Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.11, No.1, Spring & Summer, 2023
p. 79-93
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.6211.1210

University of Birjand

Original Article

The Effects of Seaweed Extract and Ascorbic Acid Foliar Application on Quantitative and Qualitative Traits of Saffron

Safiye Arab*[1]
1- PhD of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
*Corresponding Author: *s.arab.agri@gmail.com*

Received 12 March 2023; Accepted 17 July 2023

Extended Abstract

Introduction: Among Iran's industrial and export products, saffron has found an important place as the most valuable agricultural product in the world. One of the ways to increase yield in saffron is to provide sufficient number of mineral elements needed by the plant. This research was conducted in order to investigate the effect of biofertilizers including seaweed extract and ascorbic acid on quantitative and qualitative traits of saffron in a farm in Shahrood and Shahrood University of Technology laboratory in 2021.

Materials and Methods: The experiment was conducted based on the randomized complete block design in three replications. Spraying consisted of seven levels (control: spraying with distilled water), 2, 3 and 4 mg/L of brown seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*), 50, 100 and 150 mM ascorbic acid in the flowering stage. Seaweed extract was used under the Akadine, made in Canada, and ascorbic acid was produced by Merck, Germany. Spraying of the materials were done in three stages (20 february 2021, 5 and 19 march 2022) at 10 o'clock in the morning. During the growing season of the plant (from the fall of 2021 to the end of May 2022), no organic or chemical fertilizers were used either in the form of irrigation or in the form of soil. During this period, the use of herbicides was avoided. The number of four stages of irrigation was applied, similar to previous years. All the plots were irrigated at the same rate and in the form of flooding. Seaweed extract was used under the Akadine, made in Canada, and ascorbic acid was produced by Merck, Germany. Data analysis was done using SAS 9.1 software and the means were compared using LSD test.

Results and Discussion: The results showed that the number of saffron flowers increased with the application of seaweed extract and ascorbic acid compared to the control. The highest flower fresh weight was recorded in plants that were sprayed with 4 mg/L of seaweed extract. All levels of foliar spraying, except for the lowest level of each substance (2 mg/L of seaweed extract and 50 mM ascorbic acid) caused a significant increase in the dry weight of the stigma compared to the control. The highest stigma dry weight was recorded in plants that were sprayed with 100 mM ascorbic acid. Anthocyanin increased by 11.53, 28.84, and 23.07% in plants that received 2, 3, and 4 mg/L of seaweed extract as a foliar spray, respectively. Total phenol was significantly

increased in plants that received 2, 3 and 4 mg/L of seaweed extract and 100 and 150 mM ascorbic acid. The highest amount of total phenol was equal to 6.34 mg/g dry weight, which was related to the plants that were sprayed with 3 mg/l of seaweed extract. The use of seaweed extract at all three levels of 2, 3 and 4 mg/L caused a significant increase in anthocyanin by 11.53, 28.84 and 23.07%, respectively, compared to the control. Among the measured effective substances of saffron, only safranal increased under the influence of seaweed extract. Although the use of ascorbic acid increased the amount of anthocyanin, this increase was not statistically significant.

Conclusion: The results of this research showed that the application of seaweed extract and ascorbic acid in the form of foliar spraying increased traits such as the number of flowers, fresh weight of flowers, anthocyanin and finally the dry weight of saffron stigma. In general, it can be said that the qualitative characteristics of saffron can be improved by using seaweed extract and ascorbic acid. Finally, within the scope of the research, it is suggested to use 4 mg/L of seaweed extract and 100 mM ascorbic acid to increase yield in saffron.

Conflict of Interest: The author declare no potential conflict of interest related to the work.

Keywords: Anthocyanin**,** Ascorbate, Biofertilizer, Flowering, Safranal, Stigma, Total phenol.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۹۳-۷۹
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.6211.1210

مقاله پژوهشی

اثرات محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک بر صفات کمی و کیفی زعفران

صفیه عرب[1*]
۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: s.arab.agri@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۶

چکیده
این پژوهش به‌منظور بررسی اثر اسید آسکوربیک و عصاره جلبک دریایی بر صفات کمی و کیفی زعفران در مزرعه شخصی در شهرستان شاهرود و آزمایشگاه دانشگاه صنعتی شاهرود از مهر ۱۴۰۰ تا پاییز ۱۴۰۱ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. محلول‌پاشی شامل هفت سطح (شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) و ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک) بود. وزن تر گل در گیاهانی به ثبت رسید که با ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک محلول‌پاشی شده بودند که نسبت به شاهد ۱۲/۵۰ درصد افزایش نشان داد. وزن خشک کلاله با کاربرد تمامی سطوح عصاره جلبک و اسید آسکوربیک از ۵/۳۷ درصد تا ۹/۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. آنتوسیانین کلاله در گیاهانی که ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک را به‌صورت محلول‌پاشی دریافت کرده بودند به‌ترتیب ۱۱/۵۳، ۲۸/۸۴ و ۲۳/۰۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. فنل کل کلاله در گیاهانی که ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک و ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک را دریافت کردند، به ترتیب۱۲/۷۸، ۲۰/۹۹، ۸/۲۰، ۱۰/۸۷ و ۸/۹۶ درصدنسبت به شاهد افزایش یافت. سافرانال موجود در کلاله تحت تأثیر محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک و ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به‌ترتیب به میزان ۴/۶۹ و ۳/۶۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در مجموع می‌توان این‌طور بیان کرد که با مصرف عصاره جلبک و اسید آسکوربیک می‌توان خصوصیات کیفی و کمی زعفران را بهبود داد.

واژه‌های کلیدی: آسکوربات، آنتوسیانین، سافرانال، فنل کل، کلاله، کود زیستی، گلدهی.

