنی‌داری بین دو سطح ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی مشاهده نشد. کمترین مقادیر عملکرد گلبرگ خشک (۰/۰۲۳ گرم در بوته)، کاروتنوئید (۱/۰۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، آنتوسیانین (۲۲/۲۹ میلی‌گرم در صد گرم)، آنتی‌اکسیدانت (۲۵/۵۴ درصد)، سافرانال، کروسین و پیکروکروسین نیز از تیمار شاهد به دست آمد. وزن بنه مادری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار آنتوسیانین و کاروتنوئید گلبرگ و میزان سافرانال کلاله تأثیر معنی‌داری داشت و با افزایش وزن بنه، مقدار این صفات افزایش پیدا کرد. اثر متقابل کود محرک زیستی و وزن بنه مادری بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. در مجموع، مصرف کود محرک زیستی تکامین آلکا و همچنین کاربرد بنه‌های مادری با وزن ۱۲-۸/۱ گرم به بهبود خصوصیات کیفی زعفران منجر شد.

کلیدواژه‌ها: آنتوسیانین، پیکروکروسین، سافرانال، کاروتنوئید، کروسین، کلاله، گلبرگ

### مقدمه

خصوصاً در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی است

(Fallahi et al., 2017). کلاله این گیاه حاوی بیش از

۱۵۰ ماده شیمیایی است که از میان آن‌ها سه متابولیت

زعفران به عنوان ارزشمندترین گیاه دارویی جهان

دارای جایگاه ارزنده‌ای در نظام‌های کشاورزی ایران

واکنش مثبت این گیاه به سایر کودهای زیستی به اثبات رسیده است. به‌عنوان مثال نتایج پژوهشی نشان داد که حداکثر مقدار پیکروکروسین کلالة زعفران از تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ و حداکثر میزان سافرانال و کروسین از تلفیق کود زیستی و کود شیمیایی فسفر به‌دست‌آمد (Naghdiabadi et al., 2011). نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که بیشترین میزان کروسین از مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود زیستی نیتروکسین و بیشترین مقادیر پیکروکروسین و سافرانال از تیمار مصرف منفرد نیتروکسین حاصل شد (Omidi et al., 2009). محققین دیگری نیز افزایش میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال را در نتیجه استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، ورمی کمپوست و باکتری‌های محرک رشد در زراعت زعفران گزارش کرده‌اند (Rasouli et al., 2015).

در کنار مدیریت عناصر غذایی، اندازه بنه مادری نیز از عوامل اصلی و تعیین‌کننده ظرفیت گل‌دهی زعفران است. بنه‌های مادری بزرگ، عملکرد گل بیشتری نسبت به بنه‌های مادری کوچک به‌خصوص در سال اول کاشت گیاه دارند (Fallahi et al., 2017). یافته‌های (Khavari et al., 2012) نیز حاکی از آن است که با افزایش وزن بنه از ۹ تا ۱۱ گرم به ۱۲ تا ۱۴ گرم، عملکرد گل زعفران ۴۴ درصد افزایش یافت. در آزمایش دیگری نیز استفاده از بنه‌های با وزن بیش از ۸ گرم جهت حصول عملکرد مطلوب در زراعت زعفران مورد تأکید قرار گرفت (Nasiri khorasani et al., 2011). با وجود این که در مطالعات پیشین اثر اندازه بنه بر رشد و گلدهی زعفران بررسی شده است، اما اثر متقابل آن با کودهای محرک زیستی حاوی عصاره جلبک دریایی مورد مطالعه قرار نگرفته است. این احتمال وجود دارد که میزان اثرگذاری این نهاده تغذیه‌ای بسته به وزن بنه مادری متفاوت باشد.

استفاده از نهاده‌های زیستی حاوی عصاره جلبک جهت تولید زعفران ارگانیک و سالم برای حفظ و افزایش سهم ایران از بازار جهانی این محصول دارای اهمیت است. با توجه به این که تاکنون پژوهشی در

ثانویه اصلی شامل کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل ایجاد عطر) در ایجاد اثرات فارماکولوژیک زعفران نقش مهم‌تری دارند. این گیاه در صنایع غذایی به‌عنوان طعم‌دهنده و در صنایع داروسازی به‌عنوان آرام‌بخش، ضداسپاسم، ضد درد، اشتها آور و مقوی معده استفاده می‌شود (Razavi et al., 2013; Fallahi and Mahmoodi, 2018).

استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک، پیامدهایی مانند کاهش کیفیت خاک و کاهش سلامت غذا را به همراه داشته است (Behdani and Fallahi, 2015; Gholizade et al., 2017). در راستای بهره‌گیری از منابع طبیعی به‌عنوان جایگزین‌های ارزان و سالم برای کودهای شیمیایی، کاربرد نهاده‌های زیستی حاوی عصاره جلبک دریایی یکی از راه‌های تأمین حاصلخیزی خاک می‌باشد. ترکیبات فعال زیستی موجود در عصاره جلبک‌ها، واکنش‌های فیزیولوژیکی که منجر به رشد مناسب‌تر گیاه می‌شوند را افزایش می‌دهد (Faheed et al., 2008). عصاره جلبک دارای کربوهیدرات و سایر ترکیبات آلی است که باعث بهبود خصوصیات خاک و ظرفیت نگهداری آب می‌گردد. همچنین در این عصاره مقادیر بالایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند (Crouch and Staden, 1993). عصاره جلبک به دلیل دارا بودن تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین (Tuhy et al., 2013) علاوه بر افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری گیاهان (Ludwig-Muller, 2000) و افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی (Turan and Kose, 2004)، با فعال کردن چرخه تنفس، افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات‌ها توسط کلروفیل، اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان دارد (Beckles, 2012; Whapham et al., 1993).

