Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol. 12, No. 1, Spring & summer, 2024
p. 80-94
http://dx.doi.org/https:/10.22077/jsr.2024.7742.1234

University of Birjand

Original Article

The Effect of Strengthening Various Types of Moisture Absorbents With Plant Hormones and Food Supplements on the Growth and Performance of Saffron Plant

***Elnaz Farajzadeh Memari Tabrizi**

Department of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran.
*Corresponding author: *farajzadeh_e@malekaniau.ac.ir*

Received 29 May 2024; Accepted 18 August 2024

Extended Abstract

Introduction: Iran is considered a water-scarce country and a large part of its water resources evaporates. According to research, about 90% of the country's water is used in agriculture, of which more than 60% is wasted due to choosing wrong methods for irrigation and some other cases. This issue has caused the farmers to seriously face water shortage, increase in cost and decrease in the amount of cultivation. To prevent this problem, researchers have made polymers that can greatly reduce the occurrence of these problems. These polymers are called water absorbent powder. Super absorbents are compounds that can play a very effective role in water crises. On the other hand, due to the fact that absorbents are a place to store moisture in the soil, they can provide fertilizers and other inputs used in agriculture more effectively to plants.

Materials and Methods: This study is to investigate the effect of strengthening different types of moisture absorbents (no use of super absorbent, use of natural super absorbent and use of synthetic super absorbent) with different types of hormones (no use of hormone, use of auxin hormone and use of cytokine hormone), and whole foods (no use of fertilizer, use of chemical fertilizer and use of Nano fertilizer) were on the growth and quantitative and qualitative characteristics of saffron. The experiment was conducted in two crop years 1401 and 1402 as a randomized complete block design in three replications.

Results and Discussion: Based on the results of this study, the use of artificial and natural super absorbents, fertilizers and hormones led to an increase in flower production and stigma weight of saffron. The combination of these treatments, especially the combination of super absorbents with hormones and fertilizers, had a more positive effect on improving growth and product quality. In addition, the use of these treatments led to an increase in the content of chlorophyll and nutrients required by the plant, an increase in the percentage of safranal and

antioxidant properties of the product, and an improvement in the amount of nutrients in saffron leaves. Also, it has been observed that the use of super absorbents and fertilizers along with hormones can significantly improve the amount of nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium and iron in saffron leaves. This increase in nutrients leads to the improvement of plant growth and development and finally leads to increase in production and improvement of product quality.
Conclusion: Based on the results of this study, the use of moisture absorbents, especially artificial moisture absorbents reinforced with Nano fertilizer and cytokine hormone, can play a very effective role in reducing water consumption and improving the growth and production of saffron. In addition, the strengthening of absorbents with hormones and food can be a very effective achievement in increasing the production of plants, especially medicinal plants such as saffron in dry conditions.

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

Key words: Absorbents, Fertilizer, Hormone, Saffron, Yield.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۳
شماره صفحه: ۸۰-۹۴
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2020.3747.1234

مقاله پژوهشی

تاثیر تقویت انواع جاذب های رطوبتی با هورمون های گیاهی و مکمل های غذایی بر رشد و عملکرد گیاه زعفران

الناز فرج زاده معماری تبریزی
دانشیار گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران.
نویسنده مسئول: *farajzadeh_e@malekaniau.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸

چکیده

سوپر جاذب ها ترکیباتی هستند که با توجه به ذخیره رطوبت در خاک می توانند کودها و سایر نهاده های مورد استفاده در کشاورزی را به طور موثرتری در اختیار گیاهان قرار دهند. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر تقویت انواع مختلف جاذب های رطوبتی(عدم کاربرد سوپر جاذب، کاربرد سوپر جاذب طبیعی و کاربرد سوپر جاذب مصنوعی) با انواع مختلف هورمون ها (عدم کاربرد هورمون، کاربرد هورمون اکسین و کاربرد هورمون سیتوکنین) و مواد غذایی کامل(عدم کاربرد کود، کاربرد کود شیمیایی و کاربرد کود نانو) بر رشد و خصوصیات کمی و کیفی زعفران بود. آزمایش در دو سال زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد بر اساس نتایج حاصل از این بررسی استفاده از سوپر جاذب‌های مصنوعی و طبیعی، کود ها و هورمون ها منجر به افزایش تولید گل و وزن کلاله زعفران به ترتیب تا ۴۶ و ۳۷ درصد شد. تلفیق این تیمارها به خصوص تلفیق سوپر جاذب‌ها با هورمون‌ها و کودها تأثیر مثبت بیشتری در بهبود رشد و کیفیت محصول داشت و این صفت را تا ۱۱۱ درصد افزایش داد. به علاوه استفاده از این تیمارها منجر به افزایش محتوای کلروفیل و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه افزایش درصد سافرانال و خصوصیات آنتی اکسیدانی محصول و بهبود میزان عناصر غذایی برگ زعفران نیز گردید. استفاده از سوپر جاذب‌ها و کودها به همراه هورمون‌ها، بهبود قابل توجهی را در میزان عناصر غذایی در برگ‌های زعفران باعث شد.

واژه‌های کلیدی: رطوبت، کود، گیاه دارویی، عملکرد، محرک رشد.

