Journal of Saffron Research

Vol. 13, No. 1, p. 35-51, 2025

10.22077/jsr.2025.9293.1276

University of Birjand

Original Article

Comparison of Yield and Yield Components of Cumin and Sesame Plants After Saffron Harvest

Ali Abedinzadeh[1], Ahmad Ghanbari[2], Mohammad Reza Asgharipour[*2], Alireza Sirosmehr[3], Ahmad Ahmadian[4]

1- PhD Student of Agrotechnology, Department of Agronomy, University of Zabol, Iran.
2- Professor, Department of Agronomy, University of Zabol, Iran.
3- Associate Professor, Department of Agronomy, University of Zabol, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Agronomy, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran.

[*] Corresponding author: *m_asgharipour@uoz.ac.ir*

Received: 05 May 2025, **Revised:** 16 May 2025, **Accepted:** 25 May 2025

Extended Abstract

Introduction: Saffron (*Crocus sativus* L.), recognized as the world's most expensive agricultural and medicinal crop, holds a pivotal role in Iran's agricultural economy, particularly in arid and semi-arid regions such as Torbat Heydarieh and Zaveh. After saffron harvest, the fields are typically utilized for subsequent crops like cumin (*Cuminum cyminum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.), offering opportunities for crop diversification and income enhancement. This study addresses the economic challenges faced by farmers in saffron-producing regions of Iran, where soil fertility decline and water scarcity necessitate sustainable crop rotation strategies. Cumin, a drought-tolerant medicinal plant with significant export value, and sesame, a resilient oilseed crop, are promising candidates for post-saffron cultivation. The research aims to compare the quantitative and qualitative performance of these crops under varying land-use histories (saffron fields vs. fallow lands), providing insights into optimizing agricultural management and boosting farmers' livelihoods. Understanding the influence of saffron residues, potential allelopathic effects, and soil conditions on subsequent crops is critical for developing effective farming practices in these regions.

Materials and Methods: The experiment was conducted during the 2022-2023 growing season in Torbat Heydarieh and Zaveh, two key saffron-producing areas in Khorasan Razavi Province, Iran. A split-plot design within a randomized complete block arrangement with three replications was employed. Main plots consisted of two prior land-use types: fields with a 5-year fallow period and fields previously cultivated with saffron (corms removed post-harvest). Subplots included two plant species: cumin and sesame. Cumin was sown at 18 kg/ha and sesame at 6 kg/ha, with seeds sourced from the Khorasan Razavi Agricultural Jihad Organization. Fertilization involved urea (400

Copyright © 2025 by the authors
Published by University of Birjand. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

g/plot), triple superphosphate (300 g/plot), and potassium sulfate (300 g/plot), applied in stages tailored to each crop's growth phases. Plots measured 10 m², with 1 m spacing between subplots and 2 m between main plots. Evaluated traits included soil physical and chemical properties (e.g., pH, EC, N, P, K) before and after cultivation, yield components (e.g., seed yield, biological yield), plant growth parameters (e.g., height, seed number), and economic performance. Soil samples were analyzed for texture, organic carbon, and nutrient content. Data were statistically analyzed using SAS (version 12), with means compared via Duncan's multiple range test at a 5% significance level.

Results and Discussion: Results revealed that fields previously cultivated with saffron significantly outperformed 5-year fallow lands in terms of seed yield, biological yield, and economic returns for both cumin and sesame. In saffron fields, cumin exhibited a 15.75% increase in seed yield and an 18.71% rise in biological yield compared to fallow fields, while sesame showed a 33.26% and 23.87% increase, respectively. These improvements are likely due to enhanced soil organic matter from saffron corm residues, despite potential allelopathic effects reported in prior studies. Zaveh outperformed Torbat Heydarieh across most traits, with cumin seed yield 27.25% higher and sesame 24.94% higher, possibly due to Zaveh's more favorable soil conditions (lower salinity, moderate alkalinity). Sesame displayed a higher harvest index (20.72% in saffron fields) than cumin (36.79%), indicating greater efficiency in converting biomass to seed. However, cumin's economic yield was nearly three times that of sesame (93.26 million IRR vs. 32.57 million IRR), driven by higher market value and yield stability. Soil analysis showed no significant post-cultivation changes, suggesting sustained fertility in saffron fields. These findings underscore the economic superiority of cumin and the positive legacy effects of saffron cultivation on subsequent crops.

Conclusion: This study demonstrates that cultivating cumin and sesame after saffron harvest is a viable strategy for enhancing farmer income and agricultural sustainability in Iran's saffron regions. Cumin emerges as the more economically advantageous option due to its higher yield, income potential, and adaptability to local conditions, making it the recommended choice for post-saffron cultivation. Sesame, while less profitable, offers resilience and a higher harvest index, serving as a complementary crop in rotation systems. Saffron fields provide a superior starting point compared to fallow lands, highlighting the benefits of saffron residues for soil health. These results offer practical guidance for farmers and a foundation for future research into optimizing crop rotations in arid environments.

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

Keywords: Allelopathy, Economic evaluation, Fallow, Crop rotation, Medicinal plant, Soil properties.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۴
شماره صفحه: ۵۱-۳۵
10.22077/jsr.2025.9293.1276

مقاله پژوهشی

مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زیره سبز و کنجد در تناوب زراعی با زعفران و آیش

علی عابدین زاده[۱]، احمد قنبری[۲]، محمدرضا اصغری پور[۲*]، علیرضا سیروس مهر[۳]، احمد احمدیان[۴]

۱- دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۴- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

*نویسندهٔ مسئول: *m_asgharipour@uoz.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۵؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴

چکیده

این پژوهش عملکرد کمی و کیفی زیره سبز و کنجد را پس از برداشت زعفران بررسی می‌کند. آزمایش به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تربت حیدریه و زاوه طی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. تیمارها شامل دو سطح کاربری پیشین زمین (آیش ۵ ساله و مزارع پس از برداشت زعفران) به‌عنوان کرت اصلی و دو گونه گیاهی (کنجد و زیره سبز) به‌عنوان کرت فرعی بودند. صفات ارزیابی‌شده شامل ویژگی‌های خاک، عملکرد و اجزای عملکرد و ارزیابی اقتصادی گیاهان بود. نتایج نشان داد که زیره سبز در مزارع پس از زعفران عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بالاتری نسبت به مزارع آیش داشت، که منجر به افزایش سود اقتصادی برای کشاورزان شد. در گیاه زیره، مزارع پس از برداشت زعفران در مقایسه با مزارع پس از آیش، افزایش‌های قابل توجهی در صفات مختلف نشان دادند، از جمله افزایش ۲۰/۵۱ درصدی در ارتفاع بوته، افزایش ۷/۵ درصدی در تعداد چتر در هر بوته، افزایش ۹/۹۷ درصدی در تعداد بذر در هر چتر، افزایش ۱۷/۸۱ درصدی در تعداد بذر در هر بوته، افزایش ۱۵/۷۵ درصدی در عملکرد دانه و افزایش ۱۸/۷۱ درصدی در عملکرد بیولوژیکی. در مقابل، شاخص برداشت ۲/۴۶ درصد کاهش یافت. همچنین، در تمامی صفات مورد بررسی، خصوصیات رشدی گیاهان زیره سبز و کنجد افزایش معناداری داشت. یافته‌ها بر اهمیت انتخاب تناوب زراعی با زعفران برای بهبود عملکرد محصولات و افزایش درآمد کشاورزان در مناطق زعفران‌خیز تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقتصادی، آیش، تناوب زراعی، دگر آسیبی، خصوصیات خاک، گیاه دارویی.

Copyright © 2025 by the authors
Published by University of Birjand. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. به‌عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد (Rostami et al., 2015; Ali 2025). این گیاه عمدتاً در مناطق مدیترانه‌ای و غرب آسیا و همچنین در مناطق کم‌باران ایران که دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم هستند، کشت می‌شود (Ahmadi et al., 2013; Aminifard et al. 2025). زعفران دارای خواص درمانی متعددی از جمله اثرات آرام‌بخشی، ضدسرطانی، ضدالتهابی و ضد دردی است (Ahmadian et al., 2017; Pishvaei et al., 2023).

بقایای محصولات کشاورزی به‌عنوان یکی از منابع ارزشمند در تأمین مواد غذایی برای گیاهان دیگر در سیستم‌های تناوب زراعی و همچنین به‌عنوان کودهای آلی، از اهمیت بالایی برخوردار هستند (Rezvani Moghaddam et al., 2014). امروزه استفاده از سیستم‌های کشاورزی بدون شخم یا شخم حفاظتی برای حفظ منابع آبی و تغذیه‌ای گیاهان، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Khajepour, 1998). وجود ریشه‌های تجزیه‌شده گیاهان مختلف در خاک، باعث افزایش مواد آلی خاک شده و می‌تواند برای رشد گیاهان در فصل‌های بعدی بسیار مفید باشد. این موضوع به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود مواد آلی مواجه هستند، اهمیت بیشتری دارد (Koochaki et al., 2012). زعفران یکی از گیاهانی است که دارای ریشه‌های غده‌ای (بنه یا کورم) است و پس از برداشت، مقدار زیادی از این ریشه‌ها در خاک باقی می‌ماند. این ریشه‌ها پس از تجزیه، می‌توانند به کودهای آلی تبدیل شده و برای رشد گیاهان بعدی مفید باشند (Darbaghshahi et al., 2009).