هر چند تاکنون اثرات مصرف عصاره جلبک دریایی در زراعت زعفران مورد ارزیابی قرار نگرفته است، اما

نشدند. پس از جداسازی مقداری از پوشش سطحی بنه‌ها و توزین آن‌ها در گروه‌های وزنی ذکر شده، در مهرماه سال ۱۳۹۵ عملیات کاشت در شیارهایی با عمق ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر صورت گرفت.

عصاره جلبک قبل از کاشت به صورت غوطه‌وری بنه‌ها (به مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های ۶ و ۱۲ در هزار - انتخاب غلظت بر مبنای تجربیات محققان بود - به ترتیب 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 به صورت یکسان غرقاب شدند مصرف شد. آبیاری اول، ده روز بعد از کاشت (۱۵ مهرماه) و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول به منظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. پنج روز پس از آبیاری دوم، عملیات سله‌شکنی به صورت دستی، برای تسهیل خروج جوانه‌های گل انجام گرفت. آبیاری‌های بعدی در طی فصل رشد گیاه به صورت سیفونی و با فواصل تقریباً یک‌ماهه صورت گرفت. برداشت گل‌های زعفران به صورت روزانه، به مدت حدود سه هفته در اولین ساعات صبح از ۱۰ آبان تا اوایل آذرماه سال ۱۳۹۵، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت) صورت گرفت. پس از توزین عملکرد گل در هر کرت، قسمت‌های مختلف گل (گلبرگ و کلاله) در آون الکتریکی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و سپس برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی مورد استفاده قرار گرفتند.

خصوصاً تأثیر همزمان کود محرک زیستی حاوی عصاره جلبک دریایی و وزن بنه مادری بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران انجام نشده است، هدف از اجرای این تحقیق، مطالعه اثر این دو عامل بر محتوای آنتوسیانین گلبرگ و مقدار شاخص‌های کیفی کلاله این گیاه بود.

## مواد و روش‌ها

### مدیریت زراعی و تیمارهای آزمایش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل وزن بنه مادری (۴-۸، ۸-۱۲، ۱۲-۱۶ گرم به ترتیب به عنوان بنه‌های مادری ریز، متوسط و درشت) و مصرف کود محرک زیستی با نام تجاری تکامین آگاکا (Tecamin algae) در سه سطح (صفر، ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار) و بر اساس توصیه شرکت سازنده بود. کود تجاری مصرفی ساخت کشور اسپانیا بود که خصوصیات شیمیایی آن بر اساس ترکیبات نوشته شده بر روی ظرف محتوی کود در جدول (۱) ارائه شده است. نحوه تهیه عصاره جلبک توسط شرکت مربوطه ارائه نشده بود. قبل از کشت، جهت تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری گردید (جدول ۱). پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح، کرت‌هایی به ابعاد ۲ در ۲ متر ایجاد شد. برای کاشت گیاه، بنه‌های مادری سالم و بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری از شهرستان قائن تهیه شد. بنه‌های مصرفی با توجه به سالم بودن، ضدعفونی

**Table 1. Physical and chemical properties of soil used in the experiment and Tecamin algae fertilizer**

Soil texture	Soil						Tecamin algae fertilizer					
	pH	EC (ds m <sup>-1</sup> )	Organic matter (%)	T.N. (%)	K (ppm)	P (ppm)	pH	EC (ds.m <sup>-1</sup> )	Total organic matter (%)	Seaweed extract (%)	Total K (%)	Total P (%)
Loam	7.7	3.4	0.68	0.08	230	40	7.1	3.2	7	16	2.5	15

گلبرگ در تیمار شاهد و حداکثر میزان آن از تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی تکامین به دست آمد که نشان‌دهنده اختلاف ۱۲/۵ درصدی بین این دو تیمار می‌باشد (شکل ۱). همچنین با افزایش وزن بنه مادری از کمتر از ۴ گرم به ۸ تا ۱۲ گرم، متوسط وزن خشک گلبرگ ۸/۵ درصد افزایش یافت (شکل ۱).

مشابه نتایج این آزمایش (Heydari et al. 2017) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی ورمی کمپوست به همراه عصاره جلبک دریایی بر اکثر صفات به خصوص افزایش وزن خشک گل در گیاه همیشه‌بهار تأثیر معنی‌داری داشت. در تحقیق دیگری مصرف کود مایع جلبک دریایی وزن تر و خشک گل در گیاه گل‌جعفری (*Tagetes erecta*) را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد (Sridhar and Rengasamy, 2010). عصاره جلبک دریایی حاوی ترکیب‌هایی مانند بتائین‌ها با فعالیت شبه‌سیتوکینینی است که موجب افزایش شاخص‌های رشدی گیاهان می‌شوند (Crouch and Staden, 1992). افزایش وزن گل‌ها در شرایط مصرف عصاره جلبک دریایی به اثرات مثبت این کود بر بهبود توان فتوسنتزی گیاه نسبت داده شده است (Heydari et al., 2017). با وجود این که گل‌دهی سال اول زعفران عمدتاً متأثر از ذخایر بنه مادری است و مصرف حاکی منابع کودی اثر چندانی بر آن ندارد (Behdani & Fallahi, 2015)، اثرگذاری تیمارهای تغذیه‌ای در آزمایش کنونی می‌تواند ناشی از اثر محرک غوطه‌وری بنه‌ها در کود محرک زیستی، در مرحله قبل از کاشت باشد.

### میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار اثرات ساده کود محرک زیستی تکامین و وزن بنه مادری بر میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ بود، اما اثر متقابل این دو عامل، بر صفت مذکور تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که حداقل

اندازه‌گیری صفات کیفی برگ، گلبرگ و کلاله کاروتنوئید برگ با استفاده از روش آرنون (Amon, 1967) تعیین گردید. جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل گلبرگ از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی و با کمک ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید (Turkmen et al., 2005). به منظور اندازه‌گیری کل ترکیبات فنولی گلبرگ از روش ارایه‌شده توسط Chuah et al. (2008) بهره گرفته شد. اندازه‌گیری آنتوسیانین گلبرگ به روش pH افتراقی انجام گرفت (Wrosotad, 1976). جهت اندازه‌گیری ترکیبات کیفی موجود در کلاله زعفران نیز از روش استاندارد ملی ایران (INSO, 2013)، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UNICO, 2010, Germany) و از طریق معادله زیر کمک گرفته شد.

$$A_{1cm}^{1\%} (\lambda_{max}) = \frac{D \times 10000}{m \times (100 - W_{MV})}$$

که در این معادله

$A_{1cm}^{1\%}$  (440 nm): جذب در حدود ۴۴۰ نانومتر ( $\lambda_{max}$  کروسین)

$A_{1cm}^{1\%}$  (330 nm): جذب در حدود ۳۳۰ نانومتر ( $\lambda_{max}$  سافرانال)

$A_{1cm}^{1\%}$  (257 nm): جذب در حدود ۲۵۷ نانومتر ( $\lambda_{max}$  پیکروکروسین)

D: میزان جذب هریک از موارد ذکر شده

M: جرم آزمونه (بر حسب گرم)

$W_{MV}$ : میزان رطوبت نمونه زعفران می‌باشد.

### محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از این تحقیق توسط نرم‌افزار آماری SAS<sub>(9.1)</sub> صورت گرفت و میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

#### عملکرد گلبرگ

عملکرد گلبرگ زعفران به‌طور معنی‌داری از مصرف کود محرک زیستی تکامین و وزن بنه مادری تأثیر پذیرفت، اما اثر متقابل این دو عامل بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۲). حداقل وزن خشک

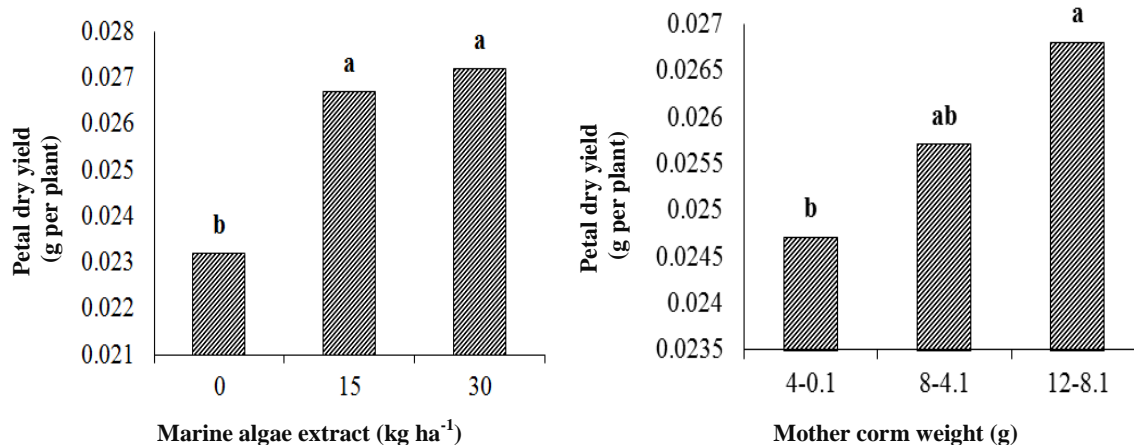
(جدول ۳). با افزایش وزن بنه مادری نیز بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی گلبرگ افزوده شد. از حیث این صفت بین بنه های مادری ریز و متوسط تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد، اما میزان آنتی اکسیدان حاصل از بنه های درشت ۱۱/۵ درصد بیشتر از بنه های مادری ریز بود (جدول ۴).