مقدمه

زعفران با نام علمی Crocus sativus L متعلق به خانواده زنبقیان (Iridaceae) ازمحصولات مهم اقتصادی و استراتژیک کشور می با شد که بررسی عوامل محدود کننده آن حائزاهمیت ا ست(Fallah & Hosseini.,2024). زعفران بومی جنوب غرب آسیا است و بخش عمده تولید جهانی آن از ایران تأمین می‌شود (Siddiqui et al., 2018). بخش اصلی و مهم گیاه زعفران کلاله آن است که دارای ترکیبات شیمیایی گوناگونی مانند کربوهیدرات، ویتامین، رنگدانه کروسین و همچنین آنتوسیانین، کاروتن، لیکوپن، زیگزانتین و یک اسانس معطر به نام سافرانال است طعم این ادویه از ماده‌ای به نام پیکروکروسین می‌آید در حالی که رنگ اصلی آن از کروسین ناشی می‌شود (Khazdair et al., 2015). مطالعات پزشکی مدرن نشان داده‌اند که سطوح بالای آنتی‌اکسیدان‌های موجود در زعفران ممکن است در کاهش التهاب بدن مؤثر باشد (Siddiqui et al., 2018). سوپر جاذب‌ها شبکه‌های پلیمری هستند که قادرند بیش از ۴۰۰ برابر وزن خود آب جذب کنند. این مواد در کنار ریشه گیاه و در داخل خاک قرار می‌گیرند و پس از آبیاری مقدار زیادی آب را جذب می‌کنند (Zheng et al., 2023). سوپر جاذب‌ها با جذب آب درون خود از هدررفت آب به علت تبخیر و نشست تا ۸۰ درصد جلوگیری می‌کنند و به همین دلیل استفاده از آن‌ها می‌تواند منجر به صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف آب شود (Chang et al., 2021). کمبود عناصر غذایی باعث محدودیت رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد(Ghasemi et al.,2023). این پلیمرها بر اساس ساختارهای آلی ساخته می‌شوند و به صورت مصنوعی تولید می‌شوند مطالعاتی که توسط سازمان زیست محیط آلمان و سایر کشورها انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از این مواد هیچگونه عوارضی برای انسان، گیاه، خاک و محیط‌زیست ندارد (Malik et al., 2023). تفاوت در اثرگذاری جاذب های رطوبتی به ساختار شیمیایی آن‌ها مرتبط است پلی‌ساکاریدها، هوموس‌ها، پلی‌یورونیدها و آلجینیک اسیدها نمونه‌هایی از پلیمرهای طبیعی هستند. هیدروژل‌های مصنوعی معمولاً برای کاربردهای باغبانی و زراعی به‌کار می‌روند (Krasnopeeva et al., 2022). پلیمرهای مصنوعی به دو دسته پلیمرهای قابل حل و غیرقابل حل در آب تقسیم می‌شوند. پلیمرهای جاذب رطوبت نمونه‌هایی از پلیمرهای شبکه‌ای غیرقابل حل در آب هستند (Zheng et al., 2023). پلیمرهای مصنوعی به دلیل مقاومت بیشتر در برابر تجزیه بیولوژیکی در خاک بیشتر از پلیمرهای طبیعی استفاده می‌شوند (Zheng et al., 2023). زمانی که مواد مغذی همراه با پلیمرهای جاذب آب مصرف می‌شوند، می‌توانند باعث افزایش رشد گیاه شوند و مواد مغذی مورد نیاز گیاه را به تدریج آزاد کنند (Yang et al., 2022). هیدروکسی اتیل سلولز یک سوپر جاذب با ویژگی‌های برجسته از جمله غیرسمی بودن و قابلیت بالای جذب آب است. این ماده یکی از مشتقات سلولز است که کاربردهای گسترده‌ای در فرآیندهای آبگیری، تصفیه فاضلاب، غشاهای الکترولیتی، داروسازی، آفت‌کش‌ها و حتی به‌عنوان جایگزین خاک در کشاورزی دارد (Liao et al., 2016). این ترکیب می‌تواند مواد زیستی جدیدی با ویژگی‌های بهبود یافته و کاربردهای گوناگون را ایجاد کند جذب و نگهداری آب در خاک تقویت می‌شود بلکه این ماده مقاوم در برابر شوری دارای استحکام مکانیکی، قابلیت استفاده مجدد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است (Benard et al., 2022). کاربرد اصلی هیدروژل‌ها در کشاورزی کاهش نیاز به آبیاری است از نظر فیزیکوشیمیایی، هیدروژل‌ها به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند (Krasnopeeva et al., 2022). این نوع هیدروژل‌ها به راحتی با حرارت دادن به حالت مایع در می‌آیند مانند ژلاتین و آگار (Yusuff et al., 2022). در کشاورزی، نوع متداول هیدروژل، پلی‌اکریلات پتاسیم یا پلی‌اکریلات سدیم است. استفاده از هیدروژل‌ها به ویژه در کشاورزی به دلیل تجزیه آسان در خاک و تجدیدپذیری آن‌ها در مقایسه با سایر پلیمرهای جاذب بسیار گسترده شده است (Benard et al., 2022). بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از هیدروژل‌ها به عنوان اصلاح‌کننده خاک می‌تواند در بهبود نگهداری آب و کود در خاک، بهبود هوادهی خاک، کاهش تبخیر و تعرق، و تقویت ظهور گیاهچه مؤثر باشد (Liao et al., 2016). کاربرد هورمون های گیاهی در دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است و از این رو باید در مدیریت تلفیقی گیاهان مورد تحقیق قرار گیرد مواد رشد گیاهی در سراسر زندگی گیاهان یک نقش تنظیم کنندگی مهم به عهده دارند (Asami & Yoshiaki Nakagawa, 2018). در حال حاضر مواد رشد گیاهی در کشاورزی برای اهداف مختلفی از قبیل به تاخیر

یا به جلو انداختن رسیدن میوه، تحریک ریشه زایی، تسریع در ریزش برگ، گل و میوه، کنترل رشد و تکمیل میوه، کنترل علف‌های هرز، کنترل اندازه قسمت های مختلف گیاه و دیگر موارد به کار می رود (Hirayama & Keiichi Mochida, 2022). در دهه‌های اخیر و براساس رشد کشاورزی پایدار استفاده از هورمون‌های رشد برای گیاهان بسیار افزایش یافته است امروزه این امر کاملا پذیرفته شده است که استفاده از مواد تلفیقی و هورمون‌های رشد برای گیاهان موثر هستند(Sosnowski et al., 2023). از طرفی نور و دما و از طرف دیگر هورمون‌های موجود می‌توانند برای رشد و نمو گیاهان موثر بوده و نقشی اساسی برای رشد آنان ایفا کنند در این بین برخی از هورمون گیاهی که در قالب کود عرضه می‌شوند می‌توانند مواد مغذی و ضروری گیاهان را به آنان منتقل کنند (Hirayama & Keiichi Mochida, 2022). استفاده از کودهای نانو به دلیل اندازه کوچک ذرات تشکیل‌دهنده، قابلیت حمل مواد مغذی در اندازه ماکرو و میکرو و ویژگی‌های خاص خود در کشاورزی یک روش نوین و کارآمد با فناوری جدید در بهبود عملکرد گیاهان و افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی بوده و به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی موردتوجه قرارگرفته است (Yadav et al., 2023). همچنین کودهای نانو افزایش جذب مواد مغذی توسط گیاهان و درنتیجه بهبود کیفیت و کمیت محصولات تولیدی را در سایه یک کشاورزی هوشمند به ارمغان می‌آورند و کودهای نانو که ثمرهٔ علم نانوتکنولوژی در کشاورزی هستند بهره‌وری کشاورزی را ارتقا می‌دهد (Nongbet et al., 2022). با توجه به نتایج به ئست آمده از این مطالعه هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر تقویت انواع جاذب های رطوبتی با هورمون های گیاهی و مکمل های غذایی بر رشد و عملکرد گیاه زعفران بود.

مواد و روش ها

این مطالعه در دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزارع دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان استان آذربایجان شرقی انجام شد. آزمایش به صورت تجزیه واریانس مرکب، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کورم های زعفران توده تربت حیدریه از آزمایشگاه تحقیقات کشاورزی آذر شهر تهیه شد. از آنجایی که انتخاب کورم مرغوب جهت کاشت در ایجاد عملکرد بالا حائز اهمیت است، لذا کورم مناسب و یکنواخت (با وزن متوسط ۶ گرم برای هر کورم، سالم و بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری) برای کاشت تهیه شد. به منظور انجام آزمایش پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرتبندی زمین شد اندازه هر کرت آزمایشی ۶ متر مربع و شامل ۱۵ خط کاشت بود فاصله بین ردیف ها ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد و فاصله بوته ها روی ردیف از یکدیگر ۱۰ سانتی متر بود. پس از کاشت در اوایل مهر بلافاصله آبیاری انجام شد لازم به ذکر است که در این تحقیق از مواد شیمیایی جهت کنترل علف‌های هرز و آفات استفاده نشد و از روش‌های مدیریت زراعی کشت ارگانیک استفاده شد. هر سال در شروع فصل رشد جدید برای سله شکنی از کج بیل و چهار شاخ فلزی با عمق کم استفاده شد تا جوانه های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون آمده و رشد مطلوبی داشته باشند حدود ۱۵ تا ۲۰ روز پس از آبیاری اول در ۲۰ مهر، اولین گل های زعفران ظاهر شدند اولین وجین مزرعه زعفران بعد از برداشت گل ها (پس از آبیاری دوم) و دومین وجین در موارد لزوم به فاصله حدود یک ماه قبل از آبیاری سوم انجام شد برداشت گل در ساعات اول روز انجام شد.