مقدمه

در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران، زعفران به‌عنوان با ارزش‌ترین محصول کشاورزی در جهان، جایگاه مهمی پیدا کرده است. زعفران به‌دلیل دارا بودن موادی از جمله کروسین، پیکروکروسین و سافرانال قابلیت تأمین رنگ، طعم و عطر را در فرآورده‌های غذایی دارد. کروسین مسئول رنگ زعفران، پیکروسین مسئول طعم و سافرانال مسئول عطر و بوی زعفران است. این گیاه خواص دارویی از جمله اثرات درمانی بر افسردگی و سرطان، آرام‌بخش، ضد اسپاسم، ضد درد، اشتهاآور و مقوی معده را دارد (Fallahi & Mahmoodi, 2018). کشور ایران با تولید بیش از ۸۰ درصد از زعفران جهان، مقاوم اول را به خود اختصاص داده است اما میانگین عملکرد زعفران در ایران نسبت به سایر کشورها در سطح پایین‌تری قرار دارد (Ghasemi et al., 2023). یکی از راه‌های افزایش عملکرد در زعفران، تأمین مقدار کافی عناصر معدنی مورد نیاز گیاه است. رویکرد جهانی در مورد گیاهان دارویی به سمت افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره این گیاهان با استفاده از کودهای آلی و زیستی است. از جمله کودهای زیستی مهم و ارزشمند می‌توان به کودهای حاصل از جلبک‌های دریایی اشاره کرد. برخلاف کودهای شیمیایی، عصاره به‌دست آمده از جلبک دریایی از تخریب محیط زیست جلوگیری می‌نماید، غیرسمی است و آلودگی خطرناک برای انسان، حیوانات و پرندگان ایجاد نمی‌کند (Hamouda et al., 2022). عصاره جلبک دریایی شامل هورمون‌های گیاهی از قبیل اسید آبسیزیک، جیبرلین، براسینواستروئید، اتیلن، اکسین، سیتوکینین و حتی استریگولاکتون‌ها است که موجب تقویت این فرضیه می‌شود که مواد موجود در جلبک می‌تواند رشد گیاهان را تحریک کند (De Saeger et al., 2022). محققان دریافتند استفاده از عصاره جلبک *Aschophyllum nodosum* موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ و مواد مؤثره پیکروسین، سافرانال و کروسین موجود در کلاله زعفران شده است (Azizi et al., 2020; Kahndan Deh-Arbab et al., 2020). در تحقیقی گزارش شد که کاربرد دو میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک سبز موجب افزایش آنتوسیانین موجود در گلبرگ زعفران گردید (Yaghoubnezhad et al., 2022). نتایج پژوهش دیگری حاکی از آن بود که عصاره جلبک صفاتی از قبیل طول برگ، تعداد بنه، عملکرد بنه، وزن خشک برگ و تعداد جوانه در بنه زعفران را افزایش داد (Kamel, 2018).

یکی دیگر از محرک‌های زیستی که می‌توان برای افزایش عملکرد از آن استفاده کرد، اسید آسکوربیک است. اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان و محرک زیستی قابل حل در آب است که موجب تغییر چرخه سلولی و تحریک تقسیم سلولی گیاهان می‌شود و از طرف دیگر رشد طولی و گسترش سلولی را امکان‌پذیر می‌سازد. به علاوه مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نموی بازی می‌کند (Hamidi et al., 2022). اسید آسکوربیک علاوه بر خنثی کردن گونه‌های فعال اکسیژن، به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در تولید آلفاتوکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست ایفای نقش می‌کند. این ماده بر متابولیت‌های گیاه اثر گذاشته و موجب تحریک بیوسنتز فیتوهورمون‌ها می‌شود، مکانیسم‌های دفاعی گیاهان را ارتقا داده و در نهایت موجب افزایش عملکرد می‌گردد (Nasiri et al., 2018). محققان دریافتند کاربرد اسید آسکوربیک موجب افزایش صفات کیفی در گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovate* Forssk) (Naghizadeh et al., 2022)، کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo*) (Akbarpour et al., 2021) و بادرشبو (*Dracocephalam moldavica* L.) (Nasiri et al., 2018) شده است.

با توجه به اهمیت گیاه زعفران و لزوم افزایش عملکرد کمی و کیفی این گیاه ارزشمند، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی شامل عصاره جلبک و اسید آسکوربیک بر خواص کمی و کیفی زعفران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک بر صفات کمی و کیفی زعفران آزمایشی از مهر ۱۴۰۰ تا اواخر پاییز ۱۴۰۱ (اتمام گلدهی) به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی طراحی و اجرا شد. آزمایش حاضر در مزرعه شخصی چهار ساله در شهرستان شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه

شرقی و ارتفاع ۱۳۴۹/۹ متر از سطح دریا انجام شد. کاشت مزرعه در سال ۱۳۹۶ انجام شده بود. در زمان کاشت، مقدار بنه استفاده شده در مزرعه ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و متوسط اندازه بنه ۱۵ گرم بود. تراکم کاشت ۴۶ بوته در متر مربع و روش کاشت دانه تسبیحی بود. عمق کاشت بین ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بود. در سال ۱۴۰۰ و زمانی که مزرعه چهار ساله بود، اقدام به ایجاد کرت‌های آزمایشی و اعمال تیمارهای مورد نظر گردید.

ابعاد کرت‌ها دو متر در سه متر (مساحت کرت شش متر مربع) بود. در هر کرت آزمایشی ۱۳ ردیف زعفران با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول سه متر وجود داشت. فاصله بنه‌ها در روی ردیف نیز حدود ۱۴ سانتی-متر بود. تیمار آزمایش شامل محلول‌پاشی در هفت سطح (شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) و۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک) بود.

محلول‌پاشی مواد مورد نظر، در کرت‌های آزمایشی در سه مرحله (۱، ۱۴ و ۲۸ اسفندماه سال ۱۴۰۰) انجام شد. محلول‌پاشی به وسیله سم‌پاش ۲۰ لیتری با میزان آب و غلظت‌های مشخص از هر ماده انجام شد. میزان محلول مصرف شده در هر مرحله ۲۰۰ میلی‌لیتر در متر مربع بود.

زمان انجام محلول‌پاشی زعفران در هر منطقه ممکن است، متفاوت باشد و با توجه به خصوصیات خاک و اقلیم انتخاب می‌شود. در مناطق گرم که فصل رویشی زعفران زودتر به اتمام می‌رسد و ریشه‌ها سریع‌تر تحلیل می‌روند، محلول‌پاشی می‌تواند زودتر انجام شود. در این پژوهش، زمانی‌که سیستم ریشه‌ای گیاه شروع به تحلیل رفتن نمود و اولین علایم کمبود، پیری و خشکیدگی در برگ‌های گیاه مشاهده شد، اولین مرحلهٔ محلول‌پاشی انجام گرفت و با فاصلهٔ دو هفته این عمل تکرار شد. محلول‌پاشی‌ها ساعت ۱۰ صبح، در شرایطی که هوا ساکن بود، صورت گرفت. پس از محلول‌پاشی به مدت حداقل شش روز بارندگی در محل اجرای تحقیق رخ نداد. برای ممانعت از انتشار محلول‌پاشی‌ها از یک کرت به کرت‌های مجاور و برای افزایش دقت آزمایش و اطمینان بیشتر از پوشش پلاستیکی جهت پوشاندن سطح کرت‌های مجاور استفاده گردید (Ahmadi et al., 2022).