درصد آنتی کسیدان در تیمار شاهد (عدم مصرف عصاره جلبک) و حداکثر میزان آن در تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی تکامین به دست آمد که بین این دو تیمار ۱۶/۶۷ درصد اختلاف وجود داشت. در خصوص میزان آنتی اکسیدان گلبرگ بین تیمارهای مصرف ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی تکامین اختلاف معنی داری مشاهده نشد

**Table 2. Analysis of variance (mean of square) for the effect of mother corm weight and seaweed extract on qualitative parameters of petal and stigma in saffron**

S.O.V.	df	Stigma qualitative parameters			Petal yield and qualitative parameters				
		Picrocrocin	Crocin	Safranal	Petal yield	Phenol	Antioxidant	Anthocyanin	Carotenoid
Block	2	0.33 <sup>ns</sup>	184.75 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.0000018 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.177 <sup>ns</sup>	0.078 <sup>ns</sup>	0.0048 <sup>ns</sup>
Seaweed extract	2	8.80 <sup>**</sup>	1138.34 <sup>**</sup>	9.81 <sup>**</sup>	0.000043 <sup>**</sup>	1.61 <sup>ns</sup>	37.39 <sup>**</sup>	13.61 <sup>**</sup>	0.274 <sup>**</sup>
Corm weight	2	0.51 <sup>ns</sup>	68.96 <sup>ns</sup>	1.76 <sup>*</sup>	0.00001 <sup>*</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	25.16 <sup>**</sup>	7.17 <sup>*</sup>	0.165 <sup>*</sup>
Corm weight × Seaweed extract	4	1.48 <sup>ns</sup>	73.97 <sup>ns</sup>	1.89 <sup>ns</sup>	0.0000015	0.405 <sup>ns</sup>	13.97 <sup>ns</sup>	3.50 <sup>ns</sup>	0.032 <sup>ns</sup>
Error	16	0.82	8.04	0.51	0.0000018	0.55	1.97	1.65	0.037

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



**Figure 1. Simple effect of mother corm weight (right) and application of marine algae extract (left) on petal yield in saffron**

**Table 3. Mean comparisons for simple effects of seaweed extract on qualitative indices of petal and stigma in saffron**

Seaweed extract (kg ha <sup>-1</sup> )	Stigma qualitative parameters			Petal qualitative parameters			
	Picrocrocin (λ 1cm) <sup>1%</sup>	Crocin (λ 1cm) <sup>1%</sup>	Safranal (λ 1cm) <sup>1%</sup>	Phenol (mg .100 g DW)	Antioxidant activity (%)	Anthocyanin content (mg .100 g DW)	Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> FW)
0	72.60 <sup>b</sup>	176.64 <sup>b</sup>	40.61 <sup>b</sup>	62.68 <sup>a</sup>	25.54 <sup>b</sup>	22.29 <sup>b</sup>	1.04 <sup>b</sup>
15	73.81 <sup>a</sup>	184.28 <sup>b</sup>	42.41 <sup>a</sup>	62.81 <sup>a</sup>	26.98 <sup>b</sup>	24.43 <sup>a</sup>	1.39 <sup>b</sup>
30	74.57 <sup>a</sup>	198.78 <sup>a</sup>	42.43 <sup>a</sup>	63.47 <sup>a</sup>	29.80 <sup>a</sup>	24.49 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>

Means with the similar letters in each column are not significantly different in 5% level of probability.



**Table 4. Mean comparisons for simple effects of mother corm weight on qualitative indices of petal and stigma in saffron**

Mother corm weight (g)	Stigma qualitative parameters			Petal qualitative parameters			
	Picrocrocin $\frac{1\%}{(\lambda \frac{1cm)}{}}$	Crocin $\frac{1\%}{(\lambda \frac{1cm)}{}}$	Safranal $\frac{1\%}{(\lambda \frac{1cm)}{}}$	Phenol (mg .100 g DW)	Antioxidant activity (%)	Anthocyanin content (mg .100 g DW)	Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> FW)
0.1-4	73.45 <sup>a</sup>	184.18 <sup>a</sup>	41.39 <sup>b</sup>	62.73 <sup>a</sup>	26.32 <sup>b</sup>	23.03 <sup>b</sup>	1.09 <sup>b</sup>
4.1-8	73.62 <sup>a</sup>	185.92 <sup>a</sup>	41.78 <sup>ab</sup>	62.95 <sup>a</sup>	26.48 <sup>b</sup>	23.38 <sup>b</sup>	1.17 <sup>ab</sup>
8.-12	73.92 <sup>a</sup>	189.60 <sup>a</sup>	42.28 <sup>a</sup>	63.28 <sup>a</sup>	29.44 <sup>a</sup>	24.72 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>

Means with the similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability.

زعفران (Naghdebadi et al., 2011) را افزایش می‌دهد.

### میزان فنول گلبرگ

اثرات ساده و متقابل وزن بنه مادری و مصرف کود محرک زیستی تکامین بر محتوای فنول گلبرگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که تیمارهای کودی می‌توانند منجر به افزایش میزان عملکرد گیاه شوند، اما ممکن است بر میزان ترکیبات فنولی گیاه اثری نداشته باشند (Bahrami and Omid, 2002). با این وجود، نتایج پژوهش دیگری نشان داد که مصرف کودهای زیستی نیتروکسین و بیوسولفور میزان ترکیبات فنولی در گیاه دارویی سرخار گل افزایش داد (Agha alikhani et al., 2013).

