نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۳۵۸-۳۴۵
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2022.5262.1183

مقاله پژوهشی:

مطالعه اثر جلبک دریایی، لیگنین و کمپوست چای بر میزان کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و برخی صفات فیتوشیمیایی در گلبرگ و کلاله گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.)

ناهید یعقوب‌نژاد[۱]، خدایار همتی*[۲]، نسترن همتی [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان ، ایران.
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان ، ایران.
۳- فارغ التحصیل دکتری گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: kh.hemmati@gau.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰

چکیده

رویکرد جدید تولید گیاهان دارویی به سمت افزایش کمیت و کیفیت ماده مؤثره با استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک پیش می‌رود، بنابراین استفاده از کودهای آلی در تولید گیاهان دارویی برای تحقق این اهداف ضرورت می‌یابد. این تحقیق بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مزرعه شخصی زعفران در شهرستان کاشمر و آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. تیمارها شامل: عصاره جلبک دریایی کلپ در غلظت (۰، ۱، ۲، ۳ میلی‌گرم در لیتر)، کمپوست چای (۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و لیگنین (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بوده است. متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل فنل کل، فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین در دو بافت کلاله و گلبرگ و همچنین سافرانال کل، کروسین کل، پیکروکروسین کل در بافت کلاله بود. نتایج نشان داد که تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین میزان فنل کل کلاله (۶/۷۵ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار جلبک دریایی ۳ میلی‌گرم در لیتر و بیش‌ترین میزان فلاونوئید کل کلاله (۲/۰۴ میلی‌گرم بر گرم) در اثر متقابل تیمارهای لیگنین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، جلبک دریایی ۱ میلی‌گرم در لیتر و کمپوست چای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. بالاترین میزان آنتوسیانین گلبرگ نیز (۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار جلبک دریایی ۲ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کلاله (۱۰/۴۷ درصد) و بیش‌ترین میزان آنتوسیانین کلاله (۰/۰۷۴ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت کودهای جلبک دریایی، لیگنین و کمپوست چای تاثیر خوبی بر گیاه زعفران داشتند و با توجه به اهمیت اقتصادی این گیاه استفاده هرچه بیشتر از کودهای زیستی و آلی و جایگزین کردن با کودهای شیمیایی اثرات بهتری در کشاورزی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: کود آلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کود زیستی، زعفران، آنتوسیانین.

مقدمه

جنس *Crocus* از خانواده Iridaceae، دارای بیش از ۷۰ گونه زینتی است که به دلیل رنگ زیبای گل بسیار ارزش زراعی دارد و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.[1] زعفران به دلیل دارا بودن آشیانه اکولوژیکی ویژه نسبت به سایر گیاهان و ویژگی‌های اقتصادی منحصر به فرد از اهمیت خاصی برخوردار است. علیرغم قدمت کاشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات کشاورزی رایج در کشور، این گیاه از فناوری‌های نوین سهم کمتری داشته و تولید آن بیشتر بر دانش بومی متکی می‌باشد (Alizadeh et al., 2021). زعفران در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران به عنوان با ارزش‌ترین محصول کشاورزی و پزشکی در جهان جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است (Gomez-Gomez et al., 2012). از جمله مهم‌ترین ترکیبات در زعفران کروسین، پیکروکروسین و سافرانال می‌باشند که به ترتیب مسئول رنگ، بو و مزه هستند (Fernández, 2007).

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به منظور رفع سریع کمبود عناصر غذایی خاک و افزایش عملکرد، خسارت‌های باور نکردنی به محیط‌زیست وارد می‌کند و سلامت انسان و سایر موجودات را به خطر می‌اندازد (Koochaki et al., 2013; Moradi et al., 2011). در سطح جهانی رویکرد جدید تولید گیاهان دارویی به سمت افزایش کمیت و کیفیت ماده مؤثره با استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک پیش می‌رود، بنابراین می‌توان از کودهای آلی در تولید گیاهان دارویی برای تحقق این اهداف استفاده نمود (Ebadi et al., 2016; Darzi et al., 2007). همچنین استفاده از کودهای آلی و طبیعی بجای کودهای شیمیایی رایج در کشت زعفران می‌تواند علاوه بر کمک به حفظ زیست‌بوم‌های کشاورزی، در افزایش تولید محصول زعفران نیز تأثیر بسزایی داشته باشد (Ebrahimi et al., 2019). قدمت استفاده از جلبک‌ها به عنوان کود مربوط به قرن ۱۹ می‌باشد که برای اولین بار توسط ساحل‌نشینان مورد استفاده قرار گرفت. یکی از اثرات خوب مصرف کودهای جلبکی کم کردن اختلالات فیزیولوژیکی ناشی از کمبود عناصر معدنی می‌باشد که برای نمونه می‌توان به افزایش تولید دانه و افزایش مقاومت نسبت به سرما و حشرات اشاره کرد (Sridhar & Rengasamy, 2010). از دیگر ارزشمند هستند و در باغبانی و فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بین این گونه‌ها تنها گیاه زعفران

مزایای استفاده از جلبک‌ها علاوه بر داشتن نیتروژن و سطح بالایی از عناصر معدنی، وجود هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد نیز می‌باشد. وجود ترکیبات هورمونی مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکنین در عصاره جلبک‌های قهوه‌ای به اثبات رسیده است و به همین دلیل کاربرد عصاره جلبک دریایی به عنوان کود باعث افزایش رشد و تولید در گیاهان می‌شود (Erulan et al., 2009; Thambiraj et al., 2012). ثابت شده است که عصاره جلبک دریایی زمانی که به خاک داده می‌شود و یا زمانی‌که به صورت اسپری برگی در بسیاری از گیاهان از جمله گیاهان دارویی استفاده می‌شود، موجب بهتر شدن عملکرد محصول می‌شود (Anisimov et al., 2013). محققان گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک، تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ و همچنین مواد موثره کلاله زعفران (پیکروسین، سافرانال و کروسین) دارد (Khandan, 2018; Azizi et al., 2020). همچنین بیشترین عملکرد کلاله خشک زعفران با مصرف عصاره جلبک بدست آمد (Khandan Deh Arbab, 2018). عصاره جلبک دریایی دارای میزان زیادی اسیدآمینه (نیتروژن آلی)، کربوهیدرات و سایر ترکیبات آلی می‌باشد. هم‌چنین در این عصاره مقدار بالایی فسفر، پتاسیم و سایر مواد معدنی محلول در آب وجود دارد که به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (Craigie, 2011). این عوامل همراه با افزایش فراهمی عناصر غذایی و افزایش فعالیت میکروارگانیزم‌ها، باعث بهتر شدن شرایط شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود و با ایجاد بستری مناسب برای رشد گیاه موجب افزایش تولید کربوهیدرات می‌شود. با تجزیه کربوهیدرات به ترکیبات ثانویه گلیکوزیدی (مانند کروسین و پیکروکروسین) میزان آن‌ها می‌تواند در گیاهی مانند زعفران افزایش یابد (Mukherjee & Patel, 2020).

