

Optimal Nutrition of Saffron (*Crocus sativus* L.): A Review on the Application of Chemical, Organic, and Bio-fertilizers and Their Integration for Sustainable Production

Abstract

The response of saffron (*Crocus sativus* L.) to various fertilizer inputs is highly heterogeneous, varying significantly across different soil and climatic conditions. Consequently, numerous studies have reported inconsistent findings regarding the effects of chemical, organic, bio-fertilizers, integrated nutrient management (INM), and nano-fertilizers on the growth, yield, and quality of this crop. Particularly in the calcareous and low-organic-matter soils characteristic of arid and semi-arid regions, there is a lack of scientific consensus on the optimal type, dosage, timing, and combination of amendments required to simultaneously maximize yield, preserve stigma quality, and ensure production sustainability. This review aims to provide a comprehensive synthesis and comparative analysis of existing research on the impacts of chemical, organic, bio-fertilizers, integrated approaches, and nano-fertilizers on the quantitative and qualitative traits of saffron. The reviewed literature indicates that chemical fertilizers—specifically nitrogen, phosphorus, and potassium sources—can enhance corm characteristics, floral yield, and stigma productivity, provided they are applied in balanced amounts commensurate with plant requirements and soil status. However, imbalanced or excessive application may diminish nutrient use efficiency (NUE) and pose environmental risks. Organic and bio-fertilizers have also demonstrated potential in improving saffron yield and quality, primarily by enhancing soil physical, chemical, and biological properties and increasing nutrient bioavailability; nonetheless, the magnitude of response is heavily contingent upon the type and quality of amendments, soil characteristics, climatic conditions, and field management practices. Comparative analysis suggests that Integrated Nutrient Management (INM), through the synergistic application of chemical, organic, and biological resources, offers superior potential for increasing nutrient use efficiency, maintaining soil fertility, and ensuring long-term production sustainability compared to sole applications. Regarding nano-fertilizers, despite their significant potential, empirical evidence concerning their efficacy, optimal application rates, and long-term ecological impacts in saffron cultivation remains limited. In conclusion, fertilizer recommendations for saffron must be site-specific, accounting for soil testing, corm vigor, climatic variables, field status, and production objectives. Developing integrated nutritional strategies, coupled with long-term evaluations of organic, biological, and novel amendments, represents a critical pathway toward enhancing the productivity and sustainability of saffron production.

Keywords: Bio-fertilizers, Chemical fertilizers, Integrated nutrient management, Saffron, Yield and growth

Extended Abstract

Introduction

Saffron (*Crocus sativus* L.) is a high-value medicinal and spice crop whose productivity and quality are strongly influenced by nutrient management. Despite extensive research, the effects of chemical, organic, biological, integrated, and nano-fertilizers on saffron remain inconsistent across studies, particularly under calcareous, low-fertility soils of arid and semi-arid regions where the crop is predominantly cultivated. A clear synthesis of the available evidence is therefore needed to identify the most effective fertilization strategies for sustaining yield, improving stigma quality, and preserving soil health. This review aimed to comparatively analyze published studies on the effects of different fertilizer sources on the quantitative and qualitative traits of saffron and to highlight the main trends, limitations, and research gaps in this field.

Materials and Methods

This study was prepared as a narrative-analytical review based on a targeted search of accessible literature on saffron nutrition and fertilization. Relevant studies were selected from specialized saffron journals, as well as Iranian and international sources in agronomy, soil fertility, plant nutrition, and horticultural science. The review included studies that examined the effects of chemical fertilizers, organic amendments, biofertilizers, integrated nutrient management, or nano-fertilizers on saffron and reported at least one agronomic, physiological, biochemical, or quality-related trait. The literature was organized by fertilizer category, and findings were compared qualitatively according to the direction and consistency of plant responses under different soil and environmental conditions.

Results and Discussion

The reviewed evidence indicates that balanced application of chemical fertilizers, particularly nitrogen, phosphorus, and potassium, can improve vegetative growth, flower production, stigma yield, and corm performance. However, excessive or imbalanced use may reduce nutrient-use efficiency and increase environmental risks. Organic amendments such as farmyard manure, vermicompost, poultry manure, and humic substances generally improved soil structure, nutrient availability, and biological activity, and often enhanced saffron yield and quality. Biofertilizers contributed to improved plant performance through enhanced nutrient acquisition, rhizosphere activity, and beneficial microbe-plant interactions. In many cases, combined use of organic and biological inputs produced stronger effects than their separate application.

Among the strategies reviewed, integrated nutrient management consistently showed the greatest potential for improving both productivity and sustainability because it combines the immediate nutrient supply of mineral fertilizers with the long-term soil-improving effects of organic and biological sources. Nano-fertilizers also appear promising, but the available evidence remains limited, and their optimal rates, mechanisms, and long-term impacts have not yet been sufficiently clarified. Overall, the responses of saffron to fertilization were highly dependent on soil properties, climate, input quality, application rate, timing, and management practices, explaining much of the variability among studies.

Conclusion

The current evidence suggests that no single fertilizer strategy is universally optimal for saffron production. Instead, fertilization should be tailored to local soil conditions, crop requirements, and production goals. This review shows that integrated nutrient management offers the most promising approach for achieving high yield, improved quality, and sustainable soil fertility under saffron production systems. Future research should focus on long-term field experiments, region-specific recommendations, and the combined use of chemical, organic, and biological inputs under different agroecological conditions.

Keywords: Biofertilizers, Calcareous soils, Integrated nutrient management, Nano-fertilizers, Organic amendments, Saffron

تغذیه بهینه زعفران: مروری بر کاربرد کودهای شیمیایی، آلی، زیستی و تلفیق آن ها در تولید پایدار

چکیده

پاسخ زعفران (*Crocus sativus* L.) به نهاده‌های کودی در شرایط متفاوت خاکی و اقلیمی یکنواخت نیست و مطالعات گوناگون، نتایج متفاوتی درباره اثر کودهای شیمیایی، آلی، زیستی، تلفیقی و نانوکودها بر رشد، عملکرد و کیفیت این گیاه گزارش کرده‌اند. به‌ویژه در خاک‌های آهکی و کم‌ماده آلی مناطق خشک و نیمه‌خشک، هنوز درباره نوع، مقدار، زمان و ترکیب بهینه نهاده‌های کودی برای دستیابی هم‌زمان به عملکرد مطلوب، حفظ کیفیت کلاله و پایداری تولید، توافق کافی وجود ندارد. این مقاله با هدف مرور و تحلیل تطبیقی پژوهش‌های انجام‌شده درباره اثر کودهای شیمیایی، آلی، زیستی، تلفیقی و نانوکودها بر صفات کمی و کیفی زعفران تدوین شد. بررسی مطالعات نشان داد که کودهای شیمیایی، به‌ویژه منابع نیتروژن، فسفر و پتاسیم، در صورت مصرف متعادل و متناسب با نیاز گیاه و وضعیت خاک، می‌توانند رشد، عملکرد گل و کلاله و برخی ویژگی‌های بنه را بهبود دهند؛ با این حال، مصرف نامتناسب یا بیش‌ازحد آن‌ها ممکن است کارایی مصرف عناصر را کاهش داده و مخاطرات زیست‌محیطی ایجاد کند. کودهای آلی و زیستی نیز، عمدتاً از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی، در بسیاری از شرایط موجب بهبود عملکرد و کیفیت زعفران شده‌اند؛ هرچند شدت پاسخ گیاه به نوع و کیفیت نهاده، ویژگی‌های خاک، شرایط اقلیمی و مدیریت مزرعه وابسته است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که مدیریت تلفیقی منابع کودی، با بهره‌گیری متوازن از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی، در اغلب شرایط ظرفیت بیشتری برای افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، حفظ حاصلخیزی خاک و پایداری تولید نسبت به مصرف منفرد هر یک از منابع دارد. با وجود ظرفیت بالقوه نانوکودها، شواهد موجود درباره کارایی، مقدار مصرف بهینه و پیامدهای بلندمدت آن‌ها در زعفران هنوز محدود است. در مجموع، توصیه کودی برای زعفران باید به‌صورت منطقه‌محور و بر پایه آزمون خاک، ویژگی‌های بنه، شرایط اقلیمی، وضعیت مزرعه و هدف تولید تنظیم شود. توسعه راهبردهای تلفیقی تغذیه، همراه با ارزیابی بلندمدت اثر نهاده‌های آلی، زیستی و نوین، می‌تواند مسیر مناسبی برای ارتقای بهره‌وری و پایداری تولید زعفران فراهم کند.

کلمات کلیدی: کودهای زیستی، کودهای شیمیایی، مدیریت تلفیقی تغذیه، رشد و عملکرد، زعفران

روشی گردآوری و تحلیل منابع

این مقاله به‌صورت مرور روایتی-تحلیلی و با هدف جمع‌بندی و تحلیل مطالعات انجام‌شده درباره اثر منابع مختلف کودی بر رشد، عملکرد و کیفیت زعفران تدوین شد. گردآوری منابع به‌صورت هدفمند و بر اساس دسترسی به مقالات مرتبط با اثر کودهای شیمیایی، آلی، زیستی، تلفیقی و نانوکودها بر زعفران انجام گرفت. بخش عمده منابع مورد استفاده از مقالات منتشرشده در مجلات تخصصی مرتبط با زعفران، به‌ویژه مجلات داخلی دارای مقالات متعدد در زمینه زراعت و فناوری زعفران و پژوهش‌های زعفران و نیز برخی مقالات نمایه‌شده در مجلات بین‌المللی مرتبط با تغذیه گیاه، زراعت، علوم باغبانی و مدیریت پایدار حاصلخیزی خاک انتخاب شد.

در انتخاب منابع، مطالعاتی وارد بررسی شدند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به اثر کودها یا نهاده‌های تغذیه‌ای بر زعفران مربوط بودند و دست‌کم یکی از شاخص‌های رشد رویشی، تعداد و وزن گل، عملکرد کلاله، ویژگی‌های بنه، کیفیت کلاله، ترکیبات زیست‌فعال مانند کروسین، پیکروکروسین و سافرانال، یا برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی را گزارش کرده بودند. منابعی که ارتباط مستقیمی با زعفران نداشتند یا اطلاعات کافی برای تفسیر اثر تیمارهای تغذیه‌ای ارائه نمی‌کردند، در تحلیل اصلی وارد نشدند. با این حال، برخی منابع عمومی مرتبط با سازوکار اثر کودهای آلی، زیستی و نانوکودها برای تقویت بحث نظری و تبیین مکانیسم‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

منابع بررسی‌شده عمدتاً در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۶ قرار داشتند، اما این بازه به‌معنای جستجوی نظام‌مند و کامل همه مطالعات منتشرشده در این دوره نیست، بلکه نشان‌دهنده دامنه زمانی منابع در دسترس و استفاده‌شده در این مرور است. پس از گردآوری منابع، مطالب بر اساس نوع نهاده تغذیه‌ای شامل کودهای شیمیایی، کودهای آلی، کودهای زیستی، مدیریت تلفیقی تغذیه و نانوکودها طبقه‌بندی شد. در هر گروه، نتایج مطالعات از نظر جهت و شدت پاسخ زعفران، به‌ویژه افزایش یا کاهش صفات مهم کمی و کیفی نسبت به شاهد، مقایسه و در موارد لازم در

قالب جدول خلاصه شد. سپس نتایج به صورت کیفی و تطبیقی تحلیل شدند تا روندهای مشترک، اختلاف میان یافته‌ها، عوامل مؤثر بر تفاوت پاسخ‌ها و خلأهای پژوهشی مشخص شود.

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران‌بهارترین محصول کشاورزی و دارویی، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشاورزی کشورهای ایران، هند و مناطق مدیترانه‌ای دارد (Menia et al., 2018). با وجود اهمیت اقتصادی، تولید این گیاه با چالش‌های ساختاری متعددی از جمله خرد بودن اراضی، هزینه‌های بالای نیروی کار و به‌ویژه خلأ دانش علمی در زمینه مدیریت تغذیه و انتخاب بهینه کود مواجه است (Gresta et al., 2009; Rezvani-Moghaddam, 2020). اگرچه نیاز کودی زعفران نسبت به برخی محصولات زراعی کمتر است، اما مطالعات نشان می‌دهند که پتانسیل عملکرد و کیفیت گل، به شدت تحت تأثیر مدیریت خاک و برنامه‌های کودی قرار دارد (Temperini et al., 2009; Ghanbari & Khajoei-Nejad, 2022).

مدیریت حاصلخیزی خاک، فواید از تأمین عناصر غذایی، راهبردی برای بهبود سلامت خاک، تنوع زیستی میکروبی و افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها است (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴ الف). در دهه‌های اخیر، گذار از رویکردهای تک‌بعدی متکی بر کودهای شیمیایی به سمت سیستم‌های مدیریت تلفیقی به دلیل مخاطرات زیست‌محیطی و کاهش کیفیت خاک، ضرورت یافته است (دوراندیش و همکاران، ۱۳۹۸). منابع آلی، اصلاح‌کننده‌های خاک و تلقیح‌گرهای زیستی، به عنوان ارکان اصلی این مدیریت نوین، نقشی کلیدی در حفظ پایداری و بهبود کیفیت عملکرد ایفا می‌کنند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹). علاوه بر این، فناوری نانو با افزایش ظرفیت جذب و کاهش اتلاف مواد مغذی، افق‌های نوینی را در اصلاح وضعیت تغذیه گیاه گشوده است (Solanki et al., 2015; Chhipa, 2017).

با وجود اهمیت این راهکارها، دانش موجود پیرامون تدوین برنامه‌های جامع تغذیه زعفران که تلفیق‌کننده مدیریت مواد آلی، زیستی و نانوکودها باشد، پراکنده است و نیاز به یک جمع‌بندی علمی دارد. هدف از این مطالعه مروری، جمع‌بندی و تحلیل یافته‌های علمی موجود برای تبیین نیاز کودی زعفران و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت حرکت به سمت تولید پایدار و باکیفیت است.

تأثیر کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد زعفران

تأثیر کودهای نیتروژنه بر رشد و عملکرد زعفران

نیتروژن به عنوان عنصری پویا و متحرک، نقشی کلیدی در افزایش عملکرد گل و بنه زعفران ایفا می‌کند و در پایان فصل رشد به طور مؤثری از اندام‌های هوایی به بنه‌های زیرزمینی بازانتقال می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴ ب). افزایش سطح نیتروژن برگ، از طریق تحریک سنتز کلروفیل و تقویت فعالیت فتوسنتزی، زیست‌توده رویشی و تخصیص مواد فتوسنتزی به بنه‌ها را بهبود بخشیده و در نتیجه موجب افزایش تعداد بنه‌های دختری می‌شود (چاجی و همکاران، ۱۳۹۲). افزودن ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن به کود زیستی حاوی ریزوباکترهای محرک رشد گیاهی مانند سودوموناس و باسیلوس، تولید و کیفیت زعفران را به حداکثر رساند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳). کاربرد کود اوره به‌تنهایی نیز افزایش وزن تازه و خشک بنه، برگ و تعداد بنه‌های دختری را به همراه دارد (چاجی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین، تلفیق ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست علاوه بر بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل افزایش نیتروژن خاک (۶۶/۷٪)، ماده آلی (۶۸/۴٪) و فسفر قابل دسترس (۴۳/۷٪)، عملکرد کلالة خشک را تا ۴۲/۶٪ نسبت به شاهد افزایش داده است (فعلی و همکاران، ۱۳۹۷). در مقایسه منابع، اگرچه کود گاوی عملکرد زعفران را ۲۰٪ بیش از اوره افزایش داده است، اما مصرف اوره غلظت ترکیبات کیفی شامل ساfranال، کروسین و پیکروکروسین را به ترتیب ۳، ۵ و ۶ درصد در مقایسه با کود گاوی ارتقا

بخشیده است که نشان‌دهنده لزوم مصرف تلفیقی اوره و کود دامی برای دستیابی هم‌زمان به عملکرد و کیفیت بالا است (Abbasi & Sepaskhah, 2022).

