Journal of Saffron Research (semi-annual)

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

p. 123- 137

University of Birjand

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2024.8036.1239

Original Article

The Synergistic Effect of Humic Acid Soil Application and Salicylic Acid Pretreatment on Morphological and Phenological Traits of Saffron Species (*Crocus sativus* L.).

Seyed Amir Hosseini[1], Barmak Jafari[2]*, Hamidreza Miri[3], Abdolreza Jafari[4]

1-PhD Student in Agrotechnology-Plant Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arsanjan Branch, Arsanjan, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arsanjan branch, Arsanjan, Iran.

3-Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arsanjan branch, Arsanjan, Iran.

4-Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arsanjan branch, Arsanjan, Iran.

*Corresponding author: *ba.jaefari@iau.ac.ir*

Received 14 August 2024; Accepted 13 November 2024

Extended Abstract

Introduction: Iran's high export value of saffron, the world's most expensive spice, is attributed to its cultivation in dry and semi-dry areas, which face moisture and soil organic matter deficits. To improve saffron yield, factors such as bulb size, planting time, fertilization, irrigation, and hormonal and organic treatments must be considered. Humic acid, an organic fertilizer, has positive effects on soil structure and plant growth, improving plant metabolism and resilience against drought and salinity. Salicylic acid, an organic fertilizer, induces plant responses to adverse environmental conditions, increasing plant growth and flexibility. This study aimed to determine the combined effects of soil-applied humic acid and salicylic acid pre-treatment on saffron's morphological and phenological traits.

Materials and Methods: A study was conducted at Payame Noor University's research farm in Marvast, using high-quality saffron corms from Torbat-Heydarieh. The experiment involved three replications over the 2019 and 2020 agricultural years. Treatments included four levels of humic acid (0, 5, 10, and 15 kg per hectare) and three levels of salicylic acid (0, 1, and 2 millimolar). The corms were planted manually in August 2019, and humic acid was applied with the first irrigation. Salicylic acid was pretreated for 8–10 hours in the dark. The study measured traits such as cormel number, leaf length, fresh and dry weights, flower and stigma yield, and phenological traits like sprouting and flowering times. Results showed that humic acid and salicylic acid

treatments positively affected saffron growth and yield, indicating potential for improved cultivation practices.

Results and Discussion: The application of humic acid and salicylic acid significantly enhanced the total weight of corms, as well as the number and weight of cormels, particularly when used together. The highest total corm weight observed with the combination of 2 millimolar salicylic acid and 5 kg/ha humic acid was approximately 133% higher than the control. Similarly, the highest number of cormels was achieved with the 2 millimolar salicylic acid and 10 kg/ha humic acid treatment in the first year, around 108% more than the control. Increasing levels of humic acid at all salicylic acid levels resulted in higher average corm weights. Adding 15 kg/ha humic acid to 0, 1, and 2 millimolars of salicylic acid boosted average corm weight by 30.7%, 57.3%, and 83.4%, respectively, compared to control without humic acid. Synergistic effects were also noted on leaf traits. The greatest leaf length occurred with 2 millimolar salicylic acid and 5 kg/ha humic acid in the first year (38% increase) and with 2 millimolar salicylic acid and 15 kg/ha humic acid in the second year (46% increase). The highest dry leaf weight was observed in 2 millimolar salicylic acid and 15 kg/ha humic acid in the first year (79% increase) and in 2 millimolar salicylic acid and 10 kg/ha humic acid in the second year (103% increase). The maximum stigma length was recorded with 1 millimolar salicylic acid and 15 kg/ha humic acid, showing a 52% increase compared to the control. The combined treatment of 2 millimolar salicylic acid and 15 kg/ha humic acid led to the highest fresh stigma weight in the first year (132% increase) and the highest dry stigma weight in the second year (300% increase). Pearson correlation analysis revealed significant relationships between qualitative and quantitative traits of saffron. A positive correlation was observed between dry stigma weight and the weight of both mothers ($r = 0.76$) and cormels ($r = 0.74$). Conversely, fresh style weight had a negative correlation with time to sprouting ($r = 0.56$) and flowering ($r = 0.43$). Stepwise regression analysis indicated that the most influential traits on dry stigma weight were the weight of mother corms, days to flowering, and daughter corm weight. These factors explained 76%, 82%, and 86% of the variance in saffron performance, respectively.

Conclusion: This study showed that humic acid and salicylic acid had significant effects on the growth and flowering of saffron. Specifically, these compounds caused a notable reduction in the vegetative growth phase and flowering time of saffron. This result meant that the use of these compounds could lead to significant improvements in the morphological and phenological traits of saffron, ultimately increasing the number and quality of daughter corms and overall plant yield.

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

Keywords: Agricultural traits, Organic fertilizer, Plant hormone, Saffron.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۳
شماره صفحه:۱۳۷ - ۱۲۳
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2024.8036.1239

مقاله پژوهشی

تاثیر هم‌افزائی کاربرد خاکی هیومیک اسید و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی گونه زعفران (*Crocus sativus* L.)

سید امیر حسینی[۱]، برمک جعفری[۲*]، حمیدرضا میری[۳]، عبدالرضا جعفری[۴]

۱- دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی- فیزیولوگیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، ارسنجان ، ایران.
۲- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان ،ارسنجان، ایران.
۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان ،ارسنجان، ایران.
۴ – استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان ،ارسنجان، ایران.
* نویسنده مسئول: *ba.jaefari@iau.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۳

چکیده

با توجه به اهمیت زعفران و مشکلات آن در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران، این مطالعه باهدف بررسی تأثیر هیومیک اسید (HA) (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و سالیسیلیک اسید (SA) (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی زعفران به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی دو سال (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در شهرستان مروست استان یزد بر روی اکوتیپ تربت‌حیدریه اجرا شد. یافته‌ها نشان‌دهنده بالاترین میزان معنی‌دار متوسط وزن خشک کلاله و خامه (به ترتیب ۸۲/۴۲ و ۰/۳۸ گرم) در اثر استفاده هم‌زمان سطوح ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم هیومیک اسید بود. همبستگی پیرسون مثبت و معنی‌داری مابین وزن خشک کلاله با وزن بنه (بنیه) مادری (r= ۰/۷۶) و خواهری (r= ۰/۷۴) مشاهده شد؛ درحالی‌که همبستگی منفی و معنی‌داری مابین وزن‌تر خامه با زمان تا سبزشدن (۰/۵۶) و گلدهی (r= ۰/۴۳) وجود داشت. تجزیه رگرسیون به روش گام‌به‌گام نشان داد که با لحاظ وزن خشک کلاله به‌عنوان عملکرد زعفران، وزن بنه مادری به‌تنهایی ۰/۷۶ درصد، وزن بنه مادری و تعداد روز تا گلدهی باهم ۰/۸۲ درصد و درنهایت، وزن بنه مادری، تعداد روز تا گلدهی و وزن بنه‌های خواهری باهم ۰/۸۶ درصد واریانس (تغییرات) عملکرد زعفران را تحت تأثیر قرار دادند درکل، کاربرد هم‌زمان ۲ میلی مول سالیسیلیک و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید بهترین نتیجه را بر عوامل موردمطالعه در این بررسی داشت.

واژه‌های کلیدی: زعفران، صفات زراعی، کود آلی، هورمون گیاهی.

مقدمه

زعفران، به‌عنوان گران‌بهاترین ادویه جهان، ارزش صادراتی بالایی برای ایران، به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده آن، دارد. علیرغم افزایش سطح زیر کشت این گیاه باارزش اقتصادی، عملکرد آن همچنان پایین‌تر از دیگر کشورهای تولیدکننده زعفران است (Akhondzadeh, 2020). نگاهی گذرا به تحقیقات دهه‌های گذشته نشان می‌دهد که عامل اصلی عملکرد پایین زعفران، کشت و کار آن در نواحی خشک و نیمه-خشک ایران است. چراکه این نواحی با مسائل مختلفی ازجمله کمبود رطوبت و مواد آلی خاک مواجه می‌باشد (Ghoddusi et al. 2014).

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های گذشته، تعیین عوامل فیزیولوژیکی، محیطی و زراعی نظیر اندازه پیاز، زمان و درجه حرارت ذخیره‌سازی پیاز، زمان کشت، تراکم و روش کاشت، کود دهی و آبیاری، تیمار هورمونی و آلی و غیره از اهمیت بسزایی در شکل‌گیری عملکرد نهایی زعفران برخوردار هستند (Akhondzadeh, 2020). ازاین‌رو، انتخاب شرایط زراعی مطلوب، گزینش ژنوتیپ‌ها با ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ژنتیکی مطلوب و درنهایت استفاده از تیمارهای هورمونی، آلی و غیره برای نیل به عملکرد موردنظر در زعفران ضرورت دارد (Ahamdi et al., 2020).

در بین کودهای آلی سازگار با طبیعت، هیومیک اسید به‌عنوان یک اسید آلی بدون تأثیرات مخرب زیست-محیطی منجر به بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثر مثبت فراوانی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان دارد.

اسید هیومیک، به‌طور قابل‌توجهی بر رشد گیاه از طریق مکانیسم‌های مختلف فیزیولوژیکی تأثیر می‌گذارد این ترکیبات طبیعی جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهند را تقویت می‌کنند و با بهبود خواص خاک رشد ریشه را بهبود می‌بخشند و منجر به افزایش عملکرد محصول و انعطاف‌پذیری در برابر تنش‌های آبیوتیک می‌شود (Bera et al., 2024).

هیومیک اسید متابولیسم گیاهان را تقویت می‌کند، فتوسنتز و جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهد (Bera et al., 2024). این اسید همچنین با افزایش فعالیت‌های هورمونی و عملکرد آنزیم‌ها و فرآیندهایی مانند چرخه اسید تری‌کربوکسیلیک و گلیکولیزیس را تسهیل می‌کند (Arivazhagan et al.2024). هیومیک اسید توانایی گیاهان را در مقاومت در برابر خشکی و شوری بهبود می‌بخشد و به‌عنوان یک محرک زیستی در تقویت تنظیم اسمزی عمل می‌کند (Arivazhagan et al.,2024). اسیدهای هیومیک رشد گیاه را با تأثیر بر بیان ژن مربوط به گیرنده‌های سلولی، فسفاتازها و هورمون‌های مختلف گیاهی تنظیم می‌کنند و به‌عنوان یک قطب تنظیم‌کننده کلیدی در پاسخ‌های گیاهی عمل می‌کنند (de, Souza et al.,2022).

در این راستا، احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2018) نشان دادند که استفاده از ۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید سبب افزایش صفات عملکردی و رشدی زعفران می‌شود. همچنین، احمدی و امینی‌فرد (Ahmadi & aminifard, 2018) بیان داشتند که هیومیک اسید باعث افزایش عملکرد کلاله تر و خشک می‌شود به‌طوری‌که بیشترین عملکرد کلاله تر و خشک (۰/۷ و ۰/۰۲۹ گرم در مترمربع) به ترتیب با کاربرد ۵ و ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید به دست آمد. در مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نیز، در تیمار هیومیک اسید (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) ، تعداد جوانه در هر بنه، قطر بنه، وزن بنه، تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل و عملکرد کلاله خشک به ترتیب به میزان ۹، ۱۸، ۴۱، ۳۳، ۴۳ و ۵۵ درصد بیشتر از شاهد بود.

علاوه بر هیومیک اسید، پتانسیل ترکیباتی مثل سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید نیز در القاء سازوکارهای پاسخ گیاهان به شرایط نامساعد محیطی، محققان را بر آن داشته است تا از تأثیرات مثبت آن‌ها به‌منظور بهبود صفات کمی و کیفی گیاهان باارزش اقتصادی در نواحی مستعد تنش‌های غیر زیستی استفاده کنند. سالیسیلیک اسید نقش مهمی در افزایش رشد و انعطاف‌پذیری گیاه دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که SA نه‌تنها مقاومت اکتسابی سیستمیک را فعال می‌کند بلکه فرآیندهای فیزیولوژیکی کلیدی مانند تقسیم و انبساط سلولی را نیز تنظیم می‌کند که برای ساختار گیاهان حیاتی است (X et al., 2023; Li et al., 2022).

سالیسیلیک اسید بر تقسیم و گسترش سلول تأثیر می‌گذارد و منجر به بهبود ارتفاع و زیست‌توده گیاهی (Li et al., 2022) می‌شود، سرعت جوانه‌زنی را تسریع می‌کند و قدرت نهال را بهبود می‌بخشد (Al-Hatem, 2023). این ترکیب همچنین تولید پروتئین‌های مرتبط با پاتوژنز را افزایش می‌دهد و به دفاع در برابر پاتوژن‌ها کمک می‌کند (X et al., 2023). برخی مطالعات نشان می‌دهد که غلظت بیش‌ازحد ممکن است منجر به اثرات منفی شود که نشان‌دهنده لزوم استفاده دقیق در شیوه‌های کشاورزی است (Liehn, 2022).

در همین راستا، انصاریان و همکاران (Ansarian et al., 2020) نشان دادند که بیشترین میزان پروتئین، کربوهیدرات، طول و سطح برگ، تعداد بنه دختری در روش پرایمینگ بنه و بیشترین محتوی رنگیزه‌ها درروش محلول‌پاشی برگی به دست آمد؛ بنابراین، پیشنهاد کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید (۱ و ۲ میلی‌مولار) با دو روش کاربرد بر صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی زعفران اثر مثبت و معنی‌داری دارد. همچنین، انصاریان و همکاران (Ansarian et al., 2019) مشاهده کردند که تیمار پرایمینگ بنه با غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، منجر به کمترین زمان تا سبز شدن (۴۷ روز پس از کاشت) ، بیشترین وزن خشک کلاله (۴۵/۱ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین وزن تر گل (۵۹/۵ کیلوگرم در هکتار) می‌شود. بعلاوه، بیشترین ماده مؤثره پیکروکروسین و سافرانال، مربوط به تیمار پرایمینگ بنه با ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود، درحالی‌که میزان کروسین در تیمار پرایمینگ بنه با ۲ میلی مولار سالیسیلیک بیشتر بود.

بنابراین، این مطالعه باهدف تعیین اثر هم‌زمان کاربرد خاکی هیومیک اسید و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور شهرستان مروست واقع در ۱۸۰ کیلومتری جنوب شرقی استان یزد با مختصات ۵۴ درجه و ۱۳ دقیقه و ۱۲ ثانیه شرقی و ۳۰ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳۷ ثانیه شمالی اجرا گردید. اقلیم منطقه نیمه بیابانی با تابستان‌های نسبتاً گرم و خشک و زمستان‌های سرد است. ارتفاع شهر مروست از سطح دریا، ۱۵۴۷ متر می‌باشد.

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

بنه‌های زعفران مورداستفاده در این مطالعه، اکوتیپ مرغوب تربت‌حیدریه بود که به شکل آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل دو فاکتور بود: هیومیک اسید در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و سالیسیلیک اسید در سه سطح (۰، ۱ و ۲ میلی-مولار)(Jabari et al.,2016).

عملیات زراعی و نحوه تیمار

آماده‌سازی زمین و مخلوط‌سازی خاک با کود دامی در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸ انجام گرفت. پس از تسطیح زمین، کرت‌هایی به ابعاد ۳ در ۸ متر جهت پلات اصلی (مساحت ۲۴ مترمربع) و کرت‌هایی به ابعاد ۲ در ۳ متر جهت پلات فرعی (مساحت ۶ مترمربع) ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها با احتساب جوی ۳ متر منظور شد. بنه‌ها با وزن ۱۲-۸ گرم (بنه درشت) و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف (تراکم ۵۰ بنه در هر مترمربع) و در عمق ۱۵ سانتی‌متر در داخل هر کرت و با دست در مردادماه سال ۱۳۹۸ کاشته شدند.

جهت اعمال تیمار هیومیک اسید، پودر تجاری هیومکس (حاوی ۸۰٪ هیومیک اسید، ۵٪ اکسید پتاسیم و ۱۵٪ اسید فلوویک) همراه آبیاری اول (۳ روز پس از کاشت) اعمال شد. جهت اعمال تیمار سالیسیلیک اسید، بنه‌ها با محلول سالیسیلیک اسید ۱ و ۲ مولار پیش‌تیمار شدند. پیش‌تیمار بنه‌ها به‌طور مجزا به مدت ۸ تا ۱۰ ساعت در شرایط تاریکی انجام شد. اولین مرحله آبیاری در زمان کاشت، به‌صورت غرقابی و سپس برابر با عرف منطقه، چهار مرحله دیگر هم تکرار شد. پس از کاشت، تمامی اعمال زراعی نظیر آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و سله-شکنی در تمام تیمارها به‌صورت یکسان اعمال شد و ضمناً هیچ کود شیمیایی استفاده نشد.

لازم به ذکر است که با توجه به اینکه زعفران در سال اول کشت می‌شود و در سال‌های بعد با تولید بنه‌های دختری رشد می‌کند لذا تنها در سال اول از تیمارهای اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید استفاده شد تا با اعمال

اثرات تنظیم‌کنندگی آن‌ها بر روی بنه‌ها و تولید گیاهان قوی‌تر بنه‌های دختری قوی‌تری در سال دوم آزمایش ایجاد شود.

صفات مورفولوژیک

برای اندازه‌گیری صفات فوق سه نمونه انتخاب شد و میانگین آن‌ها برای اندازه‌گیری در نظر گرفته شد. بنه: شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی از قبیل تعداد و وزن بنه‌های خواهری موردبررسی قرار گرفتند. برگ: در پایان دوره رشد ریشه‌ها (پس از تخلیه کامل رطوبت بنه‌ها در اواخر بهمن‌ماه)، طول، وزن‌تر و خشک برگ تعیین شدند. طول برگ با خط‌کش برحسب میلی‌متر اندازه-گیری شد. گل: هم‌زمان با شروع گل‌دهی، تعداد گل در واحد سطح شمارش و وزن‌تر آن‌ها تعیین شد و پس از توزین جداگانه کلاله و گلبرگ، نمونه‌ها در آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و وزن خشک نمونه‌ها به‌وسیله ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد. عملکرد کلاله و خامه: در انتهای فصل رویشی (اردیبهشت)، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (نیم متر فاصله از طرفین کرت)، سه بنه از هر کرت برداشت و شاخص‌های برگ (طول، وزن‌تر و خشک) اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شدند. نمونه‌برداری از کرت‌ها با حذف اثر حاشیه از ۳ ردیف میانی صورت گرفت. برای تعیین عملکرد کلاله و خامه، نمونه‌برداری از زمان شروع گلدهی آغاز و تا پایان دوره گلدهی ادامه یافت. در هر نوبت، گل‌ها به شکل روزانه جمع‌آوری و شمارش شدند و متعاقباً جهت تعیین شاخص‌های گل به آزمایشگاه منتقل شدند.

صفات فنولوژیک

صفات فنولوژیک نیز شامل زمان کاشت تا آغاز جوانه‌زنی و گلدهی زعفران یادداشت‌برداری شدند.

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت اسپلیت‌پلات و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد. آزمون یکنواختی با استفاده از MiniTab 18 و تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام شدند.

نتایج

تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده

همان‌گونه که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود اثر ساده هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر کلیه صفات موردمطالعه و سالیسیلیک (به‌جز وزن کل بنه‌های دختری) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل سالیسیلیک و هیومیک اسید بر تعداد بنه‌های دختری، وزن کل بنه، طول برگ، وزن خشک برگ، طول خامه، عملکرد کلاله خشک، عملکرد کلاله تازه، طول کلاله، وزن گل، تعداد گل و تعداد روزها تا جوانه‌زنی و گل‌دهی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر سایر صفات موردبررسی نداشت.

در مطالعه حاضر، بررسی اثر متقابل سال و هیومیک اسید بر تعداد گل زعفران نشان داد که این اثر متقابل معنی‌دار نیست. این نتیجه نشان می‌دهد که تاثیر هیومیک اسید بر تولید گل زعفران به صورت ثابت و مستقل از شرایط سال‌های مختلف بوده است که منتج از استفاده از هیومیک اسید تنها در سال اول آزمایش می باشد است. به عبارت دیگر، استفاده از هیومیک اسید به عنوان یک بهبوددهنده خاک می‌تواند به صورت مداوم، بدون توجه به تغییرات آب و هوایی سالانه در کشت زعفران مورد استفاده قرار گیرد نتایج مشابه در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است

همچنین در این آزمایش، نبودن اثر متقابل بین سالیسیلیک اسید و سال به این معناست که دوام اثر سالیسیلیک اسید استفاده شده در سال اول بر تعداد گلهای زعفران در سال دوم نیز مشابه سال اول بوده است و تغییر شرایط سال سال تاثیر معنی داری بر تعداد گلهای زعفران نداشته است.

اثر تیمارها بر وزن کل بنه و تعداد و وزن بنه‌های دختری

استفاده از هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید منجر به افزایش وزن کل بنه و تعداد و وزن بنه‌های دختری شد و این افزایش در ترکیب تیماری هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بیشتر بود که نشان از اثر هم‌افزائی آن‌ها بر وزن کل بنه دارد. بیشترین وزن کل بنه مربوط

به تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید بود که حدود ۱۳۳ درصد بیشتر از شاهد است. همچنین، بیشترین تعداد بنه‌های دختری نیز مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به همراه ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید طی سال اول بود که حدود ۱۰۸ درصد بیشتر از شاهد می‌باشد (جدول ۲). در هر سطح از سالیسیلیک اسید با افزایش هیومیک اسید متوسط وزن بنه افزایش یافت همانطور که نتایج نشان میدهد با افزایش سطح سالسیلیک اسید از صفر به دو میلی مول تاثیر هیومیک اسید بر متوسط وزن بنه نسبت به شاهد بدون سالیسیلیک اسید بیشتر شده است. با افزایش ۱۵ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار به ترتیب در سطوح صفر، ۱ و دو میلی مول سالیسیلیک اسید متوسط وزن بنه نسبت به شاهد بدون هیومیک اسید به ترتیب ۳۰/۷، ۵۷/۳ و ۸۳/۴ درصد افزایش یافت که نشان دهنده اثر مثبت متقابل بین این دو عامل است (جدول ۳).

منطبق با یافته‌های ما، کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش وزن بنه زعفران می‌شود. آن‌ها پیشنهاد کردند که جهت بهبود عملکرد زعفران بهتر است بر روی بهبود صفات مربوط به تک بنه تمرکز شود (به‌جای تمرکز روی افزایش تعداد بنه) و روش‌های زراعی و اصلاحی تولید بنه‌های درشت‌تر و دارای ذخیره غذایی بیشتر موردتوجه قرار گیرد. با توجه به این موضوع، تیمار هم‌زمان دو ترکیب از طریق تولید بنه‌هایی با وزن بیشتر، این امکان را در اختیار ما بگذارد تا بنه‌های دختری که برای بذرگیری برداشت و نگهداری می‌شوند، از قوت بیشتری برای تولید زعفران برخوردار باشند. اثرات مثبت هیومیک اسید بر وزن کل بنه می‌تواند به عواملی مانند تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در درون گیاه، تقویت و توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش فراهمی عناصر، افزایش جذب آب و مواد غذایی، افزایش محتوی کلروفیل و غیره نسبت داده شود (Dalvand *et al.* 2018). هم‌راستا با نتایج ما، جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2016) نشان دادند که بیشترین وزن بنه‌های خواهری در غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مقدار حدودی ۴ گرم مشاهده شد که با تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید ازنظر آماری اختلافی نداشت. به نظر می‌رسد که تیمار سالیسیلیک اسید نیز به‌نوبه خود با تغییر در تعادل هورمونی و افزایش سطح هورمون‌های سیتوکنین و اکسین سبب تحریک تقسیم سلولی و درنتیجه افزایش وزن بنه‌ها می‌شود (Moradi *et al.*, 2018).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و فنولوژیک اکوتیپ تربت حیدریه زعفران تحت تیمار هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید

Table 1. The results of analysis of variance of morphological and phenological traits of the saffron ecotype of Terbat Heydarieh under the treatment of humic acid and salicylic acid

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات															
		وزن کل بنه	تعداد بنه‌های دختری	وزن کل بنه‌های دختری	طول برگ	وزن خشک برگ	وزن‌تر برگ	تعداد گل	وزن گل	طول کلاله	عملکرد کلاله تازه	عملکرد کلاله خشک	طول خامه	عملکرد خامه تازه	عملکرد خامه خشک	روز تا جوانه زنی	روز تا گلدهی
S.O.V.	DF.	TWC	Cl n.	TWCl	LL	LDW	LFW	Fn	FW	SL	YFS	YDS	StL	YFSt	YDSt	DB	DF
سال Y.	1	36.1	0.1	0.9	20.3	0.8	1.24	38.4	74.4**	4.5	11198.5*	816.8**	148.7**	0.1**	0.1	0.1	32.4*
سال* بلوک Y.×Rep	4	17.7	0.1	1.5	240.6	3.5	42.64	13.6	8.6	19.2	2487.3	30.6	22.4	0.5	0.1	1.2	377.5
هیومیک اسید Humic	2	573.5**	2.3**	83.1**	2151.3**	309.1**	2899.91**	257.1**	113.2**	182.6**	87170.3**	6055.3**	186.5**	0.1**	0.1**	20.7**	1397.0**
سال* هیومیک Y.× Humic	2	38.2	4.4**	0.1	82.4	19.4*	113.62	48.9	35.1*	58.5**	138093.6**	342.07**	56.6*	0.1**	0.1**	73.1**	691.8*
خطا Error	8	33.2	0.05	1.5	225.9	12.6	207.34	23.9	3.8	26.4	2697.8	41.7	12.2	0.1	0.1	4.4	141.7
سالیسیلیک اسید Salicylic	3	280.1**	1.7**	20.5*	2134.5**	70.5**	1005.91**	77.6**	149.8**	74.1**	60807.5**	1654.8**	474.6**	0.1**	0.1**	33.6**	638.2**
سال* سالیسیلیک Y.× Salicylic	3	77.9	0.3	4.4	216.9**	100.2*	90.42	34.5	68.6**	6.8	50723.4**	72.7*	55.7*	0.1*	0.1**	5.7	691.1*
هیومیک * سالیسیلیک Humic×Salicylic	6	45.2**	1.8**	4.2	131.9**	102.8**	352.90	84.9**	93.7**	33.2**	10181.4**	364.7**	59.9**	0.1**	0.1	4.8*	186.8*
سال* هیومیک * سالیسیلیک Y×Humic × Salicylic	6	23.1	0.5**	9.9	302.1**	101.4**	506.72	51.2*	108.4**	5.0	21771.9**	79.9**	27.8	0.1**	0.1**	6.3	128.6*
خطا Error	36	17.0	0.1	4.9	327.9	7.9	246.19	17.5	6.9	10.2	2569.1	17.4	16.8	0.3	0.1	2.7	150.2
ضریب تغییرات	-	20.9	14.2	21.2	13.8	11.7	12.5	18.1	12.8	13.8	10.7	10.1	10.7	13.4	12.9	12.7	9.13

Abbreviation: Total weight of corm (TW.C); Number of cormel (Cormel); Total weight of cormel (TW.c); Leaf length (LL); Leaf dry weight (LDW); Leaf fresh weight (LFW); Number of flower (Fn); Flower weight (FW); Stigma length (SL); Yield of fresh stigma (YFS); Yield of dry stigma (YDS); Style length (Stl); Yield of fresh style (YFSt); Yield of dry style (YDSt); Days to budding (DB); Days to flowering (DF).

ns، * و ** به ترتیب، عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

* and ** are, respectivelysignificant at the five and one percent probability level.

اثر تیمارها بر طول، وزن‌تر و خشک برگ

اثر مثبت هم‌افزائی هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر طول، وزن‌تر و خشک برگ نیز مشاهده به‌طوری‌که بیشترین طول برگ مربوط به تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول (با ۳۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) و تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال دوم (با ۴۶ درصد افزایش نسبت به شاهد) بود. همچنین، بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول (با ۷۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) و تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال دوم (با ۱۰۳ درصد افزایش نسبت به شاهد) بود (جدول ۲ و ۴).

همان‌گونه که در مطالعه ما پیرامون تأثیر مثبت تیمارها بر رشد رویشی برگ مشاهده شد، امینی‌فر و احمدی (Aminifar & Ahmadi. 2017) آشکار ساختند که بیشترین طول برگ (۱۹۴/۵ میلی‌متر) ، وزن تر (۴۱/۷ گرم در بوته) و خشک (۰/۰۴۸ گرم در بوته) برگ زعفران با مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به دست آمد. افزایش رشد رویشی برگ زعفران در اثر مصرف هیومیک اسید در این مطالعه را می‌توان به تأثیر این ماده آلی بر عمل غشاء سلولی، جذب مواد و یا رشد و توسعه گیاهی به‌وسیله خاصیت شبه‌هورمونی آن نسبت داد (Nardi *et al.* 2010). مطابق با نتایج این مطالعه، Ansariyan و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که طول برگ با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافت و میزان آن در غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نسبت به یک میلی‌مولار و شاهد بیشتر بود. به نظر می‌رسد محلول-پاشی سالیسیلیک اسید باعث افزایش تقسیم سلولی و متعاقباً افزایش طول برگ می‌شود (Moradi *et al.* 2018).

اثر تیمارها بر تعداد و وزن گل

تأثیر مثبت هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر تعداد و وزن گل در این مطالعه مشهود بود. در این میان، تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول (با ۷۳ درصد افزایش نسبت به شاهد)، بیشترین تعداد گل را رقم زد. همچنین، هم‌زمان ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول (با ۱۸۵ درصد افزایش نسبت به شاهد)، بیشترین وزن گل را موجب شد (جدول ۴).

افزایش وزن و تعداد گل زعفران در پی کاربرد جداگانه هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید توسط برخی محققان گزارش شده است. برای مثال، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان دادند که تعداد گل در واحد سطح با کاربرد هیومیک اسید افزایش معنی‌داری یافت. هیومیک اسید سبب افزایش وزن بنه دختری می-شود که به معنای داشتن مواد ذخیره‌ای بیشتر در این بنه‌ها برای شروع رشد زعفران در ابتدای فصل رویش است که این امر به‌نوبه خود می‌تواند باعث افزایش تعداد و عملکرد گل در سال بعد شود زیرا بنه‌های درشت نه‌تنها در همان سال اول تولید عملکرد مناسبی می‌کنند، بلکه از طریق بچه‌زایی بیشتر و تولید بنه‌های درشت‌تر، ظرفیت عملکرد مزرعه را برای سال بعد نیز افزایش می-دهند (Aminifard and Ahmadi, 2017). بعلاوه، انصاریان و همکاران (Ansarian et al., 2019) نشان دادند که بیشترین وزن گل در غلظت بالاتر سالیسیلیک اسید (۲ میلی‌مولار) به دست آمد که با غلظت پایین‌تر سالیسیلیک اسید (۱ میلی‌مولار) ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری داشت. افزایش وزن گل در این مطالعه توسط سالیسیلیک اسید می‌تواند با این پدیده توجیه شود که افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی ناشی از تیمار سالیسیلیک اسید، تأثیر مثبتی بر فرآیندهای فتوسنتزی دارد. این امر نیز به‌نوبه خود منجر به آماده‌سازی بیشتر و متعاقباً تولید گیاهی باانداام‌های بزرگ‌تر می‌شود که گل نیز از این قاعده مستثنا نیست (Boatwright & Pajerowska-Mukhtar, 2013).

اثر تیمارها بر طول و وزن (عملکرد) کلاله و خامه

بر اساس مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، بیشترین طول کلاله مربوط به تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید بود که نسبت به شاهد، حدود ۵۲ درصد افزایش ثبت کرد. تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول منجر به

بیشترین وزن تر کلاله (با ۱۳۲ درصد افزایش نسبت به شاهد) و تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال دوم منجر به بیشترین وزن خشک کلاله (با ۳۰۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) شدند (جدول ۳ و ۴).

مشاهدات ما گویای تأثیر معنی‌دار تیمار جداگانه هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آن‌ها (در سطح ۱٪) بر طول خامه بود (جدول ۴-۲) به‌نحوی‌که بیشترین طول خامه درنتیجه اعمال هم‌زمان ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به دست آمد که نسبت به عدم استفاده از آن‌ها (شاهد)، حدود ۷۱ درصد افزایش نشان داد. بیشترین وزن‌تر خامه (با ۱۲۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) با کاربرد تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول و بیشترین وزن خشک خامه (با ۱۰۰ درصد افزایش نسبت به شاهد) با همین ترکیب تیماری در سال دوم حاصل شد (جدول ۳ و ۴).

بررسی اثر متقابل سالسیسلیک اسید و هیومیک اسید نشان داد با افزایش هیومیک اسید در هر یک از سطوح سالیسیلیک اسید طول کلاله افزایش یافته است این میزان افزایش در سطح ۱ میلی مولار سالیسیلک اسید بیشتر از سایر سطوح سالیسیلیک اسید بود این نتایج نشان می دهد با افزایش سطح سالیسیلیک اسید بعد از یک میلی مول روند افزایش طول کلاله کاهش یافته است. در سطح صفر سالیسیلیک اسید با افزایش هیومیک اسید از صفر به ۱۵ کیلوگرم در هکتار طول کلاله ۱۱ درصد افزایش یافت در حالیکه در سطوح یک و دو میلی مول سالیسیلیک اسید این میزان افزایش به ترتیب ۴۷ و ۹ درصد بود. به نظر میرسد اثر سمی افزایش بیش از حد سالیسیلیک اسید که منجر به تخریب و آسیب به سلول‌های گیاهی شود، در آزمایش حاضر باعث کاهش طول کلاله شده باشد.

بررسی ها نشان می دهد که سالیسیلیک اسید (SA) اثرات مثبت و منفی بر رشد زعفران، به ویژه در مورد رشد کلاله دارد. تحقیقات نشان می دهد که در حالی که سالیسیلیک اسید می تواند گلدهی و پارامترهای رشد خاصی را افزایش دهد، ممکن است رشد کلی سلول را در غلظت های بالاتر نیز مهار کند. به عنوان مثال، یک مطالعه نشان داد که ۲ میلی مول سالیسیلیک اسید میزان گلدهی و محتوای کلروفیل را بهبود می بخشد که اثرات مفیدی را بر رشد زعفران نشان می دهد (Khayyat et al., 2018). با این حال، مطالعه دیگری نشان داد که غلظت بالای SA منجر به مهار رشد سلول می شود(Moradi et al.,2020) .

