Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol. 12, No. 1, Spring & summer, 2024

p. 138-157

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2024.8196.1242

University of Birjand

Original Article

The effect of Applying Zinc Sulfate, Humic Acid, and Folic Acid Enriched with Amino Acids on the Growth and Yield of Saffron Plant

Afsaneh Yousefpour-Dokhanieh [1]*, Elnaz Farajzadeh-Memari-Tabrizi [2]

1- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2- Associate professor, Department of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran.

*Corresponding author: *a.yousefpour@iaut.ac.ir*

Received 26 September 2024; Accepted 17 November 2024

Extended Abstract

Introduction: Saffron (*Crocus sativus* L.) is one of the most valuable medicinal plants globally, known for its culinary, medicinal, and economic importance. The yield and quality of saffron are influenced by several agronomic and environmental factors. Among these, nutrient management plays a critical role in enhancing plant growth and productivity. The use of organic compounds such as humic and folic acids has gained attention due to their potential to improve plant health, nutrient uptake, and stress resistance. Additionally, micronutrients like zinc are essential for various biochemical processes in plants, affecting overall growth, chlorophyll synthesis, and reproductive success. Recent studies suggest that the combined application of organic acids and micronutrients can synergistically enhance crop performance. This study investigates the effects of humic acid, folic acid, and zinc sulfate on key growth, physiological, and reproductive traits of saffron to identify the most effective treatment combinations for improving saffron yield and quality.

Materials and Methods: In this study, the studied treatments are humic acid (no use of humic acid, use of humic acid and use of humic acid enriched with amino acids), folic acid (no use of folic acid, use of folic acid and use of folic acid enriched with amino acids). amino) and zinc sulfate (no application of zinc sulfate, application of zinc sulfate in the amount of 3 kg/ha and application of zinc sulfate in the amount of 6 kg/ha) on growth, flower production and quality characteristics of saffron essential oil. This experiment was carried out in two years in a factorial manner based on a randomized complete block design in three replications in the fields of the Islamic Azad University of Malkan branch. The treatments were applied as soil application every two years after planting.

Results and discution: This study examined the effects of humic acid, folic acid, and zinc sulfate on saffron plant growth over two years. The results showed that the highest plant height, 14.33 cm and 14.2 cm, was recorded in the second year with the

treatments of humic acid + folic acid + zinc sulfate at 6 kg/ha and humic acid enriched with amino acids + folic acid enriched with amino acids without zinc sulfate. Compared to untreated plants, these treatments increased height by 64% and 62%, respectively. Similar results were observed in other growth traits, with humic and folic acids enriched with amino acids, along with zinc sulfate, yielding the most positive effects, especially in the second year. The application of enriched humic acid increased leaf number by 28.3%, while regular humic acid resulted in a 12% increase. The dry weight of aerial parts showed no significant difference between the two treatments, but leaf number, surface area, and dry weight were all positively influenced by these treatments. Zinc sulfate also had a significant impact, increasing leaf surface area by 46% in the second year when combined with humic acid. The study highlighted that zinc sulfate at 6 kg/ha, enriched humic acid, and folic acid enriched with amino acids led to the highest chlorophyll content and improved nutrient uptake, especially nitrogen and phosphorus. Additionally, the treatments positively impacted the reproductive traits of saffron, such as flower number and stigma weight, with humic acid enriched with amino acids having the greatest effect. Folic acid, when enriched with amino acids, significantly increased crocin content, while both humic and folic acids improved picrocrocin levels. The study concludes that enriched humic and folic acids, combined with zinc sulfate, have the most substantial effects on saffron's vegetative and reproductive traits.

Conclusion: These results show that the combination of humic and folic acid treatments enriched with amino acids and zinc sulfate can effectively affect the growth and quality traits of saffron, especially the number of flowers and stigma weight.

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

Key words: Fertilizer, Saffron, Amino acid, Organic fertilizer.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۳
شماره صفحه:۱۵۷ - ۱۲۳
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2024.8196.1242

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد سولفات روی، اسید هیومیک و اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد کمی و کیفی زعفران

افسانه یوسف پور دخانیه [*۱]، الناز فرج زاده معماری تبریزی [۲]
استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
دانشیار، گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران.
نویسنده مسئول: *a.yousefpour@iaut.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷

چکیده

در این مطالعه اسیدهیومیک (عدم کاربرد اسید هیومیک، کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه)، اسید فولویک (عدم کاربرد اسید فولویک، کاربرد اسید فولویک و اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه) و سولفات روی (عدم کاربرد سولفات روی، کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ و ۶ کیلوگرم در هکتار) بر رشد، تولید گل و خصوصیات کیفی اسانس زعفران بررسی شد. این آزمایش در دو سال به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در مزارع دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان اجرا شد. بر اساس نتایج، تعداد گل‌ها با تیمار اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه ۱۶ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین وزن کلاله نیز با همین تیمار تا ۲۰/۲ درصد افزایش پیدا کرد. سطح برگ نیز در اثر کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه ۲۸/۸ درصد افزایش یافت. از لحاظ محتوای کلروفیل، تیمارهای غنی شده با اسیدهای آمینه محتوای کلروفیل را تا ۶۳ درصد افزایش دادند. درصد کروسین و سافرانال نیز به ترتیب تا ۱۵/۸ درصد و ۲۹/۹ درصد تحت تاثیر کاربرد اسید هیومیک و فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه در مقایسه با شاهد بهبود یافتند. این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب تیمارهای اسید هیومیک و فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه و سولفات روی می‌تواند به طور مؤثری بر صفات رشدی و کیفی زعفران، به ویژه تعداد گل و وزن کلاله، تأثیرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: کود، گیاه دارویی، محرک رشد، کود آلی.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. متعلق به خانواده Iridaceae است که کلاله‌های خشک آن گران قیمت‌ترین ادویه در جهان بوده و کاربرد فراوانی در صنایع غذایی و دارویی دارد (Aminfard et al, 2024). ظهور گل‌های زعفران در پاییز رخ می‌دهد و سپس تا اواخر اردیبهشت ماه رشد رویشی گیاه تکمیل می‌گردد. پس از این مرحله تا اواسط تیرماه دورهٔ خواب حقیقی بنه ادامه می‌یابد و در ادامه تکوین برگ های اولیه و تشکیل جام گل و دستگاه تولید مثلی رخ می‌دهد. دورهٔ خواب ظاهریِ بنه می تواند در خاک یا بیرون از خاک سپری شود و شرایط محیطی و اقلیمی به خصوص دما در طی این مرحله به شدت گلدهی زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Moradi-Moggaddam et al, 2024).