تأثیر کودهای فسفره بر رشد و عملکرد زعفران

فسفر به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین عناصر غذایی، نقشی بنیادی در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه ایفا کرده و میزان دسترسی به آن از مؤثرترین متغیرهای تعیین‌کننده عملکرد و کیفیت زعفران محسوب می‌شود (Fageria et al., 2013). این عنصر با تقویت سنتز مواد آلی در برگ‌ها و تسریع انتقال آن‌ها به بنه، تولید محصول را افزایش می‌دهد (چاجی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کوچکی و تیموری، ۱۳۹۳). علاوه بر این، شواهد نشان می‌دهند که سنتز سافرانال وابستگی شدیدی به تامین ترکیبات حاوی فسفر دارد (Oftadeh et al., 2018). بررسی مقادیر مصرف نشان می‌دهد که کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر موجب افزایش وزن تر بنه و برگ زعفران می‌شود، اگرچه می‌تواند تعداد بنه‌های دختری را کاهش دهد (چاجی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین، استفاده از بیوسوپرفسفات به‌عنوان منبع زیستی - شیمیایی این عنصر، افزایش طول برگ زعفران را به همراه داشته است (علی‌پور میاندهی و همکاران، ۱۳۹۳).

تأثیر کودهای پتاسه بر رشد و عملکرد زعفران

پتاسیم عنصر غذایی ضروری برای رشد و توسعه محصولات زراعی است که اغلب به‌عنوان عامل کلیدی بهبود کیفیت شناخته می‌شود (Jiku et al., 2020; Fatematuzaohora & Karim, 2020). در زعفران، پتاسیم نقشی محرک در گلدی ایفا کرده و منبع تغذیه‌ای حیاتی در مرحله رشد زایشی محسوب می‌شود (Jabbari et al., 2017; Khayyat et al., 2018). این عنصر همچنین با کاهش اثرات مخرب تنش شوری بر تجمع زیست‌توده ریشه و اندام هوایی، به حفظ عملکرد گیاه در خاک‌های شور کمک می‌کند (Avarseji et al., 2013; Shayganfar et al., 2021). یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند که کاربرد تلفیقی ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار، وزن خشک کلاله را تا ۹۰ درصد (از ۲۵۰ گرم در شاهد به ۴۷۶ گرم در هکتار) افزایش می‌دهد (Basatpour et al., 2022). همچنین، مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بالاترین مقادیر را در شاخص‌های تعداد گل، عملکرد گل تر و کلاله تر و خشک، طول و وزن برگ، تعداد و وزن کل بنه و میانگین وزن بنه ایجاد کرده است (Aminifard et al., 2023 a). بررسی اثرات کیفی این سطح مصرف نیز نشان می‌دهد که کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم غلظت کروسین را تا سه برابر و میزان انتوسیانین را تا ۹/۸ درصد بهبود می‌بخشد (Aminifard et al., 2023 a).

تأثیر کودهای ترکیبی نیتروژنه، فسفره و پتاسه بر رشد و عملکرد زعفران

انتخاب نسبت، شکل و محل مناسب کود NPK می‌تواند مواد غذایی موردنیاز زعفران را به‌طور هم‌زمان تأمین کند و کارایی آن از کاربرد مجزا و تک‌عنصری نیتروژن، فسفر و پتاسیم بالاتر است. محلول‌پاشی کودهای مختلف NPK به‌دلیل هم‌زمان‌سازی تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به بنه و اندام‌های زیرزمینی، موجب بهبود سرعت گلدی، عملکرد گل و کلاله شد (ملافیلابی و خرم‌دل، ۱۳۹۴). کاربرد NPK با فرمولاسیون ۶۰-۳۰-۶۰ کیلوگرم در هکتار وزن خشک کلاله را ۱۴۶ درصد نسبت به شاهد (۱/۱۶ در برابر ۰/۴۷ گرم در متر مربع) افزایش داد (شهریاری و همکاران، ۱۳۹۷). در مقایسه کودهای زیستی، دالفارد ۱۵ نسبت به نیتروکسین، تعداد گل در واحد سطح، وزن خشک گل و عملکرد کلاله را تقریباً سه برابر افزایش داد (Koocheki et al., 2009) و وزن و تعداد بنه را ۴۰ و ۷۲ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید (مداحی و همکاران، ۱۳۹۶). تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی نیز مؤثرتر از کاربرد انحصاری هر یک است؛ به‌گونه‌ای که ترکیب NPK (۵۰ کیلوگرم اوره، ۴۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) با کود زیستی ترکیبی (*A.Sp.*, *P. aeruginosus.*, *B. subtilis*) عملکرد

خشک کلاله (۵۷٪)، پیکروکروسین (۴۴٪)، سافرانال (۶۲٪) و کروسین (۴۷٪) را نسبت به شاهد افزایش داد (عالی‌زاده اولی کندی و همکاران، ۱۳۹۷). علاوه بر عناصر پرمصرف، تأمین عناصر کم‌مصرف نیز نقش مهمی در بهبود عملکرد دارد. محلول‌پاشی کود کامل میکرو بریکسل کمبی (حاوی ۰/۳ درصد مس، ۶/۸ درصد آهن، ۱/۱ درصد روی، ۲/۶ درصد منگنز، ۰/۹ درصد بر و ۰/۲ درصد مولیبدن) به میزان یک کیلوگرم در هکتار در ۴۰۰ لیتر آب در سه نوبت طی اسفندماه، عملکرد خشک کلاله را ۴۸/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Maleki et al., 2021). در همین راستا، مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانوکلات آهن به‌صورت کود آبیاری پیش از گلدهی در سال‌های اول و دوم کشت زعفران، وزن تر گل و وزن خشک کلاله را به‌ترتیب ۶۹ و ۵۹ درصد افزایش داد (بقایی و ملکی فراهانی، ۱۳۹۲). در جدول ۱ برخی از اثرات کودهای حاوی عناصر غذایی بر رشد و عملکرد زعفران ارائه شده است.

جدول ۱. تأثیر کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد زعفران

کودهای شیمیایی	مقدار مورد استفاده	نوع خاک	عملکرد کلاله خشک	تعداد گل	تعداد بنه جایگزین	وزن بنه جایگزین	منبع
اوره	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	لوم رسی	+۱۵۰٪	-	-	غیر معنی دار	امیدی و همکاران، ۱۳۸۸
	۹۰ کیلوگرم در هکتار	لوم رسی	+۴۹٪	-	+۹۰٪	-	Kirmani et al., 2014
	۴۵ کیلوگرم در هکتار	لوم رسی	+۳۷٪	-	+۱۹٪	-	Kirmani et al., 2014
محلول‌پاشی اوره	۷ کیلوگرم در هکتار	لوم شنی	+۴۱٪	+۱۸٪	+۲۸٪	+۴۲٪	عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹
سوپر فسفات تربیل	۳۵ کیلوگرم در هکتار	سیلتی لوم	-	-	-۶۰٪	+۵۰٪	چاچی و همکاران، ۱۳۹۲
سوپر فسفات	۴۰ کیلوگرم در هکتار	لوم شنی	+۱۷٪	-	-	-	امیری، ۱۳۸۷
فسفات آمونیوم	۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	-	+۴۰٪	غیر معنی دار	-	غیر معنی دار	امیریان و کارگر، ۱۳۹۵
سولفات پتاسیم	۲۰۰ کیلوگرم در هکتار	لوم	غیر معنی دار	غیر معنی دار	-	-	اکرمی و همکاران، ۱۳۹۳
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	لوم	غیر معنی دار	غیر معنی دار	-	-	اکرمی و همکاران، ۱۳۹۳
محلول‌پاشی پتاسیم	۳ لیتر در هکتار	-	+۱۵٪	-	-	-	اکبریان و همکاران، ۱۳۹۱
سولفات پتاسیم	۲۰ کیلوگرم در هکتار	لوم	+۱۳۴٪	-	-	-	ذبیحی و فیضی، ۱۳۹۳
فسامکو ۴	۷ میلی گرم بر کیلوگرم	سیلتی لوم	+۱۰۸٪	+۱۱۰٪	-	+۱۴٪	ملافیلابی و حرم دل، ۱۳۹۴
دلفارد ۱۵	غلظت ۱۵ درصد	سیلتی لوم	+۲۰۰٪	+۱۳۸٪	+۱۴۲٪	+۱۰۸٪	حرم دل و همکاران، ۱۳۹۴
فرتریکس	۲ لیتر بر هکتار	لوم شنی	+۳۴٪	+۶۱٪	-	-	امینی و همکاران، ۱۳۹۷

مفهوم مقادیر نشان داده شده: (+): افزایش در مقایسه با شاهد، (-): کاهش در مقایسه با شاهد می باشد.

تحلیل نتایج مطالعات بیانگر آن است که پاسخ زعفران به کودهای حاوی عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر منبع کودی، مقدار، زمان و روش کاربرد و ویژگی‌های فیزیکی‌وشیمیایی خاک قرار دارد. اگرچه اکثر پژوهش‌ها بر این نکته توافق دارند که تأمین متعادل این عناصر می‌تواند موجب بهبود رشد رویشی، ویژگی‌های بنه و عملکرد کلاله شود، اما شدت این پاسخ در مطالعات مختلف متغیر بوده است. گزارش برخی اثرات غیرمعنی‌دار یا محدود در پژوهش‌ها احتمالاً ناشی از تفاوت در بافت خاک، شرایط اقلیمی، سن مزرعه و نوسانات کارایی جذب عناصر است. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد کارایی کودهای شیمیایی در صورتی به حداکثر می‌رسد که مصرف آن‌ها

به صورت متعادل، مرحله مند و متناسب با نیاز فیزیولوژیک گیاه تنظیم شود؛ در غیر این صورت، پاسخ گیاه ممکن است محدود یا ناپایدار باشد. لذا توصیه می شود جهت دستیابی به پایداری عملکرد، برنامه های تغذیه ای بر پایه آزمون خاک و نیاز واقعی گیاه در هر منطقه بومی سازی شوند.

تأثیر کودهای آلی بر رشد و عملکرد زعفران

تأثیر کود هیومیک اسید بر رشد و عملکرد زعفران

اثرات مثبت اسید هیومیک بر گیاهان عمدتاً به افزایش جذب آب و عناصر غذایی، بهبود قابلیت دسترسی عناصر در خاک، توسعه ریشه، افزایش سنتز کلروفیل و تحریک فعالیت های آنزیمی نسبت داده می شود (Barea et al., 2005). عواملی که نقش مؤثری در ارتقای عملکرد و شاخص های کیفی زعفران دارند (عثمانی رودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ملافیلابی و خرم دل، ۱۳۹۴). شواهد تجربی نشان می دهند که کاربرد خاکی ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک، وزن بنه را ۷ درصد بهبود می بخشد (ریوندی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین مصرف خاکی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار آن به افزایش ۳۸ درصدی تعداد گل، ۳۹ درصدی عملکرد گل و ۱۸۳ درصدی وزن خشک کلاله نسبت به شاهد انجامیده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴). در ارزیابی سطوح مختلف خاکی (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار پودر تجاری هیومکس حاوی ۸۰٪ اسید هیومیک، ۵٪ اکسید پتاسیم و ۱۵٪ اسید فولویک همراه با آب اول)، بیشترین وزن خشک کلاله (۸۲/۴۲ گرم) و خامه (۰/۳۸ گرم) در سطح ۱۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (حسینی و همکاران، ۱۴۰۳). در پژوهشی دیگر در بیرجند، کودآبیاری ۵ کیلوگرم در هکتار پودر هیومکس (۸۰٪ اسید هیومیک، ۱۵٪ اسید فولویک و ۱۲٪ اکسید پتاسیم) در سال دوم کشت، عملکرد تر گل و خشک کلاله را به ترتیب ۳۱/۸ و ۱۸/۷ درصد افزایش داد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). علاوه بر این، مصرف سوپرهیومیک توانست وزن خشک کلاله را تا ۵/۸۶ درصد نسبت به شاهد ارتقا دهد (ارمک و همکاران، ۱۴۰۰). اسید هیومیک علاوه بر عملکرد، متابولیت های ثانویه کلاله را نیز متأثر می سازد؛ به طوری که بالاترین میزان پیکروکروستین در مصرف خاکی ۱۵ کیلوگرم در هکتار و بیشترین مقادیر کروستین و سافرانال در سطح ۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین تلفیق کاربرد خاکی و محلول پاشی برگی کارایی این ترکیب را دوچندان می کند؛ کاربرد توأم ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک جامد با ۳ لیتر در هکتار محلول پاشی برگی سبب افزایش تعداد گل (۴۲/۷٪) و وزن خشک کلاله (۷۸/۶٪) شد، در حالی که ترکیب ۱۰ کیلوگرم خاکی با ۲ لیتر برگی بالاترین افزایش پیکروکروستین (۹/۴٪) و ترکیب ۱۰ کیلوگرم خاکی با ۳ لیتر برگی بیشترین میزان سافرانال (۴/۴٪) را ثبت نمود (گردکانه و همکاران، ۱۳۹۹).

تأثیر کود ورمی کمپوست بر رشد و عملکرد زعفران

استفاده از کمپوست آلی، فعالیت جانوران خاک و زیست توده میکروبی و همچنین فعالیت آنزیم را تقویت می کند و منجر به کانی سازی مواد آلی و مقاومت در برابر آفات و بیماری ها می شود که هر دو در کشاورزی ارگانیک حیاتی هستند (Erhan & Hartl, 2010). محصولات نهایی فناوری های کمپوست سازی مانند ورمی کمپوست مواد مغذی متراکم و سازگار با محیط زیست هستند که به عنوان تهیه کننده خاک در کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند (Usmani et al., 2017). در زعفران، استفاده از ورمی کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی و همچنین سایر کودهای آلی مؤثرتر بود. به عنوان مثال، کاربرد ورمی کمپوست (۱۰/۲ تن در هکتار) نسبت به کود معدنی (۲۵۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۲۹ کیلوگرم فسفر در هکتار) در افزایش تعداد، وزن، محتوای نیتروژن و فسفر بنه های دختری بزرگ و متوسط در هر بوته مؤثر بود (سیدی و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج تحقیقی نشان داد که استفاده از ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با استفاده از ۱۰ تن در هکتار کود گاوی و محلول پاشی ۱۰ لیتر در هکتار کود زعفران هیومستر بنه بیشتری تولید کرد. همچنین استفاده از ورمی کمپوست مدفون در ردیف های کاشت، باعث تولید تعداد بنه دختری بیشتری نسبت به پخش سطحی ورمی کمپوست شد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶).