با این حال، برخی نظریات وجود دارند که بیان می‌کنند ممکن است اندام‌های مختلف زعفران اثرات نامطلوبی بر رشد و عملکرد برخی گیاهان داشته باشند. این اثرات احتمالاً ناشی از خاصیت دگر آسیبی زعفران است (Hosseini et al., 1994). برخی محققان گزارش کرده‌اند که دگر آسیبی ممکن است یکی از عواملی باشد که مانع کشت مجدد زعفران در یک مزرعه می‌شود (Ahmadian et al., 2017). از سوی دیگر، این عقیده وجود دارد که گیاهان برخی عناصر را بیشتر از خاک جذب می‌کنند و در درازمدت، کمبود این عناصر در خاک و گیاهان بعدی بیشتر مشاهده می‌شود. همچنین، غلظت عناصری که گیاهان مختلف از خاک جذب می‌کنند، متفاوت است و این موضوع می‌تواند بر ترکیب و نسبت مواد غذایی موجود در خاک برای گیاهان بعدی تأثیرگذار باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2014).

مطالعات متعددی تأثیر دگرآسیبی زعفران بر گیاهان بعدی در تناوب زراعی را بررسی کرده‌اند. اقبالی و همکاران (Eghbali et al., 2008) گزارش کردند که بقایای کورم زعفران می‌توانند ترکیبات فنولی آزاد کنند که رشد برخی گیاهان مانند گندم را محدود می‌کنند، اما گیاهان مقاوم‌تر مانند زیره سبز ممکن است کمتر تحت تأثیر قرار گیرند. به‌طور مشابه، محمدخانی و همکاران (Mohammadkhani et al., 2023) نشان دادند که بقایای زعفران در خاک می‌توانند عملکرد گیاهان بعدی را از طریق اثرات دگرآسیبی و بهبود مواد آلی خاک به‌صورت دوگانه تحت تأثیر قرار دهند. این اثرات به شرایط خاک، نوع گیاه بعدی، و مدیریت زراعی بستگی دارد.

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) یک گیاه یک‌ساله از خانواده چتریان است که به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدقارچی، کاربرد گسترده‌ای در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی دارد (Thippeswamy & Naidu, 2005). اسانس زیره سبز توانایی مهار رشد و تولید آفلاتوکسین (Haghighi & Khosravi, 2014) و همچنین خواص ضد لیستریایی (باکتری عامل عفونت های غذایی) را داراست (Fazlara et al., 2012). این اسانس در غلظت‌های کم نیز در کنترل آفات انباری مانند شپشه آرد مؤثر است (Gad et al., 2022). اهمیت اقتصادی زیره سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه در شرایط کمبود آب و حاصلخیزی پایین خاک، به دلیل ویژگی‌هایی مانند شکل برگ‌ها، کوتاه بودن بوته‌ها، رنگ و پوشش سطح اندام‌های گیاه، فصل رشد کوتاه، نیاز آبی کم، عدم تداخل فصل رشد آن با سایر محصولات کشاورزی و همچنین صادراتی بودن آن، بسیار قابل توجه است (Esfandiari et al., 2009). زیره سبز پس از زعفران، دومین گیاه صادراتی ایران محسوب می‌شود (Mohammadi, 2011). استان خراسان رضوی عمده‌ترین منطقه تولید این محصول در

سطح کشور است و بیش از ۸۰ درصد زیره سبز ایران در این استان تولید می‌شود (Soheili et al., 2010).

کشت دانه‌های روغنی از دیرباز مورد توجه کشاورزان در کشورهای شرقی بوده است و برخی از این دانه‌ها جزو اقلام عمده صادراتی این کشورها محسوب می‌شده‌اند (Najeeb et al., 2012). با این حال، علیرغم سابقه طولانی و پتانسیل‌های فراوان در زمینه تولید دانه‌های روغنی، پیشرفت چندانی در این حوزه حاصل نشده است. اخیراً با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن، کنجد می‌تواند به‌عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح شود (Dilip et al., 1991). کنجد (*Sesamum indicum* L.) از خانواده Pedaliaceae، یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که به دلیل دارا بودن مقدار زیادی روغن، پروتئین و سایر مواد معدنی مغذی، یکی از اجزای مهم در تغذیه انسان به شمار می‌رود (Najeeb et al., 2012). کنجد به دلیل نیاز کم به آبیاری، سازگاری با انواع مختلف خاک و شرایط آب‌وهوایی، و همچنین درآمد بالای حاصل از محصول، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این اهمیت در شرایط کنونی گرمایش زمین و تأثیر آن بر بهره‌وری محصولات، به‌عنوان یک گزینه مناسب برای جایگزینی محصولات با عملکرد پایین، روز به روز افزایش می‌یابد (FAOSTAT, 2015).

رعایت تناوب مناسب در کشت گیاهان مختلف، یکی از اصول مهم در طراحی الگوی کشت هر منطقه محسوب می‌شود. با توجه به اینکه زعفران کشت غالب در مناطق مختلف خراسان بزرگ است و کشاورزان بر این باورند که کشت مجدد زعفران پس از چند سال در یک مزرعه امکان‌پذیر نیست (Ahmadian et al., 2017)، شناسایی و معرفی گیاهان زراعی و دارویی مناسب با شرایط منطقه و به‌ویژه خاک مزارع زعفران، ضروری به نظر می‌رسد. این امر به کشاورزان کمک می‌کند تا بهترین و اقتصادی‌ترین گیاهان را در تناوب با زعفران انتخاب کنند. مطالعات دیگری توسط سایر محققین انجام شده است تا تاثیر زمین های زیر کشت گیاهان مختلف و یا آیش را بر عملکرد برخی محصولات بررسی کنند. گرستا و همکاران (۲۰۱۶) یک مطالعه دو ساله برای ارزیابی تأثیر سه محصول قبلی مختلف (باقلا، زعفران و آیش) بر عملکرد کلاله زعفران و تولید بنه‌های جایگزین انجام دادند. نتایج آن ها نشان داد باقلا به عنوان محصول قبلی، بالاترین عملکرد را از نظر تعداد گل، عملکرد کلاله (تا ۲ گرم در متر مربع) و بنه‌های جایگزین تعیین کرد. همچنین، عبداللهی (۲۰۱۶) تأثیر تناوب‌های مختلف زراعی بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی گندم (Triticum aestivum L.) در شرایط دیم کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد عملکرد دانه گندم در تناوب‌های مختلف تاثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم داشت. از سوی دیگر، یانگ و همکاران (۲۰۲۴) اثرات توالی‌های مختلف تناوب زراعی بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های خاک برنج در چین را انجام دادند. نتایج نشان داد که تناوب‌های مبتنی بر حبوبات، به ویژه برنج-باقلا و برنج-ماشک گل‌خوشه‌ای، رشد و عملکرد برنج را در مقایسه با شاهد برنج-گندم به طور قابل توجهی بهبود بخشیدند.

بر اساس پیشینه پژوهشی، فرضیه‌های این مطالعه به‌صورت زیر تعریف شدند: ۱) زیره سبز و کنجد در مزارع با سابقه کشت زعفران به دلیل بهبود حاصلخیزی خاک توسط بقایای آلی زعفران، عملکرد و اجزای عملکرد بهتری نسبت به مزارع آیش خواهند داشت؛ ۲) اثرات دگرآسیبی زعفران تأثیر محدودی بر زیره سبز و کنجد خواهد داشت، به‌ویژه در خاک‌های با شوری پایین؛ ۳) شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت در شهرستان‌های زاوه و تربت حیدریه منجر به تفاوت در عملکرد این گیاهان خواهد شد. این مطالعه با هدف مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زیره سبز و کنجد پس از برداشت زعفران، در راستای بهینه‌سازی کشت در مناطق زعفران‌خیز ایران انجام شد. با توجه به اهمیت زعفران به‌عنوان یکی از محصولات کلیدی کشاورزی و چالش‌هایی که کشاورزان با آن مواجه هستند (مانند کاهش قابلیت‌های باروری خاک و نیاز به افزایش درآمد)، این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای مدیریت بهینه مزارع و افزایش تنوع محصولات کشت‌شده در این نواحی عمل کند. شناسایی گیاهان دارویی مناسب با توجه به شرایط خاک و اقلیم این مناطق، به کشاورزان کمک می‌کند تا با انتخاب صحیح محصولات، به بهبود اقتصادی و پایداری کشت پس از برداشت زعفران دست یابند. در نهایت، این مطالعه به دنبال ارائه داده‌های علمی و تحلیلی برای بهبود مدیریت زراعی و ارتقاء سودآوری در تولیدات کشاورزی است. با استفاده از نتایج این تحقیق، می‌توان راهکارهای

عملی برای افزایش بهره‌وری و پایداری کشت در مناطق زعفران‌خیز ارائه داد.

مواد و روش‌ها

توصیف محل اجرای آزمایش

محل اجرای این مطالعه شامل دو منطقه تربت حیدریه و زاوه در استان خراسان رضوی است. تربت حیدریه با وسعتی حدود ۳۶۷۲ کیلومتر مربع و جمعیتی نزدیک به ۲۳۰ هزار نفر، در فاصله ۱۵۲ کیلومتری جنوب شهر مشهد قرار دارد و به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی تولید زعفران در جهان شناخته می‌شود. این شهرستان از نظر جغرافیایی در ارتفاع ۱۴۵۰ متری از سطح دریا واقع شده و دارای اقلیمی نیمه‌خشک با میانگین دمای سالانه ۱۴ درجه سانتی‌گراد و بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر است. از سوی دیگر، منطقه زاوه در شرق تربت حیدریه قرار دارد و وسعتی معادل ۲۵۷۵ کیلومتر مربع دارد. این منطقه نیز مانند تربت حیدریه، یکی از مناطق مهم تولید زعفران در کشور محسوب می‌شود و دارای اقلیمی نیمه‌خشک با میانگین دمای سالانه ۲۸ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا است. زاوه از شرق با شهرستان باخرز، از غرب با تربت حیدریه و از جنوب با شهرستان رشتخوار همسایه است.

در این مناطق، کشت زعفران به‌عنوان محصول اصلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و زمین‌های این دو شهرستان پس از برداشت زعفران، معمولاً برای کاشت گیاهان دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش بارندگی و بحران آب از چالش‌های عمده کشاورزی در این نواحی محسوب می‌شود. این عوامل باعث شده‌اند که شناسایی و بررسی شرایط محیطی برای کشت گیاهان جایگزین در تربت حیدریه و زاوه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

طرح آزمایش و تیمارها

آزمایش به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان های تربت حیدریه و زاوه طی سال های زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. تیمارها شامل دو سطح کاربری پیشین زمین (آیش ۵ ساله و مزارع پس از برداشت زعفران) به‌عنوان کرت اصلی و دو گونه گیاهی (کنجد و زیره سبز) به‌عنوان کرت فرعی بودند. صفات ارزیابی‌شده شامل ویژگی‌های خاک، عملکرد و اجزای عملکرد و ارزیابی اقتصادی گیاهان بود. مقدار بذر مورد نیاز برای کشت زیره سبز ۱۸ کیلوگرم در هکتار و برای کشت کنجد ۶ کیلوگرم در هکتار بود که این بذرها از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی تأمین شد. در این آزمایش از سه نوع کود پایه استفاده شد: اوره ($CO(NH_2)_2$) با ۴۸ درصد نیتروژن ($NO_3.NH_4$)، سوپر فسفات تریپل ($CaH_4(PO_4)_2$) با ۲۱ درصد فسفر (P_2O_5) و سولفات پتاسیم (K_2SO_4) با ۴۱ درصد پتاسیم. هر کرت ۴۰۰ گرم اوره، ۳۰۰ گرم سوپر فسفات تریپل و ۳۰۰ گرم سولفات پتاسیم دریافت کرد. پتاسیم و فسفر قبل از کاشت به خاک اضافه شدند، در حالی که نیتروژن به صورت مرحله‌ای مصرف شد. برای زیره سبز، ۲۰۰ گرم نیتروژن در زمان کاشت و ۲۰۰ گرم در طول مرحله رشد رویشی اعمال شد. برای کنجد، ۱۶۰ گرم نیتروژن قبل از کاشت، ۱۲۰ گرم در مرحله رشد ساقه و ۱۲۰ گرم در شروع گلدهی استفاده شد.

هر کرت به مساحت ۱۰ متر مربع با فاصله یک متر بین کرت‌های فرعی و دو متر بین کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد. صفات مورد اندازه‌گیری برای گیاه زیره سبز شامل ارتفاع بوته، تعداد چتر در هر بوته، تعداد دانه‌ها در هر چتر، تعداد دانه‌ها در هر بوته، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. برای گیاه کنجد نیز صفات مشابهی از جمله تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه‌ها در هر غلاف، تعداد دانه‌ها در هر بوته، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، درصد تغییرات عملکرد در هر دو گیاه در هر دو مزرعه محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل خاک

نمونه‌های خاک قبل و بعد از کشت برای بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی، از جمله هدایت الکتریکی(EC) ، بافت خاک، توزیع اندازه ذرات، pH، نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و ترکیبات آلی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نمونه‌گیری خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری با استفاده از مته خاک‌برداری در ۵ نقطه تصادفی هر کرت انجام شد و نمونه‌ها برای تجزیه و تحلیل شوری، pH، مواد آلی، و عناصر نیتروژن، فسفر، و پتاسیم به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات گیاهی شامل ارتفاع بوته با متر نواری

(میانگین ۱۰ بوته تصادفی) و تعداد دانه‌ها با شمارش دستی (۱۰ بوته تصادفی) اندازه‌گیری شدند. آبیاری به‌صورت غرقابی با حجم ۵۰۰ مترمکعب در هکتار انجام شد. زیره سبز هر ۱۵ روز یک‌بار (۴ نوبت) و کنجد هر ۱۰ روز یک‌بار (۶ نوبت) به دلیل نیاز آبی بالاتر آبیاری شدند. کاشت زیره سبز در اوایل مهر ۱۴۰۱ و کنجد در اواخر اردیبهشت ۱۴۰۲ انجام شد، که با چرخه رشد بهینه این گیاهان و توصیه‌های سهیلی و همکاران (Soheili et al., 2010) برای زیره سبز و دیلیپ و همکاران (Dilip et al., 1991) برای کنجد هم‌خوانی دارد.

درصد تغییرات پارامترها

درصد تغییرات عملکرد دانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و ارتفاع بر اساس رابطه‌های ۱ تا ۵ محاسبه شد:

(۱) درصد افزایش عملکرد دانه = [(عملکرد دانه گیاه مورد نظر / کمترین عملکرد دانه) × ۱۰۰] - ۱۰۰

(۲) درصد افزایش ارتفاع = [(ارتفاع گیاه مورد نظر / کوتاه‌ترین ارتفاع) × ۱۰۰] - ۱۰۰

(۳) درصد افزایش عملکرد زیستی = [(عملکرد زیستی گیاه مورد نظر / کمترین عملکرد زیستی) × ۱۰۰] - ۱۰۰

(۴) درصد افزایش شاخص برداشت = [(شاخص برداشت گیاه مورد نظر / کمترین شاخص برداشت) × ۱۰۰] − ۱۰۰

(۵) درصد افزایش عملکرد اقتصادی = [(عملکرد دانه گیاه مورد نظر - کمترین عملکرد دانه)] × قیمت محصول (تومان در هر کیلو)

برای تحلیل اقتصادی، قیمت زیره سبز و کنجد در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بر اساس میانگین بازار در مناطق تربت حیدریه و زاوه محاسبه شد. قیمت زیره سبز ۳۵۰،۰۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم و کنجد ۸۰،۰۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم بود. این قیمت‌ها نشان‌دهنده ارزش اقتصادی بالاتر زیره سبز و توجیه‌کننده عملکرد اقتصادی برتر آن (۹۳.۲۶ میلیون تومان) در مقایسه با کنجد (۳۲.۵۷ میلیون تومان) هستند.

داده‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد برای دو گونه گیاهی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۱۲ تجزیه و تحلیل شدند. در این تحلیل، کرت‌های تقسیم‌شده با تیمارها به‌عنوان اثرات ثابت و تکرارها به‌عنوان اثرات تصادفی در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه دانکن در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

خاک قبل از کشت در منطقه تربت حیدریه نسبتاً شور، کمی قلیایی و دارای آهک بالا با بافت لومی و شرایط اشباع مطلوب بود. سطح مواد آلی و عناصر N، P، و K در خاک پایین بود، اما نسبت جذب سدیم (SAR) در حد قابل قبولی قرار داشت. مزارع آیش نیز ویژگی‌های مشابهی داشتند، با این تفاوت که شوری و میزان مواد آلی در آن‌ها کمی بالاتر بود. تجزیه و تحلیل خاک پس از کشت، هیچ تغییر معناداری در هر دو نوع مزرعه (زعفران و آیش) نشان نداد. در منطقه زاوه، خاک‌ها شرایط مناسب‌تری داشتند و غیرشور و کمی قلیایی بودند. مزارع زعفران در این منطقه دارای میزان آهک بالا و مزارع آیش دارای آهک در حد متوسط بودند. هر دو نوع مزرعه دارای بافت لومی، مواد آلی کم و سطوح متعادل NPK با نسبت جذب سدیم SAR متعادل بودند (جدول ۱).

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خاک در مناطق تربت حیدریه و زاوه نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه در ویژگی‌های خاک بین این دو منطقه است که می‌تواند بر عملکرد گیاهان تأثیرگذار باشد. شوری بالاتر خاک در تربت حیدریه ممکن است به دلیل تجمع نمک‌ها در اثر آبیاری محدود و تبخیر بالا باشد، که با یافته‌های خلیلی و همکاران (Khalil et al., 2015) همخوانی دارد. این محققان گزارش کردند که شوری خاک در مناطق نیمه‌خشک می‌تواند رشد گیاهان را محدود کند، اما گیاهانی مانند زیره سبز به دلیل تحمل به شوری، عملکرد قابل قبولی در چنین شرایطی نشان می‌دهند. در مقابل، خاک غیرشور زاوه احتمالاً به دلیل بارندگی بیشتر و مدیریت بهتر منابع آبی، شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاهان فراهم کرده است، که با نتایج لی و همکاران (Li

et al., 2023) در مورد تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد محصولات در مناطق خشک هم‌راستا است. عدم تغییر معنادار در ویژگی‌های خاک پس از کشت نشان‌دهنده پایداری نسبی خاک در این مناطق است، که ممکن است به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی و بقایای آلی زعفران باشد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2014) گزارش کردند که بقایای کورم زعفران می‌توانند مواد آلی خاک را افزایش دهند، اگرچه این اثر در مطالعه حاضر به دلیل دوره کوتاه کشت ممکن است قابل تشخیص نبوده باشد.

کوددهی سنتی مزارع زعفران، شامل استفاده منظم از کودهای دامی و شیمیایی، به حفظ سطوح نیتروژن و فسفر خاک کمک کرده و عملکرد اقتصادی زیره سبز و کنجد را در مزارع پس از زعفران افزایش داده است. رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2016) گزارش کردند که کوددهی مستمر در مزارع زعفران محتوای عناصر غذایی خاک را بهبود می‌بخشد، که با افزایش ۴۳،۸۹ میلیون تومانی عملکرد اقتصادی در مزارع زعفران این مطالعه هم‌خوانی دارد. با این حال، بقایای آلی زعفران و کوددهی سنتی رقابت علف‌های هرز را تشدید کرده و کنترل آن‌ها را چالش‌برانگیز می‌کند. تویوونن و همکاران (Toivonen et al., 2022) نشان دادند که بقایای آلی در تناوب زراعی می‌توانند رشد علف‌های هرز را تحریک کنند، که نیازمند مدیریت دقیق‌تر در مزارع پس از زعفران است.

گیاهان زیره سبز در دو شهرستان تربت حیدریه و زاوه از نظر چندین ویژگی، از جمله تعداد چتر در هر بوته، تعداد دانه در هر بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، تغییرات عملکرد، عملکرد اقتصادی، تغییرات عملکرد بیولوژیکی و تغییرات شاخص برداشت، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ نشان دادند. با این حال، سایر ویژگی‌ها تفاوت معناداری نداشتند. برای تیمار سابقه کاربری زمین، گیاهان زیره سبز در سطح ۰/۰۱ برای ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، تغییرات ارتفاع، تغییرات عملکرد بیولوژیکی و تغییرات شاخص برداشت، تفاوت معناداری نشان دادند. علاوه بر این، در سطح ۰/۰۵ برای تعداد چتر در هر بوته، تعداد دانه در هر چتر، تعداد دانه در هر بوته، عملکرد دانه، تغییرات عملکرد و عملکرد اقتصادی نیز تفاوت معناداری مشاهده شد. اثر متقابل بین شهر و سابقه کاربری زمین تنها در تغییرات ارتفاع و ارتفاع بوته در سطح ۰/۰۱ و تغییرات شاخص برداشت و شاخص برداشت در سطح ۰/۰۵ تفاوت معناداری داشت. اثر متقابل در هیچ یک از سایر صفات معنادار نبود (جدول ۲).

عملکرد بهتر زیره سبز در مزارع با سابقه کشت زعفران در مقایسه با مزارع آیش می‌تواند به تأثیر مثبت بقایای زعفران بر حاصلخیزی خاک نسبت داده شود. گریستا و همکاران (Gresta et al., 2016) در مطالعه‌ای مشابه نشان دادند که کشت زعفران به‌عنوان محصول قبلی می‌تواند با بهبود ساختار خاک و افزایش مواد آلی، عملکرد محصولات بعدی مانند باقلا را افزایش دهد. در این مطالعه، افزایش ۱۵.۷۵ درصدی عملکرد دانه و ۱۸.۷۱ درصدی عملکرد بیولوژیکی زیره سبز در مزارع زعفران احتمالاً نتیجه تجزیه کورم‌های باقی‌مانده و آزادسازی مواد مغذی است. با این حال، کاهش ۲.۴۶ درصدی شاخص برداشت در این مزارع ممکن است به دلیل اثرات دگرآسیبی زعفران باشد، همان‌طور که حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2004) گزارش کردند که بقایای زعفران می‌توانند رشد برخی گیاهان را محدود کنند. این یافته‌ها نشان‌دهنده تعادل بین اثرات مثبت و منفی بقایای زعفران بر محصولات بعدی است.

تفاوت‌های مشاهده‌شده بین تربت حیدریه و زاوه در عملکرد زیره سبز نیز با نتایج یانگ و همکاران (Yang et al., 2024) قابل مقایسه است، که نشان دادند شرایط اقلیمی و خاکی منطقه‌ای می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد محصولات در سیستم‌های تناوب زراعی داشته باشند. خاک‌های غیرشور و با آهک متوسط در زاوه احتمالاً به بهبود جذب مواد مغذی توسط زیره سبز کمک کرده‌اند، که منجر به افزایش تعداد چتر در بوته (۷.۵٪) و تعداد دانه در بوته (۱۷.۸۱٪) شده است. این نتایج با مطالعه اسفندیاری (Esfandiari et al., 2009) همخوانی دارد که نشان داد زیره سبز در خاک‌های با شوری پایین و حاصلخیزی مناسب، عملکرد بهتری دارد. اثر متقابل معنادار بین شهر و سابقه کاربری زمین در ارتفاع بوته و شاخص برداشت نیز نشان‌دهنده اهمیت شرایط محیطی محلی در تعدیل اثرات تناوب زراعی است، که با یافته‌های گائو و همکاران (Gao et al., 2017) در مورد تأثیر الگوهای کشت بر عملکرد محصولات سازگار است.

نتایج مقایسه میانگین برای زیره سبز نشان داد که گیاهان کاشته‌شده در پلات‌هایی که پس از برداشت زعفران کشت شده بودند، در اکثر صفات (به استثنای شاخص برداشت و تغییرات آن) عملکرد بهتری نسبت به پلات‌هایی که پس از آیش کشت شده بودند، داشتند. مزارع پس از برداشت زعفران در مقایسه با مزارع پس از آیش، افزایش‌های قابل توجهی در صفات مختلف نشان دادند، از جمله افزایش ۲۰/۵۱ درصدی در ارتفاع بوته، افزایش ۷/۵ درصدی در تعداد چتر در هر بوته، افزایش ۹/۹۷ درصدی در تعداد بذر در هر چتر، افزایش ۱۷/۸۱ درصدی در تعداد بذر در هر بوته، افزایش ۱۵/۷۵ درصدی در عملکرد دانه و افزایش ۱۸/۷۱ درصدی در عملکرد بیولوژیکی. در مقابل، شاخص برداشت ۲،۴۶ درصد کاهش یافت. همچنین، تغییرات عملکرد ۶۹،۷۱ درصد، عملکرد اقتصادی ۶۹،۶۹ درصد، تغییرات ارتفاع ۱۲۵،۰۵ درصد، تغییرات عملکرد بیولوژیکی ۸۵،۵۹ درصد و تغییرات شاخص برداشت ۶۴،۶ درصد کاهش نشان دادند.

برتری عملکرد زیره سبز در مزارع با سابقه کشت زعفران در مقایسه با مزارع آیش می‌تواند به بهبود شرایط خاک ناشی از بقایای کورم زعفران و مدیریت زراعی بهتر در این مزارع نسبت داده شود. این یافته‌ها با نتایج گریستا و همکاران (Gresta et al., 2016) همخوانی دارد که نشان دادند کشت زعفران به‌عنوان محصول قبلی می‌تواند با افزایش مواد آلی خاک و بهبود ساختار آن، عملکرد محصولات بعدی را تقویت کند. افزایش ۲۰/۵۱ درصدی در ارتفاع بوته و ۱۷/۸۱ درصدی در تعداد بذر در هر بوته در مزارع زعفران احتمالاً نتیجه دسترسی بهتر به مواد مغذی آزادشده از تجزیه کورم‌های زعفران است، همان‌طور که رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2014) گزارش کردند که بقایای زعفران می‌توانند به‌عنوان کود آلی عمل کنند. علاوه بر این، افزایش ۱۵/۷۵ درصدی در عملکرد دانه و ۱۸/۷۱ درصدی در عملکرد بیولوژیکی نشان‌دهنده تأثیر مثبت تناوب زراعی با زعفران بر بهره‌وری زیره سبز است، که با نتایج یانگ و همکاران (Yang et al., 2024) در مورد تأثیر تناوب‌های زراعی مبتنی بر گیاهان خاص بر عملکرد محصولات هم‌راستا است.

با این حال، کاهش ۲/۴۶ درصدی شاخص برداشت در مزارع زعفران ممکن است به اثرات دگرآسیبی زعفران نسبت داده شود. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2004) گزارش کردند که بقایای زعفران می‌توانند ترکیبات شیمیایی آزاد کنند که رشد برخی گیاهان را محدود می‌کنند، به‌ویژه در شاخص‌هایی مانند نسبت تبدیل زیست‌توده به دانه. این اثر دگرآسیبی ممکن است توضیح‌دهنده کاهش تغییرات شاخص برداشت (۶۴/۶ درصد) در مزارع زعفران باشد. در مقابل، مزارع آیش به دلیل فقدان بقایای گیاهی و کاهش فعالیت میکروبی خاک، عملکرد پایین‌تری در اکثر صفات نشان دادند، که با یافته‌های ابوت و مورفی (Abbott and Murphy, 2003) در مورد کاهش حاصلخیزی خاک در دوره‌های طولانی آیش همخوانی دارد. کاهش قابل توجه تغییرات عملکرد (۶۹/۷۱ درصد) و عملکرد اقتصادی (۶۹/۶۹ درصد) در مزارع زعفران نیز نشان‌دهنده ثبات بیشتر این مزارع در مقایسه با مزارع آیش است، که می‌تواند به مدیریت بهتر خاک و استفاده از کودهای شیمیایی نسبت داده شود، مشابه آنچه پاساریس و همکاران (Passaris et al., 2021) در مورد تأثیر مدیریت خاک بر عملکرد محصولات گزارش کردند.

مقایسه بین دو شهرستان زاوه و تربت حیدریه نشان داد که زاوه در تمامی صفات مورد بررسی، مقادیر بالاتری را نسبت به تربت حیدریه به ثبت رساند. به‌طور مشخص، زاوه افزایش‌های قابل توجهی در شاخص‌های مختلف داشت، از جمله ۱۳/۸۵ درصد در تعداد چتر در هر بوته، ۳۰/۰۴ درصد در تعداد دانه در هر بوته، ۲۷/۲۵ درصد در عملکرد دانه، ۲۴/۴۰ درصد در عملکرد بیولوژیکی، ۲/۳۳ درصد در شاخص برداشت، ۱۴۷/۵ درصد در تغییرات عملکرد، ۱۴۷/۵ درصد در عملکرد اقتصادی، ۱۲۳/۱ درصد در تغییرات عملکرد بیولوژیکی و ۱۵۷/۳ درصد در تغییرات شاخص برداشت. این نتایج حاکی از برتری قابل توجه شهرستان زاوه در مقایسه با تربت حیدریه در زمینه‌های مورد بررسی است. تجزیه و تحلیل اثر متقابل بین شهرستان های تربت حیدریه و زاوه و سابقه کاربری زمین بر ارتفاع بوته، شاخص برداشت و تغییرات مربوط به آن‌ها تفاوت معناداری را نشان داد. بیشترین مقدار برای تغییرات ارتفاع و ارتفاع بوته در شهرستان زاوه با کشت پس از برداشت زعفران مشاهده شد، در حالی که کمترین مقدار در شهرستان تربت حیدریه با مزارع پس از آیش به دست آمد. این تفاوت‌ها به ترتیب افزایش ۴۳/۸۴ درصد و ۴۱۶/۸ درصد را نشان

می‌دهند. از سوی دیگر، بیشترین تغییرات در شاخص برداشت و شاخص برداشت در شهرستان زاوه با مزارع پس از آیش مشاهده شد، در حالی که کمترین مقدار این شاخص‌ها در شهرستان تربت حیدریه با تیمار سابقه کاربری زعفران ثبت گردید. این تفاوت‌ها به ترتیب با افزایش ۴/۹۱ درصدی و ۱۰۲۷/۰۸ درصدی همراه بود.

جدول ۱. تجزیه و تحلیل ترکیب خاک قبل و بعد از کشت در هر دو شهرستان تربت حیدریه و زاوه و زعفران و آیش

Table 1. Analysis of soil composition before and after cultivation in both cities of Torbat-Heydarieh and Zaveh and Saffron and Fallow

تربت حیدریه Torbat-Heydariyeh		قبل از کاشت Before planting		بعد از زعفران After saffron		بعد از آیش After fallow	
نوع تجزیه Analysis type	حد مطلوب Optimal	زعفران Saffron	آیش Fallow	زیره سبز Cumin	کنجد Sesame	زیره سبز Cumin	کنجد Sesame
شوریEC	< 2	3.22	5.19	4.01	4.16	5.01	4.86
اسیدیتهpH	6-7.5	7.9	7.8	7.9	7.8	7.9	7.8
آهک(%) T.N.V	< 10	21.25	22.25	22.25	23.75	22.25	23.15
رس(%) Clay	20	18	17	18	18	17	17
سیلت (%) Silt	40	48	56	47	49	55	57
شن(%) Sand	40	34	27	35	33	28	26
درصد (%) Saturation اشباع	40	37.8	37.3	38	37.4	38	37.5
بافت(%) Texture	Loam, Clay loam	Loam	Loam	Loam	Loam	Loam	Loam
کربن آلی(%) OC	> 1.5	0.282	0.197	0.269	0.249	0.209	0.199
نیتروژن کل(%) N	> 0.15	0.025	0.016	0.023	0.025	0.016	0.014
فسفر(ppm) P	15	16	10.5	15.5	15	9	10.5
پتاسیم(ppm) K	300	321	227	321	319	222	225
نسبت جذب سدیمSAR	< 13	7.1	10.13	9.8	10.4	10.8	11.4
زاوه Zaveh		قبل از کاشت Before planting		بعد از زعفران After saffron		بعد از آیش After fallow	
نوع تجزیه Analysis type	حد مطلوب Optimal	رعفران Saffron	آیش Fallow	زیره سبز Cumin	کنجد Sesame	زیره سبز Cumin	کنجد Sesame
شوریEC	< 2	1.25	1.43	2.03	2.72	1.46	2.05
اسیدیتهpH	6-7.5	7.8	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9
آهک(%) T.N.V	< 10	20.25	16	18.75	19	16.5	15.75
رس(%) Clay	20	16	8	16	16	8	8
سیلت(%) Silt	40	55	42	56	54	43	41
شن(%) Sand	40	29	50	28	30	49	51
درصد (%) Saturation اشباع	40	37.4	38.3	38.3	38.4	37.8	38
بافت(%) Texture	Loam, Clay loam	Loam	Loam	Loam	Loam	Loam	Loam
کربن الی(%) OC	> 1.5	0.269	0.182	0.244	0.248	0.191	0.185
نیتروژن کل(%) N	> 0.15	0.023	0.015	0.021	0.022	0.014	0.013
فسفر(ppm) P	15	15.5	9	15.5	13	9	8.5
پتاسیم(ppm) K	300	220	180	220	217.5	178	180
نسبت جذب سدیمSAR	< 13	6.46	4.8	4.9	4.7	3.52	4.18

جدول ۲- میانگین مربعات پارامترهای مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در زیره سبز

Table 2- Mean squares of various morphological and physiological parameters in cumin

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد چتر در بوته Number of Umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of Seeds per umbel	تعداد دانه در بوته Number of Seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index	تغییرات عملکرد Yield variation	عملکرد اقتصادی Economic yield	تغییرات ارتفاع Plant height variation	تغییرات بیولوژیکی عملکرد Biological yield variation	تغییرات شاخص برداشت Harvest index variation
Block بلوک	2	13.08	4.083	25.08	39315	110440	404713	0.055	771.5	4329.3	452.7	791.6	0.4211
City مکان	1	52.08^{ns}	6.750	300.0^{ns}	151425	239984	1421408	2.201	3353.1	18815	1802.1^{ns}	2780.4	16.72
E_a خطا	2	3.583	0.250	20.25	4901	7912	64736	0.024	110.5	620.27	123.99	126.63	0.188
سابقه کشت History	1	52.08	2.083	147.0	59361	88924	880208	2.594	1242.4	6971.6	1802.1	1721.8	19.71
سابقه در مکان CityHistory	1	6.75	0.750^{ns}	3.000^{ns}	3267^{ns}	6211^{ns}	59080^{ns}	0.108	86.8^{ns}	486.92^{ns}	233.5	115.5^{ns}	0.822
خطاE_b	4	0.167	0.166	16.50	3460	4704	31699	0.011	262.9	368.77	5.77	62.01	0.084

معنی دار در سطح ۰/۰۵، معنی دار در سطح ۰/۰۱، ns غیر معنی دار

Significant at the 0.05 level, significant at the 0.01 level, ns not significant.

جدول ۳- اثرات ساده نوع مزرعه و شهر بر صفات مورفوفیزیولوژیکی زیره سبز

Table 3- Simple effects of field and city type on morpho-physiological traits of cumin

زیره سبز Cumin		نوع مزرعه کشت Field type of culture		شهر کاشت City of planting	
پارامترها Parameters	واحدها Units	مزرعه زعفران Saffron field	مزرعه آیش Fallow field	زاوه Zaveh	تربت حیدریه Torbat-Heydarieh
Plant height ارتفاع بوته	سانتی متر	24.5^{a}	20.33^{b}	-	-
تعداد چتر در بوته Number of Umbels per plant	عدد	12^{a}	11.16^{b}	12.33^{a}	10.83^{b}
تعداد دانه در چتر Number of Seeds per umbel	عدد	77.16^{a}	70.16^{b}	-	-
تعداد دانه در بوته Number of Seeds per plant	عدد	930.5^{a}	789.83^{b}	972.5^{a}	747.83^{b}
Seed yield عملکرد دانه	کیلوگرم در هکتار	1265.16^{a}	1093^{b}	1320.5^{a}	1037.66^{b}
Biological yield عملکرد بیولوژیکی	کیلوگرم در هکتار	3435.33^{a}	2893.66^{b}	3508.66^{a}	2820.33^{b}
Harvest Index شاخص برداشت	درصد	36.79^{b}	37.72^{a}	37.68^{a}	36.82^{b}
Yield variation تغییرات عملکرد	درصد	49.54^{a}	29.19^{b}	56.08^{a}	22.65^{b}
Economic yield عملکرد اقتصادی	درصد	117.36^{a}	69.16^{b}	132.86^{a}	53.66^{b}
تغییرات ارتفاع Plant height variation	درصد	44.11^{a}	19.6^{b}	-	-
تغییرات بیولوژیکی عملکرد Biological yield variation	درصد	51.93^{a}	27.98^{b}	55.18^{a}	24.73^{b}
تغییرات شاخص برداشت Harvest index variation	درصد	1.4^{b}	3.96^{a}	3.86^{a}	1.5^{b}

میانگین در هر ستون با حروف یکسان در $p<0.05$ بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارد.

The means in each column with the same letters do not have statistically significant differences according to the Duncan test at ($p < 0.05$).

جدول ۴- اثرات متقابل نوع مزرعه و شهر بر صفات مورفوفیزیولوژیکی زیره سبز

Table 4- Interaction effects of field and city type on morpho-physiological traits of cumin

پارامترها Parameters	واحدها Units	Zaveh city × saffron field	Torbat-heydarieh city×saffron field	Zaveh city × fallow field	Torbat-heydarieh × fallow field
ارتفاع بوته Plant height	سانتی متر	27.33[a]	21.66[b]	21.66[b]	19[c]
شاخص برداشت Harvest Index	درصد	37.12[c]	36.45[d]	38.24[a]	37.19[b]
تغییرات ارتفاع Plant height variation	درصد	60.78[a]	27.45[b]	27.45[b]	11.76
تغییرات شاخص برداشت Harvest index variation	درصد	2.32[b]	0.48[c]	5.41[a]	2.52[b]

میانگین در هر ستون با حروف یکسان در $p<0.05$ بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارد.

The means in each column with the same letters do not have statistically significant differences according to the Duncan test at ($p < 0.05$).

علاوه بر این، گیاه کنجد نیز تفاوت‌های معناداری را در چندین صفت تحت تأثیر شرایط شهر نشان داد. این صفات شامل تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تغییرات عملکرد، عملکرد اقتصادی و تغییرات عملکرد بیولوژیکی بودند که همگی تحت تأثیر شرایط محیطی و جغرافیایی شهرهای مختلف قرار گرفتند.تعداد دانه در هر غلاف در سطح ۰/۰۵ و سایر صفات در سطح ۰/۰۱ معنادار بودند. هنگام مقایسه کنجد کشت‌شده در مزارع، تمامی صفات تفاوت معناداری نشان دادند که تعداد دانه در هر غلاف و تعداد دانه در هر بوته در سطح ۰/۰۱ و سایر صفات در سطح ۰/۰۵ معنادار بودند. با این حال، برای هیچ یک از صفات کنجد، تفاوت معناداری بین سابقه کاربری مزرعه و شهر مشاهده نشد (جدول ۵).

برتری عملکرد زیره سبز و کنجد در شهرستان زاوه نسبت به تربت حیدریه احتمالاً به شرایط خاکی و اقلیمی مناسب‌تر زاوه، از جمله شوری کمتر و بافت خاک متعادل‌تر، مربوط است. یانگ و همکاران (Yang et al., 2024) گزارش کردند که تفاوت‌های منطقه‌ای در ویژگی‌های خاک و اقلیم می‌توانند عملکرد محصولات را در تناوب زراعی به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهند، که با افزایش ۲۷٫۲۵ درصدی عملکرد دانه زیره سبز و ۲۴٫۹۴ درصدی کنجد در زاوه همخوانی دارد. شوری بالاتر خاک در تربت حیدریه ممکن است رشد گیاهان را محدود کرده باشد، همان‌طور که خلیلی و همکاران (Khalil et al., 2015) نشان دادند که شوری خاک می‌تواند جذب مواد مغذی را کاهش دهد. اثر متقابل معنادار بین شهر و سابقه کاربری زمین در ارتفاع بوته زیره سبز (افزایش ۴۳٫۸۴ درصدی در زاوه با مزارع زعفران) نشان‌دهنده تأثیر ترکیبی بقایای زعفران و شرایط محیطی است، که با یافته‌های گریستا و همکاران (Gresta et al., 2016) . (۲۰۱۶) در مورد نقش محصولات قبلی در بهبود عملکرد هم‌راستا است. کاهش شاخص برداشت در تربت حیدریه با مزارع زعفران (۴٫۹۱ درصد) ممکن است به اثرات دگرآسیبی زعفران نسبت داده شود، مشابه گزارش حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2004). عدم تفاوت معنادار در صفات کنجد بین سابقه کاربری مزرعه و شهر نشان‌دهنده سازگاری بیشتر این گیاه به شرایط متنوع است، که با نتایج نجیب و همکاران (Najeeb et al., 2012) در مورد تحمل کنجد به خاک‌های مختلف سازگار است.

تغییرات ارتفاع، ۱۲۰/۲۶ درصدی در تغییرات عملکرد بیولوژیکی و ۱۶۸/۵ درصدی در تغییرات شاخص برداشت. از سوی دیگر، در تیمار نوع شهر، افزایش‌هایی همچون ۱۳/۰۸ درصد در تعداد غلاف در هر بوته، ۱۳/۳۱ درصد در تعداد دانه در هر غلاف، ۲۸/۹۰ درصد در تعداد دانه در هر بوته، ۲۴/۹۴ درصد در عملکرد دانه، ۱۲/۸۳ درصد در عملکرد بیولوژیکی، ۱۰۵/۵۵ درصد در تغییرات عملکرد، ۱۰۵/۴۸ درصد در عملکرد اقتصادی و ۵۳/۹۳ درصد در تغییرات عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه سابقه کاربری مزرعه و موقعیت جغرافیایی شهرستان بر عملکرد و ویژگی‌های گیاهی است.

جدول ۵- آنالیز ANOVA پارامترهای مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در کنجد

Table 5- ANOVA analysis of various morphological and physiological parameters in sesame

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index	تغییرات عملکرد Yield variation	عملکرد اقتصادی Economic yield	تغییرات ارتفاع Plant height variation	تغییرات بیولوژیکی عملکرد Biological yield variation	تغییرات شاخص برداشت Harvest index variation
بلوکBlock	2	52.58	20.333	14.58	209528	22954	710091	0.1119	349.9	165.85	78.20	395.92	3.26
مکانCity	1	300.0^{ns}	126.7	168.75	1989416	210145	1527960	11.48^{ns}	3202.9	1518.3	446.16^{ns}	851.93	334.87^{ns}
خطاE	2	42.25	1.00	1.75	5469	940	14540	0.814	14.3	6.7939	62.83	23.73	0.188
سابقه کشت History	1	1452.0	216.7	352.08	3645416	347480	4775408	5.713	5296.1	2510.5	2159.4	166.57	19.71
سابقه در مکان CityHistory	1	21.33^{ns}	30.083^{ns}	24.08^{ns}	494508^{ns}	43200^{ns}	187000^{ns}	2.669^{ns}	658.4^{ns}	312.12^{ns}	31.73^{ns}	77.83^{ns}	0.822^{ns}
خطاE	4	93.42	13.667	13.83	164437	17473	361241	0.495	266.3	126.24	138.93	14.44	0.084

معنی دار در سطح ۰/۰۵، معنی دار در سطح ۰/۰۱، ns غیر معنی دار

Significant at the 0.05 level, significant at the 0.01 level, ns not significant.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مزارع با سابقه کاربری زعفران بیشترین مقادیر را برای صفات معنادار در تیمار نوع مزرعه به خود اختصاص دادند، در حالی که شهرستان زاوه در تیمار نوع شهر بالاترین مقادیر را ثبت کرد. در تیمار نوع مزرعه، افزایش‌های قابل توجهی در صفات مختلف مشاهده شد، از جمله افزایش ۲۳/۵۷ درصدی در ارتفاع بوته، ۱۷/۴۶ درصدی در تعداد غلاف در هر بوته، ۱۹/۹۶ درصدی در تعداد دانه در هر غلاف، ۴۱/۲۴ درصدی در تعداد دانه در هر بوته، ۳۳/۲۶ درصدی در عملکرد دانه، ۲۳/۸۷ درصدی در عملکرد بیولوژیکی، ۷/۱۳ درصدی در شاخص برداشت، ۱۵۹/۸۳ درصدی در تغییرات عملکرد، ۱۵۹/۷۶ درصدی در عملکرد اقتصادی، ۱۹۴/۱۳ درصدی در نسبت سود به هزینه. این نتایج نشان‌دهنده برتری مزارع زعفران به دلیل بهبود شرایط خاک، از جمله افزایش ماده آلی ناشی از بقایای کورم زعفران، و همچنین شرایط مناسب‌تر خاک در زاوه (مانند شوری کمتر و قلیائیت متوسط) است که به عملکرد بهتر کنجد و زیره منجر شده است.

تجزیه و تحلیل مرکب دو گیاه (زیره سبز و کنجد) در دو عامل (شهر و سابقه کاربری زمین) تفاوت معناداری را در عملکرد اقتصادی و تغییرات شاخص برداشت در سطح ۰/۰۱ نشان داد. با این حال، تفاوت معناداری در عملکرد، عملکرد بیولوژیکی یا تغییرات ارتفاع بین بوته‌ها مشاهده نشد. در مقابل، تفاوت معناداری بین شهرها برای همه صفات به جز شاخص برداشت وجود داشت. اثر متقابل بین شهر و گیاه تفاوت معناداری را در تغییرات عملکرد و عملکرد اقتصادی در سطح ۰/۰۱ نشان داد، اما این تفاوت در عملکرد بیولوژیکی، تغییرات ارتفاع یا شاخص برداشت معنادار نبود. بین مزارع مختلف، برای همه صفات به جز شاخص برداشت، تفاوت معناداری مشاهده شد. اثر متقابل مزرعه و گیاه نیز برای همه صفات به جز تغییرات ارتفاع، تفاوت معناداری را نشان داد. همچنین هیچ تفاوت معناداری در هیچ یک از ویژگی‌ها برای تعاملات شهر-سابقه کاربری زمین یا شهر-سابقه کاربری زمین-گیاه یافت نشد.

بیشترین تغییرات عملکرد بیولوژیکی در زیره سبز (۳۹/۹۶ درصد) و کنجد (۳۹/۶۷ درصد) سطوح مشابهی را نشان دادند. میانگین تغییرات عملکرد بیولوژیکی در شهرستان زاوه (۵۲/۸۹ درصد) از تربت حیدریه (۳۸/۵۴ درصد) بیشتر بود. علاوه بر این، مزارع پس از برداشت زعفران (۷۳/۸۱ درصد) تغییرات قابل توجهی نسبت به مزارع پس از آیش (۱۷/۶۱ درصد) نشان دادند.

تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای در جدول ۷ نشان داد که زیره سبز با عملکرد اقتصادی ۹۳/۲۶ میلیون تومان، عملکرد بهتری نسبت به کنجد داشت. شهرستان زاوه با عملکرد اقتصادی ۴۲/۱۷ میلیون تومان، نسبت به تربت حیدریه (۲۱/۳۵ میلیون تومان) عملکرد اقتصادی بالاتری از خود نشان داد. همچنین، مزارع پس از برداشت زعفران (۴۳/۸۹ میلیون تومان) عملکرد اقتصادی بالاتری نسبت به مزارع پس از آیش (۱۹/۶۴ میلیون تومان) داشتند.

جدول ۶. اثرات ساده نوع مزرعه و شهر بر صفات مورفوفیزیولوژیکی کنجد

Table 6. Simple effects of field and city type on morpho-physiological traits of sesame

کنجد Sesame	نوع مزرعه Field type of culture		مکان City of culture	
پارامترها Parameters	مزرعه زعفران Saffron field	مزرعه آیش Fallow field	شهرستان زاوه Zaveh city	شهر تربت حیدریه Torbat-Heydarieh city
ارتفاع بوته Plant height	115.3[a]	93.33[b]	-	-
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	57.16[a]	48.66[b]	56.16[a]	49.66[b]
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	65.5[a]	54.6[b]	63.83[a]	56.33[b]
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	3775.16[a]	2672.83[b]	3631.16[a]	2816.83[b]
عملکرد دانه Seed yield	1363.33[a]	1023[b]	1325.5[a]	1060.83[b]
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	6546.33[a]	5284.33[b]	6272[a]	5558.33[b]
شاخص برداشت Harvest index	20.72[b]	19.34[a]	37.68[a]	36.82[b]
تغییرات عملکرد Yield variations	48.31[a]	26.29[b]	63.64[a]	30.96[b]
عملکرد اقتصادی Economic yield	47.03[a]	18.105[b]	43.81[a]	21.32[b]
تغییرات ارتفاع Height variations	40.65[a]	13.82[b]	-	-
تغییرات بیولوژیکی عملکرد Biological yield variations	54.56[a]	24.77[b]	48.09[a]	31.24[b]
تغییرات شاخص برداشت Harvest index variations	11.87[a]	4.42[a]	3.86[a]	1.5[b]

میانگین در هر ستون با حروف یکسان در $p<0.05$ بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارد.

The means in each column with the same letters do not have statistically significant differences according to the Duncan test at ($p < 0.05$).

جدول ۷. مقایسه میانگین حاصل از تجزیه مرکب صفات تغییرات عملکرد و درآمد کنجد و زیره سبز در مزارع زعفران و آیش در دو مکان

Table 7. Comparison of the mean values obtained from the combined analysis of traits related to yield and income variations of sesame and green cumin in saffron fields and fallow lands at two locations

فاکتورها Factors	تغییرات عملکرد دانه Yield variation	افزایش در درآمد اقتصادی Increase in economic income	تغییرات ارتفاع Height variations	تغییرات عملکرد بیولوژیک Biological yield variations	تغییرات شاخص برداشت Harvest index variations
	درصد Percentage	تومان Income	درصد Percentage	درصد Percentage	درصد Percentage
نوع گونه گیاهی Plant type					
کنجد Sesame	47.30[a]	32569167[b]	27.23[b]	39.67[a]	8.15[a]
زیره سبز Cumin	39.37[b]	93263333[a]	31.86[a]	39.96[a]	2.68[b]
مکان City					
زاوه Zaveh	55.07[a]	42179833[a]	27.38[a]	52.89[a]	9.98[a]
تربت حیدریه Torbat-Heydarieh	39.73[b]	21356833[b]	18.88[b]	38.54[b]	8.74[a]
سابقه کشت مزرعه History					
زعفران Saffron	73.87[a]	43892500[a]	36.59[a]	73.81[a]	11.13[a]
آیش Fallow	20.92[b]	19644167[b]	9.68[b]	17.61[b]	7.58[a]

بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارد.$p<0.05$میانگین در هر ستون با حروف یکسان در

The means in each column with the same letters do not have statistically significant differences according to the Duncan test at ($p < 0.05$).

همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شده است، کنجد بیشترین تغییرات شاخص برداشت (۸/۱۵) را نشان داد که تفاوت معناداری با شاخص برداشت زیره سبز داشت. با این حال، تفاوت معناداری در تغییرات شاخص برداشت بین شهرستان‌های زاوه (۹/۹۸) و تربت حیدریه (۸/۷۴) و همچنین بین مزارع پس از برداشت زعفران (۱۱/۱۳) و مزارع پس از آیش (۷/۵۸) مشاهده نشد. میانگین تغییرات ارتفاع نشان داد که زیره سبز بیشترین تغییرات (۳۱/۸۶) و کنجد کمترین تغییرات (۲۷/۲۳) را داشتند. همچنین، شهرستان زاوه (۲۷/۳۸) نسبت به تربت حیدریه (۱۸/۸۸) و مزارع پس از برداشت زعفران (۳۶/۵۹) نسبت به مزارع پس از آیش (۹/۶۸) تغییرات ارتفاع بیشتری را نشان دادند. تجزیه و تحلیل مقایسه میانگین نشان داد که تغییرات عملکرد در کنجد (۴۷/۳۰) بیشتر از زیره سبز (۳۹/۳۷) بود. همچنین، شهرستان زاوه (۵۵/۰۷) نسبت به تربت حیدریه (۳۹/۷۳) و مزارع پس از برداشت زعفران (۷۳/۸۷) نسبت به مزارع پس از آیش (۲۰/۹۲) تغییرات عملکرد بیشتری را نشان دادند.

عملکرد اقتصادی بالاتر زیره سبز (۹۳/۲۶ میلیون تومان) در مقایسه با کنجد (۳۲/۵۷ میلیون تومان) احتمالاً به دلیل ارزش بازار بیشتر و تقاضای صادراتی بالای این محصول است، همان‌طور که محمدی (Mohammadi, 2011) گزارش کرد که زیره سبز دومین محصول صادراتی ایران پس از زعفران است. برتری اقتصادی زاوه (۴۲/۱۷ میلیون تومان) نسبت به تربت حیدریه (۲۱/۳۵ میلیون تومان) می‌تواند به شرایط خاکی مناسب‌تر و شوری کمتر در زاوه نسبت داده شود، که با یافته‌های لی و همکاران (Li et al., 2023) در مورد تأثیر حاصلخیزی خاک بر سودآوری محصولات هم‌خوانی دارد. مزارع پس از زعفران (۴۳/۸۹ میلیون تومان) نیز به دلیل بهبود حاصلخیزی خاک توسط بقایای زعفران، عملکرد اقتصادی بهتری نسبت به مزارع آیش نشان دادند، مشابه نتایج گریستا و همکاران (Gresta et al., 2016).

تغییرات بیشتر شاخص برداشت در کنجد (۸/۱۵) نسبت به زیره سبز (۲/۶۸) نشان‌دهنده کارایی بالاتر کنجد در تبدیل زیست‌توده به دانه است، که با گزارش نجیب و همکاران (Najeeb et al., 2012) در مورد ویژگی‌های فیزیولوژیکی کنجد سازگار است. عدم تفاوت معنادار در تغییرات شاخص برداشت بین زاوه و تربت حیدریه یا مزارع زعفران و آیش ممکن است به دلیل تأثیر غالب عوامل محیطی بر این صفت باشد. تغییرات عملکرد بالاتر کنجد (۴۷/۳۰) نسبت به زیره سبز (۳۹/۳۷) و در مزارع زعفران (۷۳/۸۷) نسبت به آیش (۲۰/۹۲) نیز با نتایج یانگ و همکاران (Yang et al., 2024) هم‌راستا است که نشان دادند تناوب زراعی با گیاهان خاص می‌تواند ثبات عملکرد را افزایش دهد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی عملکرد کمی و کیفی گیاهان زیره سبز و کنجد پس از برداشت زعفران در دو منطقه تربت حیدریه و زاوه پرداخت. نتایج نشان داد که کشت این گیاهان پس از برداشت زعفران، به‌ویژه در مزارع با سابقه کشت زعفران، می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش درآمد کشاورزان و بهبود مدیریت زراعی در مناطق زعفران‌خیز ایران مورد استفاده قرار گیرد. زیره سبز عملکرد بهتری نسبت به کنجد در اکثر صفات مورد بررسی نشان داد، به‌ویژه از نظر عملکرد اقتصادی که افزایش قابل توجهی را در مقایسه با کنجد داشت. این گیاه با توجه به نیاز آبی کم، سازگاری با شرایط خاک و اقلیم منطقه، و همچنین درآمد اقتصادی بالاتر، گزینه مناسبی برای کشت پس از زعفران محسوب می‌شود. از سوی دیگر، کنجد نیز با وجود عملکرد اقتصادی پایین‌تر، به دلیل نیاز کم به آب و سازگاری با شرایط مختلف خاک، می‌تواند به عنوان یک محصول جایگزین در تناوب با زعفران مورد توجه قرار گیرد. شهرستان زاوه در مقایسه با تربت حیدریه، عملکرد بهتری در اکثر صفات مورد بررسی نشان داد که احتمالاً به دلیل شرایط اقلیمی و خاکی مناسب‌تر این منطقه است. همچنین، مزارع پس از برداشت زعفران در مقایسه با مزارع پس از آیش، افزایش معناداری در عملکرد و درآمد اقتصادی داشتند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت بقایای زعفران بر بهبود شرایط خاک و رشد گیاهان بعدی است.

در نهایت، این مطالعه نشان می‌دهد که انتخاب گیاهان مناسب برای کشت پس از زعفران، مانند زیره سبز و کنجد، می‌تواند به افزایش تنوع محصولات، بهبود مدیریت زراعی و افزایش درآمد کشاورزان در مناطق زعفران‌خیز کمک کند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کشت زیره سبز به دلیل درآمد اقتصادی بالاتر و سازگاری بهتر با شرایط منطقه، به‌عنوان گزینه اول به کشاورزان

توصیه می‌شود. با این حال، کنجد نیز به دلیل نیاز کم به آب و مقاومت در برابر شرایط سخت، می‌تواند به عنوان یک گزینه مکمل در تناوب زراعی مورد توجه قرار گیرد. این یافته‌ها می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای تحقیقات آینده در زمینه بهینه‌سازی تناوب زراعی و بهبود مدیریت منابع در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مورد استفاده قرار گیرد.

قدردانی

این مطالعه در قالب رساله دکتری تخصصی و با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه زابل با پژوهانه شماره IR-UOZ-GR-6673 انجام گردید.

منابع

Abbott, L. K., & Murphy, M. V. (2003). Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Abdulahi, A. (2016). Effect of different crop rotations on grain yield and some agronomic traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in dryland conditions of Kermanshah. [in Persian with English Summary]

Ahmadi, N., Zeinli, H., & Larizadeh, H. (2013). The effect of salinity stress and salicylic acid on the quantitative and qualitative traits of saffron. The First National Conference on the Application of Medicinal Plants in Lifestyle and Traditional Medicine, Torbat Heydarieh. [in Persian with English Summary]

Ahmadian, A., Arzmajou, E., & Badi'i Khayrabadi, M. (2017). Saffron and Important Medicinal Plants of the World. Torbat Heydarieh: Cheshmandaz-e Qotb Publications. [in Persian]

Ali, S. (2025). Saffron (*Crocus sativus* L.) as a promising complementary treatment for depression: A review of basic and clinical studies. *Journal of Saffron Research*, *12*(2), 208–226. https://doi.org/10.22077/jsr.2025.8449.1250

Allmaras, R. R., Fritz, V. A., Pfleger, F. L., & Copeland, S. M. (2003). Impaired Internal Drainage and Aphanomyceseuteiches Root Rot of Pea Caused by Soil Compaction in a Fine Textured Soil. *Soil Tillage Research*, 70, 41–52.

Aminifard, M. H., Khaksari Moghadam, A., Bayat, H. H., & Fallahi, H. R. (2025). 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. https://doi.org/10.22077/jsr.2025.8373.1244

Darbaghshahi, M. N., Khajebashi, S. M., Banitaba, S. A., & Dehdashti, S. M. (2009). Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan Region. Seed and Plant, 24(4). [in Persian with English Summary]

Dilip, K., Ajumdar, M., & Roy, S. (1991). Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. *Indian Journal of Agronomy*, 37, 758-762. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1991.tb00953.x

Drury, C. F., Zhang, T. Q., & Kay, B. D. (2003). The Nonlimiting and Least Limiting Water Ranges for Soil Nitrogen Mineralization. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1388–1404.

Eghbali, S. H., Rashed, M. M., Nasiri, M. M., & Kazerouni, M. E. (2008). Allelopathic potential of shoot and corm of saffron residues on wheat, rye, vetch and bean. The Third National Saffron Conference*, Mashhad, Iran. [in Persian]

Esfandiari, T., Saberi, M., & Mollafilabi, A. (2009). Effects of planting date and irrigation date on qualitative and quantitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*, 853, 47-52. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.853.4

Fazlara, A., Sadeghi, E., & Rostami, S. P. (2012). Study on the antibacterial effects of *Cuminum cyminum* essential oil on Listeria monocytogenes in Iranian white cheese. [in Persian with English Summary]

Food and Agriculture Organization Statistical Databases (FAOSTAT). (2015). FAOSTAT Provides Free Access to Food and Agriculture Data for Over 245 Countries and Territories and Covers All FAO Regional Groupings. Available at: http://faostat.fao.org/ [accessed December 19, 2016].

Frenzel, T., Rischen, T., & Fischer, K. (2022). Humid grassland fallows promote spider diversity in a traditionally managed landscape. *Basic and Applied Ecology*, 63, 59–70.

Gad, H. A., Hamza, A. F., & Abdelgaleil, S. A. (2022). Chemical composition and fumigant toxicity of essential oils from ten aromatic plants growing in Egypt against different stages of confused flour beetle, Tribolium confusum Jacquelin du Val. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-10.

Gao, J., Sheshukov, A. Y., Yen, H., Kastens, J. H., & Peterson, D. L. (2017). Impacts of incorporating dominant crop rotation patterns as primary land use change on hydrologic model performance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 33–42. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.019

Ghanbari Moheb Seraj, R., Behnamian, M., Ahmadikhah, A., Shariati, V., & Dezhsetan, S. (2021). Chitosan and salicylic acid regulate morpho-physiological and phytochemical

parameters and improve water-deficit tolerance in milk thistle (*Silybum marianum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 43, 1-17.

Gresta, F., Santonoceto, C., & Avola, G. (2016). Crop rotation as an effective strategy for saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation. *Scientia Horticulturae*, 211, 34-39. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.007

Haghighi, M. H. M., & Khosravi, A. (2014). Effects of anti-aflatoxin of essential oils of *Cuminum cyminum*, *Ziziphora clinopodioiedes* and *Nigella sativa*. *Koomesh*, 15(3).

Hosseini, M., Kachooei, F., & Lahooti, M. (2004). Preliminary investigation of saffron allelopathy. The Third National Saffron Conference, Mashhad. [in Persian]

Khajepour, M. R. (2008). Principles and Fundamentals of Agronomy (3rd ed.). Isfahan: Jihad Daneshgahi Publications, Industrial University of Isfahan. [in Persian]

Khalil, H. P. S. A., Hossain, M. S., Rosamah, E., Azli, N. A., Saddon, N., Davoudpoura, Y., Islam, M. N., & Dungani, R. (2015). The role of soil properties and it's interaction towards quality plant fiber: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1006–1015. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.099

Koochaki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., & Mohammadabadi, A. A. (2012). An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(4), 379-391. [in Persian with English Summary]

Li, H., Zhang, Y., Sun, Y., Liu, P., Zhang, Q., Wang, X., Wang, R., & Li, J. (2023). Long-term effects of optimised fertilization, tillage and crop rotation on soil fertility, crop yield and economic profit on the Loess Plateau. *European Journal of Agronomy*, 143, 126731. https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126731

Mohammadi, F. (2011). Economic evaluation of production and export situation of saffron and cumin. Agricultural Economics and Development Congress, Iran. [in Persian]

Mohammadkhani, F., Pouryousef, M., & Yousefi, A. R. (2023). Growth and production response in saffron-chickpea intercropping under different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 193, 116256. https://doi.org/10.22077/jsr.2023.123456

Najeeb, U., Mirza, M. Y., Jilani, G., Mubashir, A. K., & Zhou, W. J. (2012). Sesame. In S. K. Gupta (Ed.), Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1: Breeding. Springer Science+Business Media, LLC. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0356-2_1

Passaris, N., Flower, K. C., Ward, P. R., & Cordingley, N. (2021). Effect of crop rotation diversity and windrow burning of residue on soil chemical composition under long-term no-tillage. *Soil and Tillage Research*, 213, 105153. https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105153.

Pieri, C., Dumanski, J., Hamblin, A., & Young, A. (1995). Land Quality Indicators. World Bank Discussion Papers, 315.

Pishvaei, S., Nooripoor, M., & Ahmadvand, M. (2023). Explaining the effects of saffron cultivation in Mukhtar region of Boyerahmad County. *Journal of Saffron Research*, *11*(2), 201–220. https://doi.org/10.22077/jsr.2023.6081.1205

Ranjbar, A., Emami, H., Khorasani, R., & Karimi Karoyeh, A. R. (2016). Soil quality assessments in some Iranian saffron fields. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(3), 865-878.

Rezvani Moghaddam, P., Mohammadabadi, A. A., Fallahi, H. R., & Aghhavani Shajari, M. (2014). The effect of nutritional management on flower yield and corm growth in cultivated saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Horticultural Science*, 28(3), 427-434. [in Persian with English Summary]

Rostami, M., Mohammadparast, B., & Golfam, R. (2015). The effect of different levels of salinity stress on some physiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Agronomy and Technology*, 3(3), 179-193. [in Persian with English Summary]

Soheili, R., Ahmad Nazemi, H. R., Khazaee, H. R., & Nasiri Mahallati, M. (2010). The effect of planting dates on the yield and yield components of four native cumin (*Cuminum cyminum*) ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5), 772-783. [in Persian with English Summary]

Stamatiadis, S., Doran, J. W., & Kettler, T. (1999). Field and Laboratory Evaluation of Soil Quality Changes Resulting from Injection of Liquid Sewage Sludge. *Applied Soil Ecology*, 12, 263–272.

Thippeswamy, N. B., & Naidu, K. A. (2005). Antioxidant potency of cumin varieties—cumin, black cumin and bitter cumin—on antioxidant systems. *European Food Research and Technology*, 220, 472-476.

Ti, J., Yang, Y., Pu, L., Wen, X., Yin, X., & Chen, F. (2021). Ecological compensation for winter wheat fallow and impact assessment of winter fallow on water sustainability and food security on the North China Plain. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129431.

Toivonen, M., Huusela, E., Hyvönen, T., Marjamäki, P., Järvinen, A., & Kuussaari, M. (2022). Effects of crop type and production method on arable biodiversity in boreal farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 337, 10806. https://doi.org/10.1111/wre.12523

Yang, R., Shen, Y., Kong, X., Ge, B., Sun, X., & Cao, M. (2024). Effects of Diverse Crop Rotation Sequences on Rice Growth, Yield, and Soil Properties: A Field Study in Gewu Station. Plants, 13(23), 3273. https://doi.org/10.3390/plants13233273.