تیمار های بررسی به قرار زیر بود. تیمار سوپر جاذب (عدم کاربرد سوپر جاذب، استفاده از سوپر جاذب طبیعی زئولیت و استفاده از سوپر جاذب مصنوعی شرکت کیمیا تراوا تک) که قبل از کاشت به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با خاک مخلوط شد.

تیمار هورمونی که به صورت تیمار جاذب ها با محلول های جاذب اعمال شد(عدم اعمال تیمار هورمونی، اعمال تیمار اکسین و اعمال تیمار سیتوکنین ساخت شرکت برلکس) محلول های هورمونی با غلظت ۱۰ پی پی ام (Magdhalena et al., 2021) آماده شده و جاذب ها با آن تیمار شدند. تیمار های کود کامل که به صورت تیمار مصرف خاکی اعمال شد (عدم اعمال تیمار کودی، اعمال تیمار کود شیمیایی، اعمال تیمار کود نانو کامل شرکت بهگل). محلول با غلظت ۵ درصد آماده و جاذب ها با آن تیمار شدند. تهیه نمونه خاک به صورت مرکب و از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری ریزوسفر گیاه در اوایل خردادماه دو سال مورد مطالعه در پایان فصل زراعی در مزارع زعفران که سال‌ها به کشت زعفران اختصاص داشتند و سابقه هیچگونه مصرف کود را نداشتند انجام شد جهت اندازه گیری مقادیر کلروفیل کل از روش آرنون استفاده شد برای تعیین عملکرد گل و

کلاله در سال دوم آزمایش نمونه برداری از زمان شروع گلدهی آغاز و تا پایان دوره گلدهی ادامه یافت در هر نوبت گلها به صورت روزانه جمع آوری، شمارش و جهت تعیین شاخص های گل شامل عملکرد کل گل و عملکرد خشک کلاله به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه برداری برای اندازه گیری عناصر غذایی در برگ در پایان فصل زراعی در هر سال و قبل از زرد شدن کامل برگ ها انجام شد. درصد نیتروژن بافت گیاهی به روش دوماس با استفاده از دستگاه آنالیزکننده نیتروژن دوماس (مدل NDA-702 ایتالیا) اندازه‌گیری شد (Jung et al., 2003). فسفر به روش رنگ‌سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل آلفا ۱۱۰۵) (Westerman, 1990) و غلظت پتاسیم در عصاره گیاهی به وسیله دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7 انگلستان) اندازه‌گیری شد. متابولیت های ثانویه اصلی کروسین(عامل رنگ)، پیکروکروسین(عامل طعم) و سافرانال(عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری طبق استاندارد شماره ۲۵۹-۲ اندازه گیری شدند (INS, 2006). میزان مواد موثره زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) بر مبنای ثبت تغییرات حاصل از چگالی نوری به ترتیب در طول موج های۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر در دمای متوسط تعیین گردید. بر اساس این روش ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه کلاله پودر شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد سپس این ترکیب به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی به کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد و سپس میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شدند. عدد به دست آمده در رابطه یک قرار داده شد و به ترتیب مقدار پیکروکروسین، سافرانال و کروسین اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است در این روش نیازی به استفاده از استاندارد نمی باشد.

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

X = مقدار ترکیب کیفی مشخص بر حسب درصد

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

M = وزن خشک کلاله بر حسب میلی گرم

جهت تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی کل گلبرگ زعفران از روش اندازه گیری کاهش ظرفیت رادیکالی و با کمک ۲،۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید (Turkmen et al., 2005). تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده ها استفاده شد.

جدول . تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در زعفران.

Table. Variance analysis of investigated traits in saffron.

منابع تغییر		درجه آزادی	سطح برگ	تعداد گل	وزن خشگ گل	وزن کلاله	محتوای کلروفیل کل
		df	Leaf area	Flower number	Flower dry weight	Stigma dry weight	Total chlorophyll
year	سال (A)	1	691.5**	12361.1**	13060.8**	15.0**	0.01**
B(A)	B(A)	4	6.07	134.403	164.821	0.602**	0.001
Humic	جاذب رطوبتی(C)	2	46.9*	407.657	2958.9**	0.79**	0.01**
AC	AC	2	8.842	474.454	127.95	0.277	0.001*
Folic	هورمون (D)	2	297.4**	1483.7**	1316.2**	1.25**	0.01**
AD	AD	2	18.551	170.11	75.557	0.244	0
CD	CD	4	10.6	149.59	330.867	0.431*	0.001
ACD	ACD	4	7.996	396.669	516.35*	0.165	0
Zinc	کود (E)	2	240.2**	1836.6**	1364.4**	3.28**	0.01**
AE	AE	2	25.055	98.762	92.967	0.126	0.001
CE	CE	4	3.841	81.604	379.644	0.58**	0.001
ACE	ACE	4	6.784	423.235	82.918	0.163	0.002
DE	DE	4	6.981	24.989	198.043	0.032	0
ADE	ADE	4	17.829	155.827	588.72*	0.267	0.002*
CDE	CDE	8	15.486	193.555	191.78	0.4**	0.002
ACDE	ACDE	8	31.55**	378.914	248.046	0.137	0.002
Error	Error	104	11.497	204.18	184.532	0.137	0.018
C.V	ضریب تغییرات (٪)		19.05	22.71	20.69	23.61	21.39

ادامه جدول . تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در زعفران.

Table 1. Variance analysis of investigated traits in saffron.

منابع تغییر		درجه آزادی df	درصد سافرانال Safranol %	درصد کروسین Krosin %	پیکروکروسین Picrokrosin %	درصد نیتروژن Nitrogen %	فسفر Phosphorous %	پتاسیم Potash content	درصد آهن Iron %	درصد روی Zinc %	خاصیت آنتی اکسیداتی اسانس Antioxidant properties
year	سال (A)	1	777.0**	3912.1**	2468.7**	13.6**	11646.7**	155650.9**	11506.4**	3566.3**	8606.7**
B(A)	B(A)	4	12.52	20.962	51.308	0.291	188.01	3921.336	227.012	77.608	237.546
Humic	جاذب رطوبتی(C)	2	128.4**	555.9**	368.2**	3.2**	3325.3**	35697.8**	2538.7**	617.3**	1559.1**
AC	AC	2	0.162	157.536	24.737	0.175	389.63	1038.677	390.807	48.333	611.140*
Folic	هورمون (D)	2	274.1**	404.9**	225.4**	1.6**	3751.9**	27107.3**	3317.5**	1280.0**	2166.7**
AD	AD	2	65.100**	25.636	6.539	0.037	33.813	3848.979	83.161	51.738	99.431
CD	CD	4	22.558	50.166	13.944	0.349	88.337	3984.364	156.656	102.7	91.033
ACD	ACD	4	23.391	69.415	2.842	0.107	428.972	493.01	47.417	115.3*	690.9**
Zinc	کود (E)	2	195.1**	437.6**	223.6**	1.6**	2648.6**	28513.2**	2367.6**	533.3**	2305.8**
AE	AE	2	11.549	3.178	8.772	0.043	179.812	1180.389	326.818	171.202*	159.654
CE	CE	4	4.46	16.309	13.238	0.214	317.655	1165.754	65.834	12.684	412.647
ACE	ACE	4	10.232	39.5	26.403	0.213	251.825	334.706	43.015	129.973*	388.39
DE	DE	4	6.573	23.132	45.317	0.132	226.642	388.726	78.294	25.962	310.097
ADE	ADE	4	8.301	53.123	79.613	0.288	183.356	651.537	8.408	106.766*	84.496
CDE	CDE	8	8.282	121.473*	15.535	0.271	338.796	1377.367	116.714	63.883	150.169
ACDE	ACDE	8	7.891	25.839	29.347	0.292	79.379	2057.438	75.191	42.899	138.421
Error	Error	104	13.403	55.93	37.527	0.155	219.387	1998.045	289.349	41.842	169.498
C.V	ضریب تغییرات (٪)		16.1	16.38	18.5	26.94	20.31	22.45	20.6	24.31	16.06

