J. Soil Plant Interact. 2025; 15(4): 1–17. https://doi.org/10.47176/jspi.15.4.21262

Journal of Soil and Plant Interactions

Journal homepage: https://jspi.iut.ac.ir/

ISSN: 2783-5014 EISSN: 2783-5286

Research Article

Soil Fertility Assessment in Saffron (*Crocus sativus* L.) Cultivated Fields (Case Study: Bahabad City, Yazd Province)

Mostafa Shirmardi[1]*, Mehdi Hayatzadeh[2], Mohammad-Javad Ghaneei-Bafghi[2], Neda Hemmat[1] and Mahin Fooladi Doghzloo[3]

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
2- Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
3- Department of Range Management, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
* Corresponding author, Email: shirmardi@ardakan.ac.ir

(Received: 31 July 2024; Revised: 15 October 2024; Accepted: 17 October 2024)

Abstract

The growing population has increased the demand for food, which can be met through advancements in agriculture. Evaluation of soil fertility is necessary to examine the spatial changes of nutrient elements. This research was conducted to evaluate the characteristics related to soil fertility for saffron (*Crocus sativus* L.) in 29 farms in Bahabad city. For this purpose, soil samples are prepared from the layer of 0 to 30 cm by composite sampling method. Soil characteristics including electrical conductivity (EC), pH, organic carbon, available potassium (K) and phosphorus (P), and iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn) and copper (Cu) extractable with DTPA-TEA extractant were measured. Then, data processing was done in the form of normalization. The results showed that only one farm had high fertility and the others had low or medium fertility. Results showed that there was a significantly positive correlation between saffron yield and soil available phosphorus, available potassium, organic carbon, iron and manganese extractable with DTPA-TEA extractant. The results showed that paying attention to soil fertility is necessary to achieve maximum yield. Another finding of this research is the non-uniformity of agricultural management in the region and taking measures based on personal experience of people without considering the principles and standards of planting, maintaining and harvesting.

Keywords: Plant nutrition, Macronutrients, Micronutrients, Soil fertility map, Fuzzy method.

Background and Objective: Today, food security is one of the important goals in government planning. One suitable way to increase agricultural production is to increase the yield of plants on the surface. Plant yield is influenced by many factors such as soil physical and chemical properties. Therefore, knowing the soil's ability to provide nutrients needed by the plant provides the conditions for optimal use of resources, prevents the excessive use of chemical fertilizers and reduces their environmental consequences. Soil fertility evaluation is a process to evaluate soil potential based on measuring soil characteristics for specific use and mainly for agricultural purposes. The basic framework of this evaluation is to compare the soil characteristics required for a specific use (such as planting a crop) with the existing characteristics or quality of the desired soil. Soil fertility assessment is used as a basis for rational land use planning and decision making. Bahabad city is the largest producer of saffron in Yazd province with about 400 hectares of saffron cultivation area. Considering the high justification of the saffron product among other agricultural products, the present research was conducted to determine the chemical characteristics of the soil and provide the soil fertility map in Bahabad city.

Methods: Soil sampling was done from 29 saffron (*Crocus sativus* L.) farms in Kamkoye, Asfij, Dehjamal, Arij and

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by IUT Press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Hosseinabad. Soil sampling was done from the 0–30 cm layer using composite sampling method. Electrical conductivity (EC) and pH was determined in the saturated soil extract. Some soil chemical properties including organic carbon, available phosphorus (P) (Olsen-P), available potassium (K) (ammonium acetate, pH = 7), and iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu) and manganese (Mn) extractable with DTPA-TEA extractant were measured. Then, data processing was done in the form of normalization and non-dimensionalization.

Results: The results of the fertility maps showed that in the area of Dehjamal, only one farm had a good fertility and the others had low to medium fertility and require farmers' attention to nutrition and management of organic fertilizers. In other regions, the fields had low to medium fertility, and it is necessary for the farmers to use the appropriate amount of organic and chemical fertilizers. The soil pH results of the region showed that the soils are in the category of neutral to alkaline soils. Also, the fluctuation of the EC in soils was high and varies from 0.82 to 7.52 dS m^{-1}. Olsen-P varied from very low (3.2 mg/kg) to very high (117.2 mg/kg) in the soils, which might be due to high rates of animal manure and phosphorus fertilizer applications. Available K also changed highly in the studied soils. The soil organic carbon content varied from very low to high in the soils. Results showed that there was a significantly positive correlation between saffron yield and Olsen-P, available K, soil organic carbon, and Fe and Mn extractable with DTPA-TEA.

Conclusions: The availability of nutrients for plants and the balance between nutrients play an effective role in improving plant yield. Application of organic and chemical fertilizers should be in accordance with the soil testing in order to increase the yield. According to the results, the diversity of farm management was evident in the use of organic and chemical fertilizers. In relation to macro and micro elements, it is necessary to use the appropriate amount of fertilizers according to the soil testing.

References:

1. 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. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.028
2. Pourhadian, H., Kamkar, B., Soltani, A., Mokhtarpour, H., 2020. Fertility evaluation of land for maize cultivation using GIS, fuzzy logic and ANP (Case study: four basins of Golestan province). J. Crop Prod. 13(3), 1–22. https://doi.org/10.22069/ejcp.2021.14056.2068
3. Rahmawaty, R., Frastika, S., Rauf, A., Batubara, R., Harahap, F.S., 2020. Land suitability assessment for *Lansium domesticum* cultivation on agroforestry land using matching method and geographic information system. Biodiversitas 21(8), 3683–3690. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210835

How to Cite: Shirmardi, M., Hayatzadeh, M., Ghaneei-Bafghi, M.J., Hemmat, N., Fooladi Doghzloo, M., 2025. Soil fertility assessment in saffron (*Crocus sativus* L.) cultivated fields (case study: Bahabad city, Yazd province). J. Soil Plant Interact. 15(4), 1–17 (In Persian). https://doi.org/10.47176/jspi.15.4.21262