در تحقیق دیگری کاربرد ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) نسبت به سایر تیمارهای کودی (کود مرغی ۱۵ تن در هکتار، اسید هیومیک ۲ کیلوگرم در هکتار و کود شیمیایی حاوی ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و پتاسیم) تعداد گل و عملکرد کلاله بیشتری داشت (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج تحقیقی نشان داد که محلول پاشی ۲۰ درصد ورمی کمپوست صفات عملکردی زعفران را به طور معنی دار بهبود داد. در این تیمار، تعداد گل، وزن تر گل، وزن تر کلاله، وزن خشک کلاله و طول کلاله به ترتیب ۸۱/۷، ۶۵/۷، ۴۲/۹، ۵۳/۸۶ و ۶/۵۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (Amooaghaie et al., 2026).

تأثیر کود حیوانی بر رشد و عملکرد زعفران

کود آلی مشتق شده از فضولات حیوانی یک پایه اصلی برای کشاورزی پایدار است. زیرا حاصلخیزی خاک، فراوانی میکروبی، پیشگیری از بیماری‌ها و مسائل اقتصادی را بهبود می‌بخشد (Bhunja et al., 2021). در درازمدت، رهاسازی کم و مداوم مواد مغذی کود، بافت و ساختار خاک را بهبود می‌بخشد و در عین حال نیازهای غذایی گیاه را تأمین می‌کند و در نتیجه عملکرد زعفران بهتری در مزارع حاصل می‌شود (کوچکی و تیموری، ۱۳۹۳). به طور کلی، نشان داده شده است که کودهای دامی تأثیر بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران دارند (علی پور و همکاران، ۱۳۹۴).

تأثیر کود گاوی بر رشد و عملکرد زعفران

کاربرد کود گاوی از طریق ارتقای ویژگی‌های حاصلخیزی خاک (کربن آلی، CEC، فراهمی پتاسیم، منیزیم و کلسیم) و افزایش کارایی مصرف نیتروژن و فسفر نسبت به کودهای شیمیایی، کیفیت و عملکرد زعفران را بهبود می‌بخشد (Amiri, 2008; Jami-Alahmadi et al., 2015b; Koocheki & Seyyedi, 2015; Koocheki et al., 2015b). در مقادیر ۲۰ تا ۲۵ تن در هکتار، افزایش رشد، عملکرد بنه دختری (تعداد، وزن و محتوای فسفر) و کلاله تر و خشک گزارش شده که برتر از شاهد، محلول پاشی دلفارد (۷ کیلوگرم)، فلورال فسفر (۲/۵ کیلوگرم) و کودهای شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم اوره + ۷۵ کیلوگرم سوپرفسفات) بوده و وزن کلاله را تا دو برابر افزایش داده است (Mollafilabi & Khorramdel, 2016; Feizi et al., 2015; Koocheki et al., 2015a; Kianimanesh et al., 2021). همچنین مصرف ۳۰ تن در هکتار در سال اول در سرایان (افزایش ۵۵/۲ کیلوگرم گل و ۱/۵۵ کیلوگرم کلاله خشک) و تقسیط سالانه ۱۰ تن طی سه سال در شیروان (افزایش ۵۰/۸٪ گل تر و ۳۸٪ کلاله خشک) عملکرد را ارتقا داد (Fallahi & Mahmoodi, 2018; Koocheki et al., 2018). در سطح ۴۰ تن در هکتار نیز افزایش عملکرد گل و کلاله خشک در مناطق مختلف شامل سال اول در مشهد (۶۲/۲٪ کلاله)، کرمان (۴۲/۵٪ گل و ۵۲/۳٪ کلاله)، تربت حیدریه در سال سوم (۳۸/۵٪ گل و ۳۵٪ کلاله) و در آزمایشی دو ساله به میزان ۵۵/۳٪ گل تر و ۱۰۲/۷٪ کلاله خشک به اثبات رسید (Osmani Roudi et al., 2015; Asadi et al., 2019; Rezaie et al., 2019; Asghari et al., 2019; Esmaeilian & Amiri, 2019). معدنی اومیک (به ترتیب ۷۷/۳٪، ۷۱/۷٪ و ۵۸/۹٪) بود (Ebrahimi et al., 2020). علاوه بر این، تلفیق ۲۰ تن در هکتار کود گاوی با اوره (۵۰ کیلوگرم) و سوپرفسفات (۴۰ کیلوگرم) باعث بیشترین عملکرد کلاله (۴۵/۰ گرم در مترمربع شاهد) و وزن تر گل (۹۹/۰ گرم) برابر ۵/۰ گرم) و بهبود طول کلاله شد (Amiri, 2009; Mohammad et al., 2012) و ترکیب آن با قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*) ضمن دو برابر کردن تعداد و عملکرد گل، شاخص‌های کیفی (پیکروکرویین، سافرانال، فنول و فلاونوئید کل) را افزایش داد (Ghanbari et al., 2019).

تأثیر کود گوسفندی بر رشد و عملکرد زعفران

مصرف ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی طی دو سال، ضمن بهبود صفات رویشی و بنه (طول برگ، تعداد و وزن کل بنه و وزن بنه دختری اصلی)، افزایش ۵ درصدی تعداد گل، بیشترین وزن تر گل (۰/۴۵ گرم) و عملکرد تر گل (۹۵/۱۷ گرم در مترمربع) را رقم زد و عملکرد تر و خشک کلاله را در سال اول به ۴/۶۹ و ۱/۲۱ گرم در مترمربع (در برابر ۴/۲۹ و ۱/۰۹ شاهد) و در سال دوم به ۴/۴۸ و ۱/۱ گرم در مترمربع رساند (Aminifard et al., 2024). این سطح کودی همچنین بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی (۳۰/۴۶٪)، فنول (۶۵/۵۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)، آنتوسیانین (۳۳/۴۱ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) و ترکیبات مؤثره کروسین (۲۸۵/۶۶)، سافرانال (۳۴/۵۶) و پیکروکروسین (۳۳) را ایجاد کرد (Aminifard et al., 2025).

تأثیر کود مرغی بر رشد و عملکرد زعفران

کاربرد ۵ تن در هکتار کود مرغی موجب افزایش ۰/۳۲ گرمی وزن خشک کلاله نسبت به شاهد شد (Aminifard & Gholizade, 2018) و در مقایسه با کود شیمیایی (۱۰۰ کیلوگرم اوره + ۸۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار)، تعداد گل (۸۶ عدد در مترمربع)، وزن تر گل (۳۲/۶ گرم در مترمربع)، وزن خشک کلاله (۰/۲۳۶ گرم در مترمربع)، وزن خشک خامه (۰/۶۰۵ گرم در مترمربع) و شاخص برداشت کلاله (۰/۰۰۷۱) را به طور معنی داری بهبود بخشید (Shariatmadari et al., 2018). همچنین در شرایط تنش خشکی، کاربرد توأم کود مرغی و شیمیایی با نسبت ۳ به ۱ رشد و عملکرد را افزایش داد، درحالی که بالاترین کیفیت کلاله با نسبت معکوس (۱ به ۳ به نفع کود شیمیایی) حاصل شد (Aboueshaghi et al., 2022).

در جمع بندی، اصلاح کننده های آلی (اسید هیومیک، ورهی کمپوست و انواع کودهای دامی) از طریق بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک، توسعه ریشه و افزایش دسترسی به عناصر غذایی، محرک اصلی رشد عملکرد بنه و شاخص های کمی و کیفی زعفران به ویژه در خاک های فقیر مناطق خشک هستند؛ با این حال، شدت پاسخ گیاه تابع نوع منبع آلی، کیفیت بیولوژیکی، مقدار و شیوه مدیریت مصرف آن در بوم نظام زراعی است.

تأثیر کودهای زیستی بر رشد و عملکرد زعفران

کاربرد کودهای بیولوژیک رویکردی نوین و موفق برای تأمین عناصر غذایی و حفظ بهینه کیفیت خاک است (Fallahi et al., 2009) که با ارتقای انعطاف پذیری گیاه در برابر تنش های محیطی نظیر خشکی، کمبود عناصر و سمیت فلزات سنگین همراه است (Wu et al., 2005). در این میان، ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (PGPR) از طریق سازوکارهای متعددی شامل ترشح فیتوهورمون ها و متابولیت های محرک رشد (Marques et al., 2010; Khan, 2005)، تثبیت نیتروژن آزاد و همزیستی در ریزوسفر (Rasool et al., 2021; Khan, 2005)، انحلال فسفات های آلی و معدنی (Alori et al., 2017) و فعالیت آنتاگونیستی علیه بیمارگرهای خاک زاد (Ren et al., 2020)، دسترسی به عناصر و سطح تماس ریشه را افزایش داده و موجب بهبود شاخص های رشد و عملکرد زعفران در مراحل مختلف فنولوژیک می شوند.

تأثیر آزوسپیریلوم و آزوتوباکتر بر رشد و عملکرد زعفران

باکتری های تثبیت کننده نیتروژن *Azospirillum* و *Azotobacter* از طریق ترشح فیتوهورمون های محرک رشد، توسعه اندام های هوایی و ریشه، و بهبود جذب نیتروژن و ریزمغذی ها، موجب افزایش وزن گل و صفات زایشی زعفران می شوند (Alipoor Miandehi et al., 2013). در همین راستا، کاربرد کود زیستی نیتروکسین عملکرد خشک زعفران (کلاله + خامه) را از ۱/۶ به ۲ کیلوگرم در هکتار افزایش داده و ویژگی های کیفی شامل کروسین، سافرانال و پیکروکروسین را به طور معنی داری ارتقا بخشید (Pazoki et al., 2017). همچنین، در حالی که

مصرف انفرادی آزوتوباکتر (۵ کیلوگرم در هکتار) صرفاً بر تولید بنه مؤثر بود، تلفیق آن با ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن شیمیایی افزایش چشمگیر عملکرد را به همراه داشت (Kirmani et al., 2014). افزون بر این، کاربرد ۰/۲ درصد کود زیستی ازتوباکتر (حاوی *Azotobacter vinelandii*) بیشترین تولید زعفران را رقم زد، در حالی که غلظت ۱ درصد نیتروکارا (حاوی *Azorhizobium caulinodans*) برای بهینه‌سازی محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کلاله مؤثرترین تیمار ارزیابی شد (Parsa et al., 2018).

تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر رشد و عملکرد زعفران

کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات مانند سودوموناس پوتیدا و پانتوتا آگلومرانس راهکاری کارآمدتر از کودهای شیمیایی در رهایش فسفر از منابع آلی و معدنی است (عالی‌زاده اولی‌کندی و همکاران، ۱۳۹۷) که از طریق تسهیل جذب عناصر، موجب درشت‌تر شدن بنه‌ها و افزایش وزن خشک کلاله و عملکرد نهایی زعفران می‌شود (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Parray et al., 2013). در این زمینه، مصرف ۱۰۰ گرم در هکتار فسفات پلور ۲ (حاوی سودوموناس پوتیدا سویه P₁₃ و پانتوتا آگلومران سویه P₅) ضمن ارتقای تعداد بنه، وزن خشک گل و محتوای پیکروکروسین، عملکرد را ۱۳۷/۷ درصد نسبت به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم افزایش داد (بخردی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین تلفیق ۵۰ گرم در هکتار بیوفسفر (حاوی سودوموناس پوتیدا سویه P₁₃ و پانتوتا آگلومران سویه P₅) با ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم، تجمع ساfranال و کروسین را به حداکثر رساند (نقدی‌ماهی و همکاران، ۱۳۹۰). افزون بر این، تلفیق با باکتری‌های محرک رشد (سودوموناس و باسیلوس) بهبود چشمگیر طول برگ (۴۱/۴ درصد)، وزن تر (۷۹/۷ درصد) و خشک برگ (۸۲ درصد)، کلروفیل b (۴ درصد)، کلروفیل کل (۴/۹ درصد)، کاروتنوئیدها (۴/۲۳ درصد)، روی (۲۰/۱۸ درصد) و فسفر (۲۰/۲۳ درصد) را در مقایسه با شاهد رقم زد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲).

تأثیر قارچ میکوریزا بر رشد و عملکرد زعفران

همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه زعفران از طریق گسترش شبکه هیفی، بهبود جذب آب و فسفر، تنظیم روزه‌های و اسمزی و تحریک تغییرات هورمونی، موجب بهبود رشد، زمان گلدهی و سنتر متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Tedersoo et al., 2018; Lone et al., 2016). این اثرات در تلفیق با سایر کودها به‌ویژه کودهای آلی تقویت شده و عملکرد، کیفیت و ترکیبات فرار کلاله را به‌طور معنی‌داری ارتقا می‌دهد (قنبری و خواجوی‌نژاد، ۱۴۰۰). در همین راستا، مصرف ۱۰ گرم مایه تلفیق میکوریزا به‌تأیید افزایش ۲۱/۴۶ و ۱۳۷/۵ درصدی وزن خشک کلاله و برگ را در پی داشت و تلفیق آن با ۲۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین تعداد گل را در دو سال متوالی تولید کرد (جامی و همکاران، ۱۳۹۹). افزون بر این، تلفیق *Funneliformis mosseae* در ترکیب با سایر منابع کودی موجب افزایش جذب نیتروژن و فسفر برگ و تجمع ماده خشک در برگ و بنه شد (قنبری و خواجوی‌نژاد، ۱۴۰۱). همچنین مقایسه گونه‌های میکوریزا نشان داد که ترکیب سه‌گانه *G. intraradices*، *G. mosseae*، *Glomus etunicatum* با ثبت ۴۵/۲ گل در مترمربع، ۱۰/۱۳ گرم در مترمربع وزن تر گل، ۰/۱۴۷ و ۰/۱۸ گرم در مترمربع وزن خشک کلاله و پرچم، بالاترین کارایی زایشی را در مقایسه با تلفیق انفرادی و شاهد ایجاد می‌کند (نوری و همکاران، ۱۴۰۲).