### میزان آنتوسیانین گلبرگ

میزان آنتوسیانین گلبرگ زعفران به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مصرف کود محرک زیستی تکامین و وزن بنه مادری قرار گرفت، اما اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). حداقل میزان آنتوسیانین در تیمار شاهد و حداکثر مقدار آن در تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی تکامین به‌دست آمد. با این وجود، از نظر آماری بین دو سطح مصرف ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار کود مصرفی تفاوت معنی‌داری در ارتباط با میزان آنتوسیانین مشاهده نشد (جدول ۳).

آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدهایی با ترکیبات گلوکوزیدی هستند که وجود قند برای تشکیل آن‌ها ضروری است (Hapkins, 1999). تحقیقات نشان داده است که هنگام استفاده از کودهای زیستی، میزان قند و کربن در گیاه افزایش می‌یابد. قند اضافی تولیدشده در گیاه، در ساختمان

اثرات مثبت کاربرد عصاره جلبک دریایی به منظور افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان به ویژه در افزایش تحمل در شرایط بروز تنش‌های محیطی به اثبات رسیده است (Zhang and Ervin, 2004). در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) نیز مصرف کود مایع جلبک دریایی موجب افزایش ترکیبات مؤثره گیاه شد (Heydari et al., 2017). تحقیقات نشان داده است که عصاره جلبک دریایی غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند کارتنوئیدها، اسید اسکوربیک، فلوروتانین و سایر ترکیبات می‌باشد (Gupta and Abu-Ghannam, 2011) و این مورد ممکن است در بهبود خواص آنتی‌اکسیدانی گلبرگ مؤثر بوده باشد. یک گروه از آنتی‌اکسیدان‌های مهم، ترکیبات فنولی هستند و نتایج مطالعات پیشین نشان داده است که مدیریت تغذیه‌ای گیاهان در تولید این ترکیبات نقش بارزی دارد (Lopez et al., 2011). به نظر می‌رسد که محرک‌های رشد گیاهی موجود در عصاره جلبک دریایی مانند اکسین، کینتین و زآتین (Zhang and Ervin, 2004)، حضور اسیدهای آمینه و نیز ماکرو مغذی‌هایی مانند فسفر و پتاسیم به همراه ریزمغذی‌ها و ویتامین‌ها (Kalaivanan et al., 2012) و نیز نقش عصاره جلبک در بهبود ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، رشد بهتر ریشه و افزایش جذب مواد معدنی (Ludwig-Muller, 2000) در بهبود خواص کیفی گلبرگ مؤثر بوده باشد. در همین ارتباط نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که تغذیه بهینه خصوصاً مصرف کودهای آلی و زیستی، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه مریم‌گلی (Nell., 2009) و نیز تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان بابونه آلمانی (Dadkhah et al., 2012) و



(جدول ۳). همچنین با افزایش وزن بنه مادری میزان کاروتنوئید گلبرگ زعفران افزایش یافت، به طوری که میزان این شاخص در تیمار استفاده از بنه‌های مادری درشت با اختلاف ۲۳/۸ درصدی در سطح بالاتری در مقایسه با بنه‌های مادری ریز قرار گرفت (جدول ۴).

مشابه نتایج این تحقیق (Mafakheri (2017 گزارش کرد که با مصرف عصاره جلبک مقدار کاروتنوئید در برگ شنبلیله به طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین افزایش میزان کاروتنوئید بامیه (Jothinayagi and Anbazhagan, 2009) و گوار (Sivasangari Ramya et al., 2011) در نتیجه مصرف عصاره جلبک گزارش شده است. جلبک‌ها به دلیل دارا بودن میزان بالایی فیبر از یک طرف نقش مهمی در نرم کردن بافت خاک و حفظ رطوبت و از طرف دیگر بخاطر دارا بودن مواد معدنی و عناصر کمیاب اهمیت زیادی از حیث فراهمی عناصر غذایی دارند (Javedan, 2010). از علل تأثیر مثبت عصاره جلبک بر افزایش میزان رنگدانه‌های گیاهی می‌توان به وجود هورمون‌های رشد اکسین و جیبرلیک اسید در این کود اشاره کرد. وجود بتائین در عصاره جلبک نیز بر کاهش تخریب رنگدانه‌هایی مانند کلروفیل تأثیر مثبت دارد (Crouch and Staden, 1992). همچنین عصاره جلبک سبب افزایش ماندگاری بافت‌های فستق‌کننده شده و از طریق افزایش غلظت کلروفیل در برگ، موجب افزایش کاروتنوئید می‌شود (Naderi et al., 2002).

### میزان ترکیبات کیفی کلاله

در بین اثرات ساده و متقابل فاکتورهای آزمایشی، تنها مصرف کود محرک زیستی تکامین در سطح احتمال یک درصد بر میزان پیکروکروسین کلاله زعفران معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که حداقل میزان پیکروکروسین در تیمار عدم کوددهی و حداکثر مقدار آن در تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی به دست آمد، اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار کود تکامین مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج ارائه‌شده حاکی از تأثیر معنی‌دار کود محرک زیستی در سطح احتمال یک

متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره استفاده می‌شود که در نهایت باعث افزایش میزان این ترکیبات در گیاه می‌گردد (Madiha et al., 2014; Toor et al., 2006). وجود مواد آلی و نیز برخی تنظیم‌کننده‌های رشد در عصاره جلبک دریایی مثل سایتوکینین‌های ترانس-زاتین، مواد اکسینی، بتائین و نیز مواد شبه‌بتائین، میزان فتوسنتز و تولید ترکیبات قندی در گیاه را افزایش می‌دهد (Crouch and Staden, 1992). افزون بر این، حضور مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی، متیونین و حتی پلی‌آمین‌ها در این عصاره موجب افزایش جذب مواد معدنی به وسیله اتصال به این مولکول‌ها و تولید بیشتر کربوهیدرات‌ها می‌شود (Khandan, 2018). از این رو، کربوهیدرات‌های اضافی تولیدشده در گیاه با اثر بر مسیر تولید فلاونوئید موجب افزایش میزان آنتوسیانین در گیاه می‌شوند (Watkinson et al., 2006). لازم به ذکر است که تأثیر مثبت عصاره جلبک بر افزایش میزان قند در گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) (Sivasangari Ramya et al., 2011) و افزایش کربوهیدرات در بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) (Jothinayagi and Anbazhagan, 2009) و گل جعفری (Sridhar and Rengasamy, 2010) نیز به اثبات رسیده است. علاوه بر کود محرک زیستی، با افزایش وزن بنه مادری نیز میزان آنتوسیانین گلبرگ زعفران افزایش یافت (جدول ۴)، این موضوع نیز می‌تواند ناشی از وجود ذخایر کربوهیدراتی کافی در بنه‌های مادری درشت باشد.

### میزان کاروتنوئید گلبرگ

میزان کاروتنوئید گلبرگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف کود محرک زیستی و وزن بنه مادری قرار گرفت، اما اثر متقابل این دو عامل نتوانست این شاخص را متأثر سازد (جدول ۲). استفاده از کود محرک زیستی تکامین میزان کاروتنوئید را در تیمار مصرف ۳۰ لیتر از این ترکیب در مقایسه با تیمار شاهد ۷۵/۹ درصد افزایش داد. از حیث این صفت بین سطوح کاربرد ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار از این ترکیب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد

زعفران به اثبات رسیده است ( Omid et al., 2009; Naghdibadi et al., 2011). کودهای آلی و زیستی به دلیل فراهمی مناسب و متعادل عناصر غذایی، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری با سایر ریزجانداران و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلیکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه (کروسین و پیکروکروسین) ممکن است بر عملکرد کیفی و مواد مؤثره زعفران تأثیر گذار باشند ( Patten and Glick, 1996).

عصاره جلبک دریایی دارای میزان زیادی اسیدآمین (نیتروژن آلی)، کربوهیدرات و سایر ترکیبات آلی است (Anantharaj and Venkatesalu, 2001). همچنین در این عصاره مقادیر بالایی فسفر، پتاسیم و سایر مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند (Crouch and Staden, 1993). این عوامل در کنار افزایش فراهمی عناصر غذایی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، باعث بهبود شرایط شیمیایی و بیولوژیکی خاک گردیده و با ایجاد بستر مناسب برای رشد گیاه باعث افزایش تولید کربوهیدرات می‌شود. با تجزیه کربوهیدرات‌ها به ترکیبات ثانویه گلیکوزیدی (کروسین و پیکروکروسین) میزان آن‌ها در زعفران افزایش می‌یابد. همچنین ساخت اسانس‌های ترپنئیدی نظیر فیتوالکسین‌ها و سافرانال زعفران نیاز مبرم به ترکیب‌های فسفردار دارد و برای تأمین انرژی لازم (ATP و NADPH) به نیتروژن وابسته است (Loomis and Cortoa, 1972). از این رو، کاربرد کودهای زیستی حاوی عصاره جلبک دریایی به واسطه بهبود فراهمی و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در افزایش تولید مواد مؤثره موجود در کلاله زعفران نقش مؤثری دارد.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاشت بنه‌های مادری بزرگ‌تر و استفاده از کود محرک زیستی حاوی عصاره جلبک می‌تواند در بهبود ویژگی‌های کیفی گلبرگ و مواد مؤثره کلاله زعفران مفید باشد. از آنجا که بین سطوح مصرف ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار از این ترکیب در اکثر صفات مورد بررسی تفاوت آماری معنی‌داری

درصد بر میزان سافرانال کلاله زعفران بود. همچنین وزن بنه مادری توانست در سطح احتمال پنج درصد این صفت را تحت تأثیر معنی‌دار خود قرار دهد. اما اثر متقابل این دو عامل بر میزان این صفت معنی‌داری نبود (جدول ۲). اعمال بالاترین سطح کود محرک زیستی میزان سافرانال را در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۴/۴۸ درصد افزایش داد؛ هر چند از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین سطوح مصرف ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی مشاهده نشد (جدول ۳). همچنین استفاده از بنه‌های مادری درشت جهت کاشت گیاه، موجب افزایش میزان سافرانال کلاله به میزان ۲/۱۵ درصد شد (جدول ۴). از نظر میزان کروسین نیز تنها اثر ساده مصرف کود محرک زیستی تکامین توانست بر صفت مذکور در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار نشان دهد، اما وزن بنه مادری و اثر متقابل این دو عامل نتوانستند بر میزان این شاخص اثر معنی‌داری داشته باشند (جدول ۲). کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار کود محرک زیستی تکامین میزان کروسین کلاله را در مقایسه با تیمار شاهد ۱۲/۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). ترکیبات کیفی کلاله در آزمایش کنونی مطابق با مقادیر ارایه‌شده در استاندارد ملی ایران می‌باشد (جدول ۴). در استاندارد مذکور دامنه تغییرات کروسین بین ۱۵۰ تا ۲۲۰، پیکروکروسین ۷۰ تا ۸۵ و سافرانال ۲۰ تا ۵۰ ذکر شده است (INSO, 2013).