روابط خاک و گیاه ۱۴۰۳؛ ۱۵(۴): ۱۷-۱، https://doi.org/10.47176/jspi.15.4.21262

روابط خاک و گیاه

صفحه خانگی فصلنامه: https://jspi.iut.ac.ir/

شاپا: ۵۰۱۴-۲۷۸۳ شاپا الکترونیکی: ۵۲۸۶-۲۷۸۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی حاصلخیزی خاک در مزارع تحت کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) (مطالعه موردی: شهرستان بهاباد، استان یزد)

مصطفی شیرمردی[1*]، مهدی حیات‌زاده[2]، محمد جواد قانعی‌بافقی[2]، ندا همت[1] و مهین فولادی‌دوقزلو[3]

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۳- گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shirmardi@ardakan.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۰؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۷/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲۶)

چکیده

توسعه کشاورزی و دستیابی به حداکثر عملکرد محصول به عواملی از جمله حاصلخیزی خاک بستگی دارد. یکی از روش‌های مرسوم برای ارزیابی حاصلخیزی خاک، بررسی تغییرات مکانی عناصر غذایی است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر وضعیت شاخص‌های مربوط به حاصلخیزی خاک بر عملکرد زعفران (Crocus sativus L.) در مناطق مختلف شهرستان بهاباد بود. بدین منظور، ۲۹ مزرعه زعفران انتخاب شده و از هر مزرعه یک نمونه از لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌روش نمونه‌برداری مرکب تهیه شد. ویژگی‌های خاک شامل رسانایی الکتریکی (EC)، pH، کربن آلی، پتاسیم و فسفر قابل دسترس، و آهن، روی، منگنز و مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA-TEA، اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌ها نرمال و بی‌بعد شدند. نتایج نشان داد که براساس نقشه حاصلخیزی ارائه شده، از بین ۲۹ مزرعه مورد بررسی تنها یک مزرعه دارای حاصلخیزی زیاد بود و بقیه مزارع در دسته حاصلخیزی کم و یا متوسط قرار گرفتند. نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زعفران و فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، درصد کربن آلی خاک، آهن و منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA-TEA وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که برای افزایش عملکرد این محصول در منطقه مورد بررسی و مناطق با شرایط مشابه، باید توجه بیش‌تری به مدیریت حاصلخیزی خاک صورت گیرد. نکته قابل توجه دیگر، عدم توازن مدیریت زراعی این محصول در منطقه و اقدام‌هایی بر پایه تجربه شخصی افراد بدون توجه کافی به اصول و استانداردهای کاشت، داشت و برداشت این محصول بود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، عناصر غذایی پرمصرف، عناصر غذایی کم‌مصرف، نقشه حاصلخیزی خاک، روش فازی.

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) یک گیاه گلدار، چندساله از خانواده Iridaceae، تریپلوئیدی دارای بیش از ۱۰۰ ترکیب فعال بیولوژیک (مانند کروسین، کروستین، پیکروکروسین و سافرانال) است که قرن‌هاست به‌عنوان با ارزش‌ترین گیاه دارویی در ایران، هند و جنوب اروپا کشت می‌شود (Singletary, 2020; Menia et al., 2018). این گیاه علاوه بر مصارف خوراکی، در صنایع مختلف مانند رنگرزی پارچه، الیاف تزئینی، کاغذهای رنگی و طب سنتی کاربرد دارد (Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2020). کمبود و پراکنش نامناسب بارش‌ها، حاصلخیزی کم خاک‌ها و کمبود عناصر غذائی از جمله مشکلاتی هستند که رشد کشاورزی را در برخی مناطق کشور با محدودیت‌های جدی مواجه نموده است. زعفران با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود توانسته است مسائل و محدودیت‌های ذکرشده را به‌خوبی تحمل نماید (Mollafilabi and Khorramdel, 2016). با این وجود، تغذیه بهینه گیاه شرط اصلی افزایش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی از جمله زعفران است. در این راستا، مصرف بهینه کود و رعایت توازن و تناسب بین عناصر غذایی اهمیت زیادی داشته که لازمه دستیابی به آن، ارزیابی درست وضعیت عناصر غذایی در خاک و مقایسه با شرایط بهینه است.

افزایش جمعیت و تأمین نیاز این جمعیت به محصولات کشاورزی، فشار بر منابع بخش کشاورزی را افزایش داده و ممکن است زمین‌های کشاورزی را در معرض کمبود عناصر غذایی برای گیاه قرار دهد (Jonah and May, 2020). از سوی دیگر، یکی از اهداف کشاورزی پیشرفته، به حداکثر رساندن و پایدارسازی عملکرد گیاهان زراعی است که از جمله عوامل محدودکننده آن، کمبود عناصر غذایی در خاک است (Safahani Langeroodi et al., 2011). بنابراین شناخت توانایی خاک در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، شرایط را برای استفاده بهینه از منابع فراهم نموده، موجب جلوگیری از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی شده و پیامدهای زیست‌محیطی آن‌ها را کاهش می‌دهد (Pourhadian et al., 2020). ارزیابی حاصلخیزی خاک فرآیندی جهت ارزیابی پتانسیل خاک بر اساس اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک برای استفاده خاص و عمدتاً برای اهداف کشاورزی است. چارچوب اساسی این ارزیابی با مقایسه ویژگی‌های خاک مورد نیاز برای کاربری خاص (مانند کاشت یک محصول) با ویژگی‌ها یا کیفیت خاک مورد نظر است (Rahmawaty et al., 2020). ارزیابی حاصلخیزی خاک به‌عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی منطقی کاربری زمین و تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. برای انجام این کار، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) معمولاً ابزاری مناسب برای تجزیه و تحلیل تناسب خاک به‌شمار می‌رود (Nuarsa et al., 2018). یکی از مزیت‌های کلیدی استفاده از GIS، فرآیند ارزیابی و ارائه نتایج به‌صورت مکان‌مبنا در قالب نقشه‌هایی برای نمایش توزیع مکانی ویژگی‌ها است (Nie et al., 2016).

