



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 Hosseini¹, Barmak Jafari^{2*}, Hamidreza Miri³, Abdolreza Jafari⁴

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.jafari@iau.ac.ir

Received: 14 August 2024, **Revised:** 15 september 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

doi 10.22077/jsr.2024.8036.1239

مقاله پژوهشی

تاثیر هم‌افزایی 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@iaau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵؛ 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 میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵ کیلوگرم هیومیک اسید بود. همبستگی پیرسون مثبت و معنی‌داری مابین وزن خشک کلاله با وزن بنه (بنیه) مادری ($r = 0.76$) و خواهری ($r = 0.74$) مشاهده شد؛ درحالی‌که همبستگی منفی و معنی‌داری مابین وزن تر خامه با زمان تا سبزشدن ($r = 0.56$) و گلدهی ($r = 0.43$) 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 میلی‌مول سالیسیلیک و ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید بهترین نتیجه را بر عوامل مورد مطالعه در این بررسی داشت.

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



مقدمه

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 به عنوان 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 به عنوان 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 کلالة تر و خشک می‌شود به طوری که بیشترین عملکرد کلالة تر و خشک (۰/۷ و ۰/۲۹ 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 کلالة 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 به منظور 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 نه تنها 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).

زعفران، به عنوان گران‌بهارترین ادویه جهان، ارزش صادراتی بالایی برای ایران، به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده آن، دارد. علیرغم افزایش سطح زیر کشت این گیاه با ارزش 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 از جمله 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). از این رو، انتخاب شرایط زراعی مطلوب، گزینش ژنوتیپ‌ها با ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ژنتیکی مطلوب و در نهایت 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 به عنوان 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، به طور قابل توجهی بر رشد گیاه از طریق مکانیسم‌های مختلف فیزیولوژیکی تأثیر می‌گذارد این ترکیبات طبیعی جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهند و 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

گرم و خشک و زمستان‌های سرد است. ارتفاع شهر مروست از سطح دریا، ۱۵۴۷ متر می‌باشد.

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

بنه‌های زعفران مورد استفاده 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 پیش تیمار شدند. پیش تیمار 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

سالیسیلیک اسید بر تقسیم و گسترش سلول تأثیر می‌گذارد و منجر به بهبود ارتفاع و زیست‌توده گیاهی می‌شود، (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 پاتوژن 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 در روش 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 کلالة (۴۵/۱ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین وزن تر گل (۵۹/۵ کیلوگرم در هکتار) می‌شود. بعلاوه، بیشترین ماده مؤثره پیکروکروستین و سافرانال، مربوط به تیمار پرایمینگ بنه با ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود، درحالی‌که میزان کروسین در تیمار پرایمینگ بنه با ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک بیشتر بود.

بنابراین، این مطالعه باهدف تعیین اثر هم‌زمان کاربرد خاکی هیومیک اسید و پیش تیمار 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

اثرات تنظیم‌کنندگی آن‌ها بر روی بنه‌ها و تولید گیاهان قوی‌تر بنه‌های دخترتری 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، وزن تر و خشک برگ تعیین شدند. طول برگ با خط‌کش برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. گل: هم‌زمان با شروع گل‌دهی، تعداد گل در واحد سطح شمارش و وزن تر 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، وزن تر 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 تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت اسپلیت پلات 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 مورد مطالعه و سالیسیلیک (به‌جز وزن کل بنه‌های دخترتری) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل سالیسیلیک و هیومیک اسید بر تعداد بنه‌های دخترتری، 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 تأثیر 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 می‌باشد 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 تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل‌های زعفران نداشته است.

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

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

روی افزایش تعداد بانه و روش‌های زراعی و اصلاحی تولید بانه‌های درشت‌تر و دارای ذخیره غذایی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این موضوع، تیمار هم‌زمان دو ترکیب از طریق تولید بانه‌هایی با وزن بیشتر، این امکان را در اختیار ما بگذارد تا بانه‌های دختری که برای بذرگیری برداشت و نگهداری می‌شوند، از قوت بیشتری برای تولید زعفران برخوردار باشند. اثرات مثبت هیومیک اسید بر وزن کل بانه 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 بانه‌های خواهری در غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مقدار حدودی ۴ گرم مشاهده شد که با تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از نظر آماری اختلافی نداشت. به نظر می‌رسد که تیمار سالیسیلیک اسید نیز به‌نوبه خود با تغییر در تعادل هورمونی و افزایش سطح هورمون‌های سیتوکینین و اکسین سبب تحریک تقسیم سلولی و در نتیجه افزایش وزن بانه‌ها می‌شود (Moradi et al., 2018).

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 بانه‌های 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 بانه افزایش یافت همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش سطح سالیسیلیک اسید از صفر به دو میلی‌مول تاثیر هیومیک اسید بر متوسط وزن بانه 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 میلی‌مول سالیسیلیک اسید متوسط وزن بانه 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 بانه زعفران می‌شود. آن‌ها پیشنهاد کردند که جهت بهبود عملکرد زعفران بهتر است بر روی بهبود صفات مربوط به تک بانه تمرکز شود (به‌جای تمرکز

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و فنولوژیک 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 Heydariyeh under the treatment of humic acid and salicylic acid

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن کل بانه	تعداد بانه‌های دختری	وزن کل بانه‌های دختری	طول برگ	وزن خشک برگ	وزن تر 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.	D.F.	TWC	Cl n.	TWCl	LL	LDW	LFW	Fn	FW	SL	YFS	YDS	StL	YFSst	YDSst	DB	DF
سال	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*
Y.																	
سال × باغ	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
Y. × Rep																	
هیومیک اسید	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**
Humic																	
سال × هیومیک	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*
Y. × Humic																	
خطا	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
Error																	
سالیسیلیک اسید	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**
Salicylic																	
سال × سالیسیلیک	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*
Y. × Salicylic																	
هیومیک × سالیسیلیک	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*
Humic × Salicylic																	
سال × هیومیک × سالیسیلیک	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*
Y × Humic × Salicylic																	
خطا	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
Error																	
ضرب تیریات	-	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 (TWC); 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 (YFSst); Yield of dry style (YDSst); 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, respectively significant at the five and one percent probability level.

اثر تیمارها بر طول، وزن تر و خشک برگ

اثر مثبت هم‌افزایی هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر طول، وزن تر 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 محلول‌پاشی 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 می‌شود 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 درشت‌تر 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 می‌دهند (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) از نظر 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 با اندام‌های 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

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). همان گونه که در مطالعه اخیر مشاهده شد، وزن کلاله و خامه به عنوان صفات مهم زعفران متأثر از هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید، به ویژه 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 تر نشان در هکتار نیز روند مشابه با وزن کلاله و خامه تر نشان داد به طوری که 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 در نتیجه افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، افزایش جمعیت میکروبی خاک، مانند ریزموجودات خاک در جهت افزایش تبادل کاتیونی و توانایی بافری کردن pH بستر، سبب افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش راندمان و عملکرد محصول و در نتیجه 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 فعال سازی پمپ‌های پروتون غشائی و متعاقباً افزایش جذب مواد غذایی و فشار اسمزی می‌شود. در نتیجه، میزان بیوسنتز و آماده‌سازی اندام‌های مختلف زعفران مثل گل و کلاله افزایش می‌یابد. همراه با این افزایش آماده‌سازی، 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 سبز شدن در نتیجه 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

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) به نحوی که بیشترین طول خامه در نتیجه 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 وزن تر 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 سالیسیلیک 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 میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشتر از سایر سطوح سالیسیلیک اسید بود این نتایج نشان می‌دهد با افزایش سطح سالیسیلیک اسید بعد از یک میلی‌مول 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 میلی‌مول 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. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید (SA) اثرات مثبت و منفی بر رشد زعفران، به ویژه در مورد رشد کلاله دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که در حالی که سالیسیلیک اسید می‌تواند گلدهی و پارامترهای رشد خاصی را افزایش دهد، ممکن است رشد کلی سلول را در غلظت‌های بالاتر نیز مهار کند. به عنوان مثال، یک مطالعه نشان داد که ۲ میلی‌مول سالیسیلیک اسید میزان گلدهی و محتوای کلروفیل را بهبود می‌بخشد که اثرات مفیدی را بر رشد زعفران

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 امیدبینگی 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 ژرم‌پلاس 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). با این حال، 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.

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 ($r^2=0/76$) و خواهری ($r^2=0/74$) مشاهده شد؛ درحالی‌که همبستگی منفی و معنی‌داری مابین وزن‌تر خامه با زمان تا سبز شدن ($r^2=0/56$) و گلدهی ($r^2=0/43$) 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

جدول ۲. وزن بنه‌های دختری و وزن تر برگ آکو 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)	وزن تر برگ (گرم در بوته) LFW (g/plant)
0	8.57 ^a	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، گویایی 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 تربت حیدریه 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 یک طرفه (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 (میلی متر) S.L.(mm)	طول خامه (میلی متر) 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 معنی دار 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 خامه و زمان کاشت تا آغاز گلدهی اکوتیپ تربت حیدریه 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 یک طرفه (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) Salicylic (mM)	هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic (kg/ha)	تعداد بنه‌های دختری در هر کلون C.l.n	طول برگ (میلی متر) LL(mm)	وزن خشک برگ (گرم) LDW(g)	تعداد گل FN	وزن گل (گرم) FW(g)	عملکرد کلاله تاز (گرم) YFS(g)	عملکرد کلاله خشک YDS(g/m ²)	عملکرد خامه تازه گرم در متر مربع YFSt(g/m ²)	عملکرد خامه خشک YDSt(g/m ²)	زمان کاشت تا آغاز گلدهی DB(Days)
1	0	0	1.70 ⁱ⁻ⁱ	110.51 ^{cd}	21.75 ^{e-i}	20.62 ^{f-i}	11.79 ^k	313.81 ^k	20.97 ^m	0.34 ^{i-l}	0.213 ^{i-l}	148.01 ^{abc}
		5	1.91 ^k	131.78 ^{a-d}	17.27 ⁱ	17.60 ^{gh}	19.77 ^{e-h}	350.37 ^{jk}	23.50 ^{lm}	0.36 ^{g-l}	0.23 ^{b-l}	138.38 ^{bcd}
		10	1.84 ^h	123.83 ^{a-d}	23.76 ^{d-g}	15.32 ⁱ	22.68 ^{de}	326.15 ^{kl}	26.79 ^{klm}	0.36 ^{g-l}	0.23 ^{b-l}	151.09 ^{ab}
		15	2.12 ^{f-i}	124.38 ^{a-d}	21.16 ^{fgh}	21.56 ^{d-i}	16.53 ^j	495.42 ^{ef}	28.70 ^{kl}	0.32 ^{kl}	0.263 ^{e-j}	139.28 ^{abcde}
	1	0	1.47 ^{k-e}	102.99 ^d	18.75 ^{hi}	19.49 ^{gh}	13.41 ^{jk}	354.63 ^{gh}	30.71 ^{jk}	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 ^{mm}	132.10 ^{a-d}	22.73 ^{d-h}	27.97 ^{b-e}	18.14 ^{fgh}	436.52 ^{fi}	45.85 ^{de}	0.45 ^{efg}	0.253 ^{f-k}	124.75 ^{defg}
		15	2.28 ^{a-b}	144.71 ^{ab}	19.69 ^{gh}	35.75 ^a	33.61 ^a	508.18 ^{ef}	37.68 ^{gh}	0.53 ^{cde}	0.30 ^{def}	138.93 ^{bcd}
	2	0	2.91 ^{b-d}	118.94 ^{b-d}	28.52 ^{bc}	28.39 ^{bcd}	14.54 ^{jk}	497.85 ^{ef}	29.79 ^{i-l}	0.36 ^{g-l}	0.29 ^{d-g}	141.75 ^{abcd}
		5	2.39 ^{a-g}	152.88 ^a	18.88 ^{hi}	23.08 ^{c-h}	14.33 ^{jk}	482.18 ^{efg}	50.46 ^{jk}	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 ^g
2	0	0	1.06 ⁿ	103.63 ^d	19.48 ^{gh}	17.72 ^{gh}	13.41 ^{jk}	475.48 ^{efg}	19.99 ^m	0.28 ^l	0.200 ^{kl}	134.22 ^{bcd}
		5	1.56 ^{j-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 ^{gh}	20.47 ^{d-g}	437.32 ^{fgh}	30.84 ^{b-k}	0.37 ^{g-l}	0.216 ^{ijkl}	123.15 ^{defg}
		15	2.47 ^{d-f}	123.40 ^{a-d}	20.82 ^{gh}	19.54 ^{gh}	24.63 ^{cd}	489.83 ^{ef}	32.10 ^{b-k}	0.38 ^{g-j}	0.266 ^{efgh}	128.23 ^{cdefg}
	1	0	2.71 ^{c-e}	120.37 ^{bcd}	22.62 ^{d-h}	16.94 ^{hi}	15.47 ^{b-k}	543.29 ^{de}	32.23 ^{b-k}	0.30 ^{kl}	0.23 ^{b-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 ^{fi}	0.44 ^{g-l}	0.69 ^{fi}	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 ^{ijkl}	127.73 ^{cdefg}
		15	3.09 ^{abc}	130.07 ^{a-d}	19.29 ^{gh}	21.32 ^{e-i}	22.63 ^{de}	593.31 ^{cd}	53.61 ^c	0.50 ^{def}	0.23 ^{b-l}	147.57 ^{abc}
	2	0	1.33 ^{j-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 ^m	146.30 ^{ab}	22.25 ^{d-h}	17.36 ^{gh}	21.17 ^{def}	384.23 ^{b-k}	71.92 ^b	0.43 ^{fi}	0.376 ^{abc}	126.43 ^{fgh}
		10	3.12 ^{c-e}	120.04 ^{bcd}	39.53 ^a	31.87 ^{ab}	21.12 ^{def}	372.78 ^{b-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 ^{fj}	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 معنی دار 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 سالیسیلیک اسید

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.

Forbaf, under the treatment of humic acid and salicylic acid.																
روز تا گلدهی	روز تا جوانه زنی	عملکرد خامه خشک	عملکرد خامه تازه	عملکرد کلاله خشک	عملکرد کلاله تازه	طول خامه	وزن گل	تعداد گل	وزن تر برگ	وزن خشک	طول برگ	وزن کل	تعداد بنه های وزن کل بنه	همبستگی		

علامت اختصاری: وزن کل بنه (TW.C); تعداد کورمل (Cormel); وزن کل کورمل (TW.c); طول برگ (LL); وزن خشک برگ (LDW); وزن تر 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 (YFSst); بازده خامه خشک (YDSst); 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 (YFSst); Yield of dry style (YDSst); 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.

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

: گویای معنی‌داری هر یک از مدل‌ها بر اساس آزمون F است؛ R² تعدیلی: گویای میزان توجیه عملکرد زعفران (وزن خشک کلاله) است.: indicates the significance of each model based on the F test; Adjusted R²: It shows the degree of confirmation of saffron yield (dry weight of stigma).

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های مختلف گیاه شوند و نهایتاً به افزایش تولید و کیفیت زعفران کمک کنند. علاوه بر تأثیرات فردی، این ترکیبات تأثیر هم‌افزایی نیز بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی زعفران دارند. این تأثیرات هم‌افزایی 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 به‌زاعی 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.

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 خاوه‌ری 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 خاوه‌ری، 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

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].
<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].
<https://doi.org/10.22048/jsat.2017.74532.12>.
- 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].
<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/10.2.20 23.36-46
- 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].
<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].
<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].
<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]. <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]. <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]. <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].
- .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](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>