در مجموع مصرف کود محرک زیستی تکامین موجب بهبود خصوصیات کیفی کلاله زعفران شد. مشابه نتایج این تحقیق (Golzar Jahan Abadi et al. 2017) دریافتند که بیشترین مقدار مواد مؤثره کلاله زعفران با کاربرد کود زیستی بیوآمینوپاليس حاصل شد. همچنین (Mafakheri 2017) گزارش کرد که عصاره جلبک دریایی، میزان مواد مؤثره شنبلیله را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در پژوهش دیگری (Heydari et al. 2017) افزایش ماده مؤثره گیاه همیشه بهار را در نتیجه کاربرد عصاره جلبک گزارش کردند. در تحقیقات دیگری نیز اثرات مثبت مصرف نهاده‌های زیستی بر عملکرد کیفی

شود. همچنین با وجود این که مصرف خاکی عناصر غذایی بر گل دهی سال اول زعفران، نمی تواند اثرگذاری قابل توجهی داشته باشد، بهبود شاخص های کیفی گل در اولین فصل گل دهی در این آزمایش، عمدتاً ناشی از غوطه وری بنه ها قبل از کاشت در کود محرک زیستی بوده است.

### سپاس گذاری

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهش، فناوری و نوآوری دانشگاه بیرجند به انجام رسیده است که بدینوسیله تشکر می گردد.

مشاهده نشد، به منظور کاهش هزینه های تولید می توان سطح ۱۵ لیتر در هکتار از کود محرک زیستی تکامین را پیشنهاد داد که البته این میزان بسته به خصوصیات خاک در هر منطقه می تواند متغیر باشد. به منظور تکمیل نتایج این آزمایش توصیه می شود اثر سایر سطوح و روش های مصرف کود زیستی حاوی عصاره جلبک دریایی (مانند برگ پاشی و مصرف تلفیقی آن با سایر منابع تغذیه ای) در طی پژوهش های چندساله (که در آزمایش کنونی به دلیل مشکلات فنی مقدور نشد) بر عملکرد، ویژگی های کیفی گلبرگ و محتوای مواد مؤثره زعفران بررسی

### References

- Agha Alikhani, M., Iranpour, A. and Naghdibadi, H. A. (2013). Changes in agronomical and phytochemical yield of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) moench under urea and three biofertilizers application. *Journal of Medicinal Plants*, 12(2), 121-136. [In Farsi]
- Anantharaj, M. and Venkatesalu, V. (2001). Effect of seaweed liquid fertilizer on *Vigna calajung*. *Seaweed Research Utiln*, 23(2), 33-39.
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23(1), 112-121.
- Bahrami, K. and Omid Beygi, R. (2002). *The effect of nitrogen and phosphorus on fertility and quality of medicinal plant active ingredient of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. M.Sc. Thesis of Horticultural Science, Tarbiat Modares University, Tehtan, Iran. [In Farsi]
- Beckles, D. M. (2012). Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology Technology*, 63(1), 129-140.
- Behdani, M. A. and Fallahi, H. R. (2015). *Saffron: Technical knowledge based on research approaches*. Birjand: University of Birjand Press. [In Farsi]
- Chuah, A. M., Lee, Y. C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L. J. and Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of colored peppers. *Food Chemistry*, 111(1), 20-28.
- Crouch, I. J. and Staden, J. V. (1992). Effect of seaweed concentrates on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology*, 4(4), 291-296.
- Crouch, I. J. and Staden, J. V. (1993). Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation*, 13(1), 21-29.
- Dadkhah, A., Amini Dehaghi, M. and Kafi, M. (2012). Effect of different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on quantitative and qualitative functions of German camomile. *Iranian Crop Research*, 10(2), 321-326. [In Farsi]
- Faheed, F. A., Fattah, Z. and Abd, E. L. (2008). Effect of *Chlorella vulgaris* as biofertilizer on growth parameters and metabolic aspect of lettuce plant. *Journal of Agriculture and Social Science*, 4(4), 165-169.
- Fallahi, H. R. and Mahmoodi, S. (2018). Impact of water availability and fertilization management on saffron (*Crocus sativus* L.) biomass allocation. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1(2), 133-148.