در پژوهشی به‌منظور تهیه نقشه حاصلخیزی خاک برای کشت گیاه ذرت در چهار حوضه کشاورزی استان گلستان از GIS، منطق فازی و تحلیل شبکه‌ای استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تقریباً کل محدوده مورد بررسی (به‌جزء ۲۴/۸۴ هکتار) از نظر حاصلخیزی با مشکل روبرو بود. حوضه زرین‌گل حاصلخیزترین حوضه برای کشت ذرت بود و حوضه‌های قره‌سو، قرن‌آباد و محمدآباد به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی حاصلخیزی قرار گرفتند (Pourhadian et al., 2020). در پژوهش دیگری، نقشه حاصخیزی خاک برای کشت برنج بر اساس شاخص‌های مؤثر در حاصلخیزی خاک شامل کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، رس و گنجایش تبادل کاتیونی انجام شد. نقشه‌های حاصلخیزی به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که به‌ترتیب ۷۳/۹۵ و ۶۸/۵۳ درصد از منطقه مورد بررسی دارای حاصلخیزی زیاد و خیلی زیاد می‌باشند (Nabavi et al., 2021). Roshani and Gharanjiki (2015) نقشه رقومی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و همچنین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مهم خاک، را به‌منظور بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در برنامه عملیاتی

الگوی کاشت تهیه کردند. بر اساس داده‌های این پژوهش، نقشه‌های نهایی برای کل زمین‌های مورد بررسی و برای محدوده هر یک از مراکز خدمات کشاورزی استان گلستان تهیه شدند. در این نقشه‌ها سعی شده است یک دید کلی از پراکنش داده‌ها و سطوح عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مهم مانند pH، شوری، بافت و غلظت عناصر ارائه شود. نتایج این پژوهش نشان داد که با توجه به نقشه‌های به‌دست آمده در برخی از خاک‌های زراعی زیر کشت گندم به‌ویژه در ناحیه غربی، پتاسیم قابل جذب از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست و در محدوده زمین‌های زراعی شمال استان فقر مواد آلی مشاهده شد (Roshani and Gharanjiki, 2015).

امروزه یکی از دغدغه‌های بشر تأمین نیاز غذایی خود است به‌گونه‌ای که بحث امنیت غذایی یکی از اهداف مهم در برنامه‌ریزی دولت‌ها به‌شمار می‌رود. در نتیجه برای دستیابی به امنیت غذایی، علاوه بر برخورداری از منابع کافی، مدیریت بخش کشاورزی باید به‌گونه‌ای باشد که منجر به افزایش عملکرد در واحد سطح شود. افزایش عملکرد گیاهان زراعی و باغی متأثر از عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است. براساس آخرین آمارنامه کشاورزی منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۹، استان یزد با سطح زیر کشت ۸۳۶ هکتار و تولید ۳۵۰۶ کیلوگرم زعفران، ششمین استان کشور از نظر سطح زیر کشت و تولید است. شهرستان بهاباد با حدود ۴۰۰ هکتار سطح زیر کشت زعفران بزرگ‌ترین تولیدکننده زعفران در استان یزد است و هر ساله بر سطح زیر کشت این گیاه در استان یزد و به‌ویژه شهرستان بهاباد افزوده می‌شود. با توجه به این‌که تاکنون پژوهش درباره ارزیابی حاصلخیزی خاک مزارع تحت کشت زعفران در شهرستان بهاباد انجام نشده است، پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک و تهیه نقشه حاصلخیزی زمین‌ها در چند منطقه از شهرستان بهاباد انجام شد.

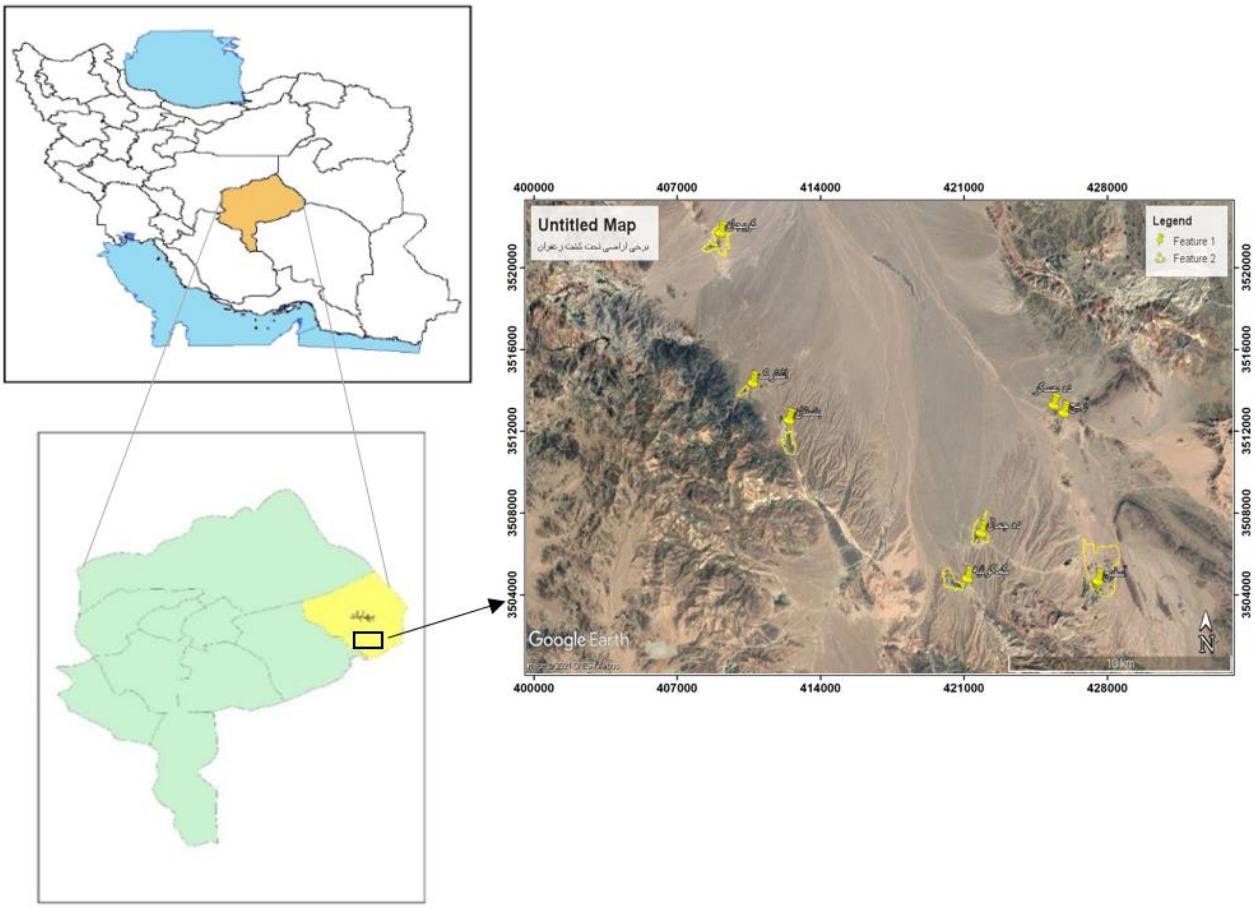
مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