عناصر غذایی برای رشد و تولید مطلوب گیاهان ضروری هستند. با این وجود برای کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از آلودگی محیط زیست، استفاده از روش‌های جایگزین ضروری است (Haghighi et al, 2022). بررسی‌ها نشان داده که برای تولید مطلوب زعفران، کاربرد کودها و به ویژه کودهای آلی و زیستی ضروری است (Hourani, 2023). اسید هیومیک، منبعی طبیعی و زیستی است و در حال حاضر یکی از قوی‌ترین ترکیبات آلی به‌شمار می‌رود. اسید هیومیک دارای مقادیر چشمگیری از کربن و اکسیژن هستند. ساختار اسید هیومیک شامل مجموعه‌ای از ریزمولکول‌ها است که به شدت با هم ترکیب شده‌اند (Ampong et al, 2022). هیومیک اسید باعث بهبود تهویه، افزایش نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. هیومیک اسید باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، بهبود کیفیت و مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و آفات می‌شود (Xu et al, 2021). استفاده از کود هیومیک اسید منجر به کاهش نیاز به کودهای شیمیایی می‌شود و در نتیجه، به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی کمک می‌کند (Li et al, 2019). تأمین خاک با مقادیر کافی هیومیک اسید، به اتصال کاتیون‌ها (عناصر با بار مثبت) به یکدیگر کمک می‌کند. با کلات کردن یون‌ها، هیومیک اسید به جذب یون‌ها توسط گیاه کمک می‌کند و از ته‌نشینی (معکوس کردن حرکت مواد از مابین دانه‌های خاک) جلوگیری می‌کند (Guo et al, 2022). اسید فولویک در خاک، کمپوست، رسوب‌های دریا و زغال سنگ یافت می‌شود. اسید فولویک نقش مستقیمی در بیوسنتز برخی اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک دارد و بنابراین مشتقات این اسید در فرآیندهای متابولیسمی سلول‌های زنده نقش بسیار مهمی دارند (Alsamadany et al, 2022). اسید فولویک به هدایت مواد غذایی کمک می‌کند. این اسید باعث می‌شود تا همه مواد غذایی لازم گیاه به آسانی توسط ریشه‌ها جذب شوند. اسید فولویک تحریک متابولیسم گیاه، افزایش تقسیم سلولی و طولانی شدن سلول‌ها، و افزایش فعالیت آنزیم‌ها به عنوان کاتالیزور در فرآیند تنفس گیاه را تسهیل می‌کند (Gorelova et al, 2017). افزایش سنتز کلروفیل ناشی از اسید فولویک، باعث افزایش ظرفیت تولید در گیاه می‌شود (Al-Maliky et al, 2019). خاصیت تبادلی اسید فولویک بیشتر از دو برابر خاصیت تبادلی اسید هیومیک است که به وجود گروه‌های کربوکسیل در آن برمی‌گردد (Li et al, 2023). اسید فولویک به دلیل سازگاری با تمامی مواد اسیدی و قلیایی، از اسید هیومیک بسیار کاربردی‌تر است. اندازه ذرات کوچک‌تر آن امکان عبور آسان از روزنه‌های گیاه را فراهم می‌کند و این اسید قابلیت محلول‌پاشی را نیز دارد (Zayed, 2020). در زمان‌هایی از دوره رشد گیاه مانند فرآیند نمو دانه‌ها یا رسیدن میوه‌ها، نیاز فیزیولوژیکی گیاه به جذب عناصر غذایی به‌منظور انجام فعالیت‌های متابولیک بسیار زیاد است. اما معمولاً در این مواقع به‌دلیل محدودیت‌هایی در جذب مواد غذایی از خاک، گیاه نمی‌تواند به‌میزان کافی از این عناصر بهره‌مند شود (Haghighi et al, 2022). همچنین، به دلیل وجود فاصله زمانی نسبتاً طولانی بین جذب این عناصر توسط گیاه و تبدیل آن‌ها به عناصر مورد نیاز گیاه مانند اسیدهای آمینه و پروتئین، اقدامات مدیریتی همچون افزودن انواع کودهای شیمیایی مورد نیاز در زمان مناسب نمی‌تواند به‌طور کامل به نیاز گیاه پاسخ دهد و باعث نقصان در رشد و کاهش عملکرد گیاه می‌شود. به همین دلیل، محققان به تولید محصولاتی روی آورده‌اند که حاوی بسیاری از اسیدهای آمینه مورد نیاز گیاه مانند پرولین، سیستئین، تریپتوفان، هیومیک اسید، فولویک اسید و غیره هستند. این محصولات به گیاهان کمک می‌کنند

تا در زمان‌های حیاتی خود نیازهای غذایی خود را به‌خوبی برطرف کنند و در نتیجه، رشد و عملکرد بهتری داشته باشند (Baqer et al, 2019). در شرایط عادی، سنتز پروتئین‌ها برای گیاهان امری طبیعی است و به‌طور طبیعی انجام می‌شود. اما در شرایطی که منابع نیتروژن و مواد آلی کم باشند یا تنش‌های محیطی وجود داشته باشد، ممکن است سنتز پروتئین‌ها محدود شود (Wang et al, 2022). در شرایطی که منابع غذایی محدود باشند، استفاده از اسیدهای آمینه می‌تواند مشکل را برطرف کند. همچنین، در شرایط تنش‌های محیطی مانند گرما، سرما، خشکی، یا استفاده از سموم، استفاده از اسیدهای آمینه می‌تواند به گیاه کمک کند تا انرژی خود را برای مقابله با این تنش‌ها ذخیره کند، زیرا تولید اسیدهای آمینه نیاز به انرژی زیادی دارد که در شرایط تنش، گیاهان قادر به تأمین آن نیستند. به همین دلیل، استفاده از اسیدهای آمینه می‌تواند در این شرایط بهبودی موثر برای گیاهان باشد (Shahrajabian et al, 2022). روی به عنوان یکی از ریزمغذی‌های حیاتی برای رشد و توسعه گیاهان شناخته می‌شود، زیرا فقدان این عنصر می‌تواند به مکانیسم‌های زیستی، فیزیولوژیک، و متابولیک آسیب بزند. عدم تأمین روی می‌تواند منجر به مشکلاتی در تشکیل مولکول‌های قند و پروتئین شود که در نتیجه، رشد و توسعه گیاه متوقف می‌شود و عملکرد آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Umair et al, 2023). روی نقش کاتالیزور در سیستم‌های آنزیمی را بازی می‌کند و بر فعالیت آنزیم‌هایی مانند هیدروژناز، کربونیک آنهیدراز و غیره تأثیر می‌گذارد (Rossi et al, 2019). روی در یکپارچگی غشاء، سنتز هورمون اکسین و تشکیل دانه گرده نیز نقش دارد. روی در مقابله با تنش‌های شوری و گرما نیز تأثیر دارد و در سنتز اسید آمینه تریپتوفان نقش کلیدی دارد که این اسید آمینه پیش‌ساز سنتز هورمون اکسین، یکی از مهم‌ترین هورمون‌های گیاهی است (Alam et al, 2020). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است. در یک بررسی کاربرد اسید هیومیک افزایش تولید گل را باعث شد (Armak et al, 2018). در بررسی دیگری کاربرد اسید آمینه تریپتوفان بر عملکرد زعفران افزود (Abdul Majid et al, 2023).

بنابراین هدف از این بررسی مطالعه تاثیر کاربرد سولفات روی، اسید هیومیک و اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد کمی و کیفی زعفران بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزارع دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان استان آذربایجان شرقی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و در شرایط مزرعه ای انجام شد. بنه‌های زعفران از مرکز تحقیقات کشاورزی آذرشهر تهیه شد. بنه‌های خریداری شده فاقد دوره خواب بودند و یک سال پس از برداشت مورد کشت قرار گرفتند. از آنجایی که انتخاب کورم مرغوب جهت کاشت در ایجاد عملکرد بالا حائز اهمیت است، کورم مناسب و یکنواخت (با وزن متوسط ۶ گرم برای هر کورم، سالم و بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری) برای کاشت تهیه شد. کاشت در سال ۱۴۰۰ در اواسط اردیبهشت ماه انجام شد. در سال ۱۴۰۱ بوته‌های حاصل از کورم‌های کاشته شده در سال اول به عنوان منبع گیاهی در نظر گرفته شد. به منظور انجام آزمایش، پس از پخش ۱۰ تن کود گوسفندی پوسیده، شخم زده شد و پس از زدن دیسک و مسطح کردن خاک در اواخر اسفند ماه، اقدام به کرت‌بندی زمین شد. اندازه هر کرت آزمایشی ۶ متر مربع و شامل ۱۵ خط کاشت بود. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و فاصله بوته‌ها روی ردیف از یکدیگر ۱۰ سانتی‌متر بود. پس از کاشت بلافاصله آبیاری انجام شد. لازم به ذکر است که در این تحقیق از مواد شیمیایی جهت کنترل علف‌های هرز و آفات استفاده نشد. هر سال در شروع فصل رشد جدید برای سله شکنی از کج بیل و چهار شاخ فلزی با عمق کم استفاده شد تا جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون آمده و رشد مطلوبی داشته باشند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت در اواسط اردیبهشت ماه انجام شد. اولین وجین مزرعه زعفران بعد از برداشت گل‌ها در آبان ماه (پس از آبیاری دوم) و دومین وجین در موارد لزوم به فاصله حدود یک ماه قبل از آبیاری سوم انجام شد. برداشت گل در ساعات اول روز انجام شد در سال

اول بررسی کوددهی انجام نشد، ولی پس از برداشت گل‌ها در سال اول در آبان ماه برای با دوم ۱۰ تن کود گوسفندی پوسیده در هکتار به کار برده شد. در این بررسی تیمارهای مورد مطالعه به قرار زیر بود.

تیمار اسید هیومیک (کود هیومیک اسید اسپارتان کیمیتک) غنی شده (عدم کاربرد اسید هیومیک، کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه) به میزان ۱۵ لیتر در هکتار به صورت خاک مصرف که با استفاده از سرنگ به خاک تزریق شد. برای این منظور شیاری در کنار بوته ها ایجاد گردید و پس از تزریق اسید هیومیک به خاک، محل تزریق با خاک پوشانده شد. جهت غنی سازی تیمار اسید هیومیک با اسیدهای آمینه مقدار ۳۰ میلی لیتر در لیتر کود مایع آمینوگروس هم استفاده شد. کود مایع آمینوگروس محصول اسید آمینه مایع مجموعه تولیدی ZAEEM ایران بوده و حاوی ۱۶ نوع اسید آمینه ضروری از نوع آزاد می باشد. این محصول در کنار دیگر محصولات ZAEEM به عنوان یک مکمل کامل غذایی برای گیاهان محسوب می‌شود و استفاده از آن بطور قابل ملاحظه‌ای مصرف کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی را کاهش می‌دهد. تیمار اسید فولویک (کود فولویک اسید شوک ساخت کشور آمریکا) غنی شده (عدم کاربرد اسید فولویک، کاربرد اسید فولویک و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه) به میزان ۱۵ لیتر در هکتار به صورت خاک مصرف.