در طی فصل رشد گیاه (از پاییز ۱۴۰۰ تا انتهای اردیبهشت ۱۴۰۱)، هیچ گونه کودی اعم از آلی و شیمیایی چه به صورت آبیاری و چه به صورت خاکی مصرف نشد. در این مدت از مصرف علفکش‌ها خودداری گردید. تعداد آبیاری چهار مرحله و مشابه با سال‌های قبل، اعمال گردید. تمام کرت‌ها به یک میزان و به صورت غرقاب آبیاری گردید.

عصاره جلبک مورد استفاده با نام تجاری آکادین ساخت کشور کانادا و اسید آسکوربیک مورد استفاده تولید شرکت مرک آلمان بود. خصوصیات خاک مزرعه و پودر جلبک مورد استفاده به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ گزارش شده است.

برای اندازه‌گیری عملکرد زعفران، همزمان با شروع گلدهی (اواسط آبان ماه ۱۴۰۱) برداشت گل‌ها بطور روزانه آغاز شد. گلدهی گیاه به مدت ۲۳ روز از تاریخ ۱۵ آبان ماه تا تاریخ ۸ آذر ماه ۱۴۰۱ ادامه یافت. برداشت گل‌ها بصورت دستی و بطور روزانه در ساعات اولیه صبح صورت گرفت. کلاله و گلبرگ در دمای اتاق (۲۵ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد) و در سایه خشک شدند و در پایان دورهٔ گلدهی عملکرد هر کدام با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین شد. نمونه‌های خشک شدهٔ کلاله جهت آزمایشات کیفی تا زمان اندازه‌گیری در محیطی تاریک و دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردید.

جدول ۱. خواص فیزیکو-شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش.

Table 1. Physico-chemical properties of the experimental soil.

بافت خاک Soil texture	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (EC) (ds/m)	پتاسیم Potassium (K) (mg/kg)	فسفر Phosphorus (P) (mg/kg)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)
Loam	39.2	32.2	24.6	7.31	0.74	520.00	5.62	0.09	0.4

جدول ۲. برخی ویژگی‌های پودر جلبک آکادین (*A. nodosum*). داده‌ها توسط شرکت تولیدکننده (Acadian Seaplants, Canada) گزارش شده است.

Table 2. Some composition of Acadian marine plant extracts powder (*A. nodosum*) according to information provided by Acadian Seaplants, Canada.

Traits	ویژگی‌ها	
Appearance	ظاهر	بلورهای سیاه- قهوه‌ای Brownish-black crystals
Solubility in water	حلالیت در آب	100%
pH	شاخص واکنش	10.0–10.5
Maximum moisture	حداکثر رطوبت	6.5%
Organic matter	مواد آلی	45–55%
Ash (Minerals)	خاکستر (مواد معدنی)	45–55%
Total nitrogen (N)	نیتروژن کل	0.8–1.5%
Available phosphoric acid (P_2O_5)	اسید فسفریک قابل دسترس (P_2O_5)	1–2%
Soluble potash (K_2O)	پتاسیم قابل دسترس (K_2O)	17–22%
Iron (Fe)	آهن	75–250 $mg.L^{-1}$
Manganese (Mn)	منگنز	5–20 $mg.L^{-1}$
Gibberellic acid	اسید جیبرلیک	1.4%

اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین موجود در کلاله با استفاده از روش pH افتراقی انجام شد (Lee et al., 2005). در این روش از بافر پتاسیم‌کلرید و اسیدکلریدریک با pH=۱ و سدیم‌استات و اسید کلریدریک pH=۴/۵ استفاده شد. نمونه‌ها با بافر به حجم رسانده شده و جذب نوری در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر به ثبت رسید. میزان فنل کل موجود در کلاله با استفاده از اسید گالیک و معرف فولین‌سیکالتو اندازه‌گیری شد (Chuah et al., 2008). نیم میلی‌لیتر عصاره کلاله، نیم میلی‌لیتر فولین‌سیکالتو و دو میلی‌لیتر بیکربنات سدیم به لوله آزمایش اضافه شدند. محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت و سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. محلول به مدت پنج دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت و جذب نوری در طول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد. صفات کیفی زعفران شامل پیکروسین، سافرانال و کروسین موجود در کلاله با استفاده از روش استاندارد ملی ایران اندازه‌گیری شد (INS, 2006). آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

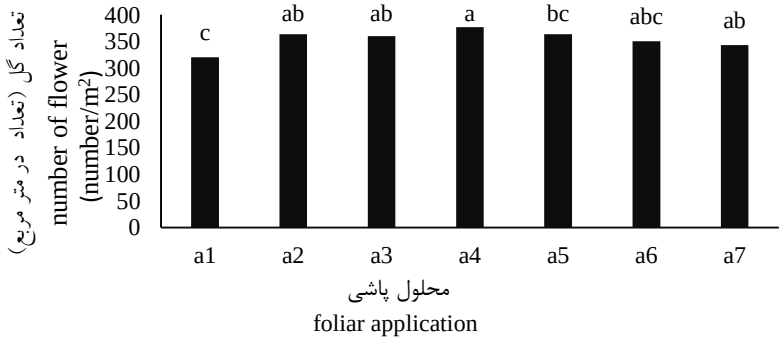
تعداد گل

تعداد گل زعفران در این پژوهش از تیمارهای آزمایش در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). محلول‌پاشی تمامی سطوح عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار تعداد گل نسبت به گیاهان شاهد شد. بالاترین تعداد گل در این پژوهش معادل ۳۷۶/۶۷ گل در متر مربع بود که متعلق به کاربرد ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک بود که نسبت به شاهد موجب افزایش ۱۷/۷۰ درصدی این صفت شد و البته از لحاظ آماری با کاربرد ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک و هم‌چنین ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۱). نتایج همبستگی‌ها نشان داد که تعداد گل با وزن خشک کلاله همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد (جدول ۴). محققان نشان دادند که عصاره جلبک از طریق افزایش کارایی جذب نیتروژن و سایر عناصر غذایی موجب افزایش تعداد گل و عملکرد زعفران می‌شود (Azizi et al., 2020; Behdani et al., 2020). عصاره جلبک حتی در غلظت‌های پایین قادر به تحریک واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه مانند تحریک رشد گیاه و بهبود گلدهی و افزایش تعداد گل می‌باشد (Behdani et al., 2020).