شهرستان بهاباد به فاصله ۲۰۰ کیلومتری شهر یزد با مختصات جغرافیایی °۵۵ و َ۳۶ طول شرقی و °۳۱ درجه و َ۳۳ دقیقه تا °۳۲ درجه و َ۲۹ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). بهاباد دارای آب و هوای نیمه‌خشک و میانگین بارندگی ۱۵۳/۹ میلی‌متر در سال بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۹۰ متر است (Niksirat, 2013).

نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

از ۲۹ مزرعه تحت کشت زعفران در کمکوئیه، آسفیج، ده جمال و آریج و حسین‌آباد، نمونه‌برداری خاک به‌روش مرکب و از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متر انجام شد. با توجه به این‌که مساحت مزارع حدود ۱۰۰۰ مترمربع بود، از هر مزرعه یک نمونه مرکب تهیه شد. رسانایی الکتریکی در عصاره اشباع خاک (EC_e) با استفاده از رسانایی‌سنج (JENWAY-4320) (Rhoades, 1978) و pH خاک در گل اشباع با دستگاه pH متر (METROHM-620) تعیین شد (Thomas, 1996). کربن آلی خاک به‌روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sommer, 1996)، فسفر قابل دسترس خاک به‌روش اولسن (Olsen and Summers, 1982)، و پتاسیم قابل دسترس خاک به‌روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال (pH=۷) تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu) و منگنز (Mn) قابل دسترس خاک ابتدا عصاره‌گیری توسط DTPA-TEA انجام شده و سپس غلظت عناصر در عصاره تهیه شده با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA6600) اندازه‌گیری شد (Loeppert and Inskeep, 1996). داده‌های به‌دست آمده به نرم‌افزار Excel وارد شده و اقدامات لازم مانند نرمال‌سازی و استانداردسازی روی آن‌ها انجام شد. پس از نرمال نمودن و بی‌بعد کردن شاخص‌های مختلف، لازم بود تا برای هر نمونه خاک میانگین وزنی از شاخص‌های بی‌بعد شده گرفته شود. بنابراین ابتدا برای هر مقدار، وزنی به‌عنوان اهمیت آن شاخص در حاصلخیزی خاک



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Fig. 1. Geographical location of the study area

(برای گیاه زعفران) در محاسبه میانگین در نظر گرفته شد (جدول ۱).

نتایج و بحث

نتایج آماره‌های حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، چولگی، انحراف معیار و ضریب تغییرات ویژگی‌های خاک در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج pH خاک نشان داد که خاک‌ها در دسته خاک‌های خنثی تا قلیایی قرار دارند. دامنه مقادیر EC_e در خاک‌ها زیاد بوده و از ۰/۸۲ تا ۷/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود. فسفر قابل دسترس از مقادیر خیلی کم (۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) تا مقادیر خیلی زیاد (۱۱۷/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌ها مشاهده شد. مقادیر زیاد فسفر قابل دسترس در خاک به مصرف زیاد کود دامی و کود فسفر مرتبط است. پتاسیم قابل دسترس نیز در خاک‌های مورد بررسی تغییر زیادی داشت. میزان ماده آلی خاک هم از خیلی کم تا زیاد در خاک‌ها متغیر بود. همین وضعیت در مورد غلظت عناصر Fe، Zn، Mn و Cu وجود داشت. دلیل مقادیر زیاد عناصر کم‌مصرف در برخی مزارع مورد بررسی، مصرف زیاد کود دامی و کود کلات عناصر کم‌مصرف است. ویژگی‌های رسانایی الکتریکی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، کربن آلی خاک، آهن، مس، روی و منگنز قابل استخراج با DTPA دارای ضرایب تغییرات زیادی بودند که بیانگر دامنه گسترده آن‌ها در خاک‌های مورد بررسی است. مقادیر رسانایی الکتریکی خاک مزارع مورد بررسی در محدوده‌های مختلف، دارای تفاوت قابل توجهی بود که این امر می‌تواند مربوط به مدیریت متفاوت مزارع از نظر کوددهی (آلی و شیمیایی) و آبیاری باشد. ماده آلی خاک در مزارع مورد

جدول ۱. خلاصه وضعیت شاخص‌های مؤثر در حاصلخیزی خاک در منطقه مورد بررسی

Table 1. Summary of the status of effective parameters in soil fertility in the study area