جدول ۲. مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های جاذب در زعفران.

Table 2. Comparison of average traits under the effect of absorbent treatments in saffron.

تیمار جاذب رطوبتی Absorbent treatment	محتوای کلروفیل کل Leaf chlorophyll content (mg/gwet weight)	درصد سافرانال Safranol %	پیکروکروسین Picrokrosin %	درصد نیتروژن Nitrogen %	فسفر قابل دسترس Phosphorus content (mg/kg)	پتاسیم Potasium %	محتوای آهن Iron content (ppm)
عدم کاربرد جاذب Control	0.056 a	21.29 b	30.30 b	1.196 c	64.84 c	174.0 c	75.42 b
کاربرد جاذب طبیعی Natural absorbent	0.060 a	22.56 b	33.59 a	1.505 b	73.40 b	198.0 b	83.23 a
کاربرد جاذب مصنوئی Synthetic absorbent	0.068 a	24.36 a	35.46 a	1.682 a	80.51 a	225.4 a	89.08 a

جدول ۳: مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های هورمونی در زعفران

Table 3: Comparison of average traits under the influence of hormonal treatments in saffron

تیمار هورمون Hormon	تعداد گل Flower number	پیکروکروسین Picrokrosin %	درصد نیتروژن Nitrogen %	فسفر قابل دسترس Phosphorus content (mg/kg)	پتاسیم Potasium (mg/kg)	محتوای آهن Iron content (ppm)
عدم اعمال تیمار هورمون Control	57.15 b	30.99 b	1.291 c	64.69 c	181.1 b	75.09 c
اکسین Auxin	64.21 a	33.32 a	1.450 b	72.70 b	192.1 b	81.92 b
سیتوکنین Cytokinin	67.39 a	35.06 a	1.642 a	81.36 a	224.2 a	90.72 a

جدول ۴. مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های کودی در زعفران.

Table 4. Comparison of average traits under the influence of fertilizer treatments in saffron.

تیمار کودی Fertilizer	تعداد گل Flower number	درصد سافرانال Safranol %	پیکروکروسین Picrokrosin %	درصد نیتروژن Nitrogen %	فسفر قابل دسترس Phosphorus content (mg/kg)	پتاسیم Potasium %	محتوای آهن Iron content (ppm)	خاصیت آنتی اکسیداتی اسانس Antioxidant properties
عدم کاربرد کود Control	57.04 c	20.73 c	30.92 b	1.306 b	65.78 c	176.2 c	75.79 b	75.35 b
کود شیمیایی Chemical fertilizer	63.00 b	22.96 b	33.50 a	1.426 b	73.21 b	199.1 b	82.92 a	79.64 b
کود نانوNanofertilizer	68.70 a	24.51 a	34.94 a	1.651 a	79.77 a	222.1 a	89.02 a	88.19 a

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

سطح برگ با کاربرد توام مواد غذایی و هورمون های رشدی اثر افزایشی معنی داری داشت به طور که بیشترین سطح برگ با ۸۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در کاربرد سوپر جاذب طبیعی+ کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود نانو حاصل شد (جدول ۷) این نتایج نشان می‌دهد که گیاهان در شرایط دیم مواد غذایی خاک را همراه با هورمون ها با کارایی بیشتری جذب نموده و در فعالیت‌های گیاه به کار می‌گیرند که این نتایج در توافق با یافته های سایر محققان می‌باشد (Sosnowski et al., 2023). چرا که هورمون هایی از جمله اکسین و سیتوکنین در جذب، انتقال و اسمیلاسیون مواد غذایی در گیاه نقش مهمی دارند (Amjad Bashir et al., 2022). اما علاوه بر آن بررسی ها نشان داده که هورمون هایی مانند سیتوکنین نه تنها در گیاه نقش مهمی در اسمیلاسیون مواد غذایی دارند، بلکه در خاک نیز فعالیت باکتری ها را افزایش و دسترسی گیاه به مواد غذایی را افزایش می‌دهد (Sairam et al., 2021).

جدول ۵. مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های هورمونی در زعفران در دو سال.

Table 5. Comparison of averages of traits under the influence of hormonal treatments in saffron in two years.

سال year	تیمار هورمون Hormon	تعداد برگ Leaf number	درصد سافرانال Safranol %
1	عدم اعمال تیمار هورمون Control	12.23 d	19.47 d
1	اکسین Auxin	13.52 d	20.40 cd
1	سیتوکنین Cytokinin	16.18 c	21.77 c
2	عدم اعمال تیمار هورمون Control	16.73 bc	21.94 c
2	اکسین Auxin	19.09 a	24.28 b
2	سیتوکنین Cytokinin	18.43 ab	28.55 a

جدول ۶. مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های هورمونی و کودی در زعفران در دو سال.

Table 6. Comparing the averages of traits under the influence of hormonal and fertilizer treatments in saffron in two years.

سال year	تیمار هورمون Hormon	تیمار کودی Fertilizer treatment	محتوای کلروفیل کل Leaf chlorophyll content (mg/g fresh weight)	درصد عنصر روی برگ Zinc percent
1	عدم اعمال تیمار هورمون	عدم کاربرد کود Control	0.04033 l	15.50 h
1	Control	کود شیمیایی Chemical	0.04878 g-l	19.08 gh
1		کود نانو Nanofertilizer	0.05578 e-g	19.63 f-h
1	اکسین Auxin	عدم کاربرد کود Control	0.05033 gh	18.86 gh
1		کود شیمیایی Chemical	0.05578 e-g	20.38 e-h
1		کود نانو Nanofertilizer	0.06044 c-e	24.89 d-g
1	سیتوکنین Cytokinin	عدم کاربرد کود Control	0.05467 fg	25.67 c-g
1		کود شیمیایی Chemical	0.06589 b-d	26.72 c-e
1		کود نانو Nanofertilizer	0.05711 ef	26.57 c-f
2	عدم اعمال تیمار هورمون	عدم کاربرد کود Control	0.05444 fg	24.96 d-g
2	Control	کود شیمیایی Chemical	0.05989 c-f	24.37 d-g
2		کود نانو Nanofertilizer	0.066 bc	32.31 bc
2	اکسین Auxin	عدم کاربرد کود Control	0.07011 a-e	30.03 b-d
2		کود شیمیایی Chemical	0.07356 ab	25.88 c-g
2		کود نانو Nanofertilizer	0.07189 a-d	30.89 b-d
2	سیتوکنین Cytokinin	عدم کاربرد کود Control	0.07200 a-c	32.39 bc
2		کود شیمیایی Chemical	0.06600 bc	33.82 b
2		کود نانو Nanofertilizer	0.08833 a	47.10 a

جدول ۷:. مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های جاذب، هورمونی و کودی در زعفران در دو سال.