تأثیر جلبک دریایی بر رشد و عملکرد زعفران

عصاره جلبک‌های دریایی به‌ویژه جلبک‌های قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، اسیدهای آمینه، فیبر فراوان، ویتامین‌ها و طیف وسیعی از تنظیم‌کننده‌های رشد (شامل اکسین، سیتوکینین، جبرلین، اسید آبسزیک، براسینواستروئید، اتیلن و استریگولاکتون‌ها) است که به‌دلیل زیست‌سازگاری و عدم آلایندگی، جایگزینی ایمن برای کودهای شیمیایی در ارتقای ویژگی‌های فیزیکی،

شیمیایی و زیستی خاک به شمار می‌رود (موسوی پور و همکاران، ۱۴۰۲؛ Ali et al., 2016; De Saeger et al., 2022). در همین راستا، محلول‌پاشی ۲ لیتر در هکتار جلبک آکادین (اوایل اسفند و فروردین) در منطقه فردوس، عملکرد تر گل و کلاله خشک را به ترتیب ۲۴/۳۲ و ۵۶/۲ درصد ارتقا داد (بهدانی و همکاران، ۱۳۹۹). کاربرد غلظت‌های ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم در لیتر عصاره *A. nodosum* نیز آنتوسیانین کلاله را به ترتیب ۱۱/۵۳، ۲۸/۸۴ و ۲۳/۰۷ درصد و فنل کل کلاله را به ترتیب ۱۲/۷۸، ۲۰/۹۹ و ۸/۲ درصد بهبود بخشید؛ به طوری که غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۵/۱۲ درصدی وزن تر گل شد و دوز ۳ میلی‌گرم در لیتر تجمع ساfranال را ۴/۶۹ درصد افزایش داد (عرب، ۱۴۰۲). همچنین کاربرد *A. nodosum* فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ و ترکیبات شاخص کلاله (کروسین، ساfranال و پیکروکروسین) را تقویت کرد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹؛ خندان ده‌آریاب و همکاران، ۱۳۹۹) و مصرف ۲ میلی‌گرم در لیتر جلبک سبز نیز محتوای آنتوسیانین گلبرگ را افزایش داد (بختیاری و همکاران، ۱۴۰۱). علاوه بر این، محلول‌پاشی جلبک دریایی با غلظت ۲ در هزار اثرات قابل توجهی بر صفات رویشی و زایشی نشان داد؛ به گونه‌ای که ضمن افزایش طول و وزن برگ، وزن کل و میانگین وزن بنه دختری اصلی در هر دو سال، تعداد گل و عملکرد تر و خشک کلاله را در سال دوم به شکل معنی‌داری ارتقا داد (Aminifard et al., 2023a) و میزان کرونین و آنتوسیانین را به ترتیب ۱۶۶/۷ و ۱۲/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Aminifard et al., 2023b).

جمع‌بندی و تحلیل یافته‌های علمی این بخش نشان می‌دهد که کودهای زیستی و محرک‌های زیستی از طریق تثبیت نیتروژن، حل‌سازی فسفات، بهبود همزیستی‌های آربوسکولار و ترشح هورمون‌های رشد، موجب ارتقای شاخص‌های رویشی، زایشی و متابولیت‌های ثانویه زعفران می‌شوند؛ با این حال، دامنه پاسخ گیاه به نوع میکروارگانیسم، سویه، دوز مصرفی و برهم‌کنش آن با نهاده‌های آلی یا شیمیایی بستگی داشته و بیشترین کارایی و پایداری سیستم تولید هنگامی حاصل می‌شود که این نهاده‌ها در قالب سامانه مدیریت تلفیقی تغذیه به کار گرفته شوند.

تأثیر نانو کودها بر رشد و عملکرد زعفران

کاربرد نانوکودها با ارتقای کارایی جذب، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین و رنگدانه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تجمع قندها و ترکیبات فنلی، محرک شاخص‌های فیزیولوژیک زعفران است (Rostami et al., 2017, 2019). در این میان، نانوکودهای آهن، فسفر و پتاسیم اثرات معنی‌داری بر افزایش تعداد، وزن تر و خشک گل و کلاله و طول کلاله بر جای گذاشتند (Amirnia et al., 2014). جزئیات بیشتر این تأثیرات در جدول ۳ خلاصه شده است. محلول‌پاشی نانوآهن به عنوان راهکاری سریع در رفع کمبود این عنصر (Malhotra et al., 2020)، در غلظت ۲ گرم در لیتر بالاترین عملکرد گل تازه (۱۷۳/۳ کیلوگرم در هکتار) را رقم زد (آرپور و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین کاربرد خاکی ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانوکلات آهن با بهبود تعداد و طول برگ، قطر و وزن کل بنه، وزن تر گل و عملکرد کلاله خشک همراه بود (Baghai & Maleki Farahani, 2013; Maleki Farahani & Aghighi Shahverdi, 2015). افزون بر این، نانوکلات آهن کارایی به مراتب بالاتری نسبت به کلات معمولی نشان داد، به گونه‌ای که اثر مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار فرم نانو با ۱۰ کیلوگرم در هکتار کلات آهن معمولی در بهبود صفات رویشی و افزایش وزن خشک کلاله برابری کرد (Salaria et al., 2021). همچنین محلول‌پاشی روی از طریق تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش تولید ماده خشک برگ، عملکرد نهایی زعفران را ارتقا می‌دهد (Akbarian et al., 2012).

جدول ۳. تأثیر نانو کودها بر رشد و عملکرد زعفران

نانوکودها	نوع خاک	غلظت مصرفی	عملکرد کلاله خشک	تعداد گل	تعداد بنه جایگزین	وزن بنه جایگزین	منبع
نانو روی	سیلتی لوم	۶ گرم در لیتر	+۲۵٪	+۴۰/۵٪	-	-	Rostami et al., 2019
نانو کلات آهن	سیلتی لوم	۱۰ کیلوگرم در هکتار	+۱۳۳٪	+۹۳٪	+۱۰۲٪	+۲۱۹٪	Baghai & Maleki Farahani, 2013

Nazari & Feizi, 2021	-	%۵۲	-	+٪۱۵	۲۰۰۰ پی پی ام	-	نانو دی اکسید تیتانیوم
Mahmoodi et al., 2021	-	-	-	+٪۴۴	۵۰ پی پی ام	لوم	نانو نقره
Khoshpeyk et al., 2022	غیر معنی دار	+٪۷	+٪۱۱	+٪۱۷	۱/۵ پی پی ام	شنی لوم	نانو سیلیکون
Hashemabadi et al., 2020	-	-	+٪۷۱	+٪۷۰	۵ میلی گرم بر لیتر	لوم	نانو NPK
Salariyan et al., 2023	-	-	-	+۳۲/۸	۴ لیتر در هکتار	لوم	نانو کود آهن
Amooaghaie et al., 2026	-	-	+۷۳/۷۷	+۲۱/۲۷	۸ کیلوگرم در هکتار	لوم	نانو کود آهن

مفهوم مقادیر نشان داده شده: (+): افزایش در مقایسه با شاهد، (-): کاهش در مقایسه با شاهد می باشد.

جمع‌بندی و تحلیل یافته‌های علمی این بخش نشان می‌دهد که نانوکودها حتی در مقادیر مصرفی اندک، از طریق افزایش کارایی مصرف عناصر، تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و بهبود وضعیت فیزیولوژیک در شرایط تنش (نظیر شوری)، تأثیر بسزایی بر رشد رویشی، بنه‌زایی، گلدهی و ویژگی‌های کیفی زعفران دارند؛ با این حال، دستیابی به بیشترین راندمان مستلزم بهینه‌سازی اندازه ذرات، غلظت و روش کاربرد و ادغام هوشمندانه این نانوفرمولاسیون‌ها (به‌ویژه آهن، روی، NPK، سیلیسیم و تیتانیوم) در چارچوب مدیریت تلفیقی تغذیه بر پایه آزمون‌های مزرعه‌ای است.

تأثیر کاربرد تلفیقی کودها بر رشد و عملکرد زعفران

مدیریت تلفیقی تغذیه از طریق ایجاد هم‌افزایی میان منابع آلی، زیستی و معدنی، کارایی جذب عناصر را ارتقا داده و عملکرد زعفران را به شکل معنی‌داری بهبود می‌بخشد؛ چنان‌که مصرف کود کامل (۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم فسفر + ۲۵ کیلوگرم پتاسیم) همراه با ۲ لیتر در هکتار نیتروکسین، عملکرد کلاله خشک را ۶۵/۷ درصد افزایش داد (احمدی و نظری‌عالم، ۱۳۹۴). همچنین، مدل‌سازی سطح-پاسخ نشان داد که مقادیر بهینه ۸۰/۵ تن در هکتار کود دامی و ۳۷۱/۷۱ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم برای تقویت بنه‌های دختری و پایداری اقتصادی تولید ضروری است (خرم‌دل و همکاران، ۱۴۰۲). تلقیح قارچ *Glomus intraradices* هم‌زمان با اسید هیومیک و بنه‌های درشت نیز حداکثر وزن بنه‌های دختری درشت (۱۰۹ گرم در مترمربع) را تولید کرد (Noon et al., 2023). در زمینه ارتقای کیفیت، مصرف تلفیقی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (۲ در هزار)، پیکروکروسین (۳۲/۸٪)، سافرانال (۳۲/۹٪) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۱/۱٪) را نسبت به شاهد بهبود بخشید (Aminifard et al., 2023b) و مقادیر فنل، انتوسیانین و کروسین را به ترتیب به ۶۲/۷۳ و ۲۹/۶۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک و ۲۸۷/۳۳ ارتقا داد (Aminifard et al., 2025). همچنین هم‌افزایی زیستی حاصل از کاربرد هم‌زمان قارچ‌های میکوریزا و آزوتوباکتر در بنه‌های مادری ۱/۸ تا ۱۲ گرمی، ضمن برتری در کلیه شاخص‌های رویشی و بنه‌زایی سال اول، بالاترین عملکرد گل تر (۳۷/۶۶ گرم در مترمربع) و کلاله تر و خشک (۲/۳۲ و ۰/۵۸ گرم در مترمربع) را در سال دوم ثبت کرد؛ درحالی‌که کمترین عملکرد کلاله تر و خشک (۰/۴۴ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع) در بنه‌های کوچک (۰/۱ تا ۴ گرم) بدون تلقیح زیستی مشاهده شد (Dehghani et al., 2025). علاوه بر این، محلول‌پاشی ۲ لیتر در هکتار عصاره جلبک هم‌زمان با منیزیم (۲ لیتر در هکتار) حداکثر عملکرد کلاله خشک (۰/۹۴ گرم در مترمربع؛ ۴/۶۷٪ بیشتر از شاهد)، با منگنز بالاترین تعداد گل (۹/۹۱ در مترمربع) و با بُر بیشترین عملکرد گل (۹/۵۵ گرم در مترمربع) را رقم زد، درحالی‌که مصرف انفرادی جلبک مقادیر پیکروکروسین، کروسین و سافرانال را به ترتیب ۵/۶۹، ۵/۹ و ۱/۶۴ درصد افزایش داد (Moosavipoor et al., 2023). در کاربرد کودآبیاری، تلفیق کودهای زیستی فروزینک‌بارور (*Pseudomonas japonica*) و پتاسه‌بارور (*P. koreensis* و *P. vancouverensis*) در دوز ۰/۵ لیتر در هکتار موجب دستیابی به ۱۷۵ گل، ۷۲/۶۱ گرم گل تر،

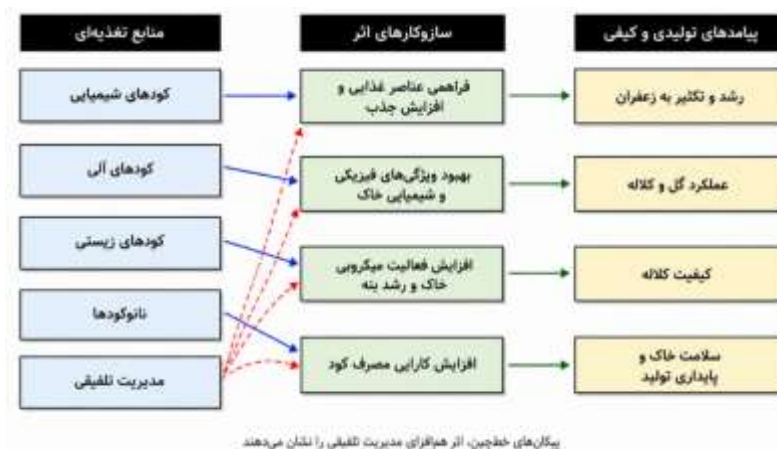
۹۲/۷ گرم گل خشک و ۰/۸۰۴ گرم کلاله خشک در مترمربع (۳/۱، ۳/۶، ۳/۴ و ۳/۱ برابر شاهد) شد (Abdoshah et al., 2023). از سوی دیگر، محلول پاشی تلفیقی اسید هیومیک با کود مایع اختصاصی زعفران (SaffronMagic) و کود کامل NPK (20-20-20) در دو مرحله رشدی، با میانگین ۵۴/۷۶ گل در مترمربع و افزایش وزن بنه‌های دختری همراه بود (Shahin et al., 2026). همچنین کاربرد ۲۰ درصد چای ورمی کمپوست به همراه ۸ کیلوگرم در هکتار نانوکلات آهن با افزایش ۴۴/۴۴ درصدی پیکروکروسین، ۵۲/۶۳ درصدی کروسین، ۹۹/۶ درصدی سافرانال و ۵۲/۱۵ درصدی فلاونوئید کل، بیشترین ارتقای کیفی کلاله را نشان داد (Amooaghaie et al., 2026). بخشی از این یافته‌ها در جدول ۲ منعکس شده است.

جدول ۲. تأثیر مدیریت تلفیقی کود بر عملکرد گل تازه و عملکرد کلاله خشک زعفران

منبع	عملکرد کلاله خشک	عملکرد تر گل	منطقه مورد مطالعه	تیمار تلفیقی کود	کود گاو (۲۰ تن در هکتار)
Mollafilabi and Khorramdel, 2016	+۱۵۳/۸	+۱۵۵/۵	مشهد	کود کامل فسمکو	کود گاو (۲۰ تن در هکتار)
Armak and Alipanah, 2018	+۸۸/۱	-	تربت حیدریه	سوپر هیومیک (۲ لیتر در هکتار)	اوره (۲۵ تن در هکتار)
Amiri and Esmaeilian, 2019	+۸۷	+۲۱۲	گناباد	بیوفسفر (۳ لیتر در هکتار)	گاو (۶۰ تن در هکتار)
Aminifard et al., 2019	+۳۷۵	+۳۲۲/۳	بیرجند	نیتروکسین (۵ لیتر در هکتار)	ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار)
Aminifard et al., 2020	+۱۲۳/۶	+۴۸۶/۷	بیرجند	اسید فولیک (۵ کیلوگرم در هکتار)	کود گاو (۱۰ تن در هکتار)
Aminifard et al., 2024	+۱۱/۸	+۱۷/۷	سرایان	گوگرد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار)	کود گوسفندی (۶۰ تن در هکتار)
Pashakhani et al., 2026	+۱۳۳/۲	-	ارومیه	باکتری حل کننده فسفات <i>Pseudomonas fluorescens</i>	ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار)
Abbasi et al., 2025	+۳۲/۳	+۲۹/۴	سرایان	قارچ میکوریزا <i>Glomus mosseae</i>	هیومیک اسید (۵ کیلوگرم در هکتار)

مفهوم مقادیر نشان داده شده: (+): افزایش در مقایسه با شاهد می باشد

در مجموع، نتایج این بخش نشان می‌دهد که کاربرد تلفیقی کودها در زعفران، نسبت به مصرف منفرد نهاده‌ها، معمولاً اثر قوی‌تر و پایدارتری بر رشد، بنه‌زایی، گلدهی، عملکرد کلاله و کیفیت مواد مؤثره دارد. علت این برتری را می‌توان در تکمیل متقابل نقش کودهای آلی، شیمیایی و زیستی جست‌وجو کرد؛ به‌گونه‌ای که منابع آلی با بهبود ساختمان و فعالیت زیستی خاک، کودهای زیستی با افزایش جذب و دسترسی عناصر غذایی، و کودهای شیمیایی با تأمین سریع و هدفمند عناصر پر مصرف، یکدیگر را تقویت می‌کنند. با این حال، شدت پاسخ در مطالعات مختلف یکسان نیست و به نوع و مقدار کود، زمان و روش کاربرد، سن مزرعه، وزن بنه، و شرایط اقلیمی و خاکی وابسته است. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهند که در مدیریت تغذیه زعفران، تلفیق هوشمندانه کودهای آلی، زیستی و شیمیایی می‌تواند کارایی مصرف نهاده‌ها را افزایش داده، عملکرد گل و کلاله را بهبود بخشد، و همزمان به ارتقای صفات کیفی و پایداری تولید کمک کند. الگوی مفهومی سازوکارهای هم‌افزایی منابع کودی (شیمیایی، آلی و زیستی) و تأثیر آن‌ها بر مسیرهای فیزیولوژیک و پیامدهای تولیدی در زعفران در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱. مسیر اثر انواع کودها بر رشد و عملکرد زعفران

خا‌ل‌اه‌ای پژوهشی و چشم‌اندازهای آتی

ارتقای دانش تغذیه زعفران مستلزم گذار از مطالعات مقطعی به سمت پایش‌های مزرعه‌ای بلندمدت برای ارزیابی پایداری خاک و ثبات عملکرد بنه‌ها در چرخه‌های متوالی تولید است. در این مسیر، تدوین پروتکل‌های تغذیه‌ای مکان‌ویژه بر پایه ویژگی‌های ادا‌فیکی و اقلیمی، جایگزین مناسبی برای توصیه‌های عمومی خواهد بود. همچنین، تمرکز بر تعیین دقیق نسبت‌های بهینه و سازوکارهای هم‌افزایی در مدیریت تلفیقی نهاده‌های آلی، زیستی و معدنی، همراه با هم‌گرایی عملکرد کمی با پروفایل متابولیت‌های ثانویه (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال)، از اولویت‌های اصلی پژوهشی است. در کنار این موارد، ارزیابی توجیه‌پذیری اقتصادی و پیامدهای زیست‌محیطی نهاده‌های نوین (نظیر نانوکودها)، و به‌کارگیری رویکردهای نوین در زیست‌شناسی مولکولی و ریزوسفری برای رمزگشایی از شبکه‌های تنظیمی جذب و انتقال عناصر، محورهای حیاتی برای دستیابی به سامانه‌های تولید هوشمند و پایدار زعفران در آینده به شمار می‌روند.

نتیجه‌گیری

بررسی جامع پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که پاسخ فیزیولوژیک و عملکردی زعفران (*Crocus sativus* L.) به انواع نهاده‌های کودی، پدیده‌ای پیچیده و وابسته به متغیرهای محیطی، خاکی و مدیریت مزرعه است. یافته‌های این مقاله تأیید می‌کند که اگرچه کودهای شیمیایی NPK می‌توانند از طریق تأمین مستقیم عناصر ضروری، رشد و عملکرد کلالة را بهبود بخشند، اما مصرف غیرمتعادل آن‌ها می‌تواند منجر به کاهش کارایی مصرف عناصر و تخریب سلامت خاک شود. در مقابل، کودهای آلی و زیستی با بهبود ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک و تقویت ریزوسفر، نقش کلیدی در افزایش فراهمی عناصر و پایداری تولید ایفا می‌کنند.

یافته‌های بررسی‌شده بیانگر آن است که مدیریت تلفیقی تغذیه، شامل کاربرد هدفمند و متعادل کودهای شیمیایی در کنار منابع آلی و زیستی، می‌تواند راهبردی مؤثر برای بهبود بهره‌وری عناصر غذایی، عملکرد و کیفیت کلالة و حفظ حاصلخیزی خاک باشد. نانوکودها نیز به‌عنوان نهاده‌هایی نوظهور، ظرفیت بالقوه‌ای برای افزایش کارایی مصرف عناصر دارند، اما شواهد موجود برای توصیه گسترده آن‌ها، به‌ویژه از نظر پایداری اثر، دوز مناسب مصرف و پیامدهای زیست‌محیطی، هنوز کافی نیست.

با وجود پیشرفت‌های پژوهشی، تعیین برنامه‌های کودی منطقه‌محور برای زعفران همچنان به مطالعات بلندمدت مزرعه‌ای نیاز دارد. پژوهش‌های آینده باید بر ارزیابی تلفیقی منابع کودی، تعیین دوز و زمان مصرف متناسب با شرایط خاک و اقلیم و بررسی پیامدهای اقتصادی زیست‌محیطی نانوکودها متمرکز شوند. از این رو، حرکت از توصیه‌های عمومی به مدیریت تغذیه مبتنی بر آزمون خاک و شرایط مزرعه، برای پایداری تولید زعفران ضروری است.

منابع

- ابراهیمی، مهدی، پویان، محسن و مهدی‌نژاد، محمد. (۱۳۹۹). بررسی امکان جایگزینی کود دامی با سایر اصلاح‌کننده‌های آلی در کشت زعفران (*Crocus sativus*) در وزن‌های مختلف بنه مادری. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۸(۱)، ۳۷-۵۷.
- احمدی، عبدالرضا و نظری‌عالم، جمشید. (۱۳۹۴). اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد کمی زعفران (*Crocus sativus* L.) در تراکم‌های مختلف کاشت. *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۱)، ۵۱-۶۳.
- احمدی، فریده، امینی‌فرد، محمد حسین، خیاط، مهدی و صمدزاده، علیرضا. (۱۳۹۶). اثر سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم کاشت بر فعالیت‌های آنزیم‌های و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.). *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۵(۱)، ۶۱-۷۱.
- احمدی، فریده، امینی‌فرد، محمد حسین، خیاط، مهدی و صمدزاده، علیرضا. (۱۳۹۷). اثر اسید هیومیک و تراکم بنه بر ویژگی‌های بنه‌های دختر و عملکرد گل زعفران در سال دوم. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۶(۲)، ۱۹۷-۲۰۷.
- ارمک، علی اصغر، فیضی، حسن و عالی‌پناه، مسعود. (۱۳۹۶). تأثیر منابع مختلف کودهای هیومیک، زیستی و نانو در سطوح مصرف کود نیتروژن بر عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.). *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۵(۴)، ۳۲۹-۳۴۴.
- اسدی، قربانعلی، خرم‌دل، سرور، قربانی، رضا و بیچارنلو، بهاره. (۱۳۹۷). ارزیابی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر عملکرد گل و بنه زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۶(۴)، ۳۹۳-۴۱۴.
- اسماعیلیان، یاسر و امیری، محمد بهزاد. (۱۳۹۷). بررسی اثر کود دامی و الگوی کشت بر برخی از خصوصیات کمی گل و بنه زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) در شرایط اقلیمی گناباد. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۶(۴)، ۴۲۹-۴۴۴.
- اصغری، رضا، داداشی، محمد رضا، رضوی، سید علیرضا، فیضی، حسن و بختیاری، سعید. (۱۳۹۸). تأثیر کود گاوی بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تنش شوری. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۷(۲)، ۱۷۱-۱۸۴.
- اکرمی، محمدرضا، ملکوتی، محمد جعفر و کشاورز، پیمان. (۱۳۹۳). اثر مصرف کودهای پتاسیم و روی بر عملکرد گل و کلاله زعفران در استان خراسان رضوی. *پژوهش‌های زعفران*، ۱۲(۱)، ۸۵-۹۶.
- امامی، محمد، آرمین، محمد و جامی‌معینی، متین. (۱۳۹۷). اثر زمان محلول‌پاشی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۶(۲)، ۱۶۷-۱۷۹.
- امیری، محمد بهزاد و اسماعیلیان، یاسر. (۱۳۹۸). بررسی خصوصیات کمی گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در سیستم‌های تغذیه آلی، بیولوژیک و شیمیایی در منطقه گناباد. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۷(۱)، ۲۷-۴۰.
- امیریان، فاطمه و کارگر، سید محمد علی. (۱۳۹۵). بررسی اثر هورمون جیبرلین و اندازه بنه بر عملکرد و برخی صفات زعفران (اکوتیپ قائن). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۴(۱)، ۱۳۴-۱۴۸.
- امینی‌فرد، محمد حسین، احمدی، فریده و قزل، رحمان. (۱۳۹۸). تأثیر سطوح اسید فولیک و کود دامی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال اول. *پژوهش‌های زعفران*، ۱۷(۲)، ۲۹۹-۳۱۰.
- امینی‌فرد، محمد حسین و قلی‌زاده، زهره. (۱۳۹۷). مطالعه تأثیر سطوح مختلف کنسانتره کود مرغ بر صفات رویشی و شاخص‌های فتوسنتزی زعفران (*Crocus sativus* L.). *تغذیه گیاهان باغی*، ۱۱(۱)، ۱-۱۷.

امینی فرد، محمد حسین، افتاده فدافن، علی، مرادی نژاد، فرید و بهدانی، محمد علی. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر ورمی کمپوست و نیتروکسین بر ویژگی‌های بنه‌های دختری و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال دوم. *زراعت و فناوری زعفران*، ۷(۲)، ۱۳۹-۱۵۴.

امینی فرد، محمد حسین، خاکساری مقدم، علی، بیات، حسن و فلاحی، حمیدرضا. (۱۴۰۲ الف). بررسی تأثیر سولفات پتاسیم و عصاره جلبک دریایی بر رشد رویشی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۲)، ۲۶۸-۲۷۵.

امینی فرد، محمد حسین، خاکساری مقدم، علی، بیات، حسن و فلاحی، حمیدرضا. (۱۴۰۲ ب). اثر کاربرد سولفات پتاسیم و عصاره جلبک دریایی بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ و برخی مواد مؤثره کلالة زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۲)، ۲۹۷-۳۱۳.

امینی فرد، محمد حسین، خاکساری مقدم، علی، بیات، حسن و فلاحی، حمیدرضا. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر سطوح مختلف کود گوسفندی و گوگرد بر رشد رویشی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۲(۲)، ۲۵۶-۲۷۴.

امینی فرد، محمد حسین، خاکساری مقدم، علی، بیات، حسن و فلاحی، حمیدرضا. (۱۴۰۴). تأثیر سطوح مختلف کود دامی و گوگرد بر صفات بیوشیمیایی و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۳(۱)، ۱۴۱-۱۵۵.

بخردیانی نسب، آسمانه، بلوچی، حمیدرضا، موحشی دهنوی، محسن و سروش‌زاده، علی. (۱۳۹۹). اثر بنزیل آمینوپورین، کودهای زیستی حل‌کننده فسفات و وزن بنه مادری بر شاخص‌های کمی گل و بنه‌های دختری زعفران در منطقه یاسوج. *پژوهش‌های زعفران*، ۸(۱)، ۹۹-۱۱۳.

بساط‌پور، غلام، خیرخواه، محمد و بابائیان، مهدی. (۱۴۰۰). اثر سطوح مختلف کاربرد کود گوگرد و پتاسیم بر خصوصیات کمی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط آب و هوایی کرمانشاه. *پژوهش‌های زعفران*، ۹(۲)، ۲۲۸-۲۴۲.

بقائی، نسیم و ملکی فراهانی، سعیده. (۱۳۹۲). ارزیابی مقایسه کود کلات آهن با بنیان‌های نانو و میکرو بر عملکرد کمی و تخصیص مواد فتوسنتزی زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۲)، ۱۵۶-۱۶۹.

بهدانی، محمد علی، گرامی صادقان، مهدی، اسلامی، سید وحید و امینی فرد، محمد حسین. (۱۳۹۹). بررسی اثر محلول‌پاشی برگی عصاره جلبک دریایی و کود مایع مرغی بر رشد رویشی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). *زراعت و فناوری زعفران*، ۸(۳)، ۳۰۷-۳۲۳.

پاشاخانی، پریسا، احتشامی، سید محمدرضا و امیرنیا، رضا. (۱۴۰۴). اثر تلقیح بنه با ریزجانداران مفید و ورمی کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) در ارومیه. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۳(۴)، ۳۶۷-۳۸۸.

جباری، مانی، خیاط، مهدی، فلاحی، حمیرضا و صمدزاده، علیرضا. (۱۳۹۶). تأثیر پیش تیمار بنه مادری با سطوح اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم بر عملکرد گل، بنه و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*، ۵(۱)، ۲۱-۳۵.

چاچی، نسرین، خراسانی، رضا، آستارایی، علیرضا و لکزیان، امیر. (۱۳۹۲). اثر فسفر و نیتروژن بر رشد رویشی و تولید بنه‌های دختری در زعفران. *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۱)، ۱-۱۲.

حسینی، سید امیر، جعفری، برمک، میری، حمیدرضا و جعفری، عبدالرضا. (۱۴۰۳). تأثیر هم‌افزایی کاربرد حاکی اسید هیومیک و پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی گونه زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۲(۱)، ۱۲۲-۱۳۷.

حیدری، زهرا، بشارتی، حسین و ملکی فراهانی، سعیده. (۱۳۹۳). تأثیر مصرف برخی کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*، ۲(۳)، ۱۷۷-۱۸۹.

خرمدل، سرور، نصیری محلاتی، مهدی، معلم بنهنگی، فاطمه و ابراهیمی، محمد جواد. (۱۴۰۲). بهینه‌سازی سطوح کود دامی و پتاسیم در زراعت زعفران با استفاده از روش سطح پاسخ. *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۱)، ۱-۱۸.

خندان ده‌ارباب، سکیته، امینی فرد، محمد حسین، فلاحی، حمیدرضا و کاوه، حامد. (۱۳۹۹). تأثیر سطوح مختلف کود محرک رشد حاوی عصاره جلبک و وزن بنه مادری بر فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی و مواد مؤثره زعفران. *تولیدات گیاهی*، ۴۳(۲)، ۲۱۳-۲۲۶.

خوش‌پیک، سمیه، صدرآبادی حقی، رضا و احمدیان، احمد. (۱۴۰۱). تأثیر کیفیت آب آبیاری و کاربرد سیلیکون، نانوسیلیکون و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۰(۱)، ۶۴-۸۳.

خیری، عزیز الله، پارسا، هاجر، ثانی خانی، محسن و رضوی، فرهنگ. (۱۳۹۷). تأثیر کودهای بیولوژیک تثبیت کننده نیتروژن و اوره بر صفات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus L.*). پژوهش های زعفران، ۱۶(۱)، ۱۴۱-۱۵۳.

دوراندیش، آرش، رضانی، محمدرضا و امینی زاده، میلاد. (۱۳۹۸). بررسی عوامل اثرگذار بر مصرف کودهای شیمیایی در مزارع زعفران (مطالعه موردی: شهرستان گناباد). زراعت و فناوری زعفران، ۷(۳)، ۳۵۹-۳۷۶.

دهقانی، زهره، امینی فرد، محمد حسین، بهدانی، محمد علی و جهانی، مهدی. (۱۴۰۴). ارزیابی تأثیر وزن بنه، قارچ میکوریزا و کود زیستی ازتوباکتر بر خصوصیات بیوشیمیایی و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus L.*). پژوهش های زعفران، ۱۳(۲)، ۳۶۸-۳۸۴.

ذبیحی، حمیدرضا و فیضی، حسن. (۱۳۹۳). واکنش زعفران به مقدار دو نوع کود پتاسیم. زراعت و فناوری زعفران، ۲(۳)، ۱۹۱-۱۹۸.