شاخص Charachteristic	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	میانه Median	چولگی Skewness	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات Coefficient of variation
واکنش خاک Soil pH	7.13	8.19	7.56	7.50	0.78	0.23	0.03
رسانایی الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS m^{-1})	0.82	7.52	2.97	2.66	0.84	1.63	0.55
فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P (mg kg^{-1})	3.22	117.2	33.74	28.10	1.60	26.99	0.8
پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K (mg kg^{-1})	117	935	329.70	225	1.46	214.31	0.65
کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	0.19	6.99	2.02	1.72	0.008	1.13	0.56
آهن قابل استخراج با DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) DTPA-extractable Fe (mg kg^{-1})	1.1	27.3	10.27	10.12	1.18	6.68	0.65
مس قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Cu (mg kg^{-1})	0.29	6.96	1.15	0.84	3.93	1.23	1.07
روی قابل استخراج با DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) DTPA-extractable Zn (mg kg^{-1})	0.26	27.68	3.66	2.28	4.01	4.98	1.36
منگنز قابل استخراج با DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) DTPA-extractable Mn (mg kg^{-1})	3.06	33	14.77	14.36	0.58	6.79	0.46

بررسی در آسفیج و ده‌جمال وضعیت خوبی داشت ولی با این وجود، برخی از مزارع روستای کمکوئیه فقر ماده آلی داشتند و مصرف کودهای دامی پوسیده ضروری است. بین مقادیر پتاسیم قابل دسترس خاک در مزارع تفاوت زیادی مشاهده شد، که این تفاوت مربوط به مدیریت متفاوت مصرف کودهای آلی و کود پتاسیمی است. در تمام مزارع آسفیج، فسفر قابل دسترس خاک بیش‌تر از غلظت بهینه بود.

با توجه به این‌که ویژگی‌های خاک دارای تأثیر متفاوتی بر حاصلخیزی خاک هستند، اهمیت نسبی هر یک از ویژگی‌ها توسط کارشناسان و متخصصان تغذیه زعفران، مورد مقایسه دو به دو قرار گرفت. برای این منظور، یک مقیاس نه‌نقطه‌ای که اقدام به درجه‌بندی نسبی برتری‌ها برای دو ویژگی می‌کند مورد استفاده قرار گرفت (Saaty and Vargas, 2012) که نتایج در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. ضرائب تأثیر هر شاخص در میزان حاصلخیزی خاک برای محصول زعفران (Saaty and Vargas, 2012)

Table 2. The effect coefficients of each parameter on soil fertility for saffron crop (Saaty and Vargas, 2012)

شاخص Charachteristic	ضریب شاخص Coefficient of Charachteristic
رسانایی الکتریکی Electrical conductivity	0.1
واکنش خاک Soil pH	0.05
کربن آلی Organic carbon	0.1
پتاسیم قابل دسترس Available K	0.2
فسفر قابل دسترس Available P	0.2
آهن قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Fe	0.1
روی قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Zn	0.1
منگنز قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Mn	0.1
مس قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Cu	0.05
کل Total	1

با توجه به این‌که شاخص‌های خاک مورد نظر در تجزیه و تحلیل از نظر ماهیت و بعد با هم متفاوت هستند، لازم است تا تمامی آن‌ها بی‌بعد شده و در بازه صفر تا یک قرار گیرد. مقادیر نزدیک یک شاخص بی‌بعدشده بیانگر حاصلخیزی بیش‌تر زمین نسبت به عنصر مورد نظر می‌باشند. از آنجایی که عناصر مختلف در ارزیابی حاصلخیزی خاک با یکدیگر برهم‌کنش دارند لازم است آثار تلفیقی آن‌ها به‌صورت وزنی برای هر خاک در نظر گرفته شود و در نهایت میزان حاصلخیزی به‌صورت بی‌بعد تعیین گردد. به همین منظور پس از نرمال نمودن و بی‌بعد کردن شاخص‌های مختلف، برای هر نمونه خاک میانگین وزنی شاخص‌های بی‌بعد شده محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج حاصل از ضریب حاصلخیزی شاخص‌های بی‌بعد شده، بازه مقادیر استاندارد شده شاخص‌ها بر مبنای سطوح مختلف حاصلخیزی دسته‌بندی شد. لازم به ذکر است مقادیر رسانایی الکتریکی معکوس شده است؛ بنابراین هر چه میزان آن کم‌تر باشد از نظر حاصلخیزی ارزش بیش‌تری دارد و مانند سایر شاخص‌ها به مقدار عددی یک در حالت فازی نزدیک‌تر است (جدول ۳). در نهایت پس از تعیین مقدار فازی هر شاخص، مقدار به‌دست آمده در ضریب اختصاص داده شده به هر شاخص ضرب شد (Zhao et al., 2010) و گروه حاصلخیزی، با توجه به مجموع حاصلضرب عدد فازی هر ویژگی در ضریب آن ویژگی بر اساس جدول (۴) محاسبه شد (Mokarram and Bardideh, 2013).

نتایج نقشه‌های حاصلخیزی نشان داد که در محدوده ده جمال، تنها یک مزرعه از وضعیت حاصلخیزی خوبی برخوردار بوده (شکل ۲) و بقیه مزارع در این محدوده دارای حاصلخیزی کم تا متوسط بوده و نیازمند توجه زارعین به بحث تغذیه و مدیریت مصرف کودهای آلی است. در محدوده‌های دیگر نیز مزارع دارای حاصلخیزی کم تا متوسط بودند و ضروری است که زارعین با توجه به تجزیه خاک، نسبت به مصرف مقدار مناسب کودهای آلی و شیمیایی اقدام نمایند.

نتایج اولویت‌بندی از نظر حاصلخیزی خاک و عملکرد مزارع در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج نشان داد که به‌طور کلی با کاهش ضریب حاصلخیزی، عملکرد در واحد سطح کاهش یافته است هر چند که در برخی مزارع با وجود ضریب حاصلخیزی کم‌تر عملکرد بیش‌تر مشاهده شد (جدول ۵).