Table 7. Comparison of averages of traits under the influence of absorbent, hormonal and fertilizer treatments in saffron in two years.

سال year	تیمار جاذب رطوبتی Absorbent	تیمار هورمون Hormon	تیمار کودی Fertilizer	سطح برگ Leaf area (cm^2)
1			عدم کاربرد کود Control	11.70 m
1		عدم اعمال تیمار هورمون	کود شیمیایی Chemical	12.83 k-m
1		Control	کود نانو Nanofertilizer	15.93 f-m
1			عدم کاربرد کود Control	12.27 lm
1	عدم کاربرد	اکسین	کود شیمیایی Chemical	14.87 g-m
1		Auxin	کود نانو Nanofertilizer	16.70 e-m
1			عدم کاربرد کود Control	15.80 f-m
1		سیتوکنین	کود شیمیایی Chemical	15.63 f-m
1		Cytokinin	کود نانو Nanofertilizer	19.17 d-k
1			عدم کاربرد کود Control	14.37 g-m
1		عدم اعمال تیمار هورمون	کود شیمیایی Chemical	12.80 klm
1		Control	کود نانو Nanofertilizer	13.87 ı-m
1			عدم کاربرد کود Control	15.07 g-m
1	کاربرد جاذب طبیعی	اکسین	کود شیمیایی Chemical	13.80 ı-m
1		Auxin	کود نانو Nanofertilizer	19.13 d-k
1			عدم کاربرد کود Control	17.03 e-m
1		سیتوکنین	کود شیمیایی Chemical	18.17 d-m
1		Cytokinin	کود نانو Nanofertilizer	18.67 d-l
1			عدم کاربرد کود Control	13.77 ı-m
1		عدم اعمال تیمار هورمون	کود شیمیایی Chemical	13.73 ı-m
1		Control	کود نانو Nanofertilizer	17.30 e-m
1	کاربرد جاذب		عدم کاربرد کود Control	16.80 e-m
1		اکسین	کود شیمیایی Chemical	17.20 e-m
1		Auxin	کود نانو Nanofertilizer	12.97 klm
1			عدم کاربرد کود Control	14.53 g-m
1		سیتوکنین	کود شیمیایی Chemical	17.70 d-m
1		Cytokinin	کود نانو Nanofertilizer	23.07 a-e
2			عدم کاربرد کود Control	15.87 f-m
2		عدم اعمال تیمار هورمون	کود شیمیایی Chemical	16.63 e-m

2		Control	کود نانو Nanofertilizer	18.93 d-l
2			عدم کاربرد کود Control	14.03 h-m
2	عدم کاربرد	اکسین	کود شیمیایی Chemical	20.27 b-ı
2		Auxin	کود نانو Nanofertilizer	21.03 b-g
2			عدم کاربرد کود Control	17.47 d-m
2		سیتوکنین	کود شیمیایی Chemical	17.93 d-m
2		Cytokinin	کود نانو Nanofertilizer	24.03 a-d
2			عدم کاربرد کود Control	16.60 e-m
2		عدم اعمال تیمار هورمون	کود شیمیایی Chemical	15.60 f-m
2		Control	کود نانو Nanofertilizer	18.87 d-l
2	کاربرد جاذب طبیعی		عدم کاربرد کود Control	15.80 f-m
2		اکسین	کود شیمیایی Chemical	21.90 b-f
2		Auxin	کود نانو Nanofertilizer	26.20 ab
2			عدم کاربرد کود Control	20.17 b-ı
2		سیتوکنین	کود شیمیایی Chemical	24.10 a-d
2		Cytokinin	کود نانو Nanofertilizer	29.00 a
2			عدم کاربرد کود Control	13.07 j-m
2		عدم اعمال تیمار هورمون	کود شیمیایی Chemical	15.00 g-m
2		Control	کود نانو Nanofertilizer	20.77 b-h
2	کاربرد جاذب		عدم کاربرد کود Control	18.00 d-m
2		اکسین	کود شیمیایی Chemical	19.57 c-k
2		Auxin	کود نانو Nanofertilizer	25.97 a-c
2			عدم کاربرد کود Control	24.10 a-d
2		سیتوکنین	کود شیمیایی Chemical	25.73 a-c
2		Cytokinin	کود نانو Nanofertilizer	19.80 b-j

جدول ۸.مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های جاذب، هورمونی و کودی در زعفران.

Table 8. Comparison of average traits under the effect of absorbent, hormonal and fertilizer treatments in saffron.

تیمار جاذب رطوبتی Absorbent treatment	تیمار هورمون Hormon	تیمار کودی Fertilizer	وزن کلاله Stigma dry weight (gr)	درصد کروسین Krosin %
		Controlعدم کاربرد کود	1.112 h	36.63 f
	عدم اعمال تیمار هورمون	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.322 f-h	41.50 d-f
	Control	Nanofertilizer کود نانو	1.332 e-h	43.93 c-f
		Controlعدم کاربرد کود	1.120 h	40.43 ef
عدم کاربرد جاذب Control	اکسین	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.710 c-g	39.35 ef
	Auxin	Nanofertilizer کود نانو	1.827 c-e	45.97 b-f
		Controlعدم کاربرد کود	1.425 d-h	40.60 ef
	سیتوکنین	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.538 d-h	42.35 c-f
	Cytokinin	Nanofertilizer کود نانو	2.150 a-c	48.15 b-e
		Controlعدم کاربرد کود	1.248 gh	40.43 ef
	عدم اعمال تیمار هورمون	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.378 d-h	46.55 b-f
	Control	Nanofertilizer کود نانو	1.852 b-d	43.67 c-f
		Controlعدم کاربرد کود	1.600 d-h	44.37 b-f
کاربرد جاذب طبیعی Natural absorbent	اکسین	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.573 d-h	44.00 c-f
	Auxin	Nanofertilizer کود نانو	1.463 d-h	49.20 b-e
		Controlعدم کاربرد کود	1.505 d-h	44.98 b-f
	سیتوکنین	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.442 d-h	43.75 c-f
	Cytokinin	Nanofertilizer کود نانو	1.373 d-h	54.48 ab
		Controlعدم کاربرد کود	1.275 f-h	40.63 ef
	عدم اعمال تیمار هورمون	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.320 f-h	40.50 ef
	Control	Nanofertilizer کود نانو	1.772 c-f	51.78 a-d
		Controlعدم کاربرد کود	1.277 f-h	47.88 b-e
کاربرد جاذب مصنوئی Synthetic absorbent	اکسین	Chemical fertilizer کود شیمیایی	1.503 d-h	48.82 b-e
	Auxin	Nanofertilizer کود نانو	2.353 a	51.98 a-c
		Controlعدم کاربرد کود	1.422 d-h	51.98 a-c
	سیتوکنین	Chemical fertilizer کود شیمیایی	2.155 a-c	59.23 a
	Cytokinin	Nanofertilizer کود نانو	2.293 ab	49.35 b-e