محققان دیگری نیز دریافتند که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش تعداد گل در گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) می‌گردد (Farahvash et al., 2016). دلیل افزایش تعداد گل با کاربرد اسید آسکوربیک این‌طور بیان شده است که این ماده می‌تواند فرایندهای ماده‌سازی به‌ویژه ساخت قندها را در جهتی القا کند که در نهایت تعداد گل افزایش یافته و رشد بهبود یابد (Farahvash et al., 2016).

وزن تر گل

وزن تر گل زعفران تحت تأثیر محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). وزن تر گل در گیاهانی که با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک محلول‌پاشی شدند، تا سطح معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). استفاده از ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک به‌ترتیب موجب افزایش ۷/۵۹، ۸/۱۰ و ۱۲/۵۰ درصدی وزن تر گل نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک نیز نسبت به شاهد به‌ترتیب موجب افزایش ۱۰/۹۱، ۹/۸۹ و ۱۰/۸۵ درصدی وزن تر گل گردید (شکل ۲). در بین سه سطح مورد آزمایش عصاره جلبک (۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر)، استفاده از بالاترین سطح این ماده نسبت به دو سطح دیگر موجب افزایش بیشتری در وزن تر گل شد و برتری را به خود اختصاص داد. این در حالی است که سطوح مورد آزمایش اسید آسکوربیک اگرچه موجب افزایش معنی‌دار وزن تر گل نسبت به شاهد شدند، ولی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۲). وزن تر گل با عملکرد کلاله همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). پژوهشگران دریافتند که کاربرد عصاره جلبک منجر به افزایش وزن تر گل زعفران می‌شود (Behdani et al., 2020; Kahndan Deh-Arbab et al., 2020). افزایش میزان گلدهی در اثر کاربرد عصاره جلبک می‌تواند در نتیجه بهبود رشد، افزایش حجم ریشه و جذب عناصر غذایی باشد. پژوهشگران این‌طور بیان کردند که احتمالاً محرک‌های رشد موجود در عصاره جلبک، اکسین، بتائین و نیز ماکرومغذی‌هایی مانند فسفر و پتاسیم به همراه عناصر غذایی و ویتامین‌ها سبب تحریک رشد گیاه و افزایش عملکرد می‌شوند (Kalaivanan et al., 2012). عصاره جلبک در افزایش تولید و انتقال سیتوکینین‌ها از ریشه به اندام‌های زایشی و متعاقب آن شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاه دارای نقش است. در این عصاره مقادیر بالایی از مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شوند و موجب بهبود رشد و گلدهی گیاه می‌شوند (Aminifard et al., 2021). محققان نشان دادند که اسید آسکوربیک به عنوان یک محرک زیستی با تأثیر بر متابولیت‌های گیاهان موجب تحریک بیوسنتز فیتوهورمون‌ها، تسهیل و افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود مکانیسم‌های دفاعی، تحریک رشد ریشه و در نهایت افزایش کمیت و کیفیت در گیاهان می‌شود (Naghizadeh et al., 2022).



شکل ۱. مقایسه میانگین تعداد گل تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Fig 1. Mean comparison of number of flower under seaweed extract and ascorbic acid foliar application.

a1: control, a2: 2 mg/L seaweed extract, a3: 3 mg/L seaweed extract, a4: 4 mg/L seaweed extract, a5: 50 mM ascorbic acid, a6: 100 Mm ascorbic acid, a7: 150 mM ascorbic acid.

a1: شاهد، a2: ۲ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a3: ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a4: ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a5: ۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، a6: ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و a7: ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک.

جدول ۳. تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در زعفران تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Table 3. Variance analysis of mean squares of measured traits in saffron under seaweed extract and ascorbic acid foliar application.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	متوسط وزن گل Average of flower weight	طول کلاله Stigma lenght	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	آنتوسیانین Anthocyanin	فنل کل Total phenol	پیکروکروسین Picrocrocin	سافرانال Safranal	کروسین Crocin
تکرار replication	2	1633.33	23.95	0.001	0.088	0.001	0.00006	0.15	0.073	0.03	2.29
تیمار treatment	6	1004.76*	87.43**	0.0004 ns	0.026 ns	0.01**	0.0001**	0.34**	0.022 ns	1.04**	0.10 ns
خطا Error	12	3.16	7.02	0.0004	0.025	0.002	0.00001	0.035	0.015	0.21	0.08
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.02	11.86	5.32	7.03	2.31	5.47	3.25	1.14	1.35	1.13

ns، * و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant in 5% and 1% respectively.

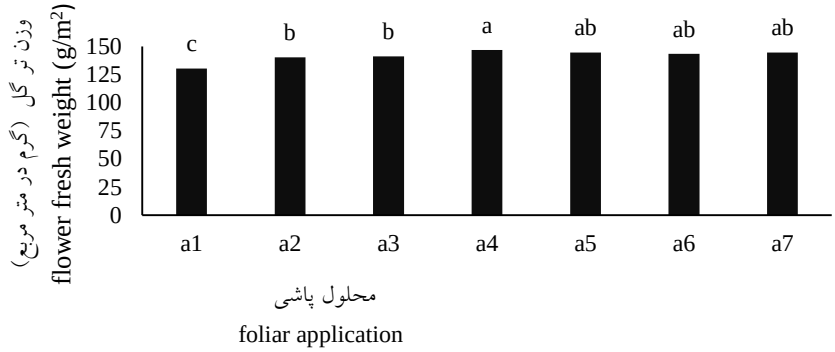
جدول ۴. همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در زعفران با وزن خشک کلاله.

Table 4. Correlation of measured traits and stigma dry weight in saffron.