- 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.). *Journal of Medicinal & Spice Plants (Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen)*, 22(3), 110-114.
- Gholizade, Z., Aminifard, M. H. and Sayyari, M. H. (2017). Evaluating the effects of municipal waste compost and corm weight on qualitative characteristic and secondary metabolites of saffron (*Crocus sativus* L.). *Plant Productions*, 40(3), 53-64. [In Farsi]
- Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M. A., Sayyari Zahan, M. H. and Khorramdel, S. (2017). Effect of some fertilizer sources and mother corm weight on growth criteria and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Resreh*, 4(2), 172-186. [In Farsi]
- Gupta, S. and Abu-Ghannam, N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Sciences and Technology*, 22(6), 315-326.
- Hapkins, W. G. (1999). *Introduction to plant physiology* (Vol 1 and 2). New York: John Wiley and Sons.
- Heydari, M., Danishian Moghadam, A. M. and Nourafcan, H. (2017). Effect of vermicompost and liquid seaweed fertilizer on morpho-physiological properties of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(4), 891-906. [In Farsi]
- INSO (Iranian National Standardization Organization) (2013). *Saffron-test methods*. Retrieved from <http://www.isiri.gov.ir/portal/home/150911/757561/>.
- Javedan, A. (2010). *Investigating the use of fertilizers and predicting its future trend in Iran*. Presented at the Congress 1<sup>th</sup> Fertilizer Challenges in Iran Proceeding, Tehran.
- Jothinayagi, N. and Anbazhagan, C. (2009). Effect of seaweed liquid fertilizer of *sargassum wightii* on the growth and biochemical characteristics of (*Abelmoschus esculentus* L.) medikus. *Recent Research in Science and Technology*, 1(4), 155-158.
- 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 Phycological Society*, 42(2), 46-53.
- Khandan, S. (2018). *Effect of amino acid, algae extract and corm weight on quantitative, qualitative characteristics of saffron (Crocus sativus L.)*. M.Sc. Thesis of Horticulture, University of Birjand, Birjand. [In Farsi]
- Khavari, A., Behdani, M. A., Zamani, G. R. and Mahmoudi, S. (2012). *The Effect of planting method and corm weight on saffron yield in Qaynat area*. M.Sc. Thesis of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. [In Farsi]
- Loomis, W. D. and Croteau, R. (1972). Essential oil biosynthesis. *Recently Advance Phytochemistry*, 6(1), 147-185.
- Lopez, A., Rico, M., Rivero, A. and Suarez de Tangil, M. (2011). The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* alga extracts. *Food Chemistry*, 125(3), 1104-1109.
- Ludwig-Muller, J. (2000). Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Plant Growth Regulation*, 2(3), 219-230.
- Madiha, H. Jalal, A. and Ayad, A. (2014). The effect of some foliar nutrients on vegetative growth characteristics and yield of Rosell (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Tikrit University for Agriculture Sciences*, 23(3), 26-27.

- Mafakheri, S. (2017). Effect of application of some organic and chemical fertilizers on morphological and biochemical traits of *Trigonella foenum-graecum* L. *Plant Productions*, 40(3), 27-40. [In Farsi]
- Naderi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
- Naghdibadi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H. and Fotoukiyan, M. (2011). Changes of crocin, picrocrocin and safranal and agronomical characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 10(4), 58-68. [In Farsi]
- Naghdibadi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H. and Fotoukiyan, M. (2011). Changes of crocin, picrocrocin and safranal and agronomic characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) the impact of biological and chemical x fertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 4(40), 58-68. [In Farsi]
- 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)*. M.Sc. Thesis of Agronomy, University of Birjand (Saffron Research Group of Birjand University), Birjand, Iran.
- Nell, M., Votsch, M., Vierheilig, H., Steinkellner, S., Zitterl-Eglseer, K., Franz, C. and Novak, J. (2009). Effect of phosphorus uptake on growth and secondary metabolites of garden sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 1090-1096.
- Omidi, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H. and Fotoukiyan, M. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 2(30), 98-109. [In Farsi]
- Patten, C. L. and Glick, B. R. (1996). Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. Photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. *Phytochemistry*, 6(4), 147-185.
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S. and Besharati, H. (2015). Saffron (*Crocus sativus* L.) yield as affected by different fertilizing systems. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2), 204-219. [In Farsi]
- Razavi, M., Ayman Shahidi, M., Abnus, H. and Hosseinzadeh, H. (2013). A review of cardiovascular effects of saffron and its active ingredients. *Agriculture and Technology of Saffron*, 1(2), 3-13. [In Farsi]
- Sivasangari, S., Ramya, S. and Vijayanand, N. (2011). Influence of seaweed liquid extracts on growth, biochemical and yield characteristics of Taub (*Cyamopsis tetragonolaba* L.). *Journal of Phytology*, 3(9), 37-41.
- Sridhar, S. and Rengasamy, R. (2010). Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer on the flowering plant *Tagetes erecta* in field trial. *Advances in Bioresearch*, 1(2), 29-34.
- Toor, R. K., Geoffrey, P. and Savagea, A. H. (2006). Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(1), 20-27.
- Tuhy, L., Chowanska, J. and Chojnacka, K. (2013). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth: Review. *Chemik*, 67(7), 636-641.
- Turan, M. and Kose, C. (2004). Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 54(4), 213-220.
- Turkmen, N., Sari, F. and Veliglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93(4), 713-718.
- Watkinson, J. I., Hendricks, L., Sioson, A. A., Vasquez- Robinet, C., Verlyn, S., Heath, L. S., Schuler, M., Bohnert, H. J., Bonierbale, M. and Grene, R. (2006). Accessions of *Solanum tuberosum* spp. Andigena show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. *Plant Science*, 171(6), 745-758.

Whapham, C., Blunden, G., Jenkins, T. and Hankins, S. (1993). Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 5(2), 231-234.

Zhang, X. and Ervin, E. H. (2004). Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, 44(5), 1737-1745.



© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)