صفات زایشی

در بررسی حاضر خصوصیات زایشی گیاه نیز به طور مثبتی تحت تاثیر کاربرد سوپر جاذب، هورمون ها و مواد غذایی قرار گرفت. تعداد گل تولیدی تحت تاثیر این تیمارها افزایش یافت. تعداد گل های تولیدی تحت تاثیر تیمارهای کاربرد هورمون جیبرلین و کاربرد هورمون سیتوکنین به ترتیب به میزان ۱۲/۴ و ۱۷/۸ درصد افزایش یافت (جدول ۳). تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و کاربرد کود نانو نیز افزایشی به ترتیب ۱۰/۵ و ۲۰/۵ درصدی را در تعداد گل تولیدی باعث شد در تیمار کاربرد کود نانو میزان افزایش در تعداد گل بیشتر از کاربرد کود شیمیایی بود (جدول ۴). لذا نتایج نشان می دهد که تیمارهای کودی و هورمونی گل انگیزی را در هر دو سال در زعفران افزایش داد که در توافق با یافته های سایر محققان می باشد. به طوری که آیتکین و ایکوز آیتکین و ایکوز (Aytekin& Acikgoz, 2008) طی مطالعه ای که انجام دادند نشان دادند که کاربرد کود ها و هورمون های گیاهی بر تولید گل در زعفران افزود. اسمائیلیان و همکاران (Esmaeilian et al.,2022) نیز نشان دادند که کاربرد کود های شیمیایی و بیولوژیکی تولید گل در زعفران را به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می دهد بررسی ها نشان داده که هورمون جیبرلین نه تنها در گل انگیزی اثر دارند (Mzabri et al., 2021) ، بلکه نقش عناصر غذایی آهن و روی نیز در افزایش تولید گل به اثبات رسیده است (Aytekin & Acikgoz, 2008). یکی از مهمترین عواملی که مواد غذایی و هورمون ها می تواند از طریق آن بر رشد و نمو گیاه تاثیر بگذارد افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه از طریق افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل است(Chaudhary et al., 2023). مطالعات نشان داده که مواد غذایی به ویژه آهن و نیتروژن میزان تولید کلروفیل را در گیاهان افزایش می دهند که این افزایش در نهایت میزان تولید اسمیلات ها را در گیاهان افزایش داده خصوصیات رشدی و زایشی را بهبود می بخشند (Jahan & Jahani, 2007). از سوی دیگر هورمون های گیاهی جیبرلین و سیتوکنین نیز به طور مستقیم از طریق دخالت در تولید کلروفیل و به طور غیر مستقیم و از طریق بهبود جذب آب و مواد غذایی، باعث افزایش تولید کلروفیل می شوند (Chaudhary et al., 2023).

صفات فیزیولوژیک

در مطالعه حاضر مشاهده شد که در هر دو سال مورد مطالعه تیمارهای هورمونی و تغذیه ای افزایش معنی داری را در محتوای کلروفیل کل باعث شد که کاربرد توام این ترکیب ها تاثیر افزایشی بیشتری داشت. در سال اول تیمار کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود شیمیایی و در سال دوم بررسی تیمار کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود نانو بیشترین افزایش را در محتوای کلروفیل کل باعث گردید (جدول۶). لذا نتایج این بررسی نشان می دهد که در هر دو سال بررسی تیمارهای کودی و هورمونی اثر افزایش معنی‌داری بر محتوای کلرفیل کل باعث شد که محتملا نشان دهنده نقش جاذب ها در نگه داری مواد غذایی و هورمون ها در محل ناحیه توسعه ریشه ها می شود که این نقش جاذب‌ها در سایر بررسی ها مورد تاکید قرار گرفته است (Cardone et al., 2020). افزایش محتوای کلروفیل در هر دو سال در توافق با افزایش وزن خشک کل در هر دو سال مورد مطالعه است (جدول ۶ و ۹) که این مطلب می تواند نشان دهنده نقش تیمارهای مورد مطالعه به عنوان یکی از مکانیسم‌های مهم مواد غذایی و هورمون ها در بهبود خصوصیات رشدی و زایشی باشد.

عملکرد کلاله

با توجه به نتایج این بررسی، تیمارهای مورد بررسی بر تولید گل افزود که این بهبود رشد زایشی می تواند میزان تولید کلاله را در زعفران افزایش دهد. نتایج بررسی حاضر نشان داد که کاربرد انفرادی هر یک از تیمارهای مورد مطالعه تاثیر بر وزن کلاله تولیدی نداشت، ولی کاربرد تلفیقی کودها تاثیر مثبتی بر این صفت داشت. بیشترین در وزن کلاله در سه تیمار کاربرد سوپر جاذب مصنوعی+ کاربرد هورمون اکسین+ کاربرد کود نانو، کاربرد سوپر جاذب مصنوعی+ کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود شیمیایی و کاربرد سوپر جاذب مصنوعی+ کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود نانو به دست آمد. این سه تیمار افزایشی به ترتیب عدم کاربرد سوپر جاذب ۹۳ و ۱۰۶ درصدی را در وزن کلاله زعفران در مقایسه با شاهد باعث شد (جدول۸). تاثیر افزایشی مواد غذایی و هورمون ها در سایر مطالعات نیز به اثبات رسیده است (Chaudhary et al., 2023).

جدول . مقایسه میانگین های صفات تحت تاثیر تیمار های جاذب و هورمونی در دو سال.

Table 9. Comparison of average traits under the effect of absorbent and hormonal treatments in two years.

سال year	تیمار جاذب رطوبتی Absorbent treatment	تیمار هورمون Hormon	وزن خشگ گل Flower dry weight (gr)	خاصیت آنتی اکسیداتی اسانس Antioxidant properties
1		عدم اعمال تیمار هورمون Control	49.33 fg	59.54 f
1	عدم کاربرد جاذبControl	اکسین Auxin	47.21 g	67.59 ef
1		سیتوکنین Cytokinin	59.00 c-g	68.79 ef
1		عدم اعمال تیمار هورمون Control	52.63 e-g	66.92 ef
1	کاربرد جاذب طبیعی Natural absorbent	اکسین Auxin	55.94 d-g	68.67 ef
1		سیتوکنین Cytokinin	54.77 d-g	86.34 b-d
1		عدم اعمال تیمار هورمون Control	58.79 c-g	77.54 de
1	کاربرد جاذب مصنوئی Synthetic absorbent	اکسین Auxin	63.10 c-f	82.21 cd
1		سیتوکنین Cytokinin	69.41 b-d	86.33 b-d
2		عدم اعمال تیمار هورمون Control	60.74 c-g	74.13 de
2	عدم کاربرد جاذبControl	اکسین Auxin	72.64 bc	84.37 b-d
2		سیتوکنین Cytokinin	65.37 b-e	96.08 a-c
2		عدم اعمال تیمار هورمون Control	73.56 bc	85.18 b-d
2	کاربرد جاذب طبیعی Natural absorbent	اکسین Auxin	69.17 b-d	101.7 a
2		سیتوکنین Cytokinin	79.67 b	86.86 b-d
2		عدم اعمال تیمار هورمون Control	78.70 b	83.32 cd
2	کاربرد جاذب مصنوئی Synthetic absorbent	اکسین Auxin	72.18 bc	85.54 b-d
2		سیتوکنین Cytokinin	99.79 a	97.99 ab

خصوصیات کیفی زعفران

در مطالعه حاضر علاوه بر بهبود خصوصیات رشدی و زایشی زعفران خصوصیات کیفی نیز به طور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه بهبود یافت. سافرانال یکی از اجزای مهم زعفران می باشد درصد این جز از زعفران تحت تاثیر کاربرد مواد غذایی، جاذب ها و هورمون ها افزایش یافت. درصد سافرانال تحت تاثیر کاربرد سوپر جاذب طبیعی قرار نگرفت ولی تیمار کاربرد سوپر جاذب مصنوعی افزایش ۱۴/۶ درصدی را در درصد سافرانال باعث گردید (جدول۲). در این بررسی هر دو ماده غذایی رشد افزایش معنی داری را در درصد سافرانال باعث شد که میزان افزایش در کاربرد کود نانو بیشتر از کاربرد کود شیمیایی بود. تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و کاربرد کود نانو افزایشی به ترتیب ۱۰/۶ و ۱۸/۳ درصدی را در درصد سافرانال باعث شد(جدول ۴). در این مطالعه در هر دو سال مورد بررسی هورمون های رشدی اثر مثبتی بر درصد سافرانال داشت. در هر دو سال تیمار کاربرد هورمون سیتوکنین بیشترین اثر افزایش را بر درصد سافرانال داشت (جدول۵). علاوه بر سافرانال، درصد پیکوکروسین و کروسین نیز بررسی شد هر دو ترکیب نیز به طور کم و بیش مشابهی تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار گرفت هر دو جاذب اثر افزایش مشابهی بر درصد پیکوکروسین داشت (جدول۲). تیمارهای غذایی و هورمونی نیز افزایش معنی داری را در درصد پیکوکروسین باعث گردید (جدول۳، جدول ۴). بررسی درصد کروسین نیز نشان

داد که بیشترین مقدار در تیمار کاربرد سوپر جاذب مصنوعی+ کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود شیمیایی به دست آمد که در مقایسه با شاهد به میزان ۶۱/۷ درصد بیشتر بود. لذا نتایج این مطالعه نشان می دهد که درصد کروسین بیشتر از درصد سافرانال و درصد پیکوکروسین تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که تیمارهای مورد بررسی نه تنها میزان تولید زعفران را افزایش داد بلکه بهبود قابل ملاحظه ای را در خصوصیات کیفی زعفران باعث شد و درصد اجزای اصلی زعفران را افزایش داد ولی علاوه بر این ویژگی ها، خاصیت آنتی اکسیدانی نیز بهبود یافت. در سال اول تیمار کاربرد سوپر جاذب مصنوعی+ کاربرد هورمون سیتوکنین بیشترین خاصیت آنتی اکسیدانی زعفران را باعث گردید در حالی که در سال دوم بیشترین خاصیت آنتی اکسیدانی متعلق به کاربرد سوپر جاذب طبیعی+ کاربرد هورمون اکسین بود(جدول۹). کاربرد مواد غذایی نیز افزایش معنی داری را در خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره زعفران باعث شد. تیمار کاربرد کود نانو افزایش ۱۷/۳ درصدی را در خاصیت آنتی اکسیدانی باعث شد (جدول۴).

میزان عناصر غذایی برگ زعفران

در این بررسی میزان عناصر غذایی برگ زعفران نیز مطالعه شد بر اساس نتایج تیمار کاربرد سوپر جاذب مصنوعی کارایی بیشتری را در افزایش درصد نیتروژن، فسفر قابل دسترس، پتاسیم و آهن نسبت به کاربرد سوپر جاذب طبیعی داشت و این صفات را به ترتیب به میزان ۴۱/۱، ۲۴/۲، ۲۹/۳ و ۱۸/۶ درصد افزایش داد که با توجه به این نتایج درصد نیتروژن بیشتر تحت تاثیر کاربرد جاذب قرار گرفت (جدول۲). علاوه بر آن کاربرد مواد غذایی و هورمون ها نیز تاثیر مثبتی بر این صفات داشت به طوری که تیمار کاربرد هورمون سیتوکنین افزایش معنی داری را در تمامی این صفات باعث شد ولی بیشترین افزایش تحت تاثیر این تیمار، مربوط به میزان پتاسیم بود. تیمار کاربرد هورمون سیتوکنین به میزان ۲۳/۷ درصد بر میزان پتاسیم قابل دسترس افزود (جدول۳). همچنین تیمار کاربرد کود نانو نیز موثرترین تیمار کودی در بهبود میزان عناصر غذایی بود این تیمار در بین عناصر غذایی بیشترین افزایش را در درصد نیتروژن و پتاسیم باعث شد و این صفات را به ترتیب به میزان۲۶/۹ و ۲۶/۱ درصد افزایش داد (جدول۴). مطالعه درصد روی تحت تاثیر سال * تیمار غذایی و هورمونی نیز نشان داد که در هر دو سال بررسی تیمارهای کاربرد هورمون سیتوکنین+ کاربرد کود شیمیایی و کاربرد هورمون سیتوکنین و کاربرد کود نانو بیشترین افزایش را در درصد روی باعث شدند (جدول۶). لذا این نتایج نشان می دهد که با وجود کاربرد کودها و هورمون ها در سال اول بررسی، تاثیر این دو ترکیب در سایر کاربرد سوپر جاذب، در سال دوم نیز قابل ملاحظه بود.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این بررسی، کاربرد جاذب‌های رطوبتی و به ویژه جاذب رطوبتی مصنوعی تقویت شده با کود نانو و هورمون سیتوکنین، می‌تواند نقش بسیار موثری را در کاهش مصرف آب و بهبود رشد و تولید زعفران داشته باشد. علاوه بر آن تقویت جاذب ها با هورمون ها و مواد غذایی دستاوردی بسیار موثر در جهت افزایش تولید گیاهان و به ویژه گیاهان دارویی مانند زعفران در شرایط دیم است. با توجه به نتایج، بهترین تیمار، جاذب رطوبتی مصنوعی، همراه با کود نانو و هورمون سیتوکنین بهترین تیمار بود. علاوه بر آن در سال دوم بررسی تعداد برگ، سطح برگ، شاخص محتوای کلروفیل، وزن خشک گل، درصد سافرانول و خاصیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به سال اول به دست آمد، ولی در سایر صفات بین دو سال اختلاف معنی داری وجود نداشت که دمای پایین تر را در سال دوم، می توان دلیل این عکس العمل دانست.

قدردانی

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی ملکان تقدیر و تشکر می گردد.

منابع

Asami, T., Nakagawa, Y. (2018). Preface to the Special Issue: Brief review of plant hormones and their utilization in agriculture. *J Pestic Sci*. 20; 43(3):154-158. doi: 10.1584/jpestics.M18-02. PMID: 30369825; PMCID: PMC6202696.

Aytekin, A., Acikgoz, A.O. (2008). Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) *plants*. *Molecules*. 13; 13(5):1135-1147. doi: 10.3390/molecules13051135. PMID: 18560333; PMCID: PMC6245432.