رستمی، مجید، ملکی، معصومه و عفتی، علیرضا. (۱۳۹۶). اثر محلول پاشی نانوکودهای مختلف بر صفات فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus L.*). زراعت و فناوری زعفران، ۵(۴)، ۳۴۵-۳۵۹.

رسولی، زهرا، ملکی فراهانی، سعیده و بشارتی، حسین. (۱۳۹۲). واکنش برخی ویژگی های رویشی زعفران (*Crocus sativus L.*) به منابع کودی گوناگون. پژوهش های خاک، ۲۷(۱)، ۳۵-۴۶.

رضایی، انیس، فیضی، حسن و مرادی، روح الله. (۱۳۹۸). واکنش خصوصیات کمی و کیفی گل زعفران به زمان قطع آخرین آبیاری و منابع مختلف کودی. زراعت و فناوری زعفران، ۷(۱)، ۳-۲۵.

ریوندی، حسن، مروی، حمید و جامی معینی، مبین. (۱۳۹۵). تأثیر مصرف خاکی و محلول پاشی ریزجانداران مؤثر بر ویژگی های رشدی زعفران در حضور کودهای شیمیایی و آلی. زراعت و فناوری زعفران، ۴(۲)، ۱۰۵-۱۱۷.

سالاریان، علیجان، محمودی، سهراب، بهدانی، محمد علی و کاوه، حامد. (۱۴۰۲). تأثیر کیفیت آب آبیاری، کود زیستی و نانوذرات آهن بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus L.*). پژوهش های زعفران، ۱۱(۱)، ۳۱-۴۲.

شریعتمداری، زکبه، شور، محمود، رضوانی مقدم، پرویز، تهران فر، علی و احمدیان، احمد. (۱۳۹۷). مطالعه اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی های بنه های دختری و گل زعفران (*Crocus sativus L.*). زراعت و فناوری زعفران، ۶(۳)، ۲۹۱-۳۰۸.

شهریاری، روشنگر، رضوانی مقدم، پرویز، جهان، محسن و خرامانی، رضا. (۱۳۹۲). اثر مدیریت تغذیه بر عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus L.*). زراعت و فناوری زعفران، ۶(۲)، ۱۸۱-۱۹۶.

عالی زاده اولی کندی، محمد باقر، مکاریان، حسن، عبادی، علی، ایزدی دربندی، ابراهیم و غلامی، احمد. (۱۳۹۷). اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کلاله و کیفیت زعفران (*Crocus sativus L.*) در شرایط اقلیمی اردبیل. مجله علوم زراعی ایران، ۳۰(۲)، ۱۶-۲۹.

عباسی، امین الله، گلوی، محمد، رمودی، محمود و فلاحتی، حمیدرضا. (۱۴۰۴). ارزیابی اثرات مصرف اسید هیومیک و تلقیح میکوریزایی بر گلدهی و کیفیت کلاله زعفران تحت دو رژیم آبیاری. زراعت و فناوری زعفران، ۱۳(۳)، ۲۶۵-۲۷۶.

عبدالشاه، شیما، بخشی، داوود و فرهنگی، محمد باقر. (۱۴۰۲). تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و برخی ویژگی های ریخت شناسی زعفران (*Crocus sativus L.*). زراعت و فناوری زعفران، ۱۱(۳)، ۲۴۳-۲۵۵.

عثمانی رودی، حمیدرضا، معصومی، علی، حمیدی، حسن و رضوی، سید علیرضا. (۱۳۹۴). اثرات تاریخ اولین آبیاری و تیمارهای کود آلی بر عملکرد زعفران (*Crocus sativus L.*). در شرایط اقلیمی خواف. زراعت و فناوری زعفران، ۳(۱)، ۲۵-۳۳.

عرب، صفیه. (۱۴۰۲). اثرات محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و اسید اسکوربیک بر صفات کمی و کیفی زعفران. پژوهش های زعفران، ۱۱(۱)، ۷۹-۹۳.

عزیزی، قربان، موسوی، سید غلامرضا، ثقه الاسلامی، محمد جواد و فاضلی رستمپور، منصور. (۱۳۹۹). اثر محلول پاشی با کودهای جلبک دریایی، اوره و ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران (*Crocus sativus L.*). پژوهش های زعفران، ۸(۱)، ۱۴۱-۱۵۹.

علی پور میاندھی، زینب، محمودی، سهراب، بهدانی، محمد علی و سیاری، محمد حسن. (۱۳۹۲). مطالعه تأثیر کودهای دامی، زیستی و شیمیایی و اندازه بنه بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران (*Crocus sativus L.*). پژوهش های زعفران، ۱(۲)، ۷۳-۸۴.

علی‌پور میاندھی، زینب، محمودی، سهراب، بهدانی، محمد علی و سیاری، محمد حسن. (۱۳۹۳). اثر وزن بنه و مصرف انواع مختلف کود بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط مه‌ولات. *پژوهش‌های زعفران*، ۲(۲)، ۹۷-۱۱۲.

غلامی، محمود، کافی، محمد و خزاعی، حمیدرضا. (۱۳۹۶). بررسی روابط منبع و مخزن در زعفران با استفاده از ضرایب همبستگی در سطوح مختلف آبیاری و تغذیه. *زراعت و فناوری زعفران*، ۵(۳)، ۱۹۵-۲۱۰.

فعلی، اعظم، ملکی فراهانی، سعیده و بشارتی، حسین. (۱۳۹۷). اثر کود شیمیایی اوره و کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی و برخی از ویژگی‌های خاک در کشت زعفران. *به‌زراعت کشاورزی*، ۲۰(۲)، ۳۴۵-۳۵۶.

فلاحی، حمیدرضا و محمودی، سهراب. (۱۳۹۷). تأثیر کود آلی و شیمیایی بر رشد و گلدهی گیاه زعفران در دو رژیم آبیاری. *زراعت و فناوری زعفران*، ۶(۲)، ۱۴۷-۱۶۶.

فیضی، حسن، سیدی، سید محمد و صحابی، حسین. (۱۳۹۳). اثر تراکم کاشت و منابع کود آلی و شیمیایی بر جذب فسفر توسط بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) طی دوره رشد گیاه. *زراعت و فناوری زعفران*، ۲(۴)، ۲۸۹-۳۰۱.

کوچکی، علیرضا و ثابت تیموری، مرگان. (۱۳۹۳ الف). تأثیر سن مزرعه، وزن بنه و مقادیر کود دامی بر عملکرد بنه و کلالة زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط مشهد. *پژوهش‌های زراعت ایران*، ۲۷(۱۰۵)، ۱۴۸-۱۵۷.

کوچکی، علیرضا، جمشید عینی، مهدی و سیدی، سید محمد. (۱۳۹۳ ب). نقش اندازه بنه مادری و نوع کود بر کارایی مصرف نیتروژن در زعفران مزروعی. *زراعت و فناوری زعفران*، ۲(۴)، ۲۴۳-۲۵۴.

کوچکی، علیرضا، جمشید عینی، مهدی و سیدی، سید محمد. (۱۳۹۴ الف). مطالعه اثر کودهای دامی، شیمیایی و اندازه بنه مادری بر ویژگی‌های بنه‌های دختری و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۲(۱)، ۳۴-۴۶.

کوچکی، علیرضا، فلاحی، حمیدرضا، امیری، محمد بهزاد و احیایی، حمیدرضا. (۱۳۹۴ ب). اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۷(۴)، ۴۲۵-۴۴۲.

کوچکی، علیرضا، اسدی، قربانعلی، باقری شیروان، میلاد و بیچرانلو، بهاره. (۱۳۹۷). امکان جایگزینی کودهای آلی با شیمیایی در زراعت زعفران در سطوح مختلف تراکم بنه در خراسان شمالی. *زراعت و فناوری زعفران*، ۶(۲)، ۱۲۵-۱۴۵.

گردکانه، محمد، امینی، احسان و خان‌احمدی، معصومه. (۱۳۹۹). اثرات کاربرد اسید هیومیک به صورت خاکی و محلول‌پاشی بر خواص کمی و کیفی زعفران. *پژوهش‌های زعفران*، ۸(۱)، ۷۱-۸۴.

مداحی، سعیده، پارسا، مهدی، گلدانی، مرتضی و کافی، محمد. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر کودهای آلی و میکروارگانیزم‌های مؤثر بر ویژگی‌های بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.). *زراعت و فناوری زعفران*، ۵(۱)، ۳۷-۴۹.

ملافیلابی، عبدالله و خرم‌دل، سرور. (۱۳۹۴). اثر کود دامی و محلول‌پاشی برگی بر خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در مزرعه شش‌ساله. *زراعت و فناوری زعفران*، ۳(۴)، ۲۳۷-۲۴۹.

ملکی فراهانی، سعیده و عقیقی شاهوردی، مهدی. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر کاربرد نانو کود آهن در مقایسه با کلات آن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی. *به‌زراعت کشاورزی*، ۱۷(۱)، ۱۵۵-۱۶۸.

موسوی‌پور، سید محمد، فیضی، حسن، صحابی، حسین و فلاحی، حمیدرضا. (۱۴۰۲). اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و برخی عناصر غذایی بر گلدهی و محتوای آپوکاروتنوئیدهای کلالة زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*، ۱۱(۴)، ۳۷۱-۳۹۱.

نوری، علیرضا، کوچکی، علیرضا، نصیری محلاتی، مهدی و خرم‌دل، سرور. (۱۴۰۲). اثر تلقیح با میکوریزا، وزن بنه مادری و هیومیک اسید بر عملکرد گل و بنه زعفران. *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱(۱)، ۴۸-۶۵.

هاشم‌آبادی، داود، ظهیری برسری، سمانه، زارع دوست، فاطمه، جدید سلیماندارابی، مریم و فیضی، حسن. (۱۳۹۸). تأثیر تاریخ کاشت و کودهای با بنیان نانو بر صفات کمی و کیفی زعفران در منطقه گیلان. *علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۴)، ۸۷۹-۸۹۰.

يعقوب‌نژاد، ناهید، همتی، خدایار و همتی، نسترن. (۱۴۰۱). مطالعه اثر جلبک دریایی، لیگنین و کمپوست چای بر میزان کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و برخی صفات فیتوشیمیایی در گلبرگ و کلاله گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۰(۲)، ۳۴۵-۳۵۸.

References

- Aalizadeh, M.B., Makarian, H., Ebadi, A., Darbandi, E.E. & Gholami, A. (2018). Effect of biological and chemical fertilizers on stigma yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) in climatic conditions of Ardabil. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20(1), 16–29. (in Persian with English abstract). URL: <http://agrobreedjournal.ir/article-1-857-en.html>
- Abbasi, A., Galavi, M., Ramroudi, M. & Fallahi, H. (2025). Assessment of the impacts of humic acid application and mycorrhizal fungi inoculation on flowering and stigma quality of saffron under two irrigation regimes. *Saffron Agronomy and Technology*, 13(3), 265–276. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/jsat.2026.562450.1580>
- Abbasi, M.R. & Sepaskhah, A.R. (2022). Evaluation of saffron yield affected by intercropping with winter wheat, soil fertilizers, and irrigation regimes in a semi-arid region. *International Journal of Plant Production*, 1–19. DOI: 10.1007/s42106-022-00194-4
- Abdoshah, S., Bakhshi, D. & Farhangi, M.B. (2023). Effect of biological fertilizers on the yield and some morphological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 11(3), 243–255. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/jsat.2023.407644.1497>
- Aboueshaghi, R.S., Omid, H. & Bostani, A. (2022). Assessment of changes in secondary metabolites and growth of saffron under organic fertilizers and drought. *Journal of Plant Nutrition*, 1–15. DOI:10.1080/01904167.2022.2068439
- Ahmadi, A., and Nazari Alam, J. (2015). Effects of biological and chemical fertilizers on the quantity yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in different planting densities. *Journal of Saffron Research*. 3(1): 51-63. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2015.312>
- Ahmadi, F., Aminifard, M.H., Khayat, M. & Samadzadeh, A. (2017). Effects of different humic acid levels and planting density on antioxidant activities and active ingredients of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 5(1), 61–71. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.40889](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.40889)
- Ahmadi, F., Aminifard, M.H., Khayat, M. & Samadzade, A.R. (2018). Effects of humic acid and corm density on saffron yield and yield components in the second year. *Saffron Agronomy and Technology*, 6(2), 197–207. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.74532.1212](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.74532.1212)
- Ahmadi, F., and Gazel, R. (2020). Effects of different fulvic acid and cow manure levels on physiological characteristics and flower yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year. *Journal of Saffron Research*, 7(2): 299-310. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2018.1013.1044>
- Akbadian, M.M., Sharifabad, H.H., Noormohammadi, G.H. & Kojouri, F.D. (2012). The effect of potassium, zinc, and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). *Annals of Biological Research*, 3(12), 5651–5658. <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Akrami, M.R., Malakouti, M.J. & Keshavarz, P. (2015). Study of flower and stigma yield of saffron as affected by potassium and zinc fertilizers in Khorasan Razavi Province. *Journal of Saffron Research*, 2(1), 85–96. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2015.332>
- Ali, N., Farrell, A., Ramsabag, A. & Jayaraman, J. (2016). The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *Journal of Applied Phycology*, 28, 1353–1362. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0746-4>
- Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A. & Sayyari, M.H. (2013). Effect of manure, bio- and chemical-fertilizers, and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. *Journal of Saffron Research*, 1(2), 73–84. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2013.435>