صفات Traits	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	طول کلاله Stigma lenght	آنتوسیانین Anthocyanin	فنل کل Total phenol	پیکروکروسین Picrocrocin	سافرانال Safranal	کروسین Crocin
تعداد گل Number of flower	1							
وزن تر گل Flower fresh weight	0.53*	1						
طول کلاله Stigma lenght	0.18 ns	0.14 ns	1					
آنتوسیانین Anthocyanin	0.61**	0.28ns	0.24ns	1				
فنل کل Total phenol	0.09ns	0.34ns	0.17ns	0.53*	1			
پیکروکروسین Picrocrocin	-0.12ns	0.15ns	0.11ns	-0.08ns	0.29ns	1		
سافرانال Safranal	0.40ns	0.10ns	0.24ns	0.69**	0.69**	0.12ns	1	
کروسین Crocin	0.08ns	0.27ns	-0.18ns	-0.14ns	0.18ns	0.18ns	0.09ns	1
وزن خشک کلاله Stigma dry weight	0.50*	0.44*	0.19 ns	0.45*	0.43 ns	0.08 ns	0.48*	0.34 ns

ns، * و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant in 5% and 1% respectively.



شکل ۲. مقایسه میانگین وزن تر گل تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Fig 2. Mean comparison of fllower fresh weight under seaweed extract and ascorbic acid foliar application.

a1: control, a2: 2 mg/L seaweed extract, a3: 3 mg/L seaweed extract, a4: 4 mg/L seaweed extract, a5: 50 mM ascorbic acid, a6: 100 Mm ascorbic acid, a7: 150 mM ascorbic acid.

a1: شاهد، a2: ۲ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a3: ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a4: ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a5: ۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، a6: ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و a7: ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک.

متوسط وزن گل

بررسی‌ها حاکی از آن بود که متوسط وزن گل تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۳).

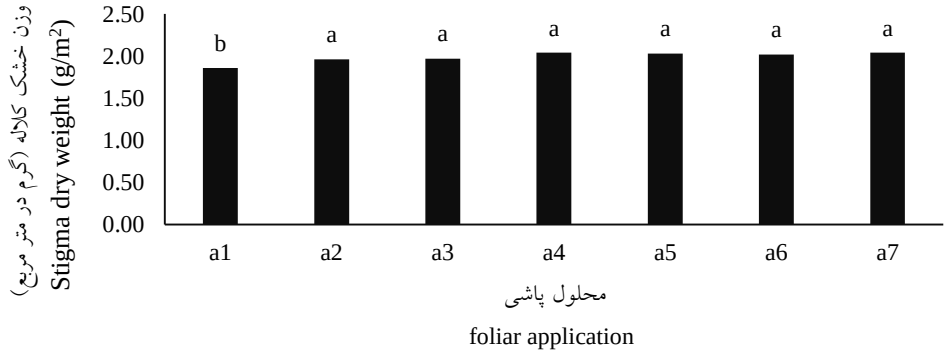
طول کلاله

طول کلاله زعفران از تیمارهای آزمایش تأثیر نپذیرفت (جدول ۳).

وزن خشک کلاله

نتایج بیان‌گر این است که وزن خشک کلاله زعفران در سطح احتمال یک درصد از تیمارهای آزمایش تأثیر پذیرفت (جدول ۳). نتایج بررسی مقایسات میانگین نشان داد که تمامی سطوح محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کلاله نسبت به شاهد شدند (شکل ۳). کاربرد ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک به‌ترتیب موجب افزایش ۵/۳۷، ۵/۹۱ و ۹/۶۷ درصدی وزن خشک کلاله نسبت به شاهد گردید. استفاده از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک نیز موجب افزایش ۹/۱۳، ۸/۶۰ و ۹/۶۷ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (شکل ۳).

عملکرد کلاله زعفران رابطه مستقیم و معنی‌دار با تعداد گل، وزن خشک گل، آنتوسیانین و سافرانال نشان داد (جدول ۴). می‌توان این‌طور بیان کرد که محلول‌پاشی‌ها از طریق افزایش تعداد گل، وزن خشک گل و آنتوسیانین موجود در کلاله زعفران موجب افزایش وزن خشک کلاله شده‌اند. محققان اعلام کردند که در عصاره جلبک دریایی مقدار بالایی از مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شود و موجب افزایش عملکرد زعفران می‌شود (Aminifard et al., 2021). می‌توان این‌طور بیان کرد که محلول‌پاشی و تغذیه برگ‌ها از طریق افزایش اسمیلات‌ها و انتقال آن‌ها به بنه‌های زعفران موجب شده گلدهی تحریک گردد و تعداد و وزن تر گل و هم‌چنین وزن کلاله افزایش یابد. زمانی که عناصر مورد نیاز زعفران در دسترس گیاه قرار دارد موجب جذب بیشتر این عناصر توسط گیاه می‌شود و در اثر جذب بیشتر، رشد اندام‌های رویشی نیز بیشتر می‌گردد. در نتیجه میزان فتوسنتز و ماده‌سازی گیاه افزایش می‌یابد. این افزایش در میزان فتوسنتز و ماده‌سازی نیز به نوبه خود بر میزان تولید کلاله تأثیر گذاشته و موجب افزایش وزن خشک کلاله می‌شود (Tabatabaeian et al., 2020). پژوهشگران نشان داده‌اند که اسید آسکوربیک به‌عنوان یک کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌های گیاهی، از طریق احیای این هورمون‌ها موجب افزایش تقسیم و گسترش سلولی و در نهایت افزایش عملکرد تولیدی در گیاهان مختلف می‌شود (Vatankhah et al., 2016).

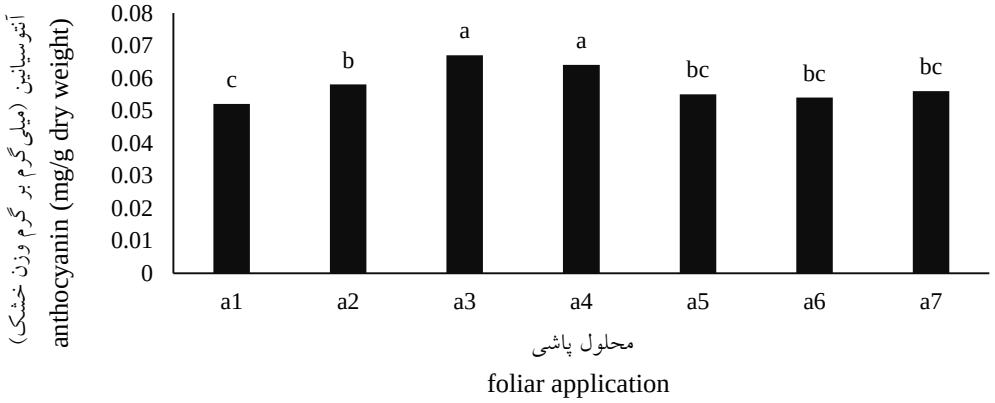


شکل ۳. مقایسه میانگین وزن خشک کلاله تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Fig 3. Mean comparison of stigma dry weight under seaweed extract and ascorbic acid foliar application.

a1: شاهد، a2: ۲ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a3: ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a4: ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a5: ۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، a6: ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و a7: ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک

a1: control, a2: 2 mg/L seaweed extract, a3: 3 mg/L seaweed extract, a4: 4 mg/L seaweed extract, a5: 50 mM ascorbic acid, a6: 100 Mm ascorbic acid, a7: 150 mM ascorbic acid.



شکل ۴. مقایسه میانگین آنتوسیانین تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Figure 4- Mean comparison of anthocyanin under seaweed extract and ascorbic acid foliar application

a1: شاهد، a2: ۲ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a3: ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a4: ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a5: ۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، a6: ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و a7: ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک.

a1: control, a2: 2 mg/L seaweed extract, a3: 3 mg/L seaweed extract, a4: 4 mg/L seaweed extract, a5: 50 mM ascorbic acid, a6: 100 Mm ascorbic acid, a7: 150 mM ascorbic acid.

آنتوسیانین کلاله

آنتوسیانین موجود در کلاله زعفران تحت تأثیر تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که کاربرد عصاره جلبک در هر سه سطح ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار آنتوسیانین به‌ترتیب به میزان ۱۱/۵۳، ۲۸/۸۴ و ۲۳/۰۷ درصد نسبت به شاهد شد. کاربرد اسید آسکوربیک اگرچه موجب افزایش میزان آنتوسیانین شد ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۴). بررسی همبستگی‌ها نشان داد که میزان آنتوسیانین با وزن خشک کلاله همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴).

افزایش میزان آنتوسیانین با کاربرد عصاره جلبک را می‌توان با پتاسیم و جیبرلین موجود در عصاره جلبک مرتبط دانست. پتاسیم در مسیر ساخت آنتوسیانین‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. محققان دریافتند که پتاسیم به‌عنوان

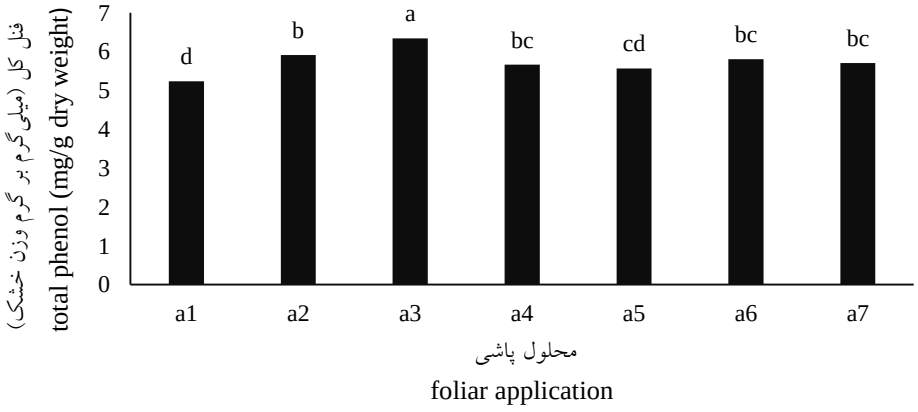
یک کوفاکتور عمل کرده و موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز شده و موجب افزایش ترکیبات فنلی و آنتوسیانین می‌شود (Soarcs et al., 2005). محققان نشان دادند که هر عاملی که روی افزایش، جذب یا ساخته شده قندها تأثیرگذار باشد می‌تواند موجب افزایش میزان آنتوسیانین شود. جیبرلین موجب تحریک آنزیم‌های هیدرولیزی می‌شود که عامل هیدرولیزکننده برای منبع ذخیره‌ای است و موجب افزایش مواد هیدروکربنی در گیاه شده و در نهایت موجب افزایش آنتوسیانین می‌شود (Shakeri et al., 2021). در راستای تحقیق حاضر تحقیق دیگری نیز نشان داد که کاربرد عصاره جلبک موجب افزایش میزان آنتوسیانین کلاله زعفران گردید (Aminifard et al., 2021).

محققان دریافتند که تأثیر مثبت اسید آسکوربیک در افزایش میزان آنتوسیانین در گیاهان مربوط به افزایش فتوسنتز، افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش سطح برگ و وزن برگ توسط این ماده می‌باشد (Zolaikha, 2013). در تحقیقی مشاهده شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش میزان آنتوسیانین در گیاه بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) می‌شود (Baghizadeh et al., 2020).

فنل کل کلاله

بررسی نتایج نشان داد که میزان فنل کل موجود در کلاله تحت تأثیر محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). میزان فنل کل کلاله زمانی که گیاهان با ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک محلول‌پاشی شدند، به‌ترتیب نسبت به شاهد ۱۲/۷۸، ۲۰/۹۹ و ۸/۲۰ درصد افزایش نشان داد. کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک نیز به‌ترتیب موجب افزایش ۱۰/۸۷ و ۸/۹۶ درصدی فنل کل نسبت به شاهد شد (شکل ۵). بیشترین میزان فنل کل معادل ۶/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بود که مربوط به گیاهانی بود که با ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک محلول‌پاشی شده بودند (شکل ۵).

محققان دریافتند که کاربرد کودهای آلی از طریق افزایش قند و کربن موجب افزایش قند موجود در ساختمان متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل گردیده و در نهایت موجب افزایش میزان فنل موجود در گیاه می‌شود (Gerami sadeghian et al., 2022). حضور کربوهیدرات‌ها نیز برای ساخت و ساز ترکیبات فنلی لازم است، بنابراین افزایش در مقدار کربوهیدرات‌ها موجب افزایش سنتز ترکیبات فنلی می‌شود (Nguyen et al., 2010). محققان دیگری نیز کاربرد عصاره جلبک را در افزایش محتوای فنل کل زعفران مفید دانستند (Aminifard et al., 2021).



شکل ۵. مقایسه میانگین فنل کل تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Fig 5. Mean comparison of total phenol under seaweed extract and ascorbic acid foliar application.

a1: شاهد، a2: ۲ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a3: ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a4: ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a5: ۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، a6: ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و a7: ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک.

a1: control, a2: 2 mg/L seaweed extract, a3: 3 mg/L seaweed extract, a4: 4 mg/L seaweed extract, a5: 50 mM ascorbic acid, a6: 100 Mm ascorbic acid, a7: 150 mM ascorbic acid.

استفاده از اسید آسکوربیک موجب افزایش کربوهیدرات-ها و غلظت اسید آسکوربیک داخلی در گیاه می‌شود که به نظر می‌رسد با افزایش مواد کربوهیدراتی موجب افزایش میزان فنل کل گردیده است (Fadaei et al., 2023). تحقیقات نشان داده است که کاربرد اسید آسکوربیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنول-اکسیداز در گیاهان موجب افزایش محتوای فنل کل می-گردد (Alinian Joozdani et al., 2021). محققان دریافتند که کاربرد اسید آسکوربیک موجب افزایش میزان فنل کل در گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum majorana*) (Selahvarzi et al., 2011) و کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* var. Styriaca) (Fadaei et al., 2023) گردید.

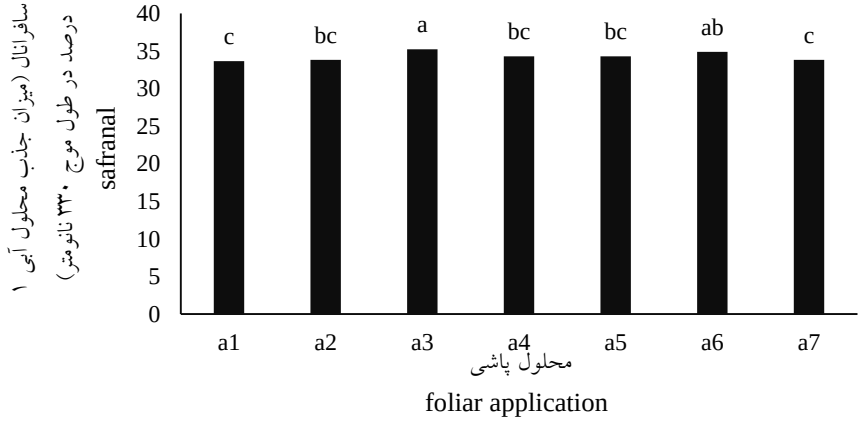
صفات کیفی

پیکروکروسین و کروسین کلاله

بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که میزان پیکروکروسین و کروسین موجود در کلاله زعفران از تیمارهای این آزمایش تأثیر نپذیرفت (جدول ۳). تأثیر یا عدم تأثیر عواملی مانند محلول‌پاشی مواد مختلف بر شاخص‌های کیفی زعفران شامل غلظت پیکروکروسین، کروسین و سافرانال چندان شناخته شده نیست و احتمالاً غلظت این ترکیبات بیشتر تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی، تنش‌های محیطی و شرایط اقلیمی باشد (Koocheki et al., 2011).

سافرانال کلاله

سافرانال موجود در کلاله زعفران تحت تأثیر تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). میزان ماده مؤثره سافرانال موجود در کلاله زعفران با محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک به میزان ۴/۶۹ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار یافت و این در حالی است که محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش ۳/۶۵ درصدی سافرانال نسبت به شاهد شد. سایر ترکیبات تیماری با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۶). افزایش میزان سافرانال موجود در کلاله زعفران با کاربرد عصاره جلبک را می‌توان به وجود جیبرلین و فسفر در این عصاره ربط داد. جیبرلین یک ترکیب ترپنوئیدی است که رابطه مستقیم با متابولیسم اولیه و ثانویه به خصوص مسیر بیوسنتزی اسانس‌ها و ترکیبات معطر دارد که همین امر می‌تواند دلیل افزایش مواد مؤثره زعفران باشد (Shakeri et al., 2021). تحقیقات نشان داده است که فسفر موجب افزایش میزان سافرانال موجود در زعفران می‌شود که ناشی از اثر مثبت فسفر بر ترکیبات مؤثره زعفران است (Nasrin et al., 2021).



شکل ۶. مقایسه میانگین سافرانال تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید آسکوربیک.

Fig 6. Mean comparison of safranal under seaweed extract and ascorbic acid foliar application.

a1: شاهد، a2: ۲ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a3: ۳ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a4: ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک، a5: ۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، a6: ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و a7: ۱۵۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک.

a1: control, a2: 2 mg/L seaweed extract, a3: 3 mg/L seaweed extract, a4: 4 mg/L seaweed extract, a5: 50 mM ascorbic acid, a6: 100 Mm ascorbic acid, a7: 150 mM ascorbic acid.

محققان این‌طور بیان داشتند که کودهای زیستی به جذب عناصر نیتروژن و فسفر کمک کرده و از این طریق موجب افزایش کلروفیل و آنزیم‌های گیاه می‌شود و در نهایت منجر به افزایش تولید اسانس می‌شوند (Mohammadpoor et al., 2015). در راستای تحقیق حاضر محققان دریافتند که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش مواد مؤثره در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) (Nasiri et al., 2020) و کدو پوست کاغذی (Fadaei et al., 2023) گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد عصاره جلبک و اسید آسکوربیک به‌صورت محلول‌پاشی موجب افزایش صفاتی از قبیل تعداد گل، وزن تر گل، آنتوسیانین و در نهایت وزن خشک کلاله زعفران گردید. کاربرد ۳ میلی-گرم در لیتر عصاره جلبک و ۱۰۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار سافرانال شدند و بر سایر مواد مؤثره تأثیر معنی‌داری نداشتند. در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده محلول‌پاشی ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک و ۱۰۰ میلی مولار اسید آسکوربیک جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی در زعفران توصیه می‌شود.

منابع

Ahmadi, E., Sahabi, H. and Falahi, H.R. (2022). Evaluation quantitative and qualitative response of saffron to foliar application of nutrients. Msc Thesis. University of Torbat-e- Heydatiye. Iran. [In Persian].

Akbarpour, V., Fadaei, M., Mousavizade, S. J., & Ghasemi, K. (2021). Evaluation of the effect of ascorbic acid and sucrose foliar application on some quantitative and qualitative attributes of *Cucurbita pepo* var. Styriaca. *Journal of horticultural science*, 1(2), 23-35.

Alinian Joozdani, S., Rafieiolhossaini, M., Razmjoo, J., & Bahreininejad, B. (2021). Physiological mechanism involved in St. John's wort (*Hypericum perferatum* L.) response to salinity and effect of ascorbic acid foliar application. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(2), 529-543. [In Persian].