Bai, W., Zhang, H., Liu, B., Wu, Y., Song, J.Q. (2010). Effects of superabsorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use and Management*. 26. 253 - 260. 10.1111/j.1475-2743.2010.00271.x.

Bashir, M A., Raza, Q., Raza, H., Sial, M., Rehim, A., Khan, K., Ijaz, M., Wasif, M. (2022). Key aspects of plant hormones in agricultural sustainability under climate change. 10.5772/intechopen.102601.

Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Scrano, L., Cicco, N., Candido, V. (2020). The influence of soil physical and chemical properties on saffron (*Crocus sativus* L.) Growth, Yield and Quality. *Agronomy*. 10, 1154. https://doi.org/10.3390/agronomy10081154

Chang, L., Xu, L., Liu, Y., Qiu, D. (2021). Superabsorbent polymers used for agricultural water retention. *Polymer Testing*. 94: 154-164.

Chaudhary, N., Kothari, D., Walia, S., Ghosh, A., Vaghela, P., Kumar, R. (2023). Biostimulant enhances growth and corm production of saffron (*Crocus sativus* L.) in non-traditional areas of north western Himalayas. *Front Plant Sci*. 14:1097682. Published 2023 Feb 15. doi:10.3389/fpls.2023.1097682.

Esmaeilian, Y., Amiri, M. B., Tavassoli, A., Caballero-Calvo, A., Rodrigo-Comino, J. (2022). Replacing chemical fertilizers with organic and biological ones in transition to organic farming systems in saffron (*Crocus sativus*) cultivation. *Chemosphere*. 307: 234-241.

Fallah, H., Hosseini, A.(2024). Original Article Detection and Molecular Investigation of Bean common mosaic virus. *Journal of Saffron Research (semi-annual)*. Vol.12, No.1: 15-27.

(BCMV) in Saffron Fields of Khaf City

Feng, W., GAO, J., Cen, R., Yang, F., He, Z., Wu, J., Miao, Q., Liao, H. (2020). Effects of Polyacrylamide-Based Super Absorbent Polymer and Corn Straw Biochar on the Arid and Semi-Arid Salinized Soil. *Agriculture*. 10(11):519. https://doi.org/10.3390/agriculture10110519.

Ghasemi, H.,M, Javid, M,G., Akbari, G,A., Mortazavian.,M,M.(2023). Effects of Application of Biological and Chemical Potassium Fertilizer and Corm Weight on Physiological Traits and Flower Yield of Saffron (Crocus sativus L.). *Journal of Saffron Research (semi-annual)* Vol.10, No.2. P: 215-230

Hirayama, T., Mochida, K. (2023). Plant Hormonomics: A Key Tool for Deep Physiological Phenotyping to Improve Crop Productivity. *Plant Cell Physiol*. 63(12):1826-1839. doi:10.1093/pcp/pcac067.

INS (Iran National Standard). (2006). Research Institute of Standard and Iran. Saffron Bulletin, No. 259.

Jahan, M., Jahani, M. (2007). The Effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Hortic*. 739. 10.17660/ActaHortic.2007.739.9.

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

Khazdair, M.R., Boskabady, M.H., Hosseini, M., Rezaee, R., M Tsatsakis, A. (2015). The effects of *Crocus sativus* (saffron) and its constituents on nervous system: A review. *Avicenna J Phytomed*. 5(5):376-91. PMID: 26468457; PMCID: PMC4599112.

Krasnopeeva, E.L., Panova, G.G., Yakimansky, A.V. (2022). Agricultural Applications of Superabsorbent Polymer Hydrogels. Int J Mol Sci. 23(23):15134. doi: 10.3390/ijms232315134. PMID: 36499461; PMCID: PMC9738811.

Liao, R., Wu, W., Ren, S. and Yang, P. (2016). Effects of superabsorbent polymers on the hydraulic parameters and water retention properties of soil. *Journal of Nanomaterials*. 14: 157-164.

Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., Nagora, M., Kalia, S., Malik, K., Kumar, D. (2023). Superabsorbent polymers as a soil amendment for increasing agriculture production with reducing water losses under water stress condition. *Polymers*. 15(1):161. https://doi.org/10.3390/polym15010161

Mzabri, I., Rimani, M., Kouddane, N. and Berrichi, A. (2021). Study of the effect of pretreatment of corms by different concentrations of gibberellic acid and at different periods on the growth, flowering, and quality of saffron in eastern morocco. *Agriculture*. 9: 117-124.

Ndunge Benard, D., Obiero, J. P. O. and Mbuge, D. O. (2022). Contribution of superabsorbent

polymers to growth and yield of african leafy vegetables. *Advances in Agriculture*. 11: 68-74.

Nongbet, A., Mishra, A.K., Mohanta, Y.K., Mahanta, S., Ray, M.K., Khan, M., Baek, K.H., Chakrabartty, I. (2022). Nanofertilizers: A Smart and Sustainable Attribute to Modern Agriculture. *Plants* (Basel). 30;11(19):2587. doi: 10.3390/plants11192587. PMID: 36235454; PMCID: PMC9573764.

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

Sairam, M., Maitra, S., Shankar, T. (2021). Effect of plant growth regulators on crop production. *International Journal Of Agricultural Sciences*. 17. 775-782. 10.15740/HAS/IJAS/17.2/775-782.

Siddiqui, M.J., Saleh, M.S.M., Basharuddin, S.N.B.B., Zamri, S.H.B., Mohd Najib, M.H.B., Che Ibrahim, M.Z.B., Binti Mohd Noor, N.A., Binti Mazha, H.N., Mohd Hassan, N., Khatib, A. (2018). Saffron (*Crocus sativus* L.): As an Antidepressant. *J Pharm Bioallied Sci*. 10(4):173-180. doi: 10.4103/JPBS.JPBS_83_18. PMID: 30568374; PMCID: PMC6266642.

Sosnowski, J., Truba, M., Vasileva, V. (2023). The impact of auxin and cytokinin on the growth and development of selected crops. *Agriculture*. 13(3):724. https://doi.org/10.3390/agriculture13030724.

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

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

Yadav, A., Yadav, K., Abd-Elsalam, K.A. (2023). Nanofertilizers: Types, Delivery and Advantages in Agricultural Sustainability. *Agrochemicals*. 2(2):296-336. https://doi.org/10.3390/agrochemicals2020019.

Yonghui, Y., Sensen, Z., Jicheng, W., Cuimin, G., Defu, L., Darrell, T. (2022). Effect of long term application of super absorbent polymer on soil structure, soil enzyme activity, photosynthetic characteristics, water and nitrogen use of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 13: 56-67.

Yusuff, O., Rafii, M., Fatai, A., Chukwu, S., Monsuru Adekunle, S., Fagbohun, I., Kolawole, T., Swaray, S., Haliru, B. (2022). Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review. *Horticulturae*. 605. 10.3390/horticulturae8070605.

Zheng, H., Mei, P., Wang, W., Yin, Y., Li, H., Zheng, M., Ou, X., Cui, Z. (2023). Effects of super absorbent polymer on crop yield, water productivity and soil properties: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*. 282: 56-64.

Magdhalena, A., Pujiasmanto, E., Sulandjari, S. and Yunus, A. (2021). The effect of concentration and time interval of kinetin application on the growth of daun duduk (Desmodium triquetrum L.) Seeds. Journal of Biodiversity and Biotechnology. 1(1): 29–37.

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/)