چای کمپوست دارای خصوصیات میکروبی و شیمیایی مفید ورمی‌کمپوست جامد است و از قرار دادن مقدار معینی ورمی‌کمپوست در آب و هوادهی آن در مدت زمان معین بدست می‌آید (Ahmadpour et al., 2016; Arancon et al., 2007). چای‌کمپوست، از عصاره

[1] *Crocus sativus* L.

ورمی‌کمپوست به دست می‌آید (Amooaghayi & Baghayi, 2014). در طول فرآیند تخمیر، ریزموجودها و مواد مغذی محلول در ورمی‌کمپوست مانند اسید-هیومیک، اسیدفولیک و غیره وارد چای‌کمپوست شده، آن زمان چای‌کمپوست می‌تواند به صورت مستقیم در خاک مصرف و یا روی گیاه محلول‌پاشی شود (Afshar manesh et al., 2016). در پژوهشی کاربرد چای‌کمپوست در گیاه کلزا[1] باعث افزایش خصوصیات رشدی، محتوای نیتروژن، پتاسیم و فسفر در این گیاه شده است (Pant et al., 2011). دلیل اصلی استفاده از چای‌کمپوست انتقال توده میکروبی، مواد آلی و ترکیب-های شیمیایی محلول به خاک و گیاهان می‌باشد که باعث رشد بیشتر گیاه می‌شود (Mohammadifar & Namazi, 2006). محقق دیگری نیز افزایش میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال را در نتیجه استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد در زراعت زعفران گزارش کرد (Rasouli et al.,2015).

گیاهان از چهار نوع مولکول برای حفظ ظاهر و قدرت‌های دیواره سلولی خود استفاده می‌کنند. این چهار مولکول لیگنین، سلولز، همی‌سلولز و پکتین هستند که لیگنین نقش مهم و بزرگتری را در تحکیم دیواره سلولی دارد و مولکول‌های بعدی در رده‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند. لیگنین دومین پلیمر طبیعی فراوان دنیاست که از واحدهای ساختاری فنیل پروپان با اتصالات کربن-کربن و اتری تشکیل شده‌است و طی یک فرایند پیچیده از واحدهای قندی در گیاهان عالی سنتز می‌شود. لیگنین عامل اصلی ایجاد رنگ قهوه ای در ساختار چوب است و دارای بسیاری از گروه‌های فعال است که می‌تواند بوسیله میکروارگانیسم‌های موجود در خاک به آرامی به هوموس تبدیل شود و بر بهتر شدن ساختمان خاک، بهبود کوددهی و رها شدن مواد غذایی اثر گذارد (Sarlaki et al., 2017). متابولیسم لیگنین همچنین می تواند به طور فعال در برابر عوامل محیطی گیاه مقاومت کند و به انواع تنش‌های محیطی پاسخ دهد (Tripathi et al., 2003). لیگنین و متابولیسم‌های مرتبط به آن نقش مهمی در رشد و توسعه گیاهان دارند و به عنوان یک پلیمر پیچیده فنولیک باعث افزایش استحکام دیواره سلولی شده و انتقال مواد معدنی را در آوندهای گیاه سریع‌تر می‌کنند (Schuetz et al., 2014). نتایج آزمایشی نشان داد که در گیاه کدوی تخم کاغذی شاهد و تیمار شده با لیگنین نسبت به تیمارهای چای‌کمپوست و اسیدفولویک دارای آنتی‌اکسیدان، فنل و فلاونوئید کل بالاتری بودند (Mohammadi et al., 2019).

مدیریت تغذیه یک عامل اصلی در موفقیت کشت و پرورش گیاهان دارویی از نظر عملکرد کمی و کیفی به حساب می‌آید. رویکرد جهانی در نظام تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از کودهای آلی به منظور ارتقاء عملکرد کمی و کیفی آن‌ها می‌باشد (Sharma, 2002). استفاده از کود های آلی در تغذیه گیاه زعفران نقش بسیار مهمی در عملکرد و سلامت جامعه دارد؛ بطوریکه استفاده از عصاره جلبک، تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنتی-اکسیدانی گلبرگ و همچنین مواد موثره کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.) (پیکروکروسین، سافرانال و کروسین) داشته است (Khandan, 2018)، بیشترین عملکرد کلاله خشک زعفران با مصرف عصاره جلبک حاصل گردید (Khandan Deh Arbab, 2018). چای-کمپوست با انتقال توده میکروبی، مواد آلی و ترکیب‌های شیمیایی محلول به خاک و گیاهان باعث افزایش رشد می‌شود (Mohammadi Far & Namazi, 2006) که در نتیجه گیاه عملکرد بهتری خواهد داشت. کودهای آلی نسبت به کودهای غیر آلی، کیفیت خاک را هم بهبود می-بخشند (Patil, 2010). باتوجه به اثرات مضر کودهای شیمیایی بر سلامت انسان و سایر موجودات جایگزینی تدریجی این کودها با کودهای آلی مهم تر و مفید خواهد بود. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر جلبک دریایی، لیگنین و چای‌کمپوست بر برخی صفات مورفولوژیکی، فیتوشیمیایی و همچنین مشخص شدن بهترین تیمار و غلظت از ترکیبات آلی در کشت گیاه زعفران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار (برای هر تکرار کرت‌هایی در ابعاد ۱ در ۱ متر) در زمین زراعی با مشخصات خاک مندرج در جدول ۱ در شهرستان کاشمر با ارتفاع از سطح دریا ۱۰۶۳، ۳۵ درجه و ۱۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۷۲ دقیقه طول شرقی انجام شد. تیمارها شامل عصاره جلبک دریایی (۰، ۱، ۲، ۳ میلی‌گرم در لیتر) که در گروه جلبک سبز قرار

[1] *Brassica napus*

می‌گیرد (Torab.Ahmadi et al,. 2019)، کمپوست چای (۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) (Mohammadi et al., 2019) و لیگنین (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. زمان اجرای تیمارها در اواخر شهریور ماه همراه با آبیاری اول و در زمان شخم زمین انجام شد. زمین مورد تحقیق در سال ششم از کشت زعفران بود. فاصله کشت ۳۰ × ۲۰ سانتی‌متر بود و در هر متر مربع ۱۵ بنه کشت گردید. وزن بنه‌ها ۱۰-۸ گرم بود. نمونه‌گیری از هر واحد آزمایش به صورت تصادفی و با حذف اثر حاشیه از قسمت وسط کرت‌های آزمایشی انجام شد. تعداد ۱۰ بوته به تصادف از وسط هر کرت انتخاب و مطالعه بر روی آن‌ها انجام شد. تیمارها بعد از شخم سطحی زمین که حدودا سه روز بعد از آبیاری بود، اعمال شد؛ گل‌ها حدودا چهار هفته پس از آبیاری ظاهر شد. برداشت گل در طی دو هفته و در ابتدای روز صورت گرفت و سپس گلبرگ‌ها از کلاله جدا شد. پس از برداشت گل‌ها و کلاله‌ها برای خشک کردن به روش سایه خشک به اتاقی با دمای ۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۲-۴۱ درصد منتقل شدند. متغیرهای اندازه‌گیری‌شده شامل فنل کل کلاله و گلبرگ، فلاونوئید کل کلاله و گلبرگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کلاله و گلبرگ، آنتوسیانین کلاله و گلبرگ، سافرانال کل، کروسین کل، پیکروسین کل بود.