- Alipoor Miandehi, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M.A. & Sayyari, M.H. (2014). Effects of corm weight and application of fertilizer types on some growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Mahvelat conditions. *Journal of Saffron Research*, 2(2), 97–112. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2014.315>
- Alipoor, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M.A. & Sayyari, M.H. (2015). Effect of Bio-, Manure and Chemical Fertilizers and Corm Weight on the Corm Characteristics of Saffron (*Crocus sativus*). *Plant products technology (agricultural research)*, 15(2), 13–24. (in Persian with English abstract).
- Alori, E.T., Glick, B.R. & Babalola, O.O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture- *Frontiers in microbiology* 8, 971.
- Aminifard, M.H. & Gholizade, Z. (2018). Impact of chicken manure on vegetative criteria and photosynthetic pigments of saffron (*Crocus sativus* L.). *Horticultural plant nutrition*, 1(1), 1–17. (in Persian with English abstract). [10.22070/HPN.2018.450](https://doi.org/10.22070/HPN.2018.450)
- Aminifard, M.H., Khaksari Moghadam, A., Bayat, H. & Fallahi, H. (2025). The effect of different levels of sheep manure and sulfur on biochemical traits and active ingredients of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 13(1), 141–155. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2025.9210.1271>
- Aminifard, M.H., Khaksari Moghadam, A., Bayat, H. & Fallahi, H.R. (2024). Investigating the effect of different levels of manure and sulfur on vegetative growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 12(2), 256–274. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2025.8373.1244>
- Aminifard, M.H., Khaksari Moghadam, A., Bayat, H. & Fallahi, H. (2023 a). The effect of potassium sulfate and seaweed on vegetative growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 11(2), 268–275. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2023.6642.1219>
- Aminifard, M.H., Khaksari Moghaddam, A., Bayat, H. & Fallahi, H.R. (2023 b). The effect of potassium sulfate and seaweed extract on the photosynthetic pigments of leaves and some stigma active substances of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 11(2), 297–313. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2024.7024.1229>
- Aminifard, M.H., Oftadeh Fadafen, A., Moradi Nezhad, F., and Behdani, M.A. (2019). Effects of vermicompost and nitroxin on replacement corm characteristics and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(2): 139-154. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2018.90069.1240](https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.90069.1240)
- Amiri, M. E. (2009). Comparison of animal manures and chemical fertilizers on Saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation. UC Davis. Department of Plant Sciences. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/14d581t5> 99
- Amiri, M.B, and Esmaeilian, Y. (2019). Study of flower and corm quantitative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under organic, biological, and chemical nutrition systems in the Gonabad area. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(1): 27-40. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2018.109086.1273](https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.109086.1273)
- Amiri, M.E. (2008). Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 4(3), 274–279.
- Amirian, F. & Kargar, S.M.A. (2016). Evaluation of gibberellic acid, corm size, and phosphoric fertilizer on yield and other traits of saffron (*Crocus sativus*) (Ghaen Ecotype). *Journal of Saffron Research*, 4(1), 134–148. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2016.398>
- Amirnia, R., Bayat, M. & Tajbakhsh, M. (2014). Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(2), 158–168. <https://doi.org/10.17557/tjfc.46269>
- Amooaghaie, R., Hajian, Z., Arabi, M. & Ghorbanpour, M. (2026). Synergistic effect of nano-chelated iron fertilizer and vermicompost tea on the stigma yield and phytochemicals of *Crocus sativus* L. in an alkaline soil. *BMC Plant Biology*, 26(1), 112–129. <https://doi.org/10.1186/s12870-026-09610-7>

- Arab, S. (2023). The effects of seaweed extract and ascorbic acid foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron. *Journal of Saffron Research*, 11(1), 79–93. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2023.6211.1210>
- Armak, A., Feizi, H., and Alipanah, M. (2018). Impact of use of different sources of humic, bio and nano fertilizers and nitrogen levels on saffron (*Crocus sativus* L.) flower yield. *Saffron Agronomy & Technology*, 5(4): 329-344. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.61855.1193](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.61855.1193)
- Armak, A.A., Feizi, H. & Alipanah, M. (2021). Influence of nitrogen, acid humic and nitrogen, phosphorus-soluble bacteria on saffron (*Crocus sativus* L.) corm reproduction and flower production of Torbat Heydarieh landrace. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10(2), 73–84. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2020.342852.1341>
- Asadi, Gh.A., Khorramdel, S., Ghorbani, R., and Bicharanlou, B. (2019). Evaluation of the effect of soil fertilizers and summer irrigation on corm and flower yield of saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 6(4): 393-414. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2018.70724.1205](https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.70724.1205)
- Asghari, R., Dadashi, M., Razavi, A., Feizi, H., and Bakhtiari, S. (2019). Effect of cow manure on yield and morphological and physiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under salinity stress. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(2): 171-184. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2018.98710.1257](https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.98710.1257)
- Avarseji, Z., Kafi, M., Sabet Teimouri, M. & Orooji, K. (2013). Investigation of salinity stress and potassium levels on morphophysiological characteristics of saffron. *Journal of Plant Nutrition*, 36(2), 299–310. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.739249>
- Azarpour, E., Asghari, J. Bozorgi, H.R. & Kamalpour, G. (2013). Foliar spraying of ascorphyllum nodosum extract, methanol and Iron fertilizers on fresh flower cover yield of Saffron plant (*Crocus sativus* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(17), 1854–1862. [10.22048/JSAT.2020.219303.1382](https://doi.org/10.22048/JSAT.2020.219303.1382)
- Azizi, G., Musavi, S.G., Seghatoleslami, M.J. & Fazeli Rostampour, M. (2020). The effect of foliar application of seaweed extract, urea and micronutrient fertilizers on performance and its components of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 8(1), 141–159. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2019.2064.1080>
- Baghai, N. & Maleki Farahani, S. (2013). Comparison of nano and micro chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 1(2), 156–169. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2013.442>
- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R. & Azcon-Aguilar, C. (2005). Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of experimental botany*, 56(417), 1761–1778. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri197>
- Basatpour, G., Kheirkhah, M. & Babaeian, M. (2022). Effect of sulfur and potassium fertilizers on yield and yield components of Saffron (*Crocus Sativus* L.) in Kermanshah. *Journal of Saffron Research*, 9(2), 228-242. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4187.1156>
- Behdani, M.A., Gerami Sadeghian, M., Eslami, S. V., Hossein Aminifard, M. (2020). Effect of foliar application of seaweed Extract and liquid poultry manure on vegetative growth and yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) *Saffron Agronomy & Technology*, 8(3): 307-323. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2020.219303.1382](https://doi.org/10.22048/JSAT.2020.219303.1382)
- Bekhradiyaninasab, A., Balouchi, H., Movahhedi Dehnavi, M. & Sorooshzadeh, A. (2020). Effect of benzyl aminopurine, phosphate solubilizing bio-fertilizers and maternal corm weight on the qualitative indices of saffron (*Crocus sativus* L.) flowers and cormlets in Yasouj region. *Journal of Saffron Research*, 8(1), 99–113. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2019.2767.1112>
- Bhunias, S., Bhowmik, A., Mallick, R. & Mukherjee, J. (2021). Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11(5), 823. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050823>

- Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A. & Lakzian, A. (2013). Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. *Journal of saffron research*, 1(1), 1–12. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2013.352>
- Chhipa, H. (2017). Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. *Environmental chemistry letters*, 15(1), 15–22. <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0600-4>
- De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T. and Depuydt, S. 2020. Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal of Applied Phycology*, 32, 573–597. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01903-9>
- Dehghani, Z., Aminifard, M.H., Behdani, M.A. & Jahani, M. (2025). Investigating the effect of corm weight, arbuscular mycorrhizal fungi and Azotobacter on the growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 13(2), 368–384. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2025.9506.1280>
- Dourandish, A., Ramezani, M. & Aminizadeh, M. (2019). Investigation of the effective factors on use of chemical fertilizers in saffron farms (Case study: Gonabad county). *Saffron agronomy and technology*, 7(3), 359–376. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.120688.1289>
- Ebrahimi, M., Pouyan, M. & Mahdi Nezhad, M. (2020). Studying the possibility of replacing manure with other organic amendments in saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation at different mother corm weights. *Saffron agronomy and technology*, 8(1), 37–57. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/JSAT.2019.165266.1331>
- Ebrahimi, M., Pouyan, M., Shahi, T., Fallahi, H.R., Hoseini, S., Ragh Ara, H. & Branca, F. (2022). Effects of organic fertilisers and mother corm weight on yield, apocarotenoid concentration and accumulation of metal contaminants in saffron (*Crocus sativus* L.). *Biological Agriculture & Horticulture*, 38(2), 73–93. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1987987>
- Emami, M., Armin, M. & Jamimoeini, M. (2018). The effect of foliar application time of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of saffron. *Saffron agronomy and technology*, 6(2), 167–179. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.72599.1211>
- Erhart, E. & Hartl, W. (2010). Compost use in organic farming. In Genetic engineering, biofertilisation, soil quality and organic farming. Springer, Dordrecht, 311–345.
- Esmailian, Y., and Amiri, M.B. (2019). Investigation the effect of manure and planting pattern on some flower and corm quantitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) in Gonabad climatic conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, 6(4): 429–444. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2018.101708.1265](https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.101708.1265)
- Fageria, N.K., Moreira, A. & Dos Santos, A.B. (2013). Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. *Journal of plant nutrition*, 36(13), 2013–2022. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.816728>
- Fallahi, H.R. & Mahmoodi, S. (2018). Influence of organic and chemical fertilization on growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. *Saffron agronomy and technology*, 6(2), 147–166. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.71511.1207](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.71511.1207)
- Fallahi, J., Koocheki, A.R. & Rezvani Moghadam, P. (2009). Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 127–135.
- Farahani, S.M., Amini, S., Sharghi, Y. & Zahedi, H. (2014). Influence of vermicompost and bacterium of *Bacillus* and *Pseudomonas* on growth, yield and morphological traits of saffron. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(3), 933–941. [10.13140/RG.2.1.2571.1849](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2571.1849)
- Fatematuzzohora, S.S. & Karim, M.R. (2020). Effects of seedling age and potassium fertilizer on growth and yield of summer onion. *Asian Journal of Crop, Soil Science and Plant Nutrition*, 4(1), 134–140. [10.56557/ajaas/2024/v7i140](https://doi.org/10.56557/ajaas/2024/v7i140)
- Feizi, H., Seyyedi, S.M. & Sahabi, H. (2015). Effect of corm planting density, organic and chemical fertilizers on formation and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms during phonological

- stages. *Saffron agronomy and technology*, 2(4), 289–301. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2015.8622](https://doi.org/10.22048/JSAT.2015.8622)
- Feli, A., Maleki Farahani, S. & Besharati, H. (2018). The effect of urea fertilizer and different organic and bio-fertilizers on quantitative and qualitative yield and some soil properties in Saffron cultivation. *Journal of Crops Improvement*, 20(2), 345–356. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2017.60472>
- Gerdakaneh, M., Amini, E. & Khan Ahmadi, M. (2020). Effects of soil and foliar spraying application of humic acid on qualitative and quantitative properties of Saffron. *Journal of Saffron Research*, 8(1), 71–84. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2019.2450.1098>
- Ghanbari, J. & Khajoei-Nejad, G. (2021). Integrated nutrient management to improve some soil characteristics and biomass production of saffron. *Industrial Crops and Products*, 166, p. 113447. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113447>
- Ghanbari, J. & Khajoei-Nejad, G. (2022). Relationships between growth indices, dry matter production, and nutrient use efficiency in saffron: Integrative effect of mycorrhizal inoculation and nutrient resources. *Journal of Plant Nutrition*, 1–19. 101 [10.1080/01904167.2022.2063138](https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2063138)
- Ghanbari, J., Khajoei-Nejad, G., van Ruth, S.M. & Aghighi, S. (2019). The possibility for improvement of flowering, corm properties, bioactive compounds, and antioxidant activity in saffron (*Crocus sativus* L.) by different nutritional regimes. *Industrial Crops and Products*, 135, 301–310. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.064>
- Gholami, M., Kafi, M. & Khazaei, H.R. (2017). Study of the relations of sink and source in saffron by means of correlation coefficients under different irrigation and fertilization levels. *Saffron agronomy and technology*, 5(3), 195–210. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.51480.1156](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.51480.1156)
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L. & Ruberto, G. (2009). Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems: a review. *Sustainable agriculture*, 355–376. DOI:[10.1051/agro:2007030](https://doi.org/10.1051/agro:2007030)
- Hashemabadi, D., Zahiri Barsari, S., Zaredoost, F., Jadid Solymandarabi, M. & Feizi, H. (2020). Effects of planting date and nano fertilizers on quantity and quality features of saffron in Guilan. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(4), 879–890. (in Persian with English abstract). [10.22059/IJHS.2018.261490.1472](https://doi.org/10.22059/IJHS.2018.261490.1472)
- Heydari, Z., Besharati, H. & Maleki Farahani, S. (2014). Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. *Saffron agronomy and technology*, 2(3), 177–189. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2014.7808](https://doi.org/10.22048/JSAT.2014.7808)
- Hossaini, S.A., Jafari, B., Miri, H. & Jafari, A. (2024). The synergistic effect of humic acid soil application and salicylic acid pretreatment on morphological and phenological traits of saffron species (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 12(1), 123–137. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2024.8036.1239>
- Hourani, W. (2023). Effect of fertilizers on growth and productivity of saffron: a review. *Agronomy Research*, 21(1), 87–105. <https://doi.org/10.15159/ar.22.082>
- Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H.R. & Samadzadeh, A. (2017). Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices. *Saffron agronomy and technology*, 5(1), 21–35. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.38893](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.38893)
- Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M. & Sedaghati, E. (2020). Investigating the use of different levels of Mycorrhiza and Vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 262, 109027. DOI:[10.1016/j.scienta.2019.109027](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109027)
- Jami-Alahmadi, M., Behdani, M.A. & Akbarpoor, A. (2009), May. Analysis of agronomic effective factors on yield of Saffron-Based agro-Ecosystems in Southern Khorassan. In III International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics 850, 123–130. DOI:[10.17660/ActaHortic.2010.850.19](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.850.19)

- Jiku, M., Sayem, A., Alimuzzaman, M., Singha, A., Rahaman, M., Ganapati, R.K., Alam, M. & Sinha, S.R. (2020). Response and productivity of garlic (*Allium sativum* L.) by different levels of potassium fertilizer in farm soils. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 1–9. DOI:[10.1186/s42269-020-0267-7](https://doi.org/10.1186/s42269-020-0267-7)
- Khan, A.G. (2005). Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4), 355–364. DOI: [10.1016/j.jtemb.2005.02.006](https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.006)
- Khandan Deh-Arbab, S., Aminifard, M.H., Fallahi, H.R. & Kaveh, H. (2020). Evaluating the effects of growth-promoting fertilizer containing seaweed extract and mother corm weight on antioxidant activity and stigma quality of saffron. *Plant Productions*, 43(2), 213–226. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22055/ppd.2019.26492.1630>
- Khayyat, M., Jabbari, M., Fallahi, H.R. & Samadzadeh, A. (2018). Effects of corm dipping in salicylic acid or potassium nitrate on growth, flowering, and quality of Saffron. *Journal of Horticultural Research*, 26(1), 13–21. DOI:[10.2478/johr-2018-0002](https://doi.org/10.2478/johr-2018-0002)
- Khorramdel, S., Nasrabadi, S.E. & Mahmoodi, G. (2015). Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levels on saffron (*Crocus sativus* L.) growth and yield components. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(1), 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.jamap.2015.01.002>
- Khorramdel, S., Nassiri Mahallati, M., Moallem Banhangi, F. & Ibrahimi, M.J. (2023). Optimization of manure and potassium fertilizers in saffron cultivation by using surface-response methodology. *Journal of Saffron Research*, 11(1), 1–18. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/JSR.2022.3678.1166>
- Khoshpeyk, S., Sadrabadi Haghghi, R. & Ahmadian, A. (2022). The effect of irrigation water quality and application of silicon, nanosilicon and superabsorbent polymer on the yield and active ingredient of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 10(1), 64–83. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4461.1163>
- Kianimanesh, K., Lebaschi, M.H., Jaimand, K., Abdossi, V. & Tabaei-Aghdai, S.R. (2021). The changes in yield, biochemical properties and essential oil compounds of Saffron (*Crocus sativus* L.) Plants Treated with Organic and Inorganic Fertilizers under Dryland Farming System. *Journal of Medicinal plants and By-products*, 10(1), 37–44. [10.22092/JMPB.2020.352052.1262](https://doi.org/10.22092/JMPB.2020.352052.1262)
- Kirmani, N.A., Sofi, J.A., Bhat, M.A. & Ansar-Ul-Haq, S. (2014). Sustainable saffron production as influenced by integrated nitrogen management in Typic Hapludalfs of NW Himalayas. *Communications in soil science and plant analysis*, 45(5), 653–668. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.874021>
- Koocheki, A. & Seyyedi, S.M. (2015). Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. *Industrial Crops and Products*, 71, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.085>
- Koocheki, A. & Teimouri, S. (2014). Effect of age of farm, corm size, and manure fertilizer treatments on morphological criteria of Saffron (*Crocus sativus* L.) under Mashhad conditions. *Applied Field Crops Research*, 27(105), 148–157. (in Persian with English abstract). [10.22092/AJ.2014.103365](https://doi.org/10.22092/AJ.2014.103365)
- Koocheki, A., Asadi, Gh., Shirvan, M.B and Bicharanlou, B. (2018). The possibility of replacing chemical fertilizer with organic manure in saffron cultivation at different levels of corm density under the Northern Khorasan climatic conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, 6(2): 125-145. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.75396.1214](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.75396.1214)
- Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B. & Ehyaei, H.R. (2015). Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Agroecology*, 7(4), 425- 442. (in Persian with English abstract). [10.22067/JAG.V7I4.53822](https://doi.org/10.22067/JAG.V7I4.53822)
- Koocheki, A., Jahani Kondori, M. & Jahan, M. (2009). Effect of biofertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corm density. In 3rd International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in Cultivation Research and Economics. Krokos, Kozani, Greece, 20-23 May 2009, p. 14.