تیمار سولفات روی جنوبگان ساخت ایران (عدم کاربرد سولفات روی، کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ و ۶ کیلوگرم در هکتار). سولفات روی به صورت خاک مصرف، با حفر شیار در کنار بوته‌ها به کار برده شد.

تیمار اسید هیومیک (پودر تجاری هیومکس حاوی ۱۸ درصد اسید هیومیک ساخت شرکت Assist آمریکا) و اسید فولویک پس از کاشت اعمال شد. جهت اعمال تیمار اسید هیومیک و اسید فولویک بصورت خاک مصرف مقادیر مورد نیاز براساس تیمارهای آزمایش برای هر کرت براساس نقشه طرح محاسبه و پس از کاشت در اواسط اردیبهشت ماه با ایجاد شیاری در محل کاشت بنه اعمال شده و با خاک پوشانده شدند و پس از آن آبیاری اول اعمال شد. در پایان فصل زراعی نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری ریزوسفر گیاه که ریشه های زعفران قادر به نفوذ هستند، یعنی در اوایل خردادماه ۱۴۰۰، در مزارع زعفران که سالها به کشت زعفران اختصاص داشتند و سابقه هیچگونه مصرف کود را نداشتند برداشت شد. بر اساس تجزیه خاک محل مورد مطالعه قلیایی بوده و فاقد هر گونه شوری قابل ملاحظه است بافت خاک محل مورد بررسی شنی رسی با ماده آلی کم می‌باشد.

نمونه‌های برگی در اوایل مهر ماه که برگ سبز بودند، انجام شد. جهت اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل کل از روش آرنون استفاده شد (Umair et al, 2023). برای تعیین عملکرد گل و کلاله در سال ۱۴۰۱ آزمایش، نمونه برداری از زمان شروع گلدهی در اوایل آبان ماه آغاز و تا پایان دوره گلدهی ادامه یافت. در هر نوبت گلها به صورت روزانه جمع‌آوری، شمارش و جهت تعیین شاخص های گل شامل عملکرد کل گل و عملکرد خشک کلاله به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه برداری برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در برگ در پایان فصل زراعی در آذرماه در هر سال و قبل از زرد شدن کامل برگ ها انجام شد. درصد نیتروژن بافت گیاهی به روش دوماس با استفاده از دستگاه آنالیزکننده نیتروژن دوماس (مدل NDA-702 ایتالیا) انجام شد (Jung et al, 2003).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک

Table 1- Physico-chemical charactristics of soil

مشخصه Charactristic	آهک Lime	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	کربن آلی C	نیتروژن N	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	pH
	درصد (٪)						(ds/m)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
میزان Level	5	39	31	31	0.858	0.08	1.54	12.2	495	5.1	7.76

فسفر به روش رنگ سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل آلفا ۱۱۰۵) (Westerman, 1990) و غلظت پتاسیم در عصاره گیاهی به وسیله دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7 انگلستان) اندازه گیری شد. متابولیت‌های ثانویه اصلی کروسین(عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال(عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری طبق استاندارد شماره ۲-۲۵۹ از نمونه های برداشت شده در آبان ماه اندازه گیری شدند (INS, 2006). میزان مواد موثره زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) بر مبنای ثبت تغییرات حاصل از چگالی نوری به ترتیب در طول موج‌های۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر در دمای متوسط تعیین می گردد 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 ۲۰ دقیقه در تاریکی به کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد و سپس میزان جذب در طیف های ۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شدند. عدد به دست آمده در رابطه یک قرار داده شد و به ترتیب مقدار پیکروکروسین، سافرانال و کروسین اندازه گیری شد. لازم به ذکر است در این روش نیازی به استفاده از استاندارد نمی‌باشد.

$$X = A/M \times 100$$

X= مقدار ترکیب کیفی مشخص بر حسب درصد

A= میزان جذب خوانده شده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج مربوطه

M= وزن خشک کلاله بر حسب میلی‌گرم

جهت تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی کل گلبرگ زعفران از روش اندازه گیری کاهش ظرفیت رادیکالی و با کمک ۲،۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید (Turkmen et al, 2005).

نمونه برداری از چهار خط میانی انجام شد اندازه گیری شاخص ها و صفات در مرحله گلدهی کامل انجام شد. تجزیه واریانس مرکب صفات با استفاده از نرم افزار SPSS به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی انجام شد. از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات

در این مطالعه بر هم کنش سه جانبه کود روی، اسیدهیومیک و فولویک تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل کل و درصد روی داشت. وزن خشک اندام هوایی نیز به طور معنی داری تحت تاثیر سال× اسیدفولویک و روی قرار گرفت. درصد سافرانال تحت تاثیر برهم کنش سه جانبه هیومیک، فولویک و ُروی قرار گرفت. برهم کنش سال× هیومیک× روی اثر معنی داری بر سطح برگ و درصد آهن داشت اثرهای ساده اسیدهیومیک، اسیدفولویک و سولفات روی در اغلب صفات مانند وزن خشک گل، وزن کلاله، درصد کروسین، پیکوکروسین و خاصیت آنتی اکسیدانی و همچنین محتوای عناصر غذایی معنی‌دار بود (جدول ۲).

صفات رویشی

مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته زعفران تحت تاثیر برهم کنش اسیدهیومیک× اسیدفولویک و سولفات روی در دو سال بررسی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته زعفران با ۱۴/۳۳ و ۱۴/۲ سانتی متر در سال دوم و دو تیمار کاربرد اسید هیومیک+ کاربرد اسید فولویک+ کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه+ کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه+ عدم کاربرد سولفات روی به دست آمد.

در این دو تیمار ارتفاع بوته زعفران در مقایسه با عدم اعمال تیمار به میزان ۶۴ و ۶۲ درصد بیشتر بود این نتایج نشان می دهد که تلفیقی از تیمارهای اسیدهیومیک، اسیدفولویک و سولفات روی بیشترین تاثیر را بر ارتفاع بوته به ویژه در سال دوم بررسی داشت در سال اول نیز بیشترین ارتفاع بوته با ۱۱/۵۳ سانتی متر در تیمار کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه+ عدم کاربرد اسید فولویک+ کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (جدول ۳). نتایج مشابهی در خصوص سایر خصوصیات رشدی به دست آمد و اسیدهیومیک و فولویک غنی شده و کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار بهترین تاثیر را در بهبود ارتفاع بوته

داشت. تیمار کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه میزان تعداد برگ را به میزان۲۸/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد در حالی که کاربرد اسید هیومیک تنها افزایش ۱۲ درصدی را در تعداد برگ باعث شد با این وجود هر دو تیمار کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایش مشابهی را در وزن خشک اندام هوایی باعث شد و این مسئله علی رغم گفته های فوق تفاوت صفات در پاسخ به تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه را نشان می‌دهد (جدول ۴).

اسیدفولویک به طور متفاوتی بر صفات رویشی اثر گذاشت. در تعداد برگ کاربرد اسید فولویک تاثیر معنی داری نداشت، با این وجود کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه اثر افزایش ۲۸/۸ درصدی را در تعداد برگ های زعفران باعث گردید. نتایج مشابهی در سطح برگ مشاهده شده و تنها تیمار کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه اثر افزایشی ۱۶/۸ درصدی بر سطح برگ های زعفران داشت (جدول ۴). با این وجود تاثیر اسیدفولویک بر وزن خشک اندام هوایی وابسته به مقدار کاربرد روی در دو سال بود. بر اساس مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر کاربرد اسیدفولویک و روی در دو سال بررسی، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در سال دوم و تیمار کاربرد اسید فولویک + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که از این نظر با تیمارهای عدم کاربرد اسید هیومیک + کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + عدم کاربرد سولفات روی، کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار، کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار، کاربرد اسید فولویک + کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد اسید فولویک + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری نداشت. در سال اول بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. به نظر می‌رسد سطوح بالای کود روی به همراه تیمار فولویک غنی از اسیدهای آمینه بهترین تاثیر را به ویژه در سال اول بررسی دارد (جدول ۶). بررسی ها نشان داده است که اسید هیومیک و اسید فولویک با تحریک فعالیت هورمون‌ها و سست‌تر نمودن دیواره سلولی جهت رشد، باعث تحریک رشد ریشه و اندام هوایی در گیاهان می‌شود (Alsamadany et al, 2022). در این خصوص مطالعات نشان داده است که عنصر روی نقش مهمی را در افزایش فعالیت آنزیم های درگیر در فرآیند ساخت بر عهده دارد (Alam et al, 2020). لذا توام بودن کاربرد این دو ترکیب غذایی، می تواند نقش موثری را در افزایش رشد در گیاهان برعهده داشته باشد.