همان‌گونه که در مطالعه اخیر مشاهده شد، وزن کلاله و خامه به‌عنوان صفات مهم زعفران متأثر از هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید، به‌ویژه کاربرد هم‌زمان آن‌ها، بودند. در این راستا، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان دادند که هیومیک اسید اثرات مثبت بر وزن کلاله و خامه در هکتار داشت. وزن کلاله و خامه خشک در هکتار نیز روند مشابه با وزن کلاله و خامه تر نشان داد به‌طوری‌که کاربرد سطوح مختلف هیومیک اسید طی سال اول و دوم سبب افزایش مقدار این شاخص به میزان ۱۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد شد. به نظر می‌رسد که مواد هیومیکی به شکل غیرمستقیم با فراهمی عناصر معدنی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین عناصر کم‌مصرف برای ریشه، بهبود ساختار خاک و درنتیجه افزایش نفوذپذیری بستر به آب‌وهوا، افزایش جمعیت میکروبی خاک، مانند ریزموجودات خاک در جهت افزایش تبادل کاتیونی و توانایی بافری‌کردن pH بستر، سبب افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش راندمان و عملکرد محصول و درنتیجه افزایش عملکرد کلاله می‌شوند (Dalvand et al. 2018). همچنین، انصاریان و همکاران (Ansarian et al., 2019) نشان دادند که بیشترین وزن گل در غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مقدار ۳/۶ میلی‌گرم به دست آمد. pH پایین سالیسیلیک اسید و غلظت کم آن در کنار هم باعث فعال‌سازی پمپ‌های پروتون غشائی و متعاقباً افزایش جذب مواد غذایی و فشار اسمزی می‌شود. درنتیجه، میزان بیوسنتز و اماده‌سازی اندام‌های مختلف زعفران مثل گل و کلاله افزایش می‌یابد. همراه با این افزایش اماده‌سازی، PH اسیدی سالیسیلیک اسید موجب سستی دیواره سلولی شده و زمینه را برای تقسیم و گسترش سلول‌ها فراهم می‌کند (McCue et al., 2020).

اثر تیمارها بر زمان کاشت تا آغاز سبز شدن و زمان کاشت تا آغاز گلدهی

کمترین زمان کاشت تا آغاز سبزشدن درنتیجه اعمال هم‌زمان ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۲۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید به دست آمد که نسبت به شاهد،

حدود ۱۶ درصد کاهش نشان داد، کمترین زمان کاشت تا آغاز گلدهی با تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال اول (با ۱۳ درصد کاهش نسبت به شاهد) و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید در سال دوم (با ۱۹ درصد کاهش نسبت به شاهد) به دست آمد (جدول ۳ و ۴). در خصوص کاهش زمان کاشت تا آغاز سبز شدن و گلدهی با تیمار هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید می‌توان به این مهم اشاره داشت که هیومیک اسید با بهبود جذب عناصر و آب و نیز افزایش مقاومت به شرایط نامساعد محیطی باعث تسریع رشد گیاه، کاهش زمان کاشت تا آغاز سبز شدن و درنهایت افزایش تولید و عملکرد زعفران می‌شود (Aslani et al., 2019). جالب اینکه هیومیک اسید سبب افزایش بقاء باکتری‌های محرک رشد گیاه، افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک مانند کاتالاز و فسفاتاز و تحریک رشد میکوریزهای مفید اطراف ریشه می‌شود (Young et al., 2006). به نظر می‌رسد، اثر هیومیک اسید بر تقویت جامعه میکروبی خاک و حلالیت عناصر خاک به‌طور مستقیم و غیرمستقیم سبب بهبود شرایط رشد و عملکرد زعفران می‌شود.

اثر متقابل تیمارها بر همبستگی صفات اندازه‌گیری شده

آنالیز همبستگی پیرسون نشان داد که روابط معنی‌داری مابین برخی صفات کیفی و کمی زعفران وجود دارد (شکل ۵). از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری مابین وزن خشک کلاله با وزن بنه مادری (r=۰/۷۶) و خواهری (r=۰/۷۴) مشاهده شد؛ درحالی‌که همبستگی منفی و معنی‌داری مابین وزن‌تر خامه با زمان تا سبز شدن (r=۰/۵۶) و گلدهی (r=۰/۴۳) وجود داشت. با لحاظ وزن خشک کلاله به‌عنوان عملکرد زعفران، تجزیه رگرسیون به روش گام‌به‌گام صورت گرفت. همان‌طور که از جدول ۶ پیداست، مهم‌ترین صفات مؤثر بر وزن خشک کلاله زعفران عبارت بودند از وزن بنه مادری، تعداد روز تا گلدهی و وزن بنه‌های خواهری. وزن بنه مادری به‌تنهایی ۰/۷۶ درصد، وزن بنه مادری و تعداد روز تا گلدهی باهم ۰/۸۲ درصد و درنهایت، وزن بنه مادری، تعداد روز تا گلدهی و وزن بنه‌های خواهری باهم ۰/۸۶ درصد واریانس عملکرد زعفران را توجیه کردند. در این راستا امیدبیگی و همکاران (۲۰۰۲) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین اندازه بنه، تعداد و عملکرد گل گزارش کرده‌اند. بررسی‌های دیگر نیز حاکی از وجود همبستگی مثبت بین وزن بنه زعفران با تولید بنه‌های دختری و عملکرد گل می‌باشد (Badiyala et al.1997; Kaushal et al.,2002) همبستگی بالا بین وزن بنه زعفران، سطح برگ و تعداد گل‌های زعفران می‌تواند به چندین عامل مرتبط بستگی داشته باشد. اولاً، وزن بنه تأثیر زیادی بر ویژگی‌های گل‌دهی دارد؛ بنه‌های سنگین‌تر تمایل دارند گل‌های بیشتری تولید کنند و سطح برگ بیشتری داشته باشند که باعث افزایش فتوسنتز و شادابی کلی گیاه می‌شود (Alie et al., 2023). دوماً، مقدار کل نور دریافتی روزانه (TDLI) بر گلدهی و مورفولوژی برگ‌ها تأثیر می‌گذارد و شرایط نوری بهینه باعث افزایش تعداد گل‌ها و سطح برگ می‌شود(Yuan et al.,2023)

علاوه بر این، تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم زعفران نشان می‌دهد که برخی ویژگی‌ها مانند طول کلاله و وزن تازه، به‌طور مثبت با بازده گل‌ها همبستگی دارند (Fazil et al.,2024) درنهایت، رابطه بین سطح برگ و تولید گل بسیار مهم است، زیرا برگ‌های بزرگ‌تر می‌توانند فعالیت فتوسنتزی بیشتری را پشتیبانی کنند که به افزایش تولید گل منجر می‌شود (Alie et al., 2023). بااین‌حال، باید در نظر داشت که عوامل محیطی مانند نور و دما نیز می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر این همبستگی‌ها تأثیر بگذارند که ممکن است منجر به تغییرات در تولید گل در شرایط مختلف شوند.

جدول ۲. وزن بنه‌های دختری و وزن‌تر برگ اکو تیپ تربت‌حیدریه زعفران تحت تیمار هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید. برای صفات مندرج در این جدول، اثر تیمار اول و دوم با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

Table 2. The Total weight of cormels and the fresh weight of leaves of the saffron ecotype Torbat Heydarieh under the treatment of humic acid and salicylic acid. For the traits listed in this table, the effect of the first and second treatments using one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multi-domain test at the 5% level

سالیسیلیک اسید (میلی مولار) Salicylic acid (mM)	متوسط وزن بنه‌های دختری (گرم) TWCl (g)	وزن‌تر برگ (گرم در بوته) LFW (g/plant)
0	8.57^{c}	113.08^{c}
1	10.54^{b}	126.41^{a}
2	12.29^{a}	134.89^{a}
هیومیک اسید (kg/ha)		
0	9.19^{b}	113.61^{b}
5	10.26^{ab}	127.79^{a}
10	10.62^{ab}	128.93^{a}
15	11.78^{a}	128.85^{a}

حروف مشابه، گویای عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد است.

Similar letters indicate no significant difference in Duncan's multi-range test at the 5% level.

جدول ۳. وزن کل بنه، طول کلاله، طول خامه و زمان کاشت تا آغاز سبز شدن اکوتیپ تربت‌حیدریه زعفران تحت تیمار کاربرد خاکی هیومیک اسید و پیش تیمار سالیسیلیک اسید. برای صفات مندرج در این جدول، اثر تیمار اول و دوم و اثر متقابل آن‌ها با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون چنددامنه‌ای دانکن.

Table 3. Total weight of corm, length of stigma, length of Style and time of planting until the beginning of greening of the ecotype Terbet Heydarieh saffron under the treatment of soil application of humic acid and pretreatment of salicylic acid. For the traits listed in this table, the effect of the first and second treatments and their interaction using one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multi-domain test at the 5% level

سالیسیلیک اسید (میلی مولار) Salicylic (mM)	هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic (kg/ha)	متوسط وزن کل بنه (گرم) TWC (gr.)	طول کلاله (میلی‌متر) S.L(mm)	طول خامه (میلی‌متر) St.L. (mm)	روز تا جوانه زدن (روز) DB(Days)
0	0	12.43^{e}	18.98^{f}	29.32^{f}	141.11^{a}
	5	14.94^{dc}	20.29^{ef}	38.32^{cd}	139.17^{ab}
	10	14.83^{dc}	19.36^{f}	34.34^{de}	137.12^{ab}
	15	16.25^{dc}	21.07^{ef}	38.26^{cd}	133.75^{abc}
1	0	15.41^{dc}	19.44^{f}	31.87^{ef}	146.31^{a}
	5	23.88^{b}	26.52^{abc}	40.60^{bc}	141.89^{a}
	10	17.7^{c}	23.94^{cde}	34.27^{de}	126.24^{bcd}
	15	24.24^{ab}	28.76^{a}	50.16^{a}	143.89^{a}
2	0	15.17^{dc}	21.92^{def}	34.95^{de}	137.71^{ab}
	5	28.93^{a}	24.95^{bcd}	41.99^{bc}	120.01^{cd}
	10	25.44^{ab}	28.07^{ab}	40.82^{bc}	118.10^{d}
	15	27.83^{ab}	24.02^{cde}	43.64^{b}	126.05^{bcd}

حروف مشابه، گویای عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد است.

Similar letters indicate no significant difference in Duncan's multi-range test at the 5% level.

جدول ۴- تعداد بنه‌های دختری، طول برگ، وزن خشک، تعداد و وزن گل، وزن تر و خشک کلاله، وزن تر و خشک خامه و زمان کاشت تا آغاز گلدهی اکوتیپ تربت‌حیدریه زعفران تحت تیمار خاکی هیومیک اسید و پیش تیمار سالیسیلیک اسید. برای صفات مندرج در این جدول، اثر تیمار اول و دوم و اثر متقابل آن‌ها به همراه اثر "سال* هیومیک اسید* سالیسیلیک اسید" با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون چنددامنه‌ای دانکن.

Table 4- The number of replacement corms, leaf length, dry weight, number and weight of flowers, wet and dry weight of stigma, wet and dry weight of Style, and planting time until the beginning of flowering of the ecotype of Turbat Heydarieh saffron under humic acid soil treatment and pre- Salicylic acid treatment. For the traits listed in this table, the effect of the first and second treatment and their interaction with the effect of "year* humic acid* salicylic acid" using one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multi-domain test at the 5% level

سال	سالیسیلیک اسید (میلی مولار)	هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار)	تعداد بنه‌های دختری در هر کلون	طول برگ (میلی‌متر)	وزن خشک برگ (گرم)	تعداد گل	وزن گل (گرم)	عملکرد کلاله تازه(گرم)	عملکرد کلاله خشک	عملکرد خامه تازه	عملکرد خامه خشک	زمان کاشت تا آغاز گلدهی
								گرم در متر مربع				
Year	Salicylic (mM)	Humic (kg/ha)	Cl.n.	LL(mm)	LDW(g)	FN	FW(g)	YFS(g)	YDS(g/m^2)	YFSt(g/m^2)	YDSt(g/m^2)	DB(Days)
1	0	0	1.70 $^{i-l}$	110.51^{cd}	21.75^{e-i}	20.62^{f-i}	11.79^{k}	313.81^{k}	20.97^{m}	0.34^{j-l}	0.213^{i-l}	148.01^{abc}
		5	1.91^{g-k}	131.78^{a-d}	17.27^{i}	17.60^{ghi}	19.77^{e-h}	350.37^{jk}	23.50^{lm}	0.36^{g-l}	0.23^{h-l}	138.38b^{cde}
		10	1.84^{h-l}	123.83^{a-d}	23.76^{d-g}	15.32^{i}	22.68^{de}	326.15^{jk}	26.79^{klm}	0.36^{g-l}	0.23^{h-l}	151.09^{ab}
		15	2.12^{f-i}	124.38^{a-d}	21.16^{fghi}	21.56^{d-i}	16.53^{g-j}	495.42^{ef}	28.70^{jkl}	0.32^{jkl}	0.263^{e-j}	139.28^{abcde}
	1	0	1.47^{k-n}	102.99^{d}	18.75^{hi}	19.49^{ghi}	13.41^{jk}	354.63^{ghi}	30.71^{ijk}	0.28^{kl}	0.24^{g-l}	152.52^{ab}
		5	2.06^{f-j}	139.70^{a-c}	28.87^{bc}	24.26^{c-g}	27.62 ^{bc}	334.45^{jk}	39.19^{efg}	0.61^{bc}	0.203^{kl}	124.50^{defg}
		10	1.17^{mn}	132.10^{a-d}	22.73^{d-h}	27.97^{b-e}	18.14^{fghi}	436.52^{f-i}	45.85^{de}	0.45^{efg}	0.253^{f-k}	124.75 ^{defg}
		15	2.28^{e-h}	144.71^{ab}	19.69^{ghi}	35.75^{a}	33.61^{a}	508.187 ^{ef}	37.68^{egh}	0.53^{cde}	0.30^{def}	138.93^{bcde}
	2	0	2.91^{b-d}	118.94^{b-d}	28.52^{bc}	28.39^{bcd}	14.54^{ijk}	497.85^{ef}	29.79^{i-l}	0.36^{g-l}	0.29^{d-g}	141.75^{abcd}
		5	2.39^{e-g}	152.88^{a}	18.88^{hi}	23.08^{c-h}	14.33^{ijk}	482.18^{efg}	50.46^{ijk}	0.55^{cd}	0.286^{d-h}	113.38^{g}
		10	3.53^{a}	147.35^{a}	26.15^{cde}	29.01^{abc}	20.10^{efg}	688.70^{ab}	52.16^{cd}	0.66^{ab}	0.37^{abc}	116.63 ^{fg}
		15	3.30^{ab}	148.77^{ab}	38.87^{a}	22.27^{c-h}	22.99^{de}	726.28^{a}	67.59^{b}	0.75^{a}	0.336^{bcd}	129.54^{a}
2	0	0	1.06^{n}	103.63^{d}	19.48^{ghi}	17.72^{ghi}	13.41^{jk}	475.48^{efg}	19.99^{m}	0.28^{l}	0.200^{kl}	134.22 ^{bcdef}
		5	1.56^{l-n}	125.70^{a-d}	21.98 $^{d-h}$	22.74^{ch}	20.46^{d-g}	369.62 $^{h-k}$	25.61 ^{klm}	0.34 $^{i-l}$	0.19 ^{l}	139.96^{abcd}
		10	2.78^{c-e}	126.84^{a-d}	18.21^{hi}	19.21^{ghi}	20.47^{d-g}	437.32^{fghi}	30.84^{h-k}	0.37^{g-l}	0.216 ^{ijkl}	123.15^{defg}
		15	2.47^{d-f}	123.40 $^{a-d}$	20.82^{ghi}	19.54^{ghi}	24.63^{cd}	489.83^{ef}	32.10^{h-k}	0.38^{g-j}	0.266^{efghi}	128.23^{cdefg}
	1	0	2.71^{c-e}	120.37^{bcd}	22.62 $^{d-h}$	16.94^{hi}	15.47^{h-k}	543.29^{de}	32.23^{h-k}	0.30^{jkl}	0.23^{h-l}	140.10^{abcd}
		5	2.52^{d-f}	142.32^{ab}	26.46^{bcd}	23.98^{c-g}	23.56^{cde}	446.73^{fgh}	35.69^{f-i}	0.44^{g-f}	0.69^{f-i}	159.27^{a}
		10	1.49^{k-n}	120.37^{bcd}	30.86^{b}	26.93^{b-f}	29.54^{ab}	641.76^{bc}	42.38^{ef}	0.37^{g-l}	0.206 ^{jkl}	127.73 ^{cdefg}
		15	3.09^{abc}	130.07^{a-d}	19.29^{ghi}	21.32^{e-i}	22.63^{de}	593.31 ^{cd}	53.61^{c}	0.50^{def}	0.23^{h-l}	147.57^{abc}
	2	0	1.33^{l-n}	136.24^{abc}	25.69^{c-f}	22.98^{abc}	30.14^{ab}	661.22^{abc}	33.99^{g-j}	0.38^{g-k}	0.38 ^{ab}	133.64^{defg}
		5	1.67^{i-m}	146.30^{ab}	22.25^{d-h}	17.36^{ghi}	21.17^{def}	384.23 $^{h-k}$	71.92^{b}	0.43^{f-i}	0.376 ^{abc}	126.43^{fghi}
		10	3.12^{a-c}	120.04^{bcd}	39.53^{a}	31.87^{ab}	21.12 ^{def}	372.78^{h-k}	73.47^{b}	0.48^{def}	0.31^{def}	119.57^{efg}
		15	2.05^{f-j}	150.86^{a}	21.86^{d-i}	27.20^{b-f}	17.33^{f-j}	398.30 $^{g-j}$	82.42^{a}	0.38^{g-j}	0.40^{a}	122.55 ^{defg}

حروف مشابه در هر ستون، گویای عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد است.