- Koocheki, A., Jamshid Eyni, M. & Seyyedi, S.M. (2015a). The effects of mother corm size, manure and chemical fertilizers on replacement corm criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 2(1), 34–46. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2015.328>
- Koocheki, A., Jamshid Eyni, M. & Seyyedi, S.M. (2015b). The effects of mother corm size and type of fertilizer on nitrogen use efficiency in saffron. *Saffron agronomy and technology*, 2(4), 243–254. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2015.8618](https://doi.org/10.22048/JSAT.2015.8618)
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M. & Eyni, M.J. (2014). Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad, Northeast Iran. *Scientia Horticulturae* 180, 147–155. DOI:[10.1016/j.scienta.2014.10.031](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.031)
- Lone, R., Shuab, R. & Koul, K.K. (2016). AMF association and their effect on metabolite mobilization, mineral nutrition and nitrogen assimilating enzymes in saffron (*Crocus sativus*) plant. *Journal of Plant Nutrition*, 39(13), 1852–1862. DOI:[10.1080/01904167.2016.1170850](https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1170850)
- Madahi, S., Parsa, M., Goldaniand, M. & Kafi, M. (2017). The effect of organic fertilizers and effective microorganisms (EM) on replacement corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron agronomy and technology*, 5(1), 37–49. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2016.34377.1110](https://doi.org/10.22048/JSAT.2016.34377.1110)
- Mahmoodi, F., Mahdinezhad, N., Fakheri, B.A. & Ahmadian, A. (2021). Effect of silver nanoparticles and corm weight on physiological and morphological traits of saffron (*Crocus Sativus*) under Sistan climatic conditions. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 16(61), 45–63. DOI: [10.30495/iper.2021.679512](https://doi.org/10.30495/iper.2021.679512)
- Maleki Farahani, S. & Aghighi Shahverdi, M. (2015). Evaluation the effect of nono-iron fertilizer in compare to iron chelate fertilizer on qualitative and quantitative yield of saffron. *Journal of Crops Improvement*, 17(1), 155–168. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2015.54795>
- Maleki, M., Seghatoleslami, M., Mousavi, G., Feizi, H. (2021). Studying the effect of irrigation management and foliar application of growth stimulator on yield and some qualitative traits of Saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 8(3): 511-525. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2020.226314.1390](https://doi.org/10.22048/JSAT.2020.226314.1390)
- Malhotra, H., Pandey, R., Sharma, S. & Bindrabab, P.S. (2020). Foliar fertilization: possible routes of iron transport from leaf surface to cell organelles. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(3), 279–300. DOI:[10.1080/03650340.2019.1616288](https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1616288)
- Marques, A.P., Pires, C., Moreira, H., Rangel, A.O. & Castro, P.M. (2010). Assessment of the plant growth promotion abilities of six bacterial isolates using Zea mays as indicator plant. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(8), 1229–1235. DOI:[10.1016/j.soilbio.2010.04.014](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.04.014)
- Menia, M., Iqbal, S., Zahida, R., Tahir, S., Kanth, R.H., Saad, A.A. & Hussian, A. (2018). Production technology of saffron for enhancing productivity. *J. Pharmacognos. Phytochem*, 7(1), 1033–1039.
- Mohammad, M., Amiri, M.E. & Sharghi, Y. (2012). Respond of saffron (*Crocus sativus* L.) to animal manure application. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(7), 1323–1326. DOI: [10.5897/JMPR11.1442](https://doi.org/10.5897/JMPR11.1442)
- Mollafilabi, A., and Khorramdel, S. (2016). Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of Saffron (*Crocus Sativus* L.) in a six-year-old farm. *Saffron Agronomy & Technology*, 3(4): 237-249. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2016.11897](https://doi.org/10.22048/JSAT.2016.11897)
- Moosavipoor, S.M., Feizi, H., Sahabi, H. & Fallahi, H. (2023). The effect of foliar application of seaweed extract and some nutrients on flowering and apocarotenoid content in saffron stigma. *Saffron Agronomy and Technology*, 11(4), 371–391. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/jsat.2024.410290.1500>
- Naghdibadi, H.A., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H. & FOTOUKIAN, M. (2011). Change in crocin, safranal, and picrocrocin content and agronomical characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. *Journal of medicinal plants*, 10(40), 58–68. [20.1001.1.2717204.2011.10.40.7.4](https://doi.org/10.1001.1.2717204.2011.10.40.7.4)

- Naseer, S., Nehvi, F.A., Nagoo, S.A., Samad, S.S., Iqbal, A.M. & Dar, N.A. (2012). Effect of organic and inorganic sources of fertilizers on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). In IV International Symposium on Saffron Biology and Technology 1200, pp. 101–106. DOI:[10.17660/ActaHortic.2018.1200.16](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1200.16)
- Nazari, N. & Feizi, H. (2021). Magnetic fields and titanium dioxide nanoparticles promote saffron performance: A greenhouse experiment. *Journal of Horticulture and Postharvest Research* 4(Special Issue-Recent Advances in Saffron), 3342. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2021.3886.1182>
- Noori, A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Khorramdel, S. (2023). Effects of mycorrhiza inoculation, mother corm weight and humic acid on daughter corm and flower yield of saffron. *Journal of Saffron Research*, 11(1), 48–65. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2023.5903.1203>
- Oftadeh, F.A., Aminifard, M.H., Moradinezhad, F. & Behdani, M.A. (2018). The effect of nitroxin on secondary metabolites in saffron (*Crocus sativus* L.). *Horticultural plant nutrition*, 1(1), 17–28. [10.22070/HPN.2018.451](https://doi.org/10.22070/HPN.2018.451)
- Omidi, H.E.S.H.M.A.T., Badi, H.N., Golzad, A., Torabi, H. & Footoukian, M.H. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 8(30), 98–163. [20.1001.1.2717204.2009.8.30.11.4](https://doi.org/10.1001.1.2717204.2009.8.30.11.4)
- Osmani Roudi, H.R., Masoumi, A., Hamidi, H. & Razavi, S.A. (2015). Effects of first irrigation date and organic fertilizer treatments on Saffron (*Crocus sativus* L.) yield under Khaf climatic conditions. *Saffron agronomy and technology*, 3(1), 25–33. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2015.9609](https://doi.org/10.22048/JSAT.2015.9609)
- Parray, J.A., Kamili, A.N., Reshi, Z.A., Rehana, H. & Qadri, R.A. (2013). Screening of beneficial properties of rhizobacteria isolated from saffron (*Crocus sativus* L.) rhizosphere. *African Journal of Microbiology Research*, 7(23), 2905–2910. DOI:[10.5897/AJMR12.2194](https://doi.org/10.5897/AJMR12.2194)
- Parsa, H., Kheiry, A., Sani, K.M. & Razavi, F. (2018). The effect of nitrogen-fixing biofertilizers and urea on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of saffron research*, 6(1), 141–153. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2017.891.1039>
- Pashakhani, P., Ehteshami, S.M. & Amirmia, R. (2026). Effect of corm inoculation with beneficial microorganisms and vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Urmia. *Saffron Agronomy and Technology*, 13(4), 367–388. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/jsat.2026.578760.1591>
- Pazoki, A., Kariminejad, M.K. & Foladi Targhi, A. (2017). Effect of corm density on yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) under different urea and biological fertilizers in Shahr-E-Rey Region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11, 42(2), 315–330.
- Rasool, A., Mir, M.I., Zulfajri, M., Hanafiah, M.M., Unnisa, S.A. & Mahboob, M. (2021). Plant growth promoting and antifungal asset of indigenous rhizobacteria secluded from saffron (*Crocus sativus* L.) rhizosphere. *Microbial Pathogenesis*, 150, 104734. DOI: [10.1016/j.micpath.2021.104734](https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104734)
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S. & Besharati, H. (2013). Some vegetative characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by various fertilizers. *Iranian Journal of Soil Research*, 27(1), 35–46. (in Persian with English abstract). [10.22092/IJSR.2013.126219](https://doi.org/10.22092/IJSR.2013.126219)
- Ren, X., Zhang, Q., Zhang, W., Mao, J. & Li, P. (2020). Control of aflatoxigenic molds by antagonistic microorganisms: Inhibitory behaviors, bioactive compounds, related mechanisms, and influencing factors. *Toxins*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.3390/toxins12010024>
- Rezaie, A., Feizi, H., and Moradi, R. (2019). Response of quantitative and qualitative characteristics of Saffron flower to the last irrigation cut-off time and various fertilizer resources. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(1): 3- 25. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2018.104452.1267](https://doi.org/10.22048/JSAT.2018.104452.1267)
- Rezvani-Moghaddam, P. (2020). Ecophysiology of saffron. In Saffron, Woodhead Publishing, pp. 119–137. DOI:[10.1016/B978-0-12-818638-1.00008-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818638-1.00008-3)
- Rivandi, H., Marvi, H. & Jami Moeini, M. (2016). The effect of soil and foliar application of effective microorganisms on growth characteristics of Saffron in the presence of chemical and organic fertilizers. *Saffron agronomy and technology*, 4(2), 105–117. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2016.17361](https://doi.org/10.22048/JSAT.2016.17361)

- Rostami, M., Maleki, M. & Effati, A.R. (2017). Effect of foliar application of chemical nano-fertilizers on physiological traits of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron agronomy and technology*, 5(4), 345–359. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.54127.1160](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.54127.1160)
- Rostami, M., Talarposhti, R.M., Mohammadi, H. & Demyan, M.S. (2019). Morpho-physiological response of Saffron (*Crocus Sativus* L.) to particle size and rates of zinc fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(10), 1250–1257. DOI:[10.1080/00103624.2019.1614602](https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1614602)
- Sabzevari, S., Khazaei, H. & Kafi, M. (2010). The effect of humic acid on germination of four cultivars of fall wheat (Saions and Sabaln) and spring wheat. *Journal of Agricultural Research*, 8(3), 473–480. (in Persian with English abstract). [10.22067/GSC.V8I3.7765](https://doi.org/10.22067/GSC.V8I3.7765)
- Salariyan, A., Mahmoodi, S., Behdani, M.A. & Kaveh, H. (2021). The effect of irrigation water quality, bio-fertilizer and nanoparticles of Fe on yield and some physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 11(1): 31-42. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4471.1164>
- Seyyedi, S.M., Ebrahimian, E. & Rezaei-Chiyaneh, E. (2018). Saffron daughter corms formation, nitrogen and phosphorous uptake in response to low planting density, sampling rounds, vermicompost and mineral fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(5), 585–603. DOI:[10.1080/00103624.2018.1432634](https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1432634)
- Shahin, R., Mukhlis, N., Mohammadi, H. & Joia, R. (2026). Effect of different levels salicylic acid, humic acid, and complete fertilizer on the yield of saffron. *Journal of Natural Science Review*, 4(1), 21–37. <https://doi.org/10.62810/jnsr.v4i1.337>
- Shahriary, R., Rezvani Moghaddam, P., Jahan, M. & Khorasani, R. (2018). Effects of nutrition management on saffron (*Crocus sativus* L.) stigma and flower yield. *Saffron agronomy and technology*, 6(2), 181–196. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.50067.1154](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.50067.1154)
- Shajari, M.A., Moghaddam, P.R., Ghorbani, R. & Koocheki, A. (2022). Does nutrient and irrigation managements alter the quality and yield of saffron (*Crocus sativus* L.)? *Agricultural Water Management* 267, 107629. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107629>
- Shariatmadari, Z., Shoor, M., Rezvani Moghaddam, P., Tehranifar, A. & Ahmadian, A. (2018). Study the effects of organic and chemical fertilizers on replacement corms and flower characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron agronomy and technology*, 6(3), 291–308. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2017.89478.1239](https://doi.org/10.22048/JSAT.2017.89478.1239)
- Shayganfar, A., Mohammadparast, B., Rostami, M. & Golfam, R. (2021). Salt stress causes a significant increase in anti-cancer crocins content of saffron stigma. *South African Journal of Botany*, 143, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.045>
- Sofi, J.A., Kimmani, N.A., Sharma, V.K., Haq, S. & Chesti, M.H. (2013). Effect of integrated nutrient management in saffron. *Indian Journal of Horticulture*, 70(2), 274–278.
- Solanki, P., Bhargava, A., Chhipa, H., Jain, N. & Panwar, J. (2015). Nano-fertilizers and their smart delivery system. *In Nanotechnologies in food and agriculture*. Springer, Cham, pp. 81–101.
- Tedersoo, L., Sanchez-Ramírez, S., Kõljalg, U., Bahram, M., Döring, M., Schigel, D. & Abarenkov, K. (2018). High-level classification of the fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal Diversity*, 90(1), 135–159. <https://doi.org/10.1007/s13225-018-0401-5>
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G. & Roupheal, Y. (2009). Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(1), 19–23.
- Usmani, Z., Kumar, V. & Mritunjay, S.K. (2017). Vermicomposting of coal fly ash using epigeic and epi-endogeic earthworm species: nutrient dynamics and metal remediation. *RSC advances* 7(9), 4876–4890. <https://doi.org/10.1039/C6RA27329G>

- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. & Wong, M.H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers, and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125(1–2), 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003>
- Yaghoubnezhad, N., Hemmati, K. & Hemmati, N. (2022). Studying the effect of seaweed, lignin and tea compost on the amount of crocin, picrocrocin, safranal and some phytochemical traits in petals and stigmas of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 10(2), 345–358. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2022.5262.1183>
- Yarami, N. & Sepaskhah, A.R. (2015). Saffron response to irrigation water salinity, cow manure, and planting method. *Agricultural Water Management*, 150, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.12.004>
- Zabihi, H. & Feizi, H. (2014). Saffron response to the rate of two kinds of potassium fertilizers. *Saffron agronomy and technology*, 2(3), 191–198. (in Persian with English abstract). [10.22048/JSAT.2014.7809](https://doi.org/10.22048/JSAT.2014.7809)

پژوهشهای دانش