همبستگی بین شاخص‌های خاک و عملکرد

با توجه به اهمیت موضوع مدیریت زراعی به‌ویژه در زمینه مدیریت و بهره‌وری خاک در منطقه و ارتباط مستقیم آن با میزان عملکرد محصول زعفران، در این پژوهش ارتباط و همبستگی شاخص‌های اندازه‌گیری شده خاک و میزان عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج همبستگی بین صفات

جدول ۳. ضریب حاصلخیزی شاخص‌های بی‌بعد شده (Saaty and Vargas, 2012)

Table 3. Fertility coefficient of dimensionless Charachteristics (Saaty and Vargas, 2012)

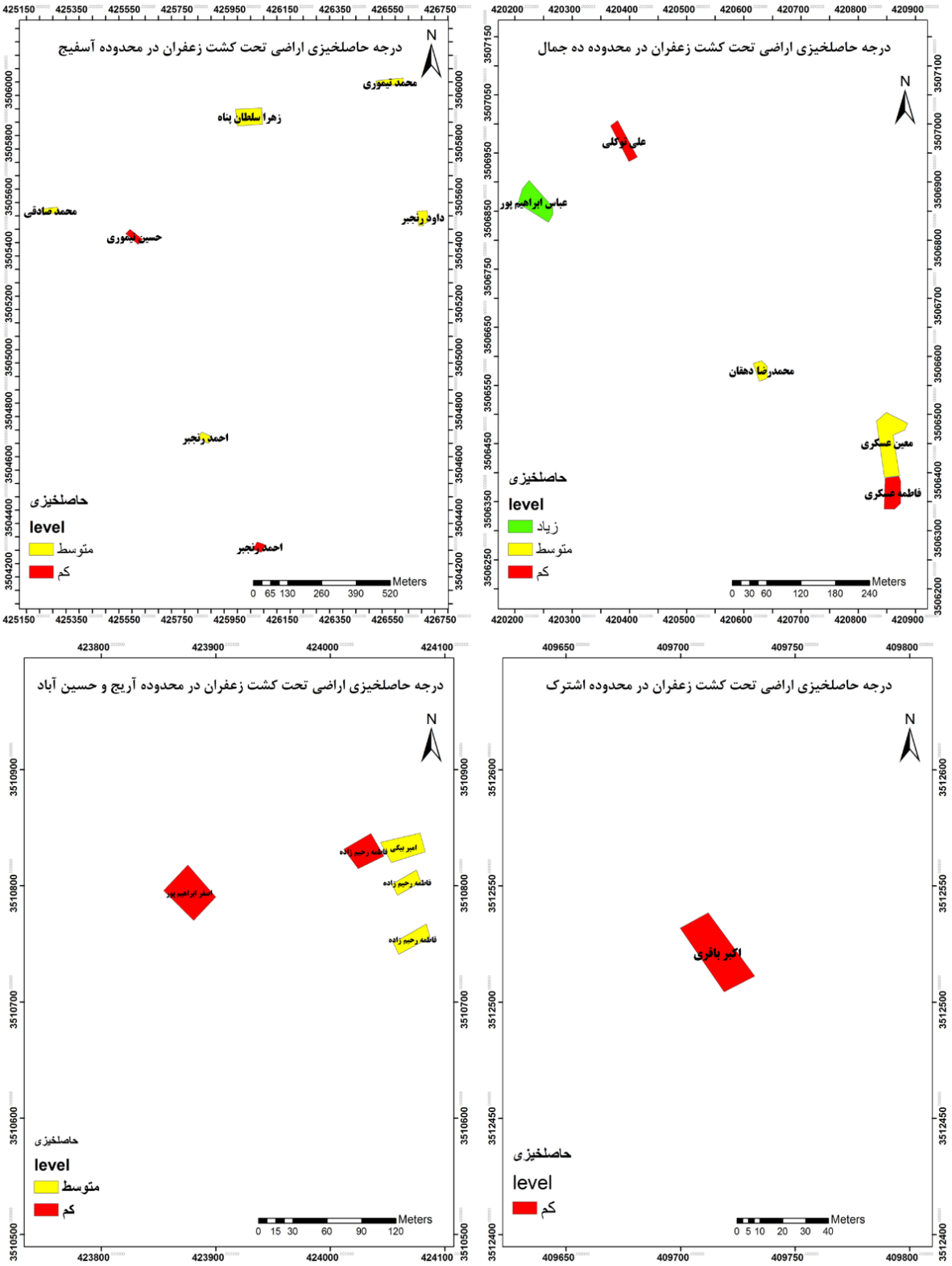
شاخص Charachteristic	حاصلخیزی کم Low fertility	حاصلخیزی متوسط Medium fertility	حاصلخیزی زیاد High fertility
رسانایی الکتریکی Electrical conductivity	0–0.2	0.21–0.5	0.51–1
واکنش خاک Soil pH	0–0.34	0.35–0.8	0.81–1
کربن آلی Organic carbon	0–0.5	0.51–0.8	0.81–1
پتاسیم قابل دسترس Available K	0–0.2	0.21–0.5	0.51–1
فسفر قابل دسترس Available P	0–0.2	0.21–0.5	0.51–1
آهن قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Fe	0–0.3	0.31–0.5	0.51–1
مس قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Cu	0–0.1	0.11–0.2	0.21–1
روی قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Zn	0–0.3	0.31–0.5	0.51–1
منگنز قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Mn	0–0.1	0.11–0.2	0.21–1

جدول ۴. بازه مقادیر فازی شده حاصلخیزی (Mokarram and Bardideh, 2013)

Table 4. Fuzzy range of fertility values (Mokarram and Bardideh, 2013)