جدول ۱. آنالیز خاک مزرعه مورد تحقیق

Table 1. Analysis of farm soil

پارامتر مورد آزمایش **Experiment parameters**	نتایج آزمایش **Experiment results**	حد مطلوب **Desired limit**	تفسیر نتایج (Malakouti et al., 2005) **Interpretation of results**
PH اسیدیته	7.75	5.5-6	Relatively alkalin نسبتا قلیایی
EC هدایت الکتریکی	2.15	2>	Low salinity شوری کم
$CaCO_3$% آهک	19.1	10>	Above the optimum بالاتر از حد مطلوب
O.C % کربن آلی	0.77	>/1.5	low the optimum پایین‌تر از حد مطلوب
N% ازت کل	0.04	>0.15	low the optimum پایین‌تر از حد مطلوب
P mg/kg فسفر قابل جذب	16	20	low the optimum پایین‌تر از حد مطلوب
K mg/kg پتاسیم قابل جذب	385	400	low the optimum پایین‌تر از حد مطلوب

فنل کل

ابتدا ۲۰ میکرو لیتر از عصاره متانولی تهیه گردید که با ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و ۱۰۰ میکرو لیتر معرف فولین به محلول اضافه شد، پس از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به محلول اضافه کرده و نمونه‌ها بعد از همزدن با همزن لوله‌ای به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد؛ سپس جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد (Marrinova et al., 2005). برای رسم منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های متفاوت اسیدگالیک (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) استفاده گردید. فنل‌کل بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیک بدست آمد.

فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری فلاونوئید ۰/۵ سی سی از عصاره متانولی با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر آلومنیوم کلرید ۱۰ ٪ (۱۰گرم آلومنیوم کلرید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار (۲/۴۱ گرم در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید؛ برای تهیه شاهد به جای عصاره متانولی، از متانول خالص استفاده شد. سپس مخلوط نیم ساعت

در تاریکی قرار گرفت و سپس بلافاصله در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد (Beketov et al., 2005). جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف استاندارد کوئرستین (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) استفاده شد. از معادله خط بدست آمده برای تعیین میزان فلاونوئید کل استفاده گردید.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) رادیکالی چربی دوست است که حداکثر جذب را در طول موج ۵۱۷ نانومتر نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری درصد جذب DPPH یک میلی‌لیتر از محلول متانولی یک میلی مولار DPPH با ۱ میلی‌لیتر محلول عصاره در متانول مخلوط شد؛ محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری شد و در نهایت جذب آن‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. اعداد بدست آمده از جذب نمونه، توسط رابطه زیر به درصد مهار رادیکال آزاد تبدیل شد (Akowuah et al., 2005).

(فعالیت آنتی‌اکسیدانی) = ۱۰۰ (۱ - A_S/A_C))

در این رابطه AC و AS به ترتیب برابر با عدد جذب کنترل و نمونه می‌باشد. اعداد بدست آمده برابر با درصد مهار رادیکال آزاد در عصاره متانولی نمونه‌ها می‌باشد.

آنتوسیانین کل

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین بدین صورت کار می‌شود که ۱ گرم از نمونه را با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۹۹ میلی‌لیتر متانول خالص و ۱ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید) ساییده و عصاره برای ۲۴ ساعت در تاریکی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (دمای یخچال) قرار داده گرفت. پس از این به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۰۰۰g عصاره را سانتریفوژ شده و جذب محلول رویی با استفاده از اسپکتوفتومتر، در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. مقدار آنتوسیانین با استفاده از فرمول A=£bc بدست آمده و میزان آنتوسیانین بر حسب میکرومول در گرم وزن تر بیان گردید (Nadernejad et al., 2013).

£ یا ضریب خاموشی معادل ۳۳۰ $mMcm^{-1}$

A مقدار جذب، b عرض کووت اندازه‌گیری برابر ۱ سانتی‌متر و c مقدار آنتوسیانین بر حسب مول بر گرم

سافرانال کل، کروسین کل، پیکروکروسین کل

متابولیت های ثانویه اصلی کلاله زعفران شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال به روش اسپکتروفتومتری مطابق با استاندارد ملی ایران (INS, 2013) اندازه‌گیری شدند. بر اساس این روش، ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه (کلاله) پودر شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد، سپس این ترکیب به مدت یک ساعت در تاریکی با کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از محلول به بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب در طیف های ۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شدند. نتایج بر اساس حداکثر جذب یک درصد محلول آبی در طول موج‌های ذکر شده بر مبنای ماده خشک حداقل طبق معادله زیر بیان گردید.

$$E^{1\%}_{\lambda max} = \frac{A\lambda\,\max * 5000}{m(100-H)}$$

$A_{\lambda max}$ = عدد قرائت شده از دستگاه اسپکتروفتومتر

m= وزن نمونه کلاله زعفران بر حسب گرم

H= درصد رطوبت نمونه

آنالیز آماری

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه آماری و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD آنالیزگردید و رسم شکل‌ها نیز با استفاده از نرم-افزار Excel انجام شد.

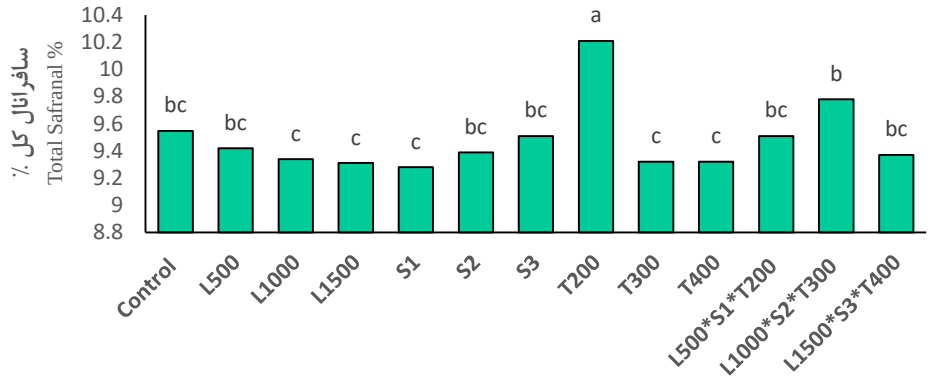
نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کاربرد جلبک دریایی، لیگنین و چای‌کمپوست بر میزان کروسین کل، پیکروکروسین کل، سافرانال کل، فنل کل کلاله و گلبرگ، فلاونوئید کل کلاله و گلبرگ، آنتی-اکسیدان کلاله و گلبرگ، آنتوسیانین کلاله و گلبرگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

سافرانال کل

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میزان سافرانال کل (۱۰/۲۱ درصد) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست و کمترین میزان (۹/۲۸ درصد) در

تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی مشاهده شد (شکل۱). مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست چه به صورت مجزا و چه به صورت ترکیب با دو تیمار دیگر اثر مثبتی در افزیش سافرانال کل داشت. در پژوهشی عنوان شد درصد سافرانال همبستگی منفی غیرمعنی‌داری با پیکروکروسین دارد (Rasuli et al., 2015).



شکل ۱. اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر میزان سافرانال کل گیاه زعفران

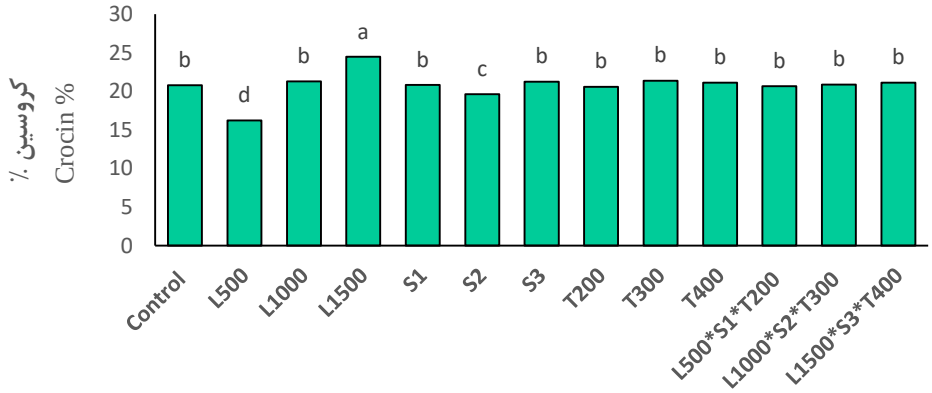
L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

Fig 1. Effect of tea compost, seaweed and lignin treatment on the total safranal content of the saffron plant

T: Tea compost, S: Seaweed, L: Lignin

کروسین کل

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تفاوتی بین اکثر تیمارها مشاهده نشد و تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین (۲۴/۴۷ درصد) با اختلاف کمی باعث افزایش لیگنین شد، کمترین میزان (۱۶/۲۴ درصد) هم مربوط به تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین بود (شکل۲). با توجه به میزان کروسین شاهد می‌توان نتیجه گرفت اعمال تیمار تأثیر زیادی بر میزان کروسین کل زعفران نداشت. در پژوهشی اعلام داشتند کاربرد نسبت بالای کودهای آلی در گیاه زعفران باعث بالا رفتن درصد کروسین نسبت به شاهد شد (Alizadeh et al., 2021).



شکل۲. اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر میزان کروسین گیاه زعفران

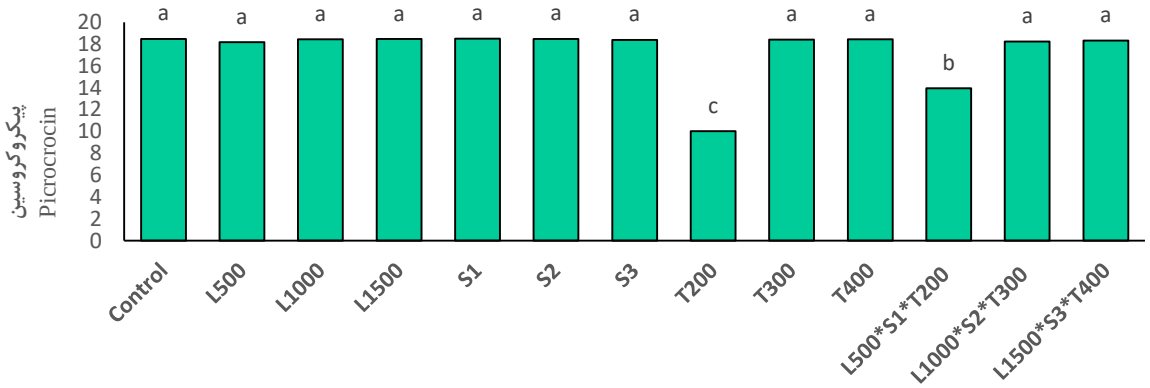
L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

Fig 2. Effect of tea compost, seaweed and lignin treatment on saffron crocin content

T: tea compost, S: seaweed, L: lignin

پیکروکروسین کل

نتیجه مقایسه میانگین نشان داد اختلاف معنی‌داری در اکثر تیمارها (۱۸ درصد)مشاهده نشده و با اختلاف خیلی کم تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی پیکروکروسین بالاترین (۱۸/۴۹ درصد) داشت، به استثنا تیمار چای کمپوست ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر که کمترین میزان پیکروسین (۰/۰۳ درصد) بود (شکل ۳). تیمار تاثیر زیادی بر میزان پیکروکروسین کل ندارد و فقط اثر منفی که با سافرانال دارد باعث کاهش پیکروکروسین در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست بود. کودهای آلی و بیولوژیک به دلیل داشتن مواد مغذی مناسب و متعادل، مواد هورمونی و ویتامین های محلول در آب، ایجاد یک حالت همکاری با سایر ارگانیسم ها و تولید ترکیبات اساسی در بیوسنتز گلیکوزیدها و تجزیه ترکیبات ثانویه (پیکروکروسین) ممکن است بر عملکرد کیفی و ترکیبات مؤثره زعفران مؤثر باشند (Patten & Glick, 1996). محققان دریافتند که بیشترین مقدار پیکروکروسین با استفاده از کود زیست محرک به دست آمد (Khandan Deh Arbab, 2020).



شکل ۳. اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر میزان پیکروکروسین گیاه زعفران

L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

Fig 3. The effect of tea compost, seaweed and lignin treatment on saffron plant picrocrocin

T: tea compost, S: seaweed, L: lignin

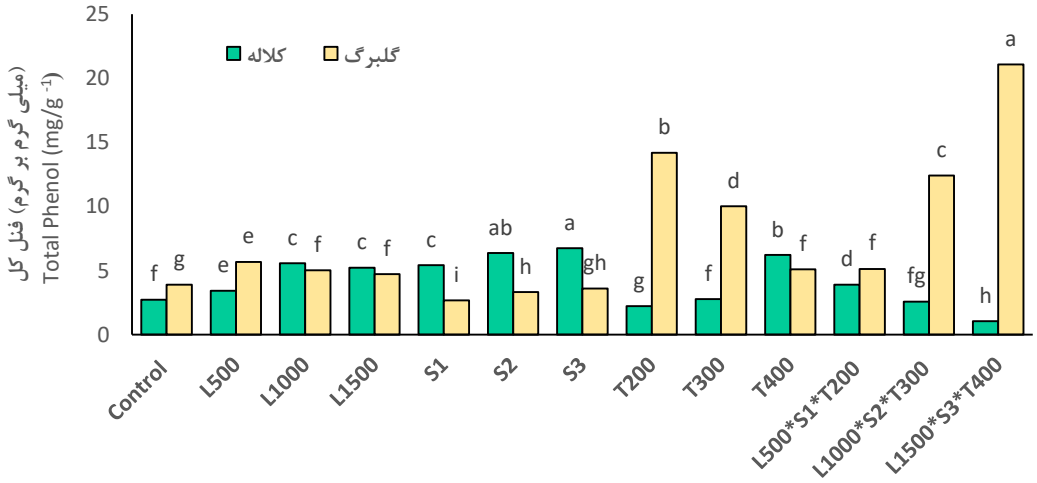
جدول۲. تجزیه واریانس اثر لیگنین، تی‌کمپوست و جلبک دریایی بر صفات فیتوشیمیایی گیاه زعفران

Table 2. Analysis of variance of the effect of lignin, tea compost and seaweed on photochemical traits of saffron plant

آنتوسیانین گلبرگ Petal anthocyanin	آنتوسیانین کلاله Stigma anthocyanin	آنتی‌اکسیدان گلبرگ Petal antioxidant	آنتی‌اکسیدان کلاله Stigma antioxidant	فلاونوئید کل گلبرگ Total Flavonoids of petals	فنل کل گلبرگ Total Phenol of Petals	فلاونوئید کل کلاله Total Flavonoids of stigma	فنل کل کلاله Total Phenol of stigma	پیکروکروسین Total Picrocrocin	کروسین کل Total crocin	سافرانال کل Total Safranal	درجه آزادی Degrees of freedom	منابع تغییرات Sources of changes
0.000009^{ns}	0.000007^{ns}	0.99^{ns}	5.12^{ns}	0.009^{ns}	0.04^{ns}	0.05^{ns}	0.19^{ns}	5.24^{ns}	0.69^{ns}	0.108^{ns}	3	بلوک Block
0.054**	0.0005**	201.57**	8.48**	4.69**	119.08**	0.62**	13.66**	105.65**	12.2**	0.264**	10	تیمار Treatment
0.00002	0.000003	1.79	0.61	0.004	0.08	0.05	0.08	5	0.34	0.077	30	خطا Error
2.66	3.16	13.21	9.17	5.35	3.99	14.21	6.92	13.45	2.8	2.92	-	ضریب تغییرات Coefficient of variation

فنل کل کلاله و گلبرگ

نتیجه مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میزان فنل کل کلاله (۶/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی و کمترین میزان (۱/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار اثر متقابل (لیگنین ۱۵۰۰، جلبک دریایی ۳ و چای کمپوست ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود (شکل ۴). که با نتایج تحقیقات دیگری که مصرف کودهای زیستی میزان ترکیبات فنولی در گیاه دارویی سرخارگل[1]افزایش داده بود (Agha alikhani et al., 2013) مطابقت داشت. همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین بالاترین میزان فنل کل گلبرگ (۲۱/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار اثر متقابل ۳ تیمار (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین، ۳ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی، ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست) بود و کمترین میزان (۲/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی مشاهده شد (شکل ۴-۱۰). به طور معمول، ترکیبات فنلی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی از جمله شرایط تغذیه ای قرار می گیرند (Ghasemzadeh et al., 2012). در بعضی از تیمارها شاهد میزان بالای فنل گلبرگ نسبت به کلاله بودیم که این نتیجه می‌توان باعث شود جدی‌تر به متابولیت‌های گلبرگ اهمیت داده شود و حتی در بعضی مواقع به خواص بیشتری که نسبت به کلاله زعفران دارد پرداخته شود.



شکل ۴- اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر میزان فنل کل گیاه زعفران

L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

Fig 4- Effect of Tea compost, seaweed and lignin treatment on the total phenol content of saffron plant

T: tea compost, S: seaweed, L: lignin

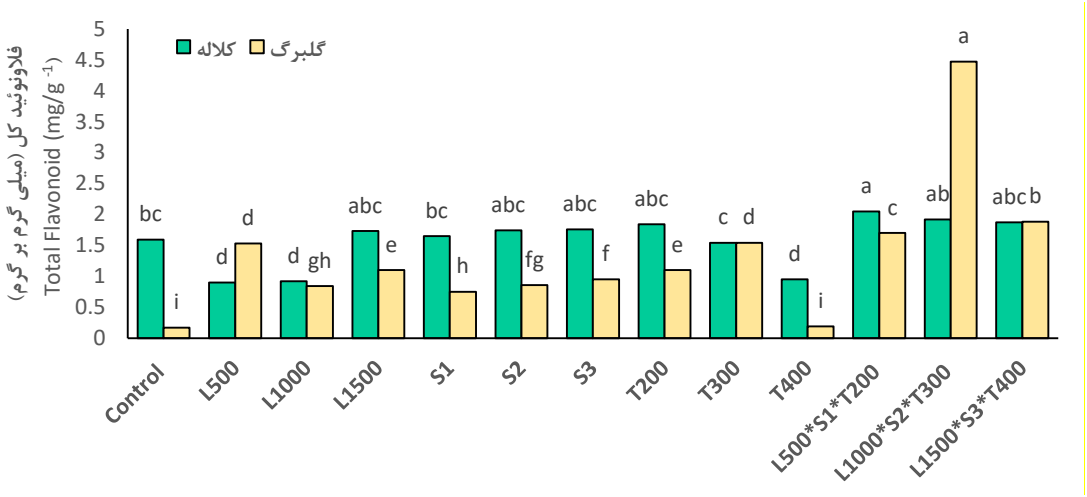
فلاونوئید کل کلاله و گلبرگ

بر اساس مقایسه میانگین بالاترین میزان فلاونوئید کل کلاله (۲/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار اثر متقابل ۳ تیمار (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین، ۱ میلی-گرم در لیتر جلبک دریایی، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست) و کمترین میزان (۰/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین و همچنین ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست نداشت (شکل ۵). نتایج نشان داده است که استفاده از کود آلی و بیولوژیکی بر تجمع فلاونوئید در گیاه آویشن دنایی[2]دارد (Emami bistgani et al.,

[1] *E. purpurea* L.

[2] *Thymus daenensis Celak*

2014). غلظت بیشتر فلاونوئید و فنول می‌تواند با نقش کودهای ارگانیک در بیوسنتز مشخص شود که منجر به ایجاد مسیر شیکیمات استات می‌شود و تولید فلاونوئید و فنل را افزایش می‌دهد (Sousa et al., 2008). بالاترین میزان فلاونوئید کل گلبرگ (۴/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) نیز در تیمار اثر متقابل ۳ تیمار (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین، ۲ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی، ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست) و کمترین میزان (۰/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴-۶). در پژوهشی بیان کردند که کود های بیولوژیک به طور معنی داری سبب افزایش میزان فلاونوئید در گیاه دارویی گل گاوزبان ایرانی[1] می شود (Naghdibadi et al., 2012). همچنین طی پژوهشی مشخص شد که گوجه فرنگی‌های[2] کشت شده در بستر های کشتی که دارای کود های زیستی و آلی بودند، حاوی سطح بالاتری از فلاونوئید های مفید بودند (Mitchell et al., 2007). تقریبا در اکثر تیمارها به جزء تیمار ۱۲ اثر کودها بر میزان فلاونوئید کلاله بیشتر یا نزدیک به میزان فلاونوئید گلبرگ بود.



شکل ۵. اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر میزان فلاونوئید کل گیاه زعفران
L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

Fig 5. The effect of tea compost, seaweed and lignin treatment on the total flavonoid content of saffron plant
T: tea compost, S: seaweed, L: lignin

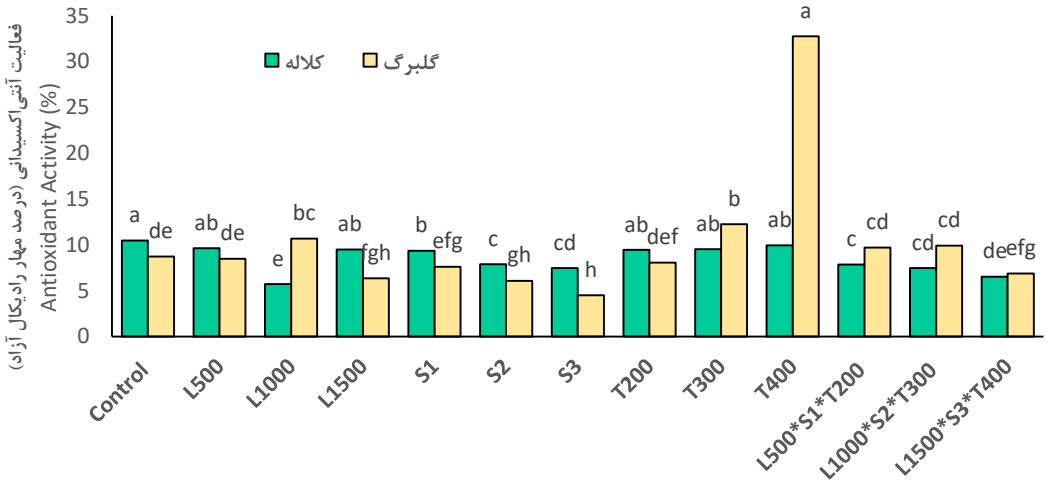
فعالیت آنتی‌اکسیدانی کلاله و گلبرگ

بر اساس نتایج مقایسه میانگین بالاترین میزان آنتی-اکسیدان کلاله (۱۰/۴۷ درصد) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۵/۷۱ درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین بود (شکل ۶). همچنین بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بافت گلبرگ (۳۲/۷۴ درصد) نیز در تیمار کمپوست چای ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. تحقیقات نشان داده است که عصاره جلبک دریایی سرشار از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند کاروتنوئیدها، اسید اسکوربیک، فلوروتانین و سایر ترکیبات است (Gupta & Abu-Ghannam, 2011)؛ و این احتمالا در بهبود خواص آنتی‌اکسیدانی تأثیرگذار باشد. یک گروه از آنتی‌اکسیدان‌های مهم، ترکیبات فنولی هستند و نتایج مطالعات گذشته نشان داده است که مدیریت تغذیه‌ای گیاهان در تولید این ترکیبات نقش مؤثری ایجاد می‌کند (Lopez et al., 2011). تغذیه صحیح به خصوص استفاده از کودهای آلی و زیستی، میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی در گیاه مریم‌گلی[3](Nell, 2009) و نیز تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه بابونه آلمانی[4](Dadkhah et al., 2012) و زعفران[5](Naghdibadi et al., 2011) را بالا برد. همچنین در گلبرگ نیز بالاترین میزان آنتی-اکسیدان گبرگ (۳۲/۷۴ درصد) با اختلاف بالایی در

[1] *Echium amoenum*
[2] *Solanum lycopersicum*
[3] *Salvia officinalis* L.
[4] *Matricaria chamomilla*
[5] *Crocus sativus* L.

تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست و کمترین میزان (۴/۴۸ درصد) در تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی بدست آمد (شکل). در آزمایشات مختلف، تأثیر مثبت کودهای آلی نسبت به سایر کودها بر فعالیت آنتی اکسیدانی گیاهان گزارش شده است. بنابراین، نتایج تحقیقات بر روی زنجبیل[1] حاکی از تأثیر قابل توجه مصرف ورمی کمپوست بر فعالیت آنتی اکسیدانی این گیاه است. (Ghasemzadeh & Jaafari, 2011). بر اساس مطالعات، افزایش تدریجی سطوح کود آلی باعث افزایش غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم در محیط و در نهایت افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود. (Wang & Lin., 2003). محققان دلیل افزایش فعالیت آنتی-اکسیدانی گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست را به نوع بافت کود مرتبط دانستند (Hasnzadeh et al., 2014).

مواد مؤثره در گیاهان معمولا با هدایت فرآیندهای ژنتیکی و تحت تاثیر آنزیم‌ها و کوآنزیم‌ها ساخته می-شوند، اما آن‌ها را به وضوح تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می دهد بنابراین این عوامل باعث تغییراتی در رشد گیاهان دارویی و کیفیت مواد موثره آن‌ها می شود. (Omid Beygi, 2000). گزارش شد که حاصلخیزی و وجود مواد آلی در خاک می‌تواند باعث افزایش میزان آنتی‌اکسیدان گیاه شود و توجه به این که ورمی کمپوست می تواند این نقش را بازی کند، افزایش آنتی‌اکسیدان-های زعفران منطقی است. (Rimmer, 2006). تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر چای کمپوست توانست اثر بسیارخوبی هم در افزایش فلاونوئید کل کلاله و هم با اختلاف کمتری با شاهد بر فلاونوئید گلبرگ داشته باشد.



شکل۶. اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه زعفران
L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

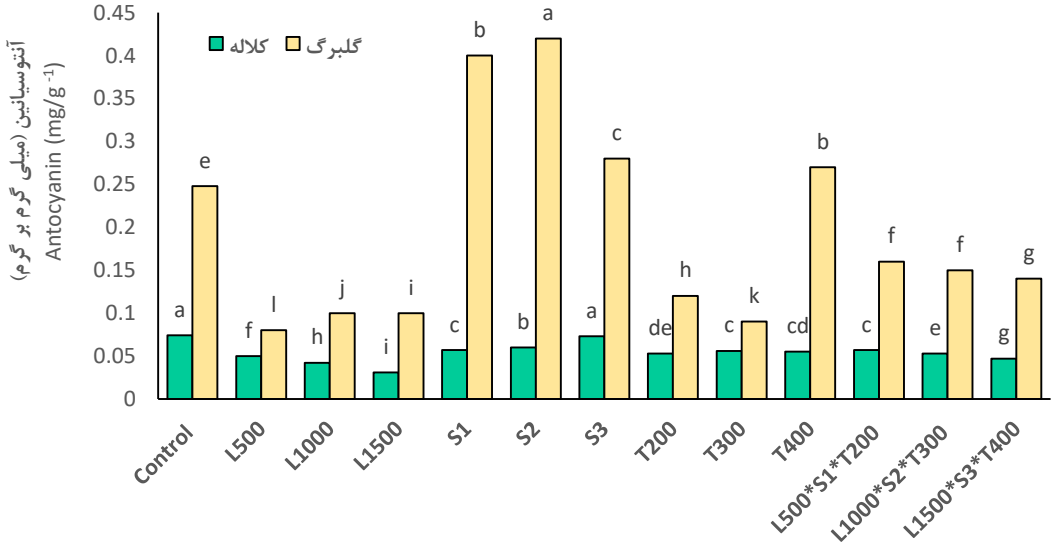
Fig 6. Effect of tea compost, seaweed and lignin treatment on antioxidant activity of saffron plant
T: tea compost, S: seaweed, L: lignin

آنتوسیانین کلاله و گلبرگ

بر اساس نتایج مقایسه بالاترین میزان آنتوسیانین کلاله (۰/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد و کمترین میزان (۰/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین بود (شکل ۷). بالاترین میزان آنتوسیانین گلبرگ (۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) هم در تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر جلبک دریایی و کمترین میزان (۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر لیگنین بدست آمد. جلبک ها به دلیل میزان بالای فیبر از یک طرف، نقش مهمی در نرم شدن بافت خاک و حفظ رطوبت دارند و از طرف دیگر به دلیل وجود مواد معدنی و عناصر کمیاب، فراهمی غذایی زیادی وجود دارد (Javedan, 2010). آنتوسیانین‌ها فلاونوئیدهایی با ترکیبات گلوکوزیدی هستند که برای تشکیل آن‌ها نیاز به قند است. (Hapkins, 1999). محققان دریافتند هنگام استفاده از کودهای زیستی میزان قند و کربن در گیاه بالا رفته و این قند مازاد در ساختن متابولیت‌های ثانویه و مواد موثره استفاده می‌شود که در نهایت باعث افزایش این ترکیبات در گیاه می‌گردد (Abd-

[1] *Zingiber officinale*

Almunim et al., 2014; Toor et al., 2006). وجود مواد آلی و نیز برخی تنظیم کننده‌های رشد در عصاره جلبک دریایی میزان فتوسنتز و ترکیبات قندی را در گیاه بالا می‌برند (Crouch & Staden, 1992). همچنین وجود مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی، متیونین و حتی پلی‌آمین‌ها در این عصاره باعث بالا رفتن جذب مواد معدنی توسط اتصال به این مولکول‌ها و تولید بیشتر کربوهیدرات می‌گردد (Khandan, 2018). در نتیجه کربوهیدرات‌های مازاد تولید شده در گیاه با تأثیر بر مسیر تولید فلاونوئیدها موجب افزایش میزان آنتوسیانین در گیاه می‌گردد (Watkinson et al., 2006). طبق تحقیقی مشخص شد حداقل میزان آنتوسیانین در تیمار شاهد و حداکثر مقدار آن در تیمار مصرف ۳۰ لیتر در هکتار کود زیستی بود (Khandan Deh Arbab, 2020). اثر تیمارها بر میزان آنتوسیانین گلبرگ بسیار بیشتر از آنتوسیانین کلاله بود و این دلیلی مهم برای اهمیت بیشتر به گلبرگ زعفران است.



شکل ۷. اثر تیمار کمپوست چای، جلبک دریایی و لیگنین بر میزان آنتوسیانین گیاه زعفران
L: لیگنین، S: جلبک دریایی، T: کمپوست چای

Fig 7. The effect of tea compost, seaweed and lignin treatment on saffron plant anthocyanin content
T: tea compost, S: seaweed, L: lignin

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیقات نشان داد که بالاترین میزان فنل کل گلبرگ (۲۱/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار (لیگنین ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، جلبک دریایی ۳ میلی-گرم در لیتر و تی‌کمپوست ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و بالاترین میزان سافرانال کل (۱۰/۲۱ درصد) نیز در تیمار تی‌کمپوست ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمده است. بیش‌ترین میزان کروسین کل (۲۴/۴۷ درصد) نیز در تیمار لیگنین ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین میزان فنل کل کلاله (۶/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار جلبک دریایی ۳ میلی‌گرم در لیتر و بیش‌ترین میزان فلاونوئید کل کلاله (۲/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در اثر متقابل تیمارهای (لیگنین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، جلبک دریایی ۱ میلی‌گرم در لیتر و تی‌کمپوست ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. بالاترین میزان آنتوسیانین گلبرگ (۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار جلبک دریایی ۲ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. در کل می‌توان گفت که کودهای جلبک دریایی، لیگنین و چای کمپوست چه به صورت استفاده جداگانه و چه به صورت ترکیب با یکدیگر تاثیر خوبی بر گیاه زعفران داشت و با توجه به اهمیت اقتصادی این گیاه استفاده هرچه بیشتر از کودهای زیستی و آلی و جایگزین کردن با کودهای شیمیایی اثرات بهتری در کشاورزی ما خواهد داشت بطوریکه بیشترین تعداد گل و بالاترین وزن کلاله را در تیمار چای کمپوست داشتیم که یکی از فاکتورهای مهم مورد نظر اکثر کشاورزان است. در بعضی از تیمارها

شاهد میزان بالای فنل و آنتوسیانین گلبرگ نسبت به کلاله بودیم که این نتیجه باعث می‌شود جدی‌تر به متابولیت‌های گلبرگ اهمیت داده شود و حتی در بعضی مواقع به خواص بیشتری که نسبت به کلاله زعفران دارد پرداخته شود.

منابع

Abd-Almunim, A., Hussain, J. A., & Hussain, M. H. (2014). The effect of some foliar nutrients on vegetative growth characteristics and yield of Rosell (*Hibiscus sabdariffa* L). *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, *14*.

Afshar-manesh, R., Rahimi, A., Torabi, B., and Akhghar, A., (2016). Effect of vermicompost application and compost tea solution on the production of corn biomass and the availability of some of the most harmful soil elements. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(1), 185-199. [in Persian]

Agha Alikhani, M., Iranpour, A., and Naghdibadi, H. A. (2013). Changes in agronomical and phytochemical yield of purple coneflower (*Echinaceae purpurea* L.) moench under urea and three biofertilizers application. *Journal of Medicinal Plants*. 12(2), 121-136.

Ahmadpour, R., Armand, N., and Hosseinzadeh, S.R. (2016). Effect of vermicompost extract on germination characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress. *Seed Research*. 2(2), 123-135. [in Persian]

Akowuah, G.A., Ismail, Z., Norhayati, I., and Sadikun, A. (2005). The effects of different extraction solvents of varying polarities on polyphenols of *Orthosiphon stamineus* and evaluation of the free radical-scavenging activity. *Food Chemistry*. 93(2), 311-317.

Alizadeh, M. B., Shafaroodi, A., & Ebadi, A. (2021). Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Response to Organic, Chemical and Biological Fertilizers in Climatic Conditions of Ardabil Province. *Crop physiology journal*, *13*(49), 129-147. [in Persian]

Alizadeh, M.B., Makarian, H., Ebadi, A., Shafaroodi, A. (2021). Evaluation of the effect of different fertilizer treatments on yield and some reproductive traits of saffron (*Crocus sativus* L.) In the climatic conditions of Ardabil. *Journal of Saffron Research*. 9(1): 11-27. [in Persian]

Amoo-aghayi, R., and Baghayi, M. (2014). Concentration effect of vermicompost and its extract on seed germination and vegetative growth of *Nigella sativa*. *Plant Research*. 27(4), 691-702. [in Persian]

Anisimov, M. M., Skriptsova, A. V., Chaikina, E. L., & Klykov, A. G. (2013). Effect of water extracts of seaweeds on the growth of seedling roots of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, *16*(2), 282-287.

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Dick, R., & Dick, L. (2007). Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*, *48*(11), 51.

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]

Beketov, E. V., Pakhomov, V. P., & Nesterova, O. V. (2005). Improved method of flavonoid extraction from bird cherry fruits. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, *39*(6), 316-318.

Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied phycology*, *23*(3), 371-393.

Craigie, J. S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of applied phycology. 23(3): 371-393.

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

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 chamomile. *Iranian Crop Research*. 10(2), 321-326. [in Persian]

Darzi, M.T. (2007). Effects of Biofertilizers Application on Qualitative and Quantitative Yield of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in Order to Reach to a Sustainable Agroecosystem. PhD thesis, *Tarbiat Modares University*, *Tehran*, *Iran*. [in Persian]

Ebadi, M.T., Azizi, M., Sefidkon, F., and Ahmadi, N. (2016). Effects of organic and chemical fertilizers on leaf yield, essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.). *Journal of Horticultural Science*. 30(2): 293-302. [in Persian]

Ebrahimi, M., Pooyan, M., Mehdiezhad. M. (2019). The effect of organic fertilizer application and mother corm weight on saffron (*Crocus sativus* L.) flower and corm yield in the first year. *Journal of Saffron Research*. 7(1): 13-28. [in Persian]

Emami bistgani, Z., Syadat, S.E., Bakhshande, E., and Ghasemi pirbaloti, E. (2014). The effect of Chemical, organic fertilizers and chitosan on physiological characteristics and the Phenolic Compounds of thyme daenensis

(*Thymus deanensis* Celak) in shahrekord area. *Better crops Research*. 7, 1-11.

Erulan, V., Thirumaran, G., Soundarapandian, P. and Ananthan, G. (2009). Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C. agardh, 1824) extract on the growth and biochemical composition of (*Cajanus cajan* L.) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 6(4), 392-399.

Ghasemzadeh, A., & Jaafar, H. Z. (2011). Effect of CO2 enrichment on synthesis of some primary and secondary metabolites in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Molecular Sciences*, *12*(2), 1101-1114.

Ghasemzadeh, A., Azarifar, M., Soroodi, O., & Jaafar, H. Z. (2012). Flavonoid compounds and their antioxidant activity in extract of some tropical plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*(13), 2639-2643. [in Persian]

Gupta, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology*, *22*(6), 315-326.

Javedan, A. (2010). Investigating the use of fertilizers and predicting its future trend in Iran. *1th Congress in Fertilizer Challenges in Iran Proceeding, Tehran*. [in Persian]

Khandan Deh Arabab, S. (2018). Effect of amino acid, seaweed extract and corm weight on quantitative and qualitative characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). M.Sc. Dissertation, *Faculty of Agriculture, Birjand University*. [in Persian]

Khandan Deh-Arbab, S., Aminifard, M.H., Fallahi, H.R., and 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]

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 Persian]

Koochaki, A.R., Amir Moradi, Sh., Shabahang, J., and Kalantari Khandani, S. (2013). Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plants (*Plantago ovate* Forssk.), (*Alyssum homolocarpum* L.), (*Lepidium perfoilatum* L.) and (*Lalementia iberica* L.). Journal of Agroecology. 1, 16-26. [in Persian]

Malakouti, M. J., Moshiri, F. & Gheibi, M. N. (2005). Optimum concentration of nutrients in soil and some agricultural and horticultural crops. *Soil and Water Research Institute publications* [in Persian].

Mitchell, A. E., Hong, Y. J., Koh, E., Barrett, D. M., Bryant, D. E., Denison, R. F., & Kaffka, S. (2007). Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *Journal of agricultural and food chemistry*, *55*(15), 6154-6159. [in Persian]

Mohammadi Far, S., and Namazi, M. (2006). The use of compost tea and its effects on the sustainable environment. *1st Environmental Engineering Specialized Conference*, 30th February-1st March, Tehran, Iran. 211- 213. [in Persian]

Mohammadi, S.M.A., Hemmati, Kh., and Hoseini, S.H. (2019). The effect of organic fertilizer application on quantitative and qualitative yield of Cucurbita pepo. *Crop production research*. 27(3), 37-53. [in Persian]

Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nejad Ali, A. (2011). The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Horticultural Science. 25(1), 25-33. [in Persian]

Nadernejad, N., Ahmadimoghadam, A., Hossyinifard, J., Poorseyedi, S. (2013). Study of the rootstock and cultivar effect in PAL activity, production of phenolic and flavonoid compounds on flower, leaf and fruit in Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Plant Biology*. (15), 95-110. [in Persian]

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 Persian]

Nell, M., Voetsch, M., Vierheilig, H., Steinkellner, S., Zitterl-Eglseer, K., Franz, C., & 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.

Omidbeygi, R. (2000). Production Method and Processing Medicinal Plants. Vol. I. Fekre Rooz Publication, Tehran, Iran. [in Persian]

Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., & Arancon, N. Q. (2011). Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on *pak choi* yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Science & Utilization*, *19*(4), 279-292.

Patil, N. M. (2010). Biofertilizer effect on growth, protein and carbohydrate content in Stevia rebaudiana Var Bertoni. *Recent Research in Science and Technology*, *2*(10), 42-44.

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

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

Rimmer, D. L. (2006). Free radicals, antioxidants, and soil organic matter recalcitrance. *European journal of soil science*, *57*(2), 91-94.

Sarlaki, E., Sharif Paghaleh, A., Kianmehr, M. H., & Mirsaeedghazi, H. (2017). Effect of processing temperature on membrane ultrafiltration of lignite coals-derived humic alkaline extracts, membrane performance and humic acid purity. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *48*(4), 475-489. [in Persian]

Sharma, A. K., & Sharma, A. K. (2002). *Biofertilizers for sustainable agriculture* (Vol. 12, pp. 319-324). India.: Agrobios.

Thambiraj, J., Lingakumar, K., & Paulsamy, S. (2012). Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from *Sargassum wightii* and *Hypnea musciformis* on the growth and biochemical constituents of the pulse, *Cyamopsis tetragonoloba* (L). *Journal of research in agriculture*, *1*(1), 65-70.

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

Tripathi, S. C., Sayre, K. D., Kaul, J. N., & Narang, R. S. (2003). Growth and morphology of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) culms and their association with lodging: effects of genotypes, N levels and ethephon. *Field Crops Research*, *84*(3), 271-290.

Wang, S. Y., & Lin, H. S. (2003). Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(23), 6844-6850. 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.

Watkinson, J. I., Hendricks, L., Sioson, A. A., Vasquez-Robinet, C., Stromberg, V., Heath, L. S., ... & Grene, R. (2006). Accessions of *Solanum tuberosum* ssp. andigena show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. *Plant Science*, *171*(6), 745-758.

COPYRIGHTS

© 2022-2023 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/)