Similar letters indicate no significant difference in Duncan's multi-range test at the 5% level.

جدول ۵. نتایج همبستگی پیرسون بین صفات در اکوتیپ تربت‌حیدریه زعفران تحت تیمار هیومیک اسید و سالیسیلیک‌اسید

Table 5. Results of Pearson's correlation between traits in the ecotype of saffron, Heidarieh Torbat, under the treatment of humic acid and salicylic acid.

همبستگی	وزن کل بنه	تعداد بنه‌های دختری	وزن کل بنه‌های دختری	طول برگ	وزن خشک برگ	وزن‌تر برگ	تعداد گل	وزن گل	طول کلاله	عملکرد کلاله تازه	عملکرد کلاله خشک	طول خامه	عملکرد خامه تازه	عملکرد خامه خشک	روز تا جوانه‌زنی	روز تا گلدهی
	TW.C	Cl n.	TW.cl.	LL	LDW	LFW	Fn	FW	SL	YFS	YDS	StL	YFSt	YDSt	DB	DF
TW.C	1															
Cl n.	0.54**	1														
TW.cl	0.73**	0.51*	1													
LL	0.69**	0.28	0.53**	1												
LDW	0.43*	0.38	0.59**	0.19	1											
LFW	0.68**	0.56**	0.71**	0.43*	0.49*	1										
Fn	0.38	0.26	0.48*	0.37	0.40	0.42*	1									
FW	0.26	0.04	0.42*	0.49*	0.27	0.21	0.36	1								
SL	0.63**	0.21	0.63**	0.55**	0.35	0.70**	0.71**	0.58**	1							
YFS	0.31	0.39	0.30	0.37	0.32	0.25	0.23	0.33	0.12	1						
YDS	0.76**	0.37	0.74**	0.6**	0.45*	0.72**	0.37	0.13	0.63**	0.20	1					
StL	0.54**	0.44*	0.61**	0.62**	0.08	0.65**	0.42*	0.42*	0.63**	0.22	0.45*	1				
YFSt	0.68**	0.58**	0.60**	0.69**	0.49*	0.73**	0.42*	0.37	0.57**	0.44*	0.55**	0.73**	1			
YDSt	0.58**	0.29	0.53**	0.60**	0.28	0.36	0.37	0.17	0.43*	0.36	0.68**	0.27	0.41*	1		
DB	-0.40*	-0.40	-0.44*	-0.44*	-0.35	-0.44*	-0.35	-0.321	-0.24	-0.39	-0.29	-0.51*	-0.56**	-0.25	1	
DF	-0.34	-0.18	-0.25	-0.47*	-0.22	-0.37	-0.32	-0.08	-0.35	-0.22	-0.53**	-0.27	-0.43*	-0.31	0.48*	1

علامت اختصاری: وزن کل بنه (TW.C)؛ تعداد کورمل (Cormel)؛ وزن کل کورمل (TW.c)؛ طول برگ (LL)؛ وزن خشک برگ (LDW)؛ وزن‌تر برگ (LFW)؛ تعداد گل (Fn)؛ وزن گل (FW)؛ طول کلاله (SL)؛ بازده کلاله تازه (YFS)؛ عملکرد کلاله خشک (YDS)، طول خامه (Stl)؛ بازده خامه تازه (YFSt)؛ بازده خامه خشک (YDSt)؛ روزهای تا جوانه زدن (DB)؛ روزهای تا گلدهی (DF).

Abbreviation: Total weight of corm (TW.C); Number of cormel (Cormel); Total weight of cormel (TW.c); Leaf length (LL); Leaf dry weight (LDW); Leaf fresh weight (LFW); Number of flower (Fn); Flower weight (FW); Stigma length (SL); Yield of fresh stigma (YFS); Yield of dry stigma (YDS); Style length (Stl); Yield of fresh style (YFSt); Yield of dry style (YDSt); Days to budding (DB); Days to flowering (DF).

جدول ۶. مهم‌ترین صفات مؤثر بر وزن خشک کلاله زعفران حاصل از آنالیز رگرسیون خطی گام‌به‌گام (Stepwise)

Table 6. The most important traits affecting dry weight of saffron stigma obtained from Stepwise linear regression analysis.

مدل‌ها Models	R^2 تعدیلی Adjusted R^2	متغیرها در هر مدل variables in each model	نتایج رگرسیون (Regression results)		
			ضریب رگرسیونی Regression (R) coefficient	Beta	آزمون ضریب رگرسیونی (t) Regression coefficient test
1*	0.76	ثابت(constant)	−0.97	0.76	0.22**
		وزن بنه مادری(cormel weight)	2.13		8.75
2*	0.82	ثابت(constant)	66.02	--	−2.46*
		وزن بنه مادری(corm weight)	1.84	0.66	8.32**
		تعداد روز تا گلدهی(days to flowering)	−0.46	−0.31	2.99*
3*	0.86	ثابت(constant)	48.74	--	−3.92
		وزن بنه مادری(corm weight)	1.05	0.38	7.93*
		تعداد روز تا گلدهی(days to flowering)	−0.45	−0.31	3.78*
		وزن بنه‌های خواهری(weight of cormels)	3.11	0.38	2.77*

*: گویای معنی‌داری هر یک از مدل‌ها بر اساس آزمون F است؛ R^2 تعدیلی: گویای میزان توجیه عملکرد زعفران (وزن خشک کلاله) است.

*: indicates the significance of each model based on the F test; Adjusted R^2: It shows the degree of confirmation of saffron yield (dry weight of stigma).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید تأثیرات قابل توجهی بر رشد و گلدهی زعفران دارند. مشخصاً، این ترکیبات باعث کاهش معنی‌دار مرحله رشد رویشی و گلدهی زعفران شدند. این نتیجه به این معناست که استفاده از این ترکیبات می‌تواند بهبودهای قابل توجهی در صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی زعفران ایجاد کند، که نهایتاً به افزایش تعداد و کیفیت بنه‌های خواهری و عملکرد گیاه منجر می‌شود.

همچنین، این مطالعه نشان داد که هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر باعث افزایش تعداد و وزن بنه‌های خواهری، طول و وزن برگ، تعداد و وزن گل، طول و وزن کلاله و طول و وزن خامه می‌شوند. این یافته‌ها بیانگر اهمیت استفاده از این ترکیبات در بهبود عملکرد زعفران است؛ به عبارت دیگر، این ترکیبات می‌توانند به طور هم‌افزا باعث بهبود ویژگی‌های مختلف گیاه شوند و نهایتاً به افزایش تولید و کیفیت زعفران کمک کنند.

علاوه بر تأثیرات فردی، این ترکیبات تأثیر هم‌افزائی نیز بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی زعفران دارند. این تأثیرات هم‌افزائی نشان می‌دهد که استفاده همزمان از هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید می‌تواند نتایج بهتری نسبت به استفاده از هر کدام از این ترکیبات به تنهایی داشته باشد. این مسئله اهمیت ترکیب استفاده از این ترکیبات در کشت زعفران را برجسته می‌کند.

در نهایت، این یافته‌ها می‌تواند به تدوین راهکارهای به‌زارعی برای افزایش عملکرد زعفران کمک کند. استفاده از هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید در مدیریت کشت زعفران می‌تواند به بهبود عملکرد و کیفیت محصول کمک کرده و در نتیجه، کشاورزان را به سمت استفاده از این ترکیبات هدایت کند. این راهکارها می‌توانند به پایداری و بهبود عملکرد کشت زعفران کمک کنند و نهایتاً منجر به افزایش تولید و کیفیت محصول نهایی شوند.

منابع

Ahmadi, F. & Aminifard, M. (2018). Effects of Foliar Spraying Humic Acid on Some Morphological Characteristics and Flower Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 6(1): 17-26. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22077/jsr.2017.540.1021.

Ahmadi, F., Aminifard, M.H., Khayyat, M. & Samadzadeh, A.R. (2018). Effects of humic acid and corm density on saffron yield and yield components in the second year. Saffron Agronomy and Technology 6(2):197-207. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22048/jsat.2017.74532.1212.

Akhondzadeh, S. (2020). *Crocus sativus* (saffron), an Herb with a History as Long as the History of Iran with Psychotropic Effects. J. Med. Plants 15(58): 1-6. (In Persian with English Summary). http://dx.doi.org/10.18502/jimc.v4i2.6457

Al-Hatem, J. (2023).New Effect of Treatment with Yeast Extract and Salicylic Acid on Trigonella Foenum-graecum l Plant Growth. Seedling. Basrah journal of science, doi: 10.29072/basjs.20230308

Alie, B., Khan, M., Nisar, H., Dar, G., Hassan, M., Shabir, A., Dar, A., Lone., A., Azra, K., Uzma, F., Mohammed Anwar, A. & Arif, Hussain, B. (2023). Cost-effective saffron production system module for corm weight and planting density. Journal of Innovative Agriculture,doi:10.37446/jinagri/rsa/10.2.2023.36-46

Aminifard, M. & Ahmadi, F. (2018). Study on effects of foliar spraying and soil application of humic acid on vegetative characteristics and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Electronic Journal of Crop Production 11(2)" 123-132. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22069/ejcp.2018.12689.1992.

Ampong., K. Malinda, S., Thilakaranthna., L. & Gorim.Y. (2022). Understanding the Role of Humic Acids on Crop Performance and Soil Health. Frontiers in agronomy, doi: 10.3389/fagro.2022.848621

Ansariyan, S., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., Soltani, E. (2020). Effects of Salicylic Acid and Application Methods on Daughter Corm Yield and Physiological Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 6(2): 203-218. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22077/jsr.2018.1290.1051.

Ansaryan, S., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M. & Soltani, E. (2019). Effect of Corm Priming with Salicylic Acid and Mother Corm Weight on Flowering and Qualitative Characteristics of Saffron Stigma. Saffron Agronomy and Technology 7(1): 41-53. (In Persian with English Summary).

https://doi.org/10.22048/jsat.2018.96404.1254.

Arivazhagan. C, R., Senthilvalavan, K.& Natarajan. P., S. (2024). Humic acid: sources, extraction methods and its application effects on rice crop –a mini-review. 244-259. doi: 10.58532/v3bcag22ch20

Aslani, S., Barzegar, T.& Nikbakht, J. 2019. Effect of Humic Acid on Physiological and Biochemical Indices and Yield of Tomato under Deficit Irrigation. Journal of Crops Improvement 21(2): 221-232. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22059/jci.2019.272278.2137.

Aylaj, A., Sisouane, M., Tahiri. S. & El Krati., M. (2023). Effects of Humic Acid Extracted from Organic Waste Composts on Turnip Culture (*Brassica rapa subsp. rapa*) in a Sandy Soil. Journal of Ecological Engineering, doi: 10.12911/22998993/163510

Badiyala, D. & K. Saroch. (1997). Effect of seed corm size and planting geometry on saffron (*Crocus sativus* L.) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. Indian Perfumer. 41: 167-169

Bera, B., Bokado, K.& Barkha, S. (2024). Effect of Humic Acid on Growth, Yield and Soil Properties in Rice: A Review. doi: 10.9734/ijpss/2024/v36i64603

Boatwright, J.L.& Pajerowska-Mukhtar, K. (2013). Salicylic acid: an old hormone up to new tricks. Mol Plant Pathol 14: 623–634. https://doi.org/10.1111/mpp.12035.

Dalvand, M., Solgi, M.& Khaleghi, A. (2018). Effects of Foliar Application of Humic Acid and Drought Stress on Growth and Physiological Characteristics of Marigold (Taget Erecta). Soil and Plant Interactions, 9(2): 67-79. (In Persian with English Summary). http://dx.doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.67.

de, Souza, A., Lopes, F., Lázaro, O., Pereira, E. Peres., A., Piccolo. & Canellas. P. (2022). Plant hormone crosstalk mediated by humic acids. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, doi: 10.1186/s40538-022-00295-2C

Fazil, S., Asif ,M., Iqbal, M. D., Sofi, SS., Mahdi, Jeelani, F., MH Khan, NA. Dar, GH., Mir, Asif, B., Shikari, S., Bangroo, Soliha. M. & Tanveer A. A. (2024). Estimation of Genetic Variability in Saffron (*Crocus Sativus* L.) Germplasm for Morphological and Quality Traits". Journal of Scientific Research and Reports 30 (6):745-63. https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i62092.

Ghoddusi, H., Koocheki, A., Varidi, M., & Bolandi, M. (2014). Seventy Years of Research on Saffron (*Crocus Sativus* L.) In Iran: A Review. Iranian Journal of Field Crops Research 1(2): 217-247.

Jabari, M., Khayat, M., Falahi, H. & Samadzadeh, A. (2016). The effect of pretreatment of mother corm with different levels of salicylic acid and potassium nitrate on the performance of flower, corm and chlorophyll fluorescence indicators of saffron. Saffron Agriculture and Technology, 5(1), 21-35. doi: 10.22048/jsat.2017.38893

Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H. and Samadzadeh, A. (2018). Effects of Foliar Application of Salicylic Acid and Potassium Nitrate on Chlorophyll Content, Electrolyte Leakage and Daughter Corm Growth of Saffron (*Crocus Sativus* L.). Journal of Saffron Research 6(1): 27-49. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22077/jsr.2017.613.1022.

Kaushal, S.K. & Upadhyay, R. G. (2002). Studies on variation in corm size and its effect on cormel production and flowering in *Crocus sativus* L. under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. Research On Crops. 3: 126-128

Khayyat., M., Mani, A. Jabbari., H.R. & Fallahi, A., 2018. Effects of Corm Dipping in Salicylic Acid or Potassium Nitrate on Growth, Flowering, and Quality of Saffron. Journal of Horticultural Research, doi:10.2478/JOHR-2018-0002

Koocheki, A., Fallahi, H., Amiri, M., & Ehyaei, H. (2015). Effects of Humic Acid Application and Mother Corm Weight on Yield and Growth of Saffron (*Crocus Sativus* L.). Agroecology 7(4): 425-442. (In Persian with English Summary)

Li, A., Sun., X. & Liu. L. (2022). Action of Salicylic Acid on Plant Growth. Frontiers in Plant Science, doi: 10.3389/fpls.2022.878076

Liehn, M. (2022). Simple Organic Acids as Plant Biostimulants. doi: 10.1007/978-981-16-7080-0_4

Lin, X., Huang, J. & Yang., E. (2023). The role of Salicylic acid on plant growth and longevity. doi: 10.14293/pr2199. 000235.v1

McCue, P., Zheng, Z., Pinkham, J.L., and Shetty, K., (2020). A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. Proc. Biochem 35: 603-613. https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00111-9.

Moradi., A., Zarinkamar., F. Domenico., S. Giovanni, M. Pietro, G. Di, Sansebastiano. & Caretto.S. (2020). Salicylic Acid Induces Exudation of Crocin and Phenolics in

Saffron Suspension-Cultured Cells. doi: 10.3390/PLANTS9080949

Moradi, R. & Pourghasemian, N. (2018). Effect of Salicylic Acid Application on Mitigating Impacts of Drought Stress in Marigold (*Calendula Officinalis* L). Water and Soil Science (Agricultural Science) 28(2): 15-28. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22067/jag.v7i4.53822.

Nardi, S., Concheri, G., & Dell'Agnola G. (2010). Biological activity of humic substances. In: Piccolo, A., (Ed.), Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Elsevier, Amsterdam 361–406. https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50010-4.

Omidbeighi, R., Ramezani, A., Sadeghi, B., & Zyaratnia, M. (2002). The effect of corm weight on saffron yield in neighbor conditions. National conference of saffron, Iran.

Young, C.C., Rekha, P., Lai, W.A., & Arun, A.(2006). Encapsulation of plant growth-promoting bacteria in alginate beads enriched with humic acid. Biotechnology and Bioengineering 95: 76-83. DOI: 10.1002/bit.20957

Yuan, Q., Pei, W., Zhang, X., Li, F., Han, Q., & Zhang, S. (2023). Effects of total daily light integral from blue and broad-band red LEDs on flowering of saffron (*Crocus sativus* L.). Scientific Reports, 13, 7175. https://doi.org/10.1038/s41598-023-34424-0

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/)