Aminifard, M. H., Khandan Deh-Arbab, S., Fallahi, H. R., & Kaveh, H. (2021). Effects of different levels of algae extract and mother corm weight on photosynthetic pigment content, growth and yield of saffron. *Journal of Saffron Research*, 9(2), 296-309. [In Persian].

Azizi, G., Musavi, S. G., Seggatuleslami, M. J., & Fazeli Rostampour, M. (2020). Effect of foliar application of seaweed, urea and micronutrient fertilizers on yield and yield components Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 8(1), 141-159. [In Persian].

Baghizadeh, A., Hajmohammadrezaei, M., & Tohidi, Z. (2020). Evaluation of interaction effect of drought stress with ascorbate and salicylic acid on the activity of some antioxidant enzymes and flavonoids in *Hibiscus esculentus* L. *Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(1), 35-43. [In Persian].

Behdani, M. A., Gerami Sadeghian, M., Eslami, S. V., & Aminifard, M. H. (2020). Effect of foliar application of seaweed extract and liquid poultry manure on vegetative growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 8(3), 307-323.

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

De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T., & Depuydt, S. (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal Applied Phycology*, 32, 573–597.

Fadaei, M., Akbarpour, V., Mousavizadeh, S.J., & Ghasemi, K. (2023). Evaluation of the effect of ascorbic acid and sucrose foliar application on some quantitative and qualitative characteristics of *Cucurbita pepo* var. Styriaca. Journal of Horticultural Science. 37(1), 89-104.

Fallahi, H. R., & 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. [In Persian].

Farahvash, F., Mirshekari, B., Farzaniyan, M., & Hoseainzadeh-Moghbeli, A. H. (2016). Effect of zinc sulfate and ascorbic acid on some morpho- physiological traits of *Echinacea purpurea* (Purple coneflower) under water deficit conditions. *Journal of crop ecophysiology*, 1(33), 57-78.

Gerami Sadeghian, M., Behdani, M. A., Eslami, S. V., & Aminifard, M. H. (2022). Evaluation of acadian seaweed extract and biomex liquid poultry on the qualitative traits and secondary metabolites of Saffron (*Crocus sativus* L.*). Journal of Saffron Research*, 10(1), 14-27.

Ghasemi, H. M., Ghorbani Javid, M., Akbari, G., & Mortazavian, S. M. M. (2023). Effects of Application of Biological and Chemical Potassium Fertilizer and Corm Weight on Physiological Traits and Flower Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 10(2), 215-230.

Hamidi, M., Tohidi Moghadam, H., Nasri, M.., & Kasrai, P. (2022). Evaluation of the effect of ascorbic acid application and coexistence of mycorrhiza fungi and azospirillium bacteria on basil under the influence of different irrigation regimes. *Quarterly of Geography and Regional Planning*, 12(3), 371-388.

Hamouda, M. M., Saad-Allah, K. M., & Gad, D. (2022). Potential of seaweed extract on growth, physiological, cytological and biochemical parameters of Wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 4(2), 1-14.

INS, I.N.S. (2006). Research Institute of Standard and Iran. *Saffron Bulletin*. 259.

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 Sabzevar, Iran. [In Persian].

Kahndan Deh-Arbab, S., Aminifard, M. H., Fallahi, H. R., & Kaveh, H. (2020). Evaluating the effects of growth promoting fertilizer containing seaweed extract and mother corm weight on antioxidant activity and stigma quality of saffron. *Plant Productions*, 43(2), 213-226. [In Persian].

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

Mohammadpoor Vashvaei, R., Ghloy, M., Rmroodi, M., & Fakheri, B. (2015). Effects of drought and inoculation with biofertilizers on growth, yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L. *Journal Agroecology*. 7(2), 237-253. [In Persian].

Naghizadeh, M., Kabiri, R., & Maghsoudi, K. (2022). Effects of melatonin and ascorbic acid foliar application on grain yield and mucilage of Plantago ovata Forssk. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(6), 908-919. [In Persian].

Nasiri, Y., Baghban Akbari, P., Nourain, M., & Amini, R. (2018). Evaluation of application of animal manure, vermicompost and foliar application with ascorbic acid and humic substances on production of *Dracocephalum moldavica* L. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 93, 83-101. [In Persian].

Nasiri, Y., Baghban, Akbari, P., Nouraein, M., & Amini, R. (2020). Evaluation of farmyard and vermicompost application and spray of ascorbic acid and humic substances on dragonhead production (*Dracocephalam moldavica* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(4), 83-101. [In Persian].

Nasrin, M. S., Ghasemi, S., Shahbazi, S. (2021). The effect of phosphorus, selenium and biological fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research (semi-annual)*, 9(1), 279-295.

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

Selahvarzi, Y., Goldani, M., Nabati, J., & Alirezaei, M. (2011). Effects of exogenous application of ascorbic acid on some physical-chemistry response of marjoram under salt stress. Iranian Journal of Horticultural Science, 42, 159- 167. [In Persian].

Shakeri, M., Aminifard, M. H., Behdani, M. A., & Tabatabaei, S. J. (2021). Effects of different gibberellic acid levels and corm weight on antioxidant activity and secondary metabolites of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research (semi-annual)*, 9(1), 1-10. [In Persian].

Soarcs, A. G., Trugo, L. C., Botrl, N., & Souza, L. F. S. (2005). Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by per-harvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 35, 201- 207.

Tabatabaeian, J., Hassanian Bbadi, S., & Kadkhodaee, A. (2020). Effect of micronutrient foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 8(2), 147-163. [In Persian].

Vatankhah, E., Kalantari, B. & Andalibi, B. (2016). Effect of ascorbic acid and methyl jasmonate on some physiological and biochemical responses of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. Journal of Plant Process and Function, 5(17), 157-170

Yaghoubnezhad, N., Hemmati, H., & Hemmati, N. (2022). Studying the effect of seaweed, lignin and tea compost on the amount of crocin, picrocrocin, safranal and some phytochemical traits in petals and stigmas of

saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research (semi-annual)*, 10(2), 345-358. [In Persian].

Zulaikha, R. (2013). Effect of foliar spray of ascorbic acid, Zn, seaweed extracts force and bio fertilizers on vegetative growth and root growth of olive (*Olea europea* L.) transplants cv. *Hogblanca International Journal of Pure and Applied Sciences*, 17(2), 79-89.

COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)