در این مطالعه تیمار روی تعداد برگ داشت. بیشترین تعداد برگ با ۲۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد مربوط به کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار بود. تاثیر کود روی بر سطح برگ‌ها وابسته به تاثیر تیمار اسیدهیومیک در دو سال بررسی بود. در کل بیشترین سطح برگ‌های زعفران در سال دوم به دست آمد که مربوط به تیمارهای عدم کاربرد اسید هیومیک + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار، کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + عدم کاربرد سولفات روی، کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار بود. این چهار تیمار اختلافی با یکدیگر نداشتند، ولی در هر دو سال افزایش تا ۴۶ درصد را در سطح برگ در مقایسه با شاهد باعث شدند (جدول ۸).

این نتایج نشان می‌دهد که سطح بالای روی و هیومیک غنی شده موثرترین تیمارها در افزایش سطح برگ‌های زعفران هستند.

جدول۲: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در زعفران

Table 2: Analysis of variance of traits in saffron

S.O.V منابع تغییر		درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	تعداد گل Flower number	وزن خشگ گل Flower dry weight	وزن کلاله Stigma dry weight	محتوای کلروفیل کل Total chlorophyll content	درصد سافرانال Safrano l %	درصد کروسین Krosin ٪	پیکروکروسین Picrokrosin ٪	درصد نیتروژن Nitrogen %	فسفر Phosphorous %	درصد آهن Iron ٪	درصد روی Zinc %	خاصیت آنتی اکسیدانتی اسانس Antioxidant properties
(A) year	سال (A)	1	201.7**	598.5**	878.2**	39680.5**	16891.2**	13787.2**	18.8**	0.01**	654.4**	4534.6**	2356.0**	8.7**	17967.7**	12764.4**	5884.9**	7654.9**
B(A)	تکرار در سال	4	5.48 ns	1.703 ns	12.8 ns	625.1 ns	711.906*	378.09 ns	0.07 ns	0 ns	4.984	81.5 ns	47.3 ns	0.074 ns	353.3 ns	74.5 ns	3.06 ns	8.94 ns
(C) Humic	هیومیک (C)	2	61.0**	220.0**	133.4**	7166.5**	1281.1*	1321.1**	1.14**	0.002**	96.19**	643.09**	364.5**	1.3**	2108.8**	2481.64**	261.39**	2608.4**
A*C	A* C	2	14.560*	6.29 ns	37.668*	580.6 ns	339.09 ns	59.01 ns	0.22 ns	0 ns	22.7 ns	4.8 ns	43.46 ns	0.34 ns	105.76 ns	47.54 ns	20.62 ns	39.1 ns
(D) Folic	فولیک (D)	2	19.2**	262.4**	101.2**	4575.7*	3080.6**	1723.8**	2.13**	0.001**	169.7 ns **	222.7*	255.4**	1.14**	444.9**	1937.3**	615.1**	1667.4**
A*D	A*D	2	6.11 ns	10.17 ns	9.2 ns	61.87 ns	173.63 ns	4.68 ns	0.2 ns	0 ns	26.2 ns	47.43 ns	3.16 ns	0.704*	177.36 ns	24.73 ns	84.07 ns	246.9 ns
C*D	C*D	4	3.01 ns	6.01 ns	9.72 ns	356.56 ns	499.06 ns	106.44 ns	0.02 ns	0 ns	15.6 ns	61.37 ns	41.6 ns	0.19 ns	197.7 ns	170.12 ns	89.4 ns	160.8 ns
A*C*D	A*C*D	4	3.87 ns	9.46 ns	7.96 ns	274.36 ns	545.11 ns	98.58 ns	0.2 ns	0.000*	15.7 ns	70.794 ns	42.34 ns	0.11 ns	200.8 ns	184.01 ns	184.9**	442.1 ns
(E)Zinc	سولفات روی (E)	2	24.99**	139.8**	84.73**	5256.1**	1568.2**	1492.5**	0.81*	0.002**	90.0**	130 ns	360.6**	2.03**	3153.5**	3121.6**	518.0**	2275.2**
A*E	A*E	2	11.902*	8.49 ns	4.67 ns	643.89 ns	125.88 ns	91.07 ns	0.03 ns	0 ns	0.45 ns	33.27 ns	12.5 ns	0.008 ns	53.07 ns	554.08 ns	38.54 ns	199.9 ns
C*E	C*E	4	2.9 ns	26.8 ns	25.2 ns	177.4 ns	116.48 ns	200.5 ns	0.177 ns	0 ns	6.2 ns	28 ns	9.7 ns	0.2 ns	168.13 ns	119.5 ns	86.9 ns	128.8 ns
A*C*E	A*C*E	4	8.589*	9.8 ns	31.399*	1887.4 ns	151.8 ns	135.1 ns	0.21 ns	0 ns	13.1 ns	17.5 ns	9.4 ns	0.2 ns	228.7 ns	527.79*	72.78 ns	266.54 ns
D*E	D*E	4	0.991	16.337	7.142	272.703	290.97 ns	428.096 ns	0.125 ns	0.001**	5.3 ns	8.4 ns	41.6 ns	0.04 ns	146.7 ns	72.79 ns	61.1 ns	250.9 ns
A*D*E	A*D*E	4	1.6 ns	18.8 ns	6.4 ns	2462.029*	54.8 ns	100.9 ns	0.334 ns	0 ns	11.4 ns	50.4 ns	33.61 ns	0.1 ns	194.21 ns	203.57 ns	57.15 ns	404.04 ns
C*D*E	C*D*E	8	3.9 ns	7.3 ns	2.9 ns	434.5 ns	202.5 ns	260.1 ns	0.11 ns	0.000*	23.6*	51.1 ns	16.5 ns	0.1 ns	239.26 ns	230.34 ns	31.8 ns	147 ns
A*C*D*E	A*C*D*E	8	8.788**	10.9 ns	3.6 ns	1057.5 ns	138.2 ns	211.09 ns	0.106 ns	0.000*	15 ns	42.7 ns	15.6 ns	0.1 ns	98.55 ns	200.2 ns	87.631*	232.6 ns
Error	خطا	104	3.23	12.843	11.485	1010.561	230.33	214.314	0.17	0	11.853	49.319	39.454	0.186	209.454	194.813	42.089	204.799
ضریب تغییرات (٪)	ضریب تغییرات (٪)		18.03	22.22	19.28	14.86	24.25	21.51	25.94	21.3	14.92	15.27	18.89	30.34	19.73	16.84	24.39	17.05

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns نشان دهنده غیر معنی دار

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در زعفران تحت تاثیر اسید هیومیک، اسید فولویک و سولفات روی در دو سال

Table 3: Mean comparisions of traits in saffron under humic acid, Folvic acid and Zinc solphate traits

سال year	اسید هیومیک Humic acid	اسید فولویک Folic acid	سولفات روی zinc solphate (kg/ha)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	محتوای کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Leaf chlorophyll content (mg/gwet weight)	درصد روی (٪) Zinc percent
1			0	6.133 n	0.03500 p	11.93 r
1		عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	3	7.233 lmn	0.03900 nop	16.67 n-r
1			6	7.933 ı-n	0.04633 k-p	18.80 l-r
1	عدم کاربرد اسید هیومیک No. Humic acid	کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	0	6.767 mn	0.03933 m-p	14.83 pp-r
1			3	7.600 k-n	0.04767 k-p	20.43 j-r
1			6	8.300 h-n	0.05267 j-p	19.77 k-r
1		کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	7.600 k-n	0.05500 h-p	16.50 o-r
1			3	9.133 d-n	0.05133 j-p	24.97 f-r
1			6	9.333 d-n	0.05733 h-n	27.70 e-p
1	کاربرد اسید هیومیک Humic acid Application	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	0	7.967 ı-n	0.04100 m-p	14.33 qr
1			3	8.367 g-n	0.05100 j-p	18.90 l-r
1			6	10.23 b-m	0.04633 k-p	21.80 ı-r
1		کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	0	6.767 mn	0.03667 op	15.00 pqr
1			3	9.367 d-n	0.05533 h-o	17.50 m-r
1			6	7.900 ı-n	0.07500 c-h	27.53 e-q
1		کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	7.900 ı-n	0.05800 g-n	22.27 ı-r
1			3	10.03 c-m	0.05833 g-n	25.10 f-r
1			6	10.27 b-m	0.04567 l-p	21.00 j-r
1	کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه Amino acid	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	0	8.467 g-n	0.04900 j-p	19.30 k-r
1			3	9.900 c-m	0.05967 g-m	24.43 g-r
1			6	11.53 a-ı	0.0333 j-p	24.53 f-r
1		کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	0	7.800 j-n	0.05100 j-p	18.37 m-r
1			3	10.17 b-m	0.05967 g-m	21.13 j-r
1			6	11.77 a-h	0.05733 h-n	22.80 h-r
1		کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	8.867 f-n	0.04633 k-p	27.10 e-q
1			3	11.27 a-j	0.05700 h-n	20.53 j-r
1			6	10.47 b-l	0.06900 d-j	22.17 ı-r
2		عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	0	8.767 f-n	0.0333 j-p	21.23 j-r
2			3	9.200 d-n	0.06367 e-l	27.73 e-p
2			6	8.367 g-n	0.05467 ı-p	36.33 b-g
2	عدم کاربرد اسید هیومیک No. Humic acid	کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	0	9.167 d-n	0.05800 g-n	31.90 d-l
2			3	10.87 a-l	0.05700 h-n	29.83 d-n
2			6	9.267 d-n	0.06567 e-l	35.80 b-h
2		کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	8.100 ı-n	0.06267 f-l	28.70 e-o
2			3	11.07 a-k	0.05400 j-p	34.70 b-ı
2			6	12.70 a-d	0.08267 b-e	21.57 j-r
2	کاربرد اسید	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	0	9.967 c-m	0.05933 g-n	27.10 e-q
2			3	13.13 abc	0.08067 b-f	25.00 f-r

2	هیومیک Humic Acid Application		6	12.63 a-e	0.07467 c-ı	30.73 d-m
2		کاربرد اسید فولویک Folvic acid Application	0	11.97 a-g	0.05700 h-n	20.93 j-r
2			3	11.40 a-j	0.05833 g-n	32.20 d-k
2			6	14.33 a	0.08567 bcd	30.47 d-m
2		کاربرد اسید فولویک غنی	0	11.53 a-ı	0.05667 h-o	33.33 c-j
2		شده با اسیدهای آمینه	3	13.73 ab	0.08000 b-f	45.73 abc
2		Folvic Acid enriched with Amino acids	6	10.57 b-l	0.06600 e-l	49.33 a
2			0	11.00 a-k	0.08233 b-e	27.13 e-q
2		عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	3	9.033 e-n	0.04967 j-p	19.90 k-r
2	کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه Humic Acid enriched with Amino acids		6	9.0333 d-n	0.05133 j-p	41.97 a-d
2		کاربرد اسید فولویک Folvic acid Application	0	12.40 a-f	0.06633 e-k	35.80 b-h
2			3	13.47 abc	0.07733 c-g	30.57 d-m
2			6	9.267 d-n	0.1127 a	37.57 a-f
2		کاربرد اسید فولویک غنی	0	14.20 a	0.09200 bc	39.90 a-e
2		شده با اسیدهای آمینه	3	10.63 b-l	0.06400 e-l	38.43 a-e
2		Folic Acid enriched with Amino acids	6	13.23 abc	0.09633 b	46.97 ab

H.A نشان دهنده هیومیک اسید، F.A نشان دهنده فولویک اسید و A.A نشان دهنده اسیدهای آمینه است

H.A represets Humic acids, F.A represents Folic acid, A.A represents Amino acids

جدول ۴: مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در زعفران تحت تاثیر اسید هیومیک

Table 4: Mean comparisions of traits in saffron under Humic acid Effect

اسید هیومیک Humic Acid	تعداد برگ Leaf number	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight	تعداد گل Flower number	وزن خشگ گل (گرم) Flower dry weight (gr)	وزن کلاله (گرم) Stigma dry weight (gr)	درصد کروسین (درصد) Krosin %	پیکروکروسین (درصد) Picrokrosin %	درصد نیتروژن (درصد) Nitrogen %	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorus content (mg/kg)	خاصیت آنتی اکسیداتی اسانس Anti oxidant properties
عدم کاربرد اسید هیومیک No. Humic acid	14.22 c	200.6 b	57.02 b	63.16 b	1.433 b	42.96 b	30.57 b	1.251 b	66.84 b	75.99 b
کاربرد اسید هیومیک Humic acid	15.93 b	219.6 a	64.57 a	67.9 ab	1.610 a	45.26 b	33.43 a	1.448 a	73.95 a	86.98 a
کاربرد اسید هیومیک Humic Acid enriched with Amino acids	18.24 a	221.4 a	66.13 a	73.05 a	1.722 a	49.74 a	35.75 a	1.561 a	79.30 a	88.85 a

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در زعفران تحت تاثیر اسید فولویک

Table 5: Mean comparisions of traits in saffron under Folic Acid Effect

اسید فولویک Folvic Acid	تعداد برگ Leaf number	تعداد گل Flower number	وزن خشک گل (گرم) Flower dry weight (gr)	وزن کلاله (گرم) Stigma dry weight (gr)	کروسین(درصد) Krosin %	پیکروکروسین (درصد) Picrokrosin %	درصد نیتروژن (درصد) Nitrogen %	محتوای آهن (پی پی ام) Iron content (ppm)	خاصیت آنتی اکسیداتی اسانس Antioxidant properties
عدم کاربرد اسید فولویک No.Folic acid	14.46 b	57.12 b	61.66 b	1.430 b	44.27 b	30.78 b	68.15 b	77.98 b	77.84 b
کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	15.30 b	59.41 b	70.14 a	1.524 b	45.47 b	34.07 a	70.99 b	81.15 b	85.28 a
کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	18.63 a	71.19 a	72.37 a	1.812 a	48.23 a	34.89 a	80.96 a	89.57 a	88.70 a

جدول ۶: مقایسه میانگین های وزن خشک اندام هوایی در زعفران تحت تاثیر اسید فولویک و سولفات روی در دو سال

Table 6: Mean comparisions of traits in saffron under Folvic acid and Zinc solphate treatment in 2 years

سال year	اسید فولویک acid Folic	سولفات روی Zinc Solphate (kg/ha)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (gr)
1	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folvic acid	0	172.4 g
1		3	193.1 e-g
1		6	195.4 d-g
1	کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	0	195.3 d-g
1		3	207.0 c-f
1		6	202.9 c-g
1	کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	183.7 fg
1		3	210.6 c-f
1		6	223.8 a-e
2	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folvic acid	0	213.7 b-f
2		3	215.2 b-f
2		6	232.5 a-c
2	کاربرد اسید فولویک Folic acid Application	0	207.6 c-f
2		3	235.0 a-c
2		6	250.4 a
2	کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	246.2 ab
2		3	235.5 a-c
2		6	229.9 a-d

جدول ۷: مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه در زعفران تحت تاثیر سولفات روی

Table 7: Mean comparisions of traits in saffron under Zinc treatment

سولفات روی (کیلوگرم در هکتار) Zinc solphate (kg/ha)	تعداد برگ Leaf Number	تعداد گل Flower Number	وزن خشک کل (گرم) Flower dry weight (gr)	وزن کلاله (گرم) Stigma dry weight (gr)	پیکروکروسین (درصد) picokrosin (%)	درصد نیتروژن (درصد) Nitrogen %	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorus content (mg/Kg)	خاصیت آنتی اکسیداتی اسانس Antioxidant properties
0	14.48 c	56.85 b	62.74 b	1.454 b	30.63 c	1.221 c	66.25 c	77.61 c
3	16.21 b	63.32 a	68.17 ab	1.616 a	33.33 b	1.431 b	72.40 b	83.62 b
6	17.70 a	67.55 a	73.26 a	1.696 a	35.79 a	1.608 a	81.44 a	90.59 a

در مطالعه حاضر در سال اول تیمارهای مورد بررسی تاثیر کمی بر سطح برگ داشتند و تنها تیمار کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار افزایشی ۲۸ درصدی را در سطح برگ باعث گردید. این نتایج نشان می‌دهد که در تعدادی از صفات، در سال دوم تاثیر بیشتری از تیمارهای مورد مطالعه مشاهده شد که این نتایج در توافق با نتایج حاصل از محتوای کلروفیل کل است که این تشابه می‌تواند نشان دهنده یکی از مکانیسم‌های مهم تیمارهای مورد بررسی در بهبود رشد زعفران باشد. مقایسه میانگین‌های محتوای کلروفیل تحت تاثیر تیمارهای اسیدفولویک، اسیدهیومیک و سولفات روی نشان داد که در سال اول در شرایط عدم کاربرد اسیدهیومیک تنها کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار بر محتوای کلروفیل کل اثر داشت و افزایش ۶۳ درصدی را در این صفت در مقایسه با شاهد باعث گردید. در شرایط عدم کاربرد اسیدفولویک نیز تنها کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار اثر افزایش معنی‌داری داشت. با وجود این کاربرد توام تیمارها موثرترین تیمارها در بهبود شاخص محتوای کلروفیل بود. اما در سال دوم تیمارهای بیشتری با درصد بیشتری شاخص محتوای کلروفیل را افزایش دادند (جدول ۳). بر اساس نتایج، اسیدهیومیک و اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه در صفات رویشی مانند تعداد برگ، وزن خشک گل، سطح برگ، ارتفاع بوته و محتوای کلروفیل نتیجه بهتری را در مقایسه با کاربرد اسید هیومیک و فولویک به تنهایی داشت و صفات را تا ۲۹ درصد افزایش داد. این نتایج نشان می‌دهد که غنی سازی اسیدفولویک با اسیدهای آمینه کارایی اسیدهای آلی را به مراتب افزایش می‌دهد که این مطلب در خصوص اسیدهیومیک از شدت کمتری برخوردار بود. بررسی‌ها نشان داده که اسیدهای آلی و به ویژه اسید فولویک نقش مهمی را در متابولیسم اسیدهای آمینه دارد (Alsamadany et al, 2022). از این رو با فراهم بودن اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی می توانند نقش مهمی را در متابولیسم اسیدهای آمینه داشته باشند. تعدادی از تحقیقات نشان داده است که برهم کنش اسیدهای آمینه با اسید فولویک و اسید هیومیک می تواند افزایش بیشتری را در رشد و عملکرد گیاهان به همراه داشته باشد (Shaheen et al, 2015; Nargesi et al, 2022). نارگسی و همکاران (Nargesi et al., 2022) بعد از تحقیقی که بر روی زیتون انجام دادند، گزارش نمودند که ترکیبی از اسید هیومیک و اسیدهای آمینه بیشترین افزایش را در میزان پروتئین و محتوای کلروفیل کل در برگ های زیتون باعث می‌شود. افزایش محتوای پروتئین و کلروفیل بی شک می‌تواند نقش بسیار مهمی را در بهبود رشد و عملکرد گیاهان در پی داشته باشد. در بررسی دیگری در گوجه فرنگی مشاهده شد که ترکیبی از اسیدهای آمینه با اسید هیومیک بیشترین افزایش را در بهبود کمیت و کیفیت گوجه فرنگی باعث می‌شود (Sadeghi et al, 2022 Chah-Nasir). این یافته‌ها در کل نشان می‌دهد که خاصیت سینرژیسمی بین دو ترکیب اسیدهای آلی و آمینو اسیدها در سطح گیاهان وجود دارد. یکی از

مهمترین دلایل این خاصیت، می‌تواند مربوط به ترکیبات موجود در اسیدهای آلی مانند ترکیبات ثانوی، هورمون‌ها و مواد غذایی باشد که برای بیوسنتز پروتئین ها از اسیدهای آمینه ضروری است (Zayed, 2020).

از سوی دیگر کاربرد سولفات روی اغلب خصوصیات رشد و تولید گل را در زعفران بهبود بخشید که افزایش مقدار کاربرد سولفات روی، افزایش بیشتری را در صفات و به ویژه در سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و درصد نیتروژن باعث گردید (جدول ۷). نقش مهم روی بر رشد و تولید عملکرد در بسیاری از گیاهان به اثبات رسیده است (Rossi et al, 2019; Alam et al, 2020; Umair et al, 2023). بررسی‌ها نشان داده است که روی در فتوسنتز، تولید پروتئین، فعالین هورمون‌های گیاهی، جذب مواد غذایی و رشد سلول‌ها نقش مهمی دارد و از این طریق تحریک رشد رویشی و زایشی گیاهان را باعث می‌شود (Alam et al, 2020). علی رغم نتایج مثبت برهم کنش اسیدهای آلی و اسیدهای آمینه بر رشد، تولید و خصوصیات کیفی زعفران، هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز تاثیر مثبتی را بر صفات مورد مطالعه داشت. کاربرد اسید فولویک با افزایش تعداد گل تولیدی بر وزن خشک گل های تولیدی افزود. بر اساس نتایج این بررسی اسید هیومیک بیشتر با تحریک رشد رویشی و اسید فولویک با تحریک گل انگیزی، تاثیر خود را بر رشد و نمو گیاهان بر عهده دارند. دلیل این اختلاف را می‌توان در عمده مکانیسم عمل هر یک از این ترکیب‌ها جستجو کرد. کود هیومیک اسید ظرفیت نگهداری آب در خاک و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را افزایش می دهد (Xu et al, 2021). عمده مکانیسم اسید هیومیک را لذا می‌توان به طور غیر مستقیم و با بهبود شرایط محیطی بیان داشت. این در حالی است که بر اساس منابع، در خصوص اسید فولویک، مکانیسم عمل عمدتاً با آزاد سازی ترکیبات شیمیایی و عمل در سطح گیاه است. اسید فولویک نقش مستقیمی در بیوسنتز برخی اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک دارد و مشتقات این اسید در فرآیندهای متابولیسمی سلول‌های زنده نقش بسیار مهمی دارند (Alsamadany et al, 2022). اسید فولویک تحریک متابولیسم گیاه، افزایش تقسیم سلولی و طولانی شدن سلول‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌ها به عنوان کاتالیزور در فرآیند تنفس گیاه را تسهیل می‌کند (Gorelova et al, 2017).

صفات زایشی

در این بررسی اسید هیومیک اثر افزایشی معنی‌داری را در تعداد گل باعث شد. تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایشی به ترتیب ۱۳/۲ و ۱۶ درصدی را در تعداد گل باعث شد. هر دو تیمار کاربرد اسید فولویک و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایش مشابهی را از نظر تعداد گل باعث شد. وزن کلاله نیز به طور مشابهی تحت تاثیر اسید هیومیک قرار گرفت. تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایش ۱۲/۴ و ۲۰/۲ درصدی را در وزن کلاله باعث شد. این در حالی است که وزن خشک گل تحت تاثیر کاربرد اسید هیومیک قرار نگرفت و تنها کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایش ۱۵/۷ درصدی را در وزن خشک گل باعث شد. در خصوص اسید فولویک نیز، تقویت اسیدفولویک با اسیدآمینه باعث بهبود اثر بخشی این ترکیب شد. به طوری که تعداد گل و وزن کلاله تنها تحت تاثیر کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه قرار گرفت و از بین خصوصیات زایشی تنها وزن خشک گل به طور مشابهی تحت تاثیر کاربرد اسید فولویک و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه قرار گرفت (جدول ۵). در این بررسی تعداد گل و وزن کلاله به طور معنی دار و مشابهی تحت تاثیر کاربرد سولفات روی به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار و کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار قرار گرفت و تنها وزن خشک گل تنها تحت تاثیر کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار قرار گرفت. تیمار کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار افزایشی ۱۶/۸ درصدی را در وزن خشک گل باعث شد (جدول ۷). مطالعات نشان داده که گیاهانی که دارای متابولیسم فعالی هستند، گلدهی بیشتری نیز دارند (Tuan, 2014). نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک به صورت توام می‌تواند

نقش مهمی را در بهبود رشد و گل انگیزی در زعفران داشته باشد. بررسی‌ها نشان داده که اسیدهای هیومیک با اسیدهای آمینه نیز اثر افزایشی دارد. الکوسری و همکاران (El-Kosary et al, 2011) طی مطالعه‌ای که انجام دادند، نشان دادند که کاربرد توام اسید هیومیک و اسید آمینه گل انگیزی را در مانگو تحریک می‌کند. این محققان گزارش نمودند که اسید هیومیک با تحریک جذب و اسمیلاسیون اسیدهای آمینه و در نتیجه افزایش فعالیت هورمون های درگیر در گلدهی، تولید گل و رشد گل را افزایش می‌دهد. علاوه بر آن بررسی‌ها نشان داده که هر دو ترکیب با افزایش سطح فعالیت هورمون‌های موثر در گلدهی نیز بر گلدهی می افزایند.

به طوری که مطالعات نشان داده است که هیومیک محتوی سیتوکنین است که بر گل انگیزی تاثیر می‌گذارد (Ampong et al, 2022). اسیدهای امینه نیز می‌توانند فعالیت آنزیم‌های درگیر در گلدهی را افزایش دهند (Psarras et al, 2024). لذا این دو ترکیب نقش موثری را در افزایش فعالیت آنزیم ها بر عهده دارند. با این حال، نقش ترکیبات هیومیکی بر تولید گل توسط سایر محققان مورد تاکید قرار گرفته است. نوری و همکاران (Nouri et al, 2024) گزارش نمودند که کاربرد هیومیک اسید افزایش معنی داری را در عملکرد گل زعفران باعث می شود.

جدول ۸: مقایسه میانگین های صفات مورد مطالعه در زعفران تحت تاثیر اسید هیومیک و سولفات روی در دو سال

Table 8: Mean comparisions of traits in saffron under Humic acid, Zinc solphate treatment in two years

سال	اسید هیومیک	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	محتوای آهن (پی پی ام)
yaer	Humic Acid	Zinc Solphate (kg/ha)	Leaf area (cm2)	Iron content (ppm)
1	عدم کاربرد اسید هیومیک No. Humic acid	0	13.31 e	63.74 ı
1		3	14.64 de	66.16 hı
1		6	15.29 de	72.97 f-ı
1	کاربرد اسید هیومیک Humic acid	0	14.37 de	65.61 hı
1		3	14.29 de	77.62 e-ı
1		6	16.68 cde	76.07 e-ı
1	کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسید امینه Humic Acid enriched with Amino acids	0	15.26 de	77.61 e-ı
1		3	16.34 cde	83.47 d-g
1		6	17.10 cd	82.97 d-g
2	عدم کاربرد اسید هیومیک No. Humic acid	0	16.17 cde	68.88 g-ı
2		3	17.67 cd	97.17 a-d
2		6	23.41 a	87.36 c-f
2	کاربرد اسید هیومیک Humic acid	0	16.08 cde	88.67 c-e
2		3	19.30 bc	90.22 b-e
2		6	18.90 bc	100.1 a-c
2	کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسید امینه Humic Acid enriched with Amino acids	0	22.64 a	80.49 e-h
2		3	23.56 a	104.3 ab
2		6	21.47 ab	108.8 a

محتوای عناصر غذایی

نتایج این مطالعه نشان می دهد که مقدار عناصر غذایی درون گیاه نیز تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه افزایش یافت. درصد نیتروژن و فسفر به طور مشابهی تحت تاثیر تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه قرار گرفت و تقویت اسیدهیومیک با اسیدهای آمینه تاثیر اسیدهیومیک بر میزان جذب این دو عنصر غذایی را بهبود نداد (جدول ۳). با این وجود نتایج کاملا متفاوتی در خصوص اسیدفولویک به دست آمد و در حالی که تیمار کاربرد اسید فولویک تاثیر معنی داری بر میزان فسفر نداشت، ولی کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه اثر افزایش معنی داری بر میزان فسفر گیاه داشته و این صفت را به میزان ۱۸/۸ درصد افزایش داد. این نتایج در خصوص درصد آهن نیز به دست آمد و تنها کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه اثر افزایش ۱۴/۹ درصدی را در درصد آهن باعث گردید (جدول ۴). علاوه بر نتایج فوق، در بررسی حاضر درصد نیتروژن و فسفر با افزایش سطح کاربرد سولفات روی افزایش یافت و تیمار کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار افزایشی به ترتیب ۳۱/۷ و ۲۲/۹ درصدی را در این دو صفت باعث شد (جدول ۶).

تاثیر سولفات روی بر درصد آهن وابسته به تیمار هیومیک در دو سال مورد بررسی بود. بیشترین درصد آهن در کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار در دو سال دوم به دست آمد. در این تیمار درصد آهن در مقایسه با شاهد به میزان ۵۸ درصد بیشتر بود (جدول ۷). همچنین مقایسه میانگین های درصد روی تحت تاثیر تیمارهای اسیدهیومیک، اسیدفولویک و مقدار روی در دو سال نشان داد که بیشترین درصد روی در تیمار کاربرد اسید هیومیک + کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار در سال دوم به دست آمد که در مقایسه با کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه + کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری نداشت. این دو تیمار افزایشی به ترتیب ۱۳۳ و ۱۱۹ درصدی را در درصد روی باعث گردید. این نتایج نشان می دهد که ترکیبی از کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه، کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه و کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین اثر مثبت را بر میزان روی در گیاه دارد (جدول ۲). در کل نتایج نشان می‌دهد که تیمار های مورد بررسی، به ویژه اسید هیومیک و اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه تاثیر مثبتی را بر جذب عناصر غذایی دارند. مکانیسم های مختلفی برای جذب مواد غذایی گزارش شده است. مهمترین آن ها جذب فعال از طریق پروتئین های انتقالی، انتقال اسمزی از طریق جریان آب و منافذ بین سلولی و جذب از طریق دیواره سلولی می باشد. اسیدهای آمینه بر جذب فعال عناصر غذایی تاثیر می گذارند، چرا که می توانند در ساخت پروتئین های درگیر در انتقال فعال نقش داشته باشند (Alaoui et al, 2022). با این وجود محققان همچنین گزارش نموده اند که اسیدهای آلی جذب مواد غذایی را با افزایش پتانسیل اسمزی و افزایش نفوذپذیری دیواره و غشای سلولی افزایش می دهند (Xu et al, 2021). بنابراین هر دوی این ترکیب ها می توانند نقش موثری را در جذب مواد غذایی داشته باشند که این تاثیر، در مطالعه حاضر نیز به وضوح مشهود است.

صفات کیفی زعفران

در این مطالعه، خصوصیات کیفی زعفران نیز تحت تایر تیمار های مورد مطالعه قرار گرفت. در این بررسی درصد کروسین تنها تحت تاثیر اسیدهیومیک و فولیک تقویت شده با اسیدهای آمینه افزایش یافت، ولی کاربرد هر یک به تنهایی تاثیری بر این صفت نداشت. تیمارهای کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایشی به ترتیب ۱۵/۸ و ۸/۹ درصدی را در درصد کروسین باعث گردید (جدول ۳و ۴). بر خلاف درصد کروسین، در درصد پیکروکروسین تحت تاثیر کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایش مشابهی را از نظر آماری تجربه نمود (جدول ۳). تیمارهای کاربرد اسید فولویک و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه نیز افزایش مشابهی را از نظر آماری در درصد پیکروکروسین باعث گردید (جدول ۴).

جدول ۹: مقایسه میانگین های درصد سافرانول در زعفران تحت تاثیر اسید هیومیک، اسید فولویک و سولفات روی

Table 9: Mean comparisions of traits in saffron under Humic acid, Folvic acid and Zinc solphate treatment

اسید هیومیک Humic Acid	اسید فولویک Folvic Acid	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار) Zinc Solphate (kg/Ha)	درصد سافرانال (درصد) Safranol %
عدم کاربرد اسید هیومیک No. Humic acid	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folvic acid	0	18.82 h
		3	21.53 c-h
		6	19.90 f-h
	کاربرد اسید فولویک Folvic acid Application	0	19.28 gh
		3	22.00 c-h
		6	24.23 b-f
	کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folvic Acid enriched with Amino acids	0	22.30 c-h
		3	23.55 b-g
		6	23.02 b-h
کاربرد اسید هیومیک Humic acid	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folvic acid	0	20.00 e-h
		3	21.60 c-h
		6	23.57 b-g
	کاربرد اسید فولویک Folvic acid Application	0	22.28 c-h
		3	22.92 b-h
		6	25.78 bc
	کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folic Acid enriched with Amino acids	0	25.18 b-d
		3	24.98 b-d
		6	23.80 b-g
کاربرد اسید هیومیک Humic Acid enriched with Amino acids	عدم کاربرد اسید فولویک No.Folvic acid	0	21.27 c-h
		3	20.55 d-h
		6	25.70 bc
	کاربرد اسید فولویک Folvic acid Application	0	21.48 c-h
		3	25.27 bc
		6	22.23 c-h
	کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه Folvic Acid enriched with Amino acids	0	24.58 b-e
		3	27.23 ab
		6	29.97 a

این نتایج می تواند بیانگر این مطلب باشد که درصد کروسین به اسیدهای آمینه پاسخ پذیری بیشتری دارد، در حالی که درصد پیکروکروسین پاسخ بیشتری را به ترکیبات موجود در اسیدهیومیک و اسیدفولویک نشان می دهد. درصد سافرانال که یکی از اجزای مهم زعفران است که به طور متفاوتی نسبت به درصد کروسین و پیکروکروسین به اسیدهای فولویک و هیومیک پاسخ داد. درصد سافرانال تحت تاثیر برهم کنش اسیدهیومیک، اسیدفولویک و روی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین درصد سافرانال با ۲۹/۹ درصد در تیمار کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه، کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه و کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که این مطلب نشان می دهد که تداخل مناسبی بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر درصد سافرانال وجود دارد (جدول ۹). در این مطالعه تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کاربرد اسید هیومیک غنی شده با اسیدهای آمینه افزایش به ترتیب ۱۴/۵ و ۱۶/۹ درصدی خاصیت آنتی اکسیدانی زعفران را باعث گردید (جدول ۴). علاوه بر آن تیمارهای کاربرد اسید فولویک و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه نیز خاصیت آنتی اکسیدانی زعفران را به ترتیب به میزان ۹/۶ و ۱۴ درصد افزایش داد. بین تیمارهای کاربرد اسید فولویک و کاربرد اسید فولویک غنی شده با اسیدهای آمینه از نظر خاصیت آنتی اکسیدانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). علاوه بر آن کاربرد سولفات روی نیز بر خاصیت آنتی اکسیدانی اثر مثبتی داشت که با افزایش مقدار کاربرد، خاصیت

آنتی‌اکسیدانی نیز بیشتر بود. تیمار کاربرد سولفات روی به مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار به میزان ۱۶/۷ درصد بر خاصیت آنتی اکسیدانی افزود (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی تأثیر تیمارهای اسید هیومیک، اسید فولویک و سولفات روی بر زعفران نشان‌دهنده بهبود قابل توجه در صفات رویشی، زایشی و کیفیت گیاه است. استفاده از ترکیب‌های غنی شده با اسیدهای آمینه به‌ویژه در افزایش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ‌ها، تعداد گل و وزن کلاله تأثیر مثبت داشت. همچنین، این تیمارها درصد نیتروژن، فسفر و آهن گیاه را به‌طور معناداری افزایش دادند و خاصیت آنتی‌اکسیدانی زعفران را نیز بهبود بخشیدند. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهند که این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان استراتژی مؤثری برای افزایش عملکرد و کیفیت زعفران مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

Abdul Majid, L., Saeed, K., Muhammad, M. 2023. Effect of nano fertilizers and amino acid of tryptophan on some physiological characters of saffron plant. *Kirkuk University Journal*. 5, 151-167.

Alam, N., Anis, M., Javed, S.B. (2020). Stimulatory effect of copper and zinc sulphate on plant regeneration, glutathione-S-transferase analysis and assessment of antioxidant activities in *Mucuna pruriens* L. (DC). *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 141, 155–166.

Alaoui, I., Ghadraoui, O., Serbouti, S. (2022). The mechanism of absorption and nutrients transport in plants: A review. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 6, 8-14.

Al-Maliky, A., Jerry, A., Obead, F. (2019). The effects of foliar spraying of folic acid and cysteine on growth, chemical composition of leaves and green yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32, 223-229.

Alsamadany, H., Mansour, H., Elkelish, A., Ibrahim, M.F.M. (2022). Folic Acid Confers Tolerance against Salt Stress-Induced Oxidative Damages in Snap Beans through Regulation Growth, Metabolites, Antioxidant Machinery and Gene Expression. *Plants*, 11(11), 1459-1467.

Aminifard, M. H., Shakeri, M., Behdani, M. A., Tabatabaei, J. (2024). Effects of gibberellic acid and plant density on antioxidant activity and secondary metabolites of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research, 12, 51-65. (in Persian)

Armak, A., Feizi, H., Alipanah, M. (2018). Impact of use of different sources of humic, bio and nano fertilizers and nitrogen levels on saffron (*Crocus sativus* L.) flower yield. 10.22048/jsat.2017.61855.1193.

Baqer, H., Zeboon, N., Al-Behadili, A. (2019). The role and importance of amino acids

within plants: a review. *Plant Archives*, 19, 1402-1410.

El-kosary, S., El-Shenawy, I. E., Radwin, S.I. 2011. Effect of microelements, amino acids on growth, flowering and fruiting of some mango cultivars. *Journal of Horticultural and Ornamental plants*, 3, 152-161.

Gorelova, V., Ambach, L., Rébeillé, F., Stove, C., Van Der Straeten, D. (2017). Folates in Plants: Research Advances and Progress in Crop Biofortification. *Front Chem*, 29, 21-28.

Haghighi, M., Barzegar Sadeghabad, A., Abolghasemi, R. (2022). Effect of exogenous amino acids application on the biochemical, antioxidant, and nutritional value of some leafy cabbage cultivars. *Sci Rep*, 12, 65-73.

Hourani, G. (2023). Effect of fertilizers on growth and productivity of saffron: A review. *Agronomy research*. 21, 87-105.

Xu, J., Mohamed, E., Li, Q., Lu, T., Yu, H. and Jiang, W. (2021). Effect of humic acid addition on buffering capacity and nutrient storage capacity of soilless substrates. *Front. Plant Sci*, 12, 56-63.

INS (Iran National Standard). (2006). Research Institute of Standard and Iran. *Saffron Bulletin*, 259, 124-133.

Jung, S., Rickert, D. A., Deak, N. A., Aldin, E. D., Recknor, J., Johnson, L. A. and Murphy, P. A. (2003). Comparison of kjeldahl and dumas Methods for determining protein contents of soybean products. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 8(12), 1169-1173.

Kauser, A., Malik, S., Azam, G. (1985). Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. *Environmental and Experimental Botany*, 25, 245-252.

Kwame, A., Malinda, S., Linda Yuya, G. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Frontiers in Agronomy*, 4, 78-98.

Li, Y., Fang, F., Wei, J. (2019). Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. *Sci Rep*, 9, 12014.

Li, Y., J. Luo, R. Chen, Y. Zhou, H. Yu, Z. Chu, Y. Lu, X. Gu, S. Wu, P. Wang, H. Kuang, Bo Ouyang. (2023). Folate shapes plant root architecture by affecting auxin distribution. *The Plant Journal*, 5, 123-132.

Moghaddam, S.M. (2024). The effect of corm storage conditions during the summer dormancy stage on reproductive growth and yield of saffron. Journal of Saffron Research, 12, 1-14. (in Persian)

Nargesi, M., Sedaghathoor, G. and Hashemabadi, D. (2022). Effect of foliar application of amino acid, humic acid and fulvic acid on the oil content and quality of olive. *Saudi J Biol Sci*, 29(5), 3473–3481.

Nouri, A.R., Koocheki, A. R., and Nassiri, M. (2024). Effects of mycorrhiza inoculation, mother corm weight and humic acid on daughter corm and flower yield of saffron. Journal of Saffron Research, 11, 48-65. (in Persian)

Psarras, G., Manolikaki, I., Dareioti, M., Digalaki, N., Sergentani, C., Barbopoulou, E., Koubouris, G. (2024). Effect of amino acids application on flowering, vegetation, yield, and oil of olive (*Olea europaea* L.) variety 'Koroneiki.' *Journal of Plant Nutrition*, 47(13), 2057–2069.

Rademacher W. (1994). Gibberellin formation in microorganisms. Plant Growth Regul, 15, 303-314.

Rossi, L., Fedenia, L., Sharifan, H., Ma, X., Lombardini, L. (2019). Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant Physiol Biochem*, 135, 160-166.

Sadeghi Chah-Nasir, A., Abootalebi Jahromi, A., Behrooznam, B., Hassanzadeh Khankahdani, H., Ejraei, A. (2023). Effect of humic acid and amino acid foliar applications on the growth characteristics, yield, and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicom* L.). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(3), 309-318.

Shahin M.F.M., Genaidy, E. and Haggag, L. (2015). Impact of Amino Acids, Vinasse and Humic Acid as Soil Application on Fruit Quality and Quantaty of " Kalamata " Olive Trees. *International Journal of ChemTech Research*, 8, 75-84.

Shahrajabian, M. H., Cheng, Q., Sun, W. (2022). The effects of amino acids, phenols and protein hydrolysates as biostimulants on sustainable crop production and alleviated stress. *Recent Pat Biotechnol*, 16(4), 319-328.

Tuan, H. (2014). A review of plants' flowering physiology: the control of floral induction by juvenility, temperature and photoperiod in annual and ornamental crops. *Asian Journal of Agriculture and Food Science*, 2, 186-195.

Turkmen, N., Sari, F., and Veliglu, Y.S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables, *Food Chemistry*, 93, 713-718.

Umair, M., Huma Zafar, S., Cheema, M., Minhas, R., Manan Saeed, A., Saqib, M. and Aslam, M. (2023). Unraveling the effects of zinc sulfate nanoparticles and potassium

fertilizers on quality of maize and associated health risks in Cd contaminated soils under different moisture regimes. *Science of the Total Environment*, 7, 150-164.

Wang, S., Li, X., Zhang, M., Jiang, H. and Li, M. (2022). Dietary supplementation of crystalline amino acid improves growth performance and health of yellow catfish that reduced by plant proteins replacement of fishmeal. Hidawi.

Westerman, R. E. L. (1990). Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America.

Zayed, B. (2020). Folic acid as foliar application can improve growth and yield characters of rice plants under irrigation with drainage water. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 9420-9428.

COPYRIGHTS

© 2024 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/)