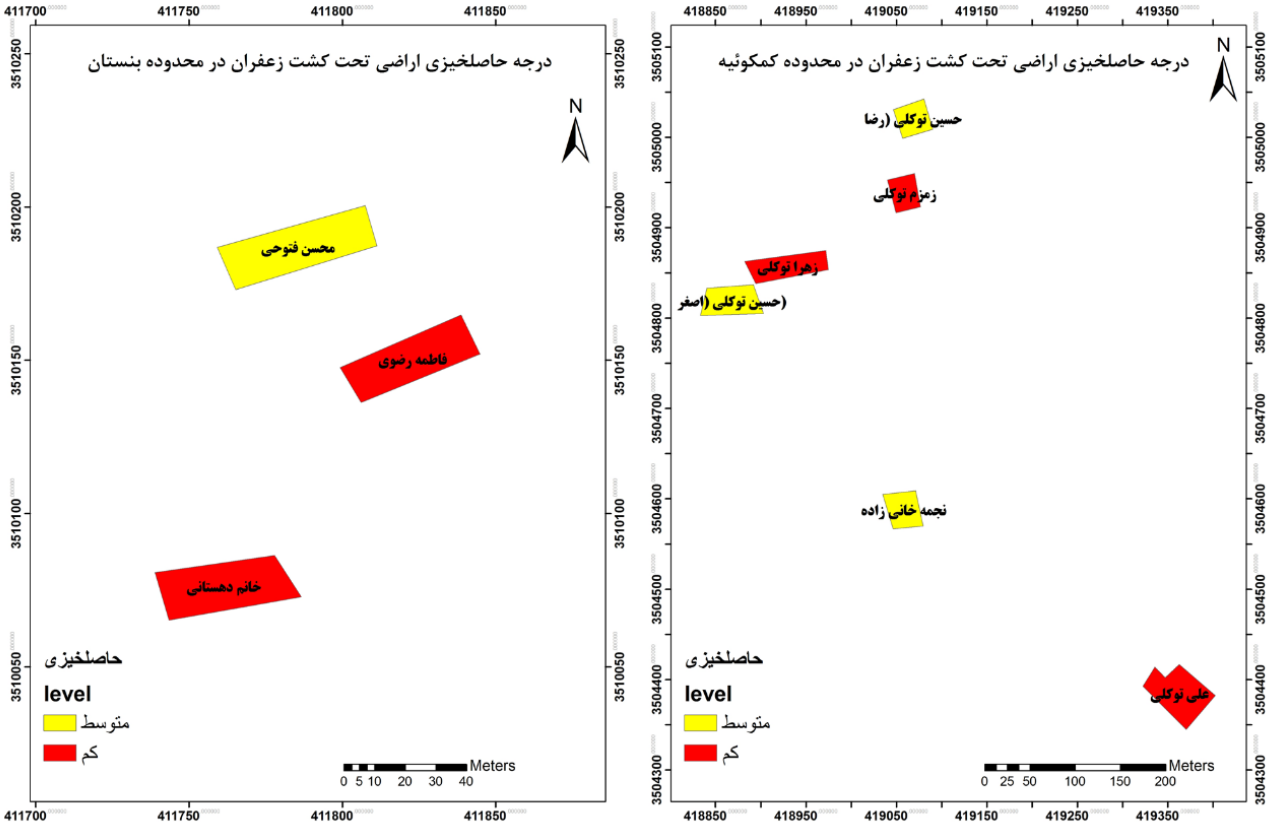
حاصلخیزی فازی Fuzzy fertility	حاصلخیزی کم Low fertility	حاصلخیزی متوسط Medium fertility	حاصلخیزی زیاد High fertility
کرت Crete	0–0.3	0.31–0.5	> 0.5

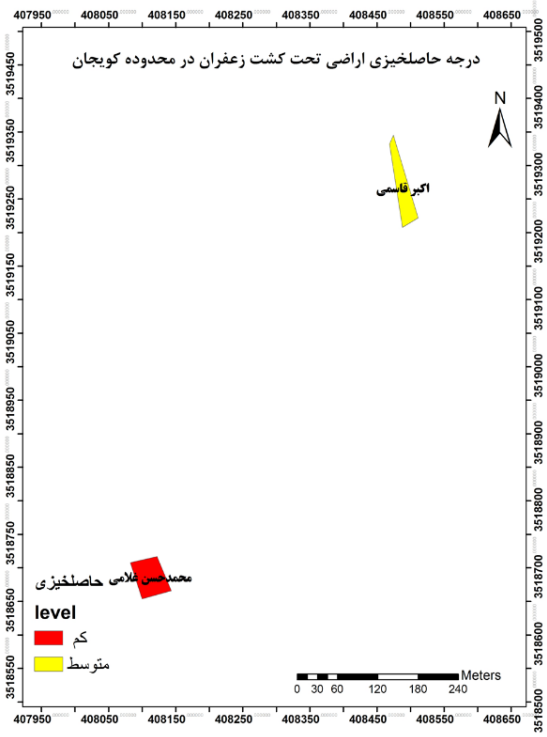
اندازه‌گیری شده به‌روش پیرسون در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زعفران با فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، درصد کربن آلی خاک، و آهن و منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA وجود داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین همبستگی عملکرد زعفران به‌ترتیب با شاخص‌های فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، درصد کربن آلی خاک، و آهن و منگنز قابل استخراج با DTPA مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری



شکل ۲. نقشه حاصلخیزی اراضی مورد بررسی در مناطق مختلف بهاباد

Fig. 2. Fertility map of studied lands in different areas of Bahabad





ادامه شکل ۲.

Fig. 2. (Continued)

جدول ۵. اولویت‌بندی حاصلخیزی زمین‌های منطقه برای کشت زعفران

Table 5. Prioritizing the fertility of the region's lands for saffron cultivation

شماره قطعه Part number	منطقه Region	ضریب حاصلخیزی Fertility coefficient	حاصلخیزی برای کشت زعفران به‌ترتیب اولویت Fertility for saffron cultivation in order of priority	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg ha^{-1})
23	ده جمال DehJamal	0.58	1	9
5	آسفیج Asfij	0.48	2	8.5
17	بنستان Bonestan	0.48	3	9
27	کمکوئیه Kamkoeieh	0.43	4	8
10	ده جمال DehJamal	0.43	5	7.5
15	آسفیج Asfij	0.41	6	8
4	آریج و حسین‌آباد Arij & Hosinabad	0.41	7	6
14	وحدت‌آباد Vahdatabad	0.39	8	5
3	آریج و حسین‌آباد Arij & Hosinabad	0.39	9	4.5
22	کمکوئیه Kamkoeieh	0.37	10	4.5
18	کویجان Kavijan	0.35	11	4
1	آسفیج Asfij	0.35	12	4
6	آریج و حسین‌آباد Arij & Hosinabad	0.34	13	3.5
12	ده جمال DehJamal	0.32	14	4
28	کمکوئیه Kamkoeieh	0.32	15	1
5	آسفیج Asfij	0.30	16	2
2	آسفیج Asfij	0.29	17	2.5
7	آریج و حسین‌آباد Arij & Hosinabad	0.27	18	1
11	آریج و حسین‌آباد Arij & Hosinabad	0.26	19	1
29	ده جمال DehJamal	0.25	20	2
26	کمکوئیه Kamkoeieh	0.25	21	2
9	ده جمال DehJamal	0.22	22	2
16	اشترک Ashtork	0.18	23	2.5
8	آسفیج Asfij	0.14	24	3
24	کمکوئیه Kamkoeieh	0.11	25	1.5
20	کویجان Kavijan	0.11	26	1.2
19	بنستان Bonestan	0.08	27	1.2
21	بنستان Bonestan	0.07	28	1.5
25	کمکوئیه Kamkoeieh	0.07	29	1.5

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در خاک و عملکرد زعفران به‌روش پیرسون

Table 6. Correlation coefficients between traits measured in soil and saffron yield by the Pearson's correlation method

شاخص	واکنش pH	رسانایی الکتریکی Electrical conductivity (EC)	فسفر قابل دسترس Available P	پتاسیم قابل دسترس Available K	درصد کربن آلی Organic carbon (OC)	آهن قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Fe	مس قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Cu	روی قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Zn	منگنز قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Mn
رسانایی الکتریکی Electrical conductivity (EC)	-0.56^{**}								
فسفر قابل دسترس Available P	-0.11^{ns}	0.19^{ns}							
پتاسیم قابل دسترس Available K	-0.30^{ns}	0.48^{**}	0.43^{*}						
درصد کربن آلی Organic carbon (OC)	-0.13^{ns}	0.14^{ns}	0.60^{**}	0.45^{*}					
آهن قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Fe	-0.22^{ns}	-0.05^{ns}	0.23^{ns}	0.32^{ns}	0.32^{ns}				
مس قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Cu	-0.20^{ns}	-0.01^{ns}	0.06^{ns}	0.004^{ns}	0.36^{ns}	0.12^{ns}			
روی قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Zn	-0.14^{ns}	0.03^{ns}	0.12^{ns}	-0.07^{ns}	0.51^{**}	-0.10^{ns}	0.90^{**}		
منگنز قابل استخراج با DTPA DTPA-extractable Mn	0.12^{ns}	-0.03^{ns}	0.33^{ns}	0.16^{ns}	0.59^{**}	0.50^{**}	0.08^{ns}	0.20^{ns}	
عملکرد Yield	-0.03^{ns}	0.08^{ns}	0.74^{**}	0.62^{**}	0.61^{**}	0.45^{**}	0.14^{ns}	0.13^{ns}	0.42^{*}

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر همبستگی غیرمعنی‌دار و همبستگی معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and ** stand for non-significant correlation and significant correlations at probability levels of 1 and 5 percents, respectively.

بین درصد کربن آلی خاک و فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، و روی و منگنز قابل استخراج با DTPA مشاهده شد.

حاصلخیزی خاک یک فاکتور مهم و تأثیرگذار بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی است. تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاک دانسته‌های دقیقی در مورد چگونگی مدیریت کوددهی در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد. خاک‌هایی که از نظر حاصلخیزی پتانسیل زیادی داشته باشند نیازی به مصرف کود شمیایی چندانی ندارند. اما در خاک‌هایی که غلظت یک یا چند عنصر کم‌تر از غلظت بهینه باشد، کاربرد مقدار مناسب کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند ضمن تأمین نیاز گیاه، منجر به حفظ و تقویت حاصلخیزی خاک شود. ماده آلی نقش مهمی در خاک داشته و مصرف کودهای آلی ضمن تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، نقش مؤثری در بهبود کیفیت فیزیکی خاک دارد. حداقل یک درصد ماده آلی در خاک برای رشد و عملکرد مناسب زعفران توصیه شده است (Zabihi, 2016). در ارتباط با فسفر، غلظت بهینه این عنصر در خاک برای زعفران، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. در صورت کمبود فسفر نسبت به غلظت ذکر شده، مصرف کود فسفاته (مانند سوپرفسفات تریپل) به میزان ۵۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شده است (Zabihi, 2016). پتاسیم یکی دیگر از عناصر پرمصرف برای گیاه بوده که درصورتی‌که غلظت پتاسیم قابل دسترس در خاک کم‌تر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، کمبود این عنصر در گیاه زعفران ایجاد شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Cardone et al., 2020). درصورتی‌که غلظت پتاسیم قابل دسترس در خاک کمتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، مصرف ۲۵ کیلوگرم K_2O (معادل تقریباً ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) ضروری است (Zabihi, 2016). در ارتباط با عناصر غذایی کم‌مصرف و غلظت بهینه این عناصر در خاک به‌طور اختصاصی برای زعفران، غلظت مشخصی در منابع ذکر نشده است. در برخی منابع غلظت بهینه برای دستیابی به حداکثر عملکرد را برای آهن، روی، منگنز و مس به‌ترتیب ۷/۵، ۱، ۱۰ و ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم بیان کرده‌اند (Moshiri et al, 2022). با وجود آن‌که عