مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

تاثیر منابع مختلف کودهای زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه زعفران

لیلا سپهوند[1]، سعید حیدری[2*]، حیمدرضا عیسوند[3]، امید علی اکبرپور[2] خسرو عزیزی[3]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
۳- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) از خانواده زنبقان دارای خواص درمانی می‌باشد که کلاله خشک شده آن به دلیل ارزش رنگی، تلخی و قدرت معطری که دارد در تهیه غذا، عطر و لوازم آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. استفاده از کودهای زیستی و آلی باعث بهبود کارآیی مصرف کودهای نیتروژنی و کاهش تلفات آن‌ها می‌شود که به واسطه‌ی حضور ریزجانداران مفید در این کودها، تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و سایر ریزمغذی‌ها صورت می‌گیرد که در نهایت با حضور این ریزجاندران در اطراف ریشه جذب عناصر غذایی برای گیاهان بهبود می‌یابد. بر این اساس، این پژوهش به منظور بررسی تاثیر منابع مختلف کودهای زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه زعفران در شهرستان خرم‌آباد در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۱ انجام شد. این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار (شاهد، نیتروکسین به میزان ۵ لیتر در هکتار، پلیمرسوپرجاذب رطوبه استاکوزورب به میزان ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار و اسید هیومیک به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰ تکرار انجام شد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایش بر تمامی صفات بجز کروسین تاثیر معنی‌داری داشتند. بطور کلی بررسی مقایسات میانگین در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمار نیتروکسین باعث افزایش ۶۱/۸، ۵۴/۲، ۵۰/۵، ۵۳/۱ و ۵۴/۴ درصدی تعداد گل، وزن گل تر، وزن گل خشک، وزن خشک کلاله و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد می‌شود. همچنین در بین تیمارهای مورد بررسی بر روی مواد موثره پیکروکروسین و سافرانال بیشترین تاثیر مربوط به اسید هیومیک بود به طوری که باعث افزایش ۱۸/۶ و ۱۹/۳ درصدی به ترتیب برای پیکروکروسین و سافرانال در مقایسه با تیمار شاهد شد. به طور کلی مصرف کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر تیمارهای دیگر این آزمایش باعث تاثیرگذاری بیشتر و افزایش تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن خشک کلاله و سطح برگ شد این در حالی بود که تیمار اسید هیومیک نسبت به سایر تیمارهای استفاده شده بیشترین کارایی را در مواد موثره پیکروسین و سافرانال زعفران داشت. در نهایت می‌توان بیان کرد که، کودهای زیستی نیز به عنوان ابزاری حیاتی برای بهبود وضعیت تغذیه گیاه و خواص خاک در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند به تضمین پایداری بلندمدت و بازده اقتصادی مثبت در مزارع گیاهی به‌ویژه گیاهان چند ساله از جمله زعفران سازگاری نشان می‌دهند و محصولات طبیعی و ایمن هستند که می‌توانند برای پایداری کشاورزی مناسب باشند.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، پیکروکروسین، سافرانال، نیتروکسین

* نگارنده مسئول (heidari.s@lu.ac.ir)

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) از خانواده زنبقان دارای خواص درمانی می‌باشد که که کلاله خشک شده آن به دلیل ارزش رنگی، تلخی و قدرت معطری که دارد در تهیه غذا، عطر و لوازم آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود (Chamkhi *et al.*, 2023). زعفران حاوی چندین ترکیب زیست فعال مانند مواد معدنی، آنتوسیانین‌ها، مونوترپنوئیدها، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها و فلاونول‌ها هستند (Belyagoubi-Benhammou *et al.*, 2023). تولید جهانی زعفران خشک حدود ۸۸۱ تن در سال است (Cardone *et al.*, 2020) و کشور ایران با بیش از۹۰ درصد زعفران تولیدی در دنیا رتبه اول را دارد.

استفاده از کودهای زیستی و آلی (شامل نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، اسید هیومیک و میکوریزا) باعث بهبود کارآیی مصرف کودهای نیتروژنی و کاهش تلفات آن‌ها می‌شود که به واسطه‌ی حضور ریزجانداران مفید در این کودها، تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و سایر ریزمغذی‌ها صورت می‌گیرد که در نهایت با حضور این ریزجاندران در اطراف ریشه جذب عناصر غذایی برای گیاهان بهبود می‌یابد (بالابندیان و همکاران، ۱۴۰۲). از جمله کودهای زیستی می‌توان به نیتروکسین و اسید هیومیک اشاره کرد. نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند آزوتوباکتر و آزوسپیریلوم از طریق تثبیت نیتروژن جو و جذب عناصر ماکرو و میکرو در گیاه ایفای نقش می‌کند. به‌علاوه، نیتروکسین هم‌چنین مسئول ترشح آمینو اسیدها و آنتی بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و سیدروفور می‌باشد. هم‌چنین، این کود زیستی باعث رشد و نمو ریشه‌ها و اندام های هوایی گیاه شده و از ریشه‌ها در برابر عوامل بیماری زا محافظت نموده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Zahedyan *et al.*, 2022). اسید هیومیک به عنوان یک محرک زیستی محبوب یا عبارت دیگر یک اصلاح کننده ارگانیک خاک که با فعالیت محرک رشد نسبت داده می‌شود. از مواد هیومیک به نام

هوموس، یک ماده آلی متابولیزه شده میکروبی که بیش از ۶۰ درصد از ماده آلی خاک در جهان را تشکیل می‌دهد، به دست می‌آید در حالی که اسید هیومیک به عنوان یک کود یا مکمل غذایی شناخته می‌شود، اما در سطح پایه‌تر، اصلاح کننده خاک، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، تأثیر بر اسیدیته خاک و افزایش رطوبت و در دسترس بودن مواد مغذی است. اسید هیومیک به شکل مستقیم از طریق مسیرهای تغذیه‌ای، هورمونی یا تحریکی بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد (Bernstein *et al.*, 2019). به عنوان مثال گزارش شده است که استفاده از کودهای بیولوژیکی، نیتروکسین و شیمیایی باعث افزایش وزن خشک برگ، تعداد گل، عملکرد گل، وزن خشک گل، وزن خشک کلاله و مواد موثره (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) نسبت به عدم مصرف کود در گیاه زعفران شده است (Esmaeilian *et al.*, 2022). در مثالی دیگر کاربرد ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین توام با روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی باعث بیشترین تعداد برگ، طول برگ، طول خامه و کلاله، وزن متوسط بنه، وزن خشک بنه و عملکرد زعفران شد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۸). مشخص گردید که کاربرد اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش مواد موثره زعفران شامل کروسین، پیکروسین و سافرانال شد (Khayyat *et al.*, 2018). بیشترین وزن بنه‌های مادری (۱۲/۸ تا ۱۲ گرم)، بنه‌های دختری (۸ تا ۴/۱۸ گرم)، وزن خشک پرچم، عملکرد گل و کلاله زعفران با استفاده از قارچ مایکوریزا توام با اسید هیومیک به دست آمد (Koocheki *et al.*, 2023).

در کنار کاربرد کودهای زیستی، استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب باعث افزایش پتانسیل نگهداری آب و از طریق کاهش اثرات منفی تنش‌های رطوبتی باعث حفظ افزایش عملکرد در گیاهان می‌گردد (Havrilyuk et al., 2021). کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در خاک یک استراتژی جدید صرفه جویی در مصرف آب است که مورد توجه قرار گرفته است (Satriani *et al.*, 2018). پلیمر سوپرجاذب به دلیل نداشتن اثر نامطلوب بر روی انسان، گیاهان، خاک و محیط زیست قابل استفاده

می‌باشند. حفظ رطوبت خاک و مدیریت مواد مغذی از طریق پلیمرسوپر جاذب یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش هزینه‌های آبیاری، راهبرد بهبود خاک و تهویه کننده خاک است که به طور گسترده در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه ای نشان داده شد که کاربرد سیلیکون و سوپرجاذب باعث افزایش تعداد متوسط گل، وزن متوسط تک گل و عملکرد

بنه‌های زعفران شد (خوش‌پیک و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی دیگر مشخص شد که استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب توام با نانوسیلیکون باعث افزایش رشد زایشی (تولید گل و کلاله خشک) زعفران گردید (Khoshpeyk *nd.*, 2022). با توجه به جایگاه گیاه زعفران در کشور ایران و لزوم توجه به تولید و گسترش آن در مناطق مختلف کشور و همچنین جایگاه استفاده از کودهای زیستی در تولید پایدار و توجه به راهکارهای کاهش مصرف آب در کشاورزی این تحقیق به منظور بررسی اثرات کودهای زیستی و پلیمر سوپرجاب بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه زعفران در شهرستان خرم‌آباد استان لرستان انجام شد.

مواد و روش

این پژوهش در دانشگاه لرستان در شهرستان خرم آباد در ۱۲ مهرماه ۱۴۰۱ اجرا شد. پژوهش حاضر در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار (شاهد، نیتروکسین به میزان ۵ لیتر در هکتار، پلیمرسوپرجاذب رطوبه استاکوزورب به میزان ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار و اسید هیومیک به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰ تکرار انجام شد. برای این پژوهش، کود زیستی نیتروکسین به میزان ۱۵ گرم در ۳ لیتر آب، پلیمرسوپرجاذب به میزان ۵۰ گرم در هر گلدان و کود زیستی اسید هیومیک به میزان ۳ گرم در یک لیتر آب استفاده شد.

پس از خریداری پیازچه‌های زعفران رقم تربت در ۴۰ گلدان (هر تیمار ۱۰ گلدان) که هر گلدان حاوی ۱۵ کیلوگرم خاک مزرعه و ۳ کیلوگرم کمپوست بود. درون هر گلدان ۳۶

عدد بنه زعفران به فاصله ۲ سانتی‌متر از یکدیگر کشت گردید. جهت ضدعفونی خاک از سم برودفیکس به میزان ۵ سی‌سی در یک لیتر آب و کنه‌کش انویدور به میزان ۰/۵ سی‌سی در یک لیتر آب به‌وسیله اسپری کردن روی خاک پهن شد، سپس کمپوست در سایه پهن گردید و ضدعفونی شد. بنه‌های زعفران در زیر سایه درون دو ترکیب (بردوفیکس+انویدور) به مدت چند دقیقه نگه‌داشته شد و پس از خروج از محلول ضدعفونی به سایه منتقل گردید. پس از خشک شدن بنه‌ها در سایه در درون گلدان-هایی که پلاستیک‌های نشاء قرار داشت، گذاشته شدند. گلدان‌ها پس از کاشت در محل آفتاب‌گیر قرار داده شدند. آبیاری به طور کامل صورت گرفت تا گیاه از لحاظ میزان نیاز آبی دچار تنش نشود.

در اواسط آبان ماه و با شروع گلدهی عملیات برداشت صورت پذیرفت، و بر اساس آن شاخص‌های وزن تر گل، تعداد گل در واحد سطح، وزن تر و خشک کلاله (پس از خشکاندن در آون) به عنوان عملکرد کمی و میزان سافرانال، پیکروکروسین و کروسین کلاله به عنوان عملکرد کیفی زعفران اندازه گیری شدند. جهت اندازه‌گیری وزن خشک کلاله، ابتدا نمونه‌ها توزین و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند.

جهت بررسی و اندازه گیری ترکیبات کلاله و مواد مؤثره آن، در آزمایشگاه، ابتدا کلاله زعفران هر تیمار به‌صورت جداگانه در هاون کوبیده و پودر شد، سپس با ترازو ۰/۵ گرم (۵۰۰ میلی گرم) از کلاله پودر شده هر تیمار در درون ارلن همراه با یک لیتر آب مقطر و یک عدد مگنت هم زده شد. اطراف ارلن با استفاده از کاغذ فویل پوشیده شد که نور به نمونه‌ها تابیده نشود، در مرحله‌ی بعد ارلن به مدت یک ساعت روی هیتر (هزار دور در دقیقه) قرار گرفت. پس از یک ساعت نمونه را درون بالن ژوژه ۱۰۰۰ میلی لیتر ریخته شد و تا خط اندازه آن آب مقطر اضافه شد، سپس با استفاده از پیپت، ۲۰ میلی‌لیتری از آن گرفته و به داخل بالن ژوژه ۲۰۰ میلی لیتر ریخته شد و مجدد آن بالن ژوژه ۲۰۰ میلی لیتر را

به تا خط اندازه به حجم رسانده که باعث رقیق شدن آن گردید و سپس به سرعت صاف شد. جهت سنجش از دستگاه اسپکتوفتومتر نمونه در سه طول موج ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر استفاده شد. مقدار جذب در محدوده ۲۵۷ نانومتر، پیکروکروسین، در محدوده ۳۳۰ نانومتر سافرانال و در محدوده ۴۴۰ نانومتر، کروسین می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در محیط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

صفات کمی مورد بررسی در گیاه زعفران

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه زعفران نشان داد که تمامی صفات کمی شامل تعداد گل، وزن گل خشک، وزن تر گل، وزن خشک کلاله و سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱).

بطور کلی بررسی مقایسات میانگین در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمار نیتروکسین باعث افزایش ۶۱/۸، ۵۴/۲، ۵۰/۵، ۵۳/۱ و ۵۴/۴ درصدی تعداد گل، وزن گل تر، وزن گل خشک، وزن خشک کلاله و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد می‌شود (جدول ۲). این در حالی بود که تیمارهای دیگر نسبت به شاهد نیز باعث بهبود صفات مورد بررسی شد. به عنوان مثال سوپرجاب و اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش ۴۷/۱ و ۸/۸ درصدی در تعداد گل، ۴۸/۸ و ۱۲/۱ درصدی در وزن گل تر، ۲۵ و ۱۵ درصدی در وزن گل خشک، ۵۰ و ۱۰ درصدی در وزن خشک کلاله و ۲۶/۹ و ۱۵/۵ درصدی سطح برگ نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده زعفران تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی

منابع تغیر		درجه آزادی	تعداد گل	وزن گل تر	وزن گل خشگ	وزن خشک کلاله	سطح برگ	کروسین	پیکروکرو سین	سافرانال
تیمار		۳	۱۶۳/۲**	۲۳/۸**	۰/۲۸**	۰/۰۰۴۴**	۲۲۸/۷**	۱/۴۶ ns	۹۹/۸۶**	۳۰/۱۷**
خطا		۲۷	۳/۷	۰/۶۷	۰/۰۱۱	۲/۰۳	۲/۳۰	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۸۵
ضریب (درصد)	تغیرات		۱۱/۱	۱۱	۱۰/۷	۱۴	۶/۱۱	۰/۴۰	۱/۰۳	۲/۳۱

ns و ** به تریب غیر معنی‌داری معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات زعفران تحت تیمارهای مورد بررسی

تیمار	تعداد گل (در واحد آزمایشی)	وزن تر گل (گرم در واحد آزمایشی)	وزن خشک گل (گرم در واحد آزمایشی)	وزن کلاله خشک (گرم در واحد آزمایشی)	سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته)	پیکروکروسین ($^{a}E^{1\%}_{275}$)	سافرانال ($^{a}E^{1\%}_{330}$)
شاهد	۱۳/۶b	۵/۷۸b	۰/۸c	۰/۰۸b	۲۰/۱۹c	۷۰/۰۲b	۳۷/۳۳c
نیتروکسین	۲۲a	۸/۹۱a	۱/۲a	۰/۱۲۵a	۳۱/۱۷a	۸۰/۰۶a	۳۹/۵۹b
پلیمر سوپرجاذب	۲۰a	۸/۶a	۱b	۰/۱۱۲a	۲۵/۶۳b	۸۰/۶۴a	۳۸/۵bc
اسید هیومیک	۱۴/۸b	۶/۴۸b	۰/۹۲b	۰/۰۸۸b	۲۳/۳۱bc	۸۳/۰۷a	۴۴/۵۴a

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

برای بهبود رشد و عملکرد زعفران، کوددهی و تغذیه مناسب برای متعادل کردن رشد رویشی و زایشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Esmaeilian *et al.*, 2022). اکثر تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای خاک از جمله کودها و اصلاحات خاک بستگی دارد (Hourani, 2022). نیتروکسین حاوی باکترهای محرک رشد و تثبیت کننده نیتروژن از جنس ازوتوباکتر و آزوسپریلیوم است که این محرک‌های رشد از طریق توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتن، ویتامین‌های ب، اکسین و جیبرلین در محیط ریشه گیاه باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش تقویت رشد گیاه، تعداد گل آذین و عملکرد می‌شود (خیری و همکاران، ۱۳۹۹). کودهای زیستی از طریق تولید انواع اسیدهای آلی (سیتریک، لاکتیک، مالیک و تارتاریک) منجر به کاهش pH خاک می‌شود، که نتیجه‌ی اسیدی شدن خاک باعث در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی آهن، مس، روی و غیره شد که در نهایت سبب افزایش عملکرد گل در زعفران می‌شود (امینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۸). گزارش شده است که کاربرد ۲ لیتر اسید هیومیک سافرون به شکل محلول‌پاشی همراه با ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله به صورت مصرف خاکی باعث افزایش ۴۲/۷۳ درصد تعداد گل در هکتار زعفران شده است که علت آن را نقش اسید هیومیک در افزایش تعداد و اندازه بنه بیان شده که سبب افزایش تعداد گل گردیده است (گردکانه و همکاران، ۱۳۹۹).

نشان داده شده است که استفاده از پلیمرسوپرجاذب علاوه بر بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری و تخلل، از طریق حفظ رطوبت و عناصر غذایی در خاک سبب بهبود در دسترس قرار گرفتن مواد غذایی و آب برای بنه‌های زعفران می‌شود که در نهایت باعث افزایش رشد زایشی (گل) می‌شود (خوش‌پیک و همکاران، ۱۴۰۱). گزارش شده است که کاربرد سطح ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب باعث بیشترین تعداد گل، عملکرد گل، وزن تر و خشک گلبرگ زعفران شد که

علت آن را چنین بیان شده است که، سوپرجاذب‌ها منجر به بهبود زنده ماندن و سبز شدن رشد گیاهان، جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی، کاهش تنش آبی، بهبود تهویه خاک، افزایش تخلخل خاک، افزایش راندمان استفاده از بارندگی و تقویت فعالیت جوامع میکروبی خاک می‌گردد (Fallahi *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر بیان شده است که کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش تعداد گل و وزن تر گل در گیاه زعفران شد (خرم‌دل و همکاران، ۱۳۹۲).

صفات کیفی (مواد موثره)

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه زعفران نشان داد تیمارهای آزمایش بر روی صفات کیفی پیکروکروسین و سافرانال در سطح احتمال آماری یک درصد تاثیر معنی‌داری داشتند ولی بر صفت کروسین تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در بین تیمارهای مورد بررسی بر روی مواد موثره پیکروکروسین و سافرانال بیشترین تاثیر مربوط به اسید هیومیک بود به طوری که باعث افزایش ۱۸/۶ و ۱۹/۳ درصدی به ترتیب برای پیکروکروسین و سافرانال در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۲). لازم به ذکر است برای مواد موثره پیکروکروسین اختلاف معنی-داری بین نیتروکسین، سوپرجاذب و اسید هیومیک وجود نداشت. نتروکسین و سوپرجاذب نسبت به شاهد نیز باعث بهبود صفات مورد بررسی شدند. به عنوان مثال نتروکسین و سوپرجاذب به ترتیب باعث افزایش ۱۴/۳ و ۱۵/۲ درصدی در پیکروکروسین و ۶/۱ و ۳/۱ درصدی در سافرانال نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

کودهای زیستی به سبب تاثیر بر فراهمی ترکیبات، ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری مواد هورمونی و تولید ترکیبات اولیه موثر در برهمکنش با سایر میکروارگانیسم‌ها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه ممکن است بر بیوسنتز گلوکوزیدها و عملکرد کیفی گیاه تاثیر می‌گذارد (Wu *et al.*, 200; Patten & Glick, 1996). مطالعه‌ای نشان داد که تیمارهای کودی بر

میزان پیکروسین و سافرانال زعفران تأثیر معنی‌داری داشته است و تیمار ۱۰۰ گرم کود زیستی در هکتار بهترین تیمار از نظر میزان پیکروسین بود. همچنین بیشترین میزان سافرانال و کروسین در تیمار تلفیقی فسفر به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار و کود زیستی بارور ۲ به میزان ۵۰ گرم در هکتار به دست آمد (نقدی‌بادی و همکاران، ۱۳۹۰).

همبستگی بین صفات

تعداد گل و وزن خشک کلاله زعفران همبستگی معنی‌دار و مثبتی با عملکرد کلاله خشک دارا بودند که بیش‌ترین ضریب همبستگی متعلق به تعداد گل با عملکرد کلاله با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار ۰/۹۹ بود. همچنین وزن خشک کلاله با وزن تر گل و خشک گل به ترتیب با ۰/۹۵ و ۰/۹۸ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳). بین صفات کیفی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد با این وجود با برخی از صفات کمی مانند تعداد گل، وزن کلاله خشک و سطح برگ همبستگی معنی‌دار و منفر داشت. در گیاه زعفران گزارش شده است که بیشترین همبستگی مربوط به صفت تعداد گل با وزن خشک کلاله بود که این صفت به شکل مستقیم بر عملکرد زعفران اثر دارد، در حالی که تاثیرات غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات ناچیز بود که از این صفت به عنوان یک معیار گزینشی در برنامه‌های اصلاحی زعفران می‌توان استفاده نمود (علوی‌سینی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعات دیگر بیشترین همبستگی عملکرد کلاله خشک زعفران با صفات تعداد گل با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و وزن خشک کلاله با ضریب همبستگی ۰/۶۳ حاصل شد (Amirinia *et al.*, 2014). در پژوهشی دیگر مشخص شد که تعداد گل با وزن خشک کلاله همبستگی مثبت (۰/۹۳) و معنی‌دار داشت (Gresta *et al.*, 2009). همچنین نشان داده شده است که بین تعداد گل و کروسین عدم همبستگی وجود داشت (Maleki *et al.*, 2020).

برای بهبود رشد و عملکرد زعفران، کوددهی و تغذیه مناسب برای متعادل کردن رشد رویشی و زایشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Esmaeilian *et al.*, 2022). اکثر تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای خاک از جمله کودها و اصلاحات خاک بستگی دارد (Hourani, 2022). نیتروکسین حاوی باکترهای محرک رشد و تثبیت کننده نیتروژن از جنس ازوتوباکتر و آزوسپریلیوم است که این محرک‌های رشد از طریق توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتن، ویتامین‌های ب، اکسین و جیبرلین در محیط ریشه گیاه باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش تقویت رشد گیاه، تعداد گل آذین و عملکرد می‌شود (خیری و همکاران، ۱۳۹۹). کودهای زیستی از طریق تولید انواع اسیدهای آلی (سیتریک، لاکتیک، مالیک و تارتاریک) منجر به کاهش pH خاک می‌شود، که نتیجه‌ی اسیدی شدن خاک باعث در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی آهن، مس، روی و غیره شد که در نهایت سبب افزایش عملکرد گل در زعفران می‌شود (امینی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۸). گزارش شده است که کاربرد ۲ لیتر اسید هیومیک سافرون به شکل محلول‌پاشی همراه با ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله به صورت مصرف خاکی باعث افزایش ۴۲/۷۳ درصد تعداد گل در هکتار زعفران شده است که علت آن را نقش اسید هیومیک در افزایش تعداد و اندازه بنه بیان شده که سبب افزایش تعداد گل گردیده است (گردکانه و همکاران، ۱۳۹۹).

نشان داده شده است که استفاده از پلیمرسوپرجاذب علاوه بر بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری و تخلل، از طریق حفظ رطوبت و عناصر غذایی در خاک سبب بهبود در دسترس قرار گرفتن مواد غذایی و آب برای بنه‌های زعفران می‌شود که در نهایت باعث افزایش رشد زایشی (گل) می‌شود (خوش‌پیک و همکاران، ۱۴۰۱). گزارش شده است که کاربرد سطح ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب باعث بیشترین تعداد گل، عملکرد گل، وزن تر و خشک گلبرگ زعفران شد که علت آن را چنین بیان شده است که، سوپرجاذب‌ها منجر به بهبود زنده ماندن و

سبز شدن رشد گیاهان، جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی، کاهش تنش آبی، بهبود تهویه خاک، افزایش تخلخل خاک، افزایش راندمان استفاده از بارندگی و تقویت فعالیت جوامع میکروبی خاک می‌گردد (Fallahi *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر بیان شده است که کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش تعداد گل و وزن تر گل در گیاه زعفران شد (خرم‌دل و همکاران، ۱۳۹۲).

صفات کیفی (مواد موثره)

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه زعفران نشان داد تیمارهای آزمایش بر روی صفات کیفی پیکروکروسین و سافرانال در سطح احتمال آماری یک درصد تاثیر معنی‌داری داشتند ولی بر صفت کروسین تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در بین تیمارهای مورد بررسی بر روی مواد موثره پیکروکروسین و سافرانال بیشترین تاثیر مربوط به اسید هیومیک بود به طوری که باعث افزایش ۱۸/۶ و ۱۹/۳ درصدی به ترتیب برای پیکروکروسین و سافرانال در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۲). لازم به ذکر است برای مواد موثره پیکروکروسین اختلاف معنی-داری بین نیتروکسین، سوپرجاذب و اسید هیومیک وجود نداشت. نتروکسین و سوپرجاذب نسبت به شاهد نیز باعث بهبود صفات مورد بررسی شدند. به عنوان مثال نتروکسین و سوپرجاذب به ترتیب باعث افزایش ۱۴/۳ و ۱۵/۲ درصدی در پیکروکروسین و ۶/۱ و ۳/۱ درصدی در سافرانال نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

کودهای زیستی به سبب تاثیر بر فراهمی ترکیبات، ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری مواد هورمونی و تولید ترکیبات اولیه موثر در برهمکنش با سایر میکروارگانیسم‌ها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه ممکن است بر بیوسنتز گلوکوزیدها و عملکرد کیفی گیاه تاثیر می‌گذارد (Wu *et al.*, 200; Patten & Glick, 1996). مطالعه‌ای نشان داد که تیمارهای کودی بر میزان پیکروسین و سافرانال زعفران تأثیر معنی‌داری داشته است و تیمار ۱۰۰ گرم کود

زیستی در هکتار بهترین تیمار از نظر میزان پیکروسین بود. همچنین بیشترین میزان سافرانال و کروسین در تیمار تلفیقی فسفر به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار و کود زیستی بارور ۲ به میزان ۵۰ گرم در هکتار به دست آمد (نقدی‌بادی و همکاران، ۱۳۹۰).

همبستگی بین صفات

تعداد گل و وزن خشک کلاله زعفران همبستگی معنی‌دار و مثبتی با عملکرد کلاله خشک دارا بودند که بیش‌ترین ضریب همبستگی متعلق به تعداد گل با عملکرد کلاله با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار ۰/۹۹ بود. همچنین وزن خشک کلاله با وزن تر گل و خشک گل به ترتیب با ۰/۹۵ و ۰/۹۸ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳). بین صفات کیفی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد با این وجود با برخی از صفات کمی مانند تعداد گل، وزن کلاله خشک و سطح برگ همبستگی معنی‌دار و منفر داشت. در گیاه زعفران گزارش شده است که بیشترین همبستگی مربوط به صفت تعداد گل با وزن خشک کلاله بود که این صفت به شکل مستقیم بر عملکرد زعفران اثر دارد، در حالی که تاثیرات غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات ناچیز بود که از این صفت به عنوان یک معیار گزینشی در برنامه‌های اصلاحی زعفران می‌توان استفاده نمود (علوی‌سینی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعات دیگر بیشترین همبستگی عملکرد کلاله خشک زعفران با صفات تعداد گل با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و وزن خشک کلاله با ضریب همبستگی ۰/۶۳ حاصل شد (Amirinia *et al.*, 2014). در پژوهشی دیگر مشخص شد که تعداد گل با وزن خشک کلاله همبستگی مثبت (۰/۹۳) و معنی‌دار داشت (Gresta *et al.*, 2009). همچنین نشان داده شده است که بین تعداد گل و کروسین عدم همبستگی وجود داشت (Maleki *et al.*, 2020).

جدول ۳- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گیاه زعفران

	تعداد گل	وزن تر گل	وزن خشک گل	وزن کلاله خشک	سطح برگ	کروسین	پیکروکروسین	سافرانال
تعداد گل	۱							
وزن تر گل	۰/۹۹**	۱						
وزن خشک گل	۰/۹۳ns	۰/۹۰ns	۱					
وزن خشک کلاله	۰/۹۹**	۰/۹۸*	۰/۹۵*	۱				
سطح برگ	۰/۹۱ns	۰/۸۵ns	۰/۸۸ns	۰/۹۱ns	۱			
کروسین	-۰/۹۷*	-۰/۹۴ns	-۰/۹۳ns	-۰/۹۸*	-۰/۹۷*	۱		
پیکروکروسین	۰/۴۷ns	۰/۵۳ns	۰/۵۶ns	۰/۴۹ns	۰/۱۴ns	-۰/۳۱ns	۱	
سافرانال	-۰/۳۸ns	-۰/۳۷ns	-۰/۰۹ns	-۰/۳۳ns	-۰/۴۸ns	۰/۴۴ns	۰/۴۹ns	۱

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌داری معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

نتیجه گیری کلی

در این آزمایش، نتایج نشان داد که مصرف کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر تیمارهای دیگر این آزمایش باعث تاثیرگذاری بیشتر و افزایش تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن خشک کلاله و سطح برگ شد که علت آن را چنین می‌توان بیان کرد که احتمالا نیتروکسین از طریق میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث رشد و نمو ریشه‌ها و اندام‌های هوایی و جذب عناصر ماکرو و میکرو را در گیاه متعادل کرده که در نهایت باعث اثرگذاری بیشتر و

موثر بر صفات مورد آزمایش در این بررسی شده است. به‌علاوه، بعد از نیتروکسین استفاده از تیمار پلیمرسوپرجاذب توانست کارایی موثری در این صفات ذکر شده، نشان دهد. این در حالی بود که تیمار اسید هیومیک نسبت به سایر تیمارهای استفاده شده

بیشترین کارایی را در مواد موثره پیکروسین و سافرانال زعفران داشت. در نهایت می‌توان بیان کرد که، کودهای زیستی نیز به عنوان ابزاری حیاتی برای بهبود وضعیت تغذیه گیاه و خواص خاک در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند به تضمین پایداری بلندمدت و بازده اقتصادی مثبت در مزارع گیاهی به‌ویژه گیاهان چند ساله از جمله زعفران سازگاری نشان می‌دهند و محصولات طبیعی و ایمن هستند که می‌توانند برای پایداری کشاورزی مناسب باشند.

منابع

امینی فرد، م. و ف. احمدی. ۱۳۹۸. بررسی و مقایسه تأثیر محلول‌پاشی و مصرف خاکی اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد گل زعفران. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۱۱(۲): ۱۲۳-۱۳۲.

بالابندیان، ا.، م. عاشوری، ح. دورودیان، س. صادقی، و م، رضایی. ۱۴۰۲. اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر شاخص سطح برگ و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط آبیاری متفاوت. بوم شناسی کشاورزی، ۱۵(۱): ۱۳۹-۱۵۲.

جلیلی، ا.، ف. گنج آبادی، د. حبیبی، و ع. عیوضی. ۱۳۹۸. مطالعه برهمکنش کود بیولوژیک نیتروکسین و مدیریت آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران. ۷(۳): ۳۱۹-۳۳۰.

خرم‌دل، س.، قشم، ر.، غفوری، ا.، اسماعیل‌پور، ب. ۱۳۹۲. ارزیابی اثر بافت خاک و سطوح پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران. پژوهش‌های زعفران. ۲: ۱۲۰-۱۳۵.

خوش‌پیک، س.، ر. صدرآبادی‌حقیقی، ا. احمدیان. ۱۴۰۱. تاثیر کیفیت آبیاری و کاربرد سیلیکون و نانو یسیلیکون و پلیمرسوپرجاذب بر عملکرد و ماده موثره زعفران. نشریه پژوهش‌های زعفران، ۱۰(۱): ۶۴-۸۳.

خیری، ع.، م. زراندود، ا. رضایی‌علولو، ط. برزگر، و م. اعلایی. ۱۳۹۹. اثرات کودهای

زیستی نیتروکسین و سولفات آمونیوم بر برخی ویژگی‌ها و خواص آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی فراسیون. نشریه فرایند و کارکرد گیاهی، ۹(۳۸): ۴۱۶-۴۲۶.

علوی‌سینی، س.، ج. صبا، ب. عندلیبی، س. علوی کیا، و م. عظیمی. ۱۳۹۴. تعیین صفات زراعی موثر بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران زراعی در شرایط اقلیمی زنجان. نشریه زراعت و فناوری زعفران، ۳(۲): ۹۷- ۱۰۶.

گردکانه، م.، ا. امینی، و م. خان احمدی. ۱۳۹۹. اثرات کاربرد اسید هیومیک به صورت خاکی و محلول پاشی بر خواص کمی و کیفی زعفران. پژوهش‌های زعفران، ۸ (۱): ۷۱- ۸۴.

نقدی‌بادی، ح.، ح. امیدی.، ع. گلزاد، ح. ترابی، و م. فتوکیان. ۱۳۹۰. تغییرات میزان کروسین، پیکروسین و سافرانال و ویژگی‌های زراعی زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت‌تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی فسفره. فصلنامه گیاهان دارویی، ۱۰(۴): ۵۸-۶۸.

Amırnıa, R., Bayat, M., Tajbakhsh, M. 2014**.** Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. Turkish Journal of Field Crops, 19(2): 158-168.

Belyagoubi-Benhammou, N., Belyagoubi, L., Loukidi, B., Mir, M.A., Assadpour, E., Boudghene-Stambouli, M., Kharazmi, M.S., Jafari, S.M. 2023**.** Bioactivity and applications of saffron floral bio-residues (tepals): a natural by-product for the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 64(23): 8399-8413.

Bernstein, N., J.Gorelick, R. Zerahia, and S. Koch. 2019**.** Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). Frontiers in Plant Science, 10: 736.

Cardone, L., D. Castronuovo, M. Perniola, N. Cicco, and V. Candido. 2020**.** Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. Scientia Horticulturae. 272: 109560.

Havrilyuk, M., V. Fedorenko, O. Ulianych, I. Kucher, V. Yatsenko, N. Vorobiova, and O. Lazariev. 2021**.** Effect of superabsorbent on soil moisture, productivity and some physiological and biochemical characteristics of basil. Agronomy Research, 19(2): 394-407.

Hourani, W. 2022**.** Effect of fertilizers on growth and productivity of saffron: a review. Agronomy Research, 20:1-18.

Khayyat, M., M. Jabbari, H.R. Fallahi, and A. Samadzadeh. 2018**.** Effects of corm dipping in salicylic acid or potassium nitrate on growth, flowering, and quality of saffron. Journal of Horticultural Research, 26(1): 13-21.

Khoshpeyk, S., R. Sadrabadi Haghghi, and A. Ahmadian. 2022**.** The effect of irrigation water quality and application of silicon, nanosilicon and superabsorbent polymer on the yield and active ingredient of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research, 10(1): 64-83.

Maleki, M., M. Seghatoleslami, G. Mousavi, and H. Feizi. 2020**.** Studying the effect of irrigation management and foliar application of growth stimulator

Chamkhi, I., L. Sbabou, and J. Aurag. 2023**.** Improved growth and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) in the field conditions through inoculation with selected native plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Industrial Crops and Products. 197: 116606.

Esmaeilian, Y., M.B. Amiri, A. Tavassoli, A. Caballero-Calvo, and J. Rodrigo-Comino. 2022**.** Replacing chemical fertilizers with organic and biological ones in transition to organic farming systems in saffron (*Crocus sativus*) cultivation. Chemosphere. 307: 135537.

Fallahi, H.R., G. Zamani, M. Aghhavani-Shajari, A. Samadzadeh, F. Branca, and M. Mehrabani. 2017**.** Saffron flower and stigma yield changes in response to application of different levels of super absorbent polymer. Journal of Medicinal plants and By-Products, 6(2): 145-151.

Gresta, F., G.M. Lombardo, L. Siracusa, and G. Ruberto. 2009**.** Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems: a review. Sustainable Agriculture, 355-376.

Italy. Agricultural Water Management, 195: 114-119.

Wu S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, K.C. Cheung, and M.H. Wong. 2005**.** Effects of biofertilizers containing Nfixer, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth: a greenhouse trail. Geoderma, 125: 155- 166.

Zahedyan, A., A.A. Jahromi, A. Zakerin, V. Abdossi, and A.M. Torkashvand. 2022**.** Nitroxin bio-fertilizer improves growth parameters, physiological and biochemical attributes of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) under water stress conditions. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 21(1): 8-20.

on yield and some qualitative traits of saffron. Saffron Agronomy and Technology, 8(4): 511-525.

Noori, A., A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, and S. Khorramdel. 2023**.** Effects of Mycorrhiza Inoculation, Mother Corm Weight and Humic Acid on Daughter Corm and Flower Yield of saffron. Journal of Saffron Research, 11(1): 48-65.

Patten, C.L. and B.R. Glick. 1996**.** Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. Canadian Journal of Microbiology. 42: 207 -220.

Satriani, A., M. Catalano, and E. Scalcione. 2018**.** The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: A case-study in Southern

The effect of different biochemical fertilizer sources on quantitative and qualitative characteristics of Saffron

Leyla Sepahvand[1], Saeid Heidari[2*], Hamidreza Eisvand[3], Omid Akbarpour[2], Khosro Azizi[3]

1. **M.SC. Graduate in Ecology, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.**
2. **Assistant Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.**
3. **Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.**

Recived: 2024.12.9 **Accepted: 2025.3.6**

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.), belonging to the Iridaceae family, possesses medicinal properties. Its dried stigma is widely utilized in food preparation, perfumes, and cosmetic and hygiene products due to its coloring value, bitterness, and aromatic strength. The application of biofertilizers and organic fertilizers enhances the efficiency of nitrogen fertilizer utilization and reduces its losses. This is achieved through the presence of beneficial microorganisms in these fertilizers, which facilitate nitrogen fixation and the release of phosphate, potassium, iron, and other micronutrients. Ultimately, these microorganisms enhance nutrient uptake by plants by colonizing the root zone. Accordingly, this study aimed to evaluate the effects of different biofertilizer sources on the quantitative and qualitative characteristics of saffron in Khorramabad County. The research was conducted at the Faculty of Agriculture, Lorestan University, in 2022. The experiment was designed as a completely randomized design (CRD) with four treatments (control, Nitroxine at 5 liters per hectare, Stockosorb superabsorbent polymer at 240 kg per hectare, and humic acid at 1 kg per hectare), with ten replications. ANOVA results indicated that the experimental treatments significantly influenced all traits except crocin. Overall, mean comparisons among treatments showed that Nitroxine application led to an increase of 61.8%, 54.2%, 50.5%, 53.1%, and 54.4% in the number of flowers, fresh flower weight, dry flower weight, dry stigma weight, and leaf area, respectively, compared to the control treatment. Additionally, among the evaluated treatments, humic acid exhibited the most significant effect on the bioactive compounds picrocrocin and safranal, resulting in increases of 18.6% and 19.3%, respectively, compared to the control. In conclusion, the application of the Nitroxine biofertilizer had the most significant impact on enhancing the number of flowers, fresh and dry flower weight, dry stigma weight, and leaf area. Meanwhile, humic acid exhibited the highest efficiency in improving the levels of picrocrocin and safranal. Ultimately, biofertilizers are considered essential tools for improving plant nutrition and soil properties. They contribute to long-term sustainability and positive economic returns in crop production, particularly in perennial plants such as saffron. Furthermore, biofertilizers are natural and safe products that can play a crucial role in sustainable agriculture.

Keywords: Humic acid, Nitroxine, Picrocrocin, Safranal

* Corresponding author (heidari.s@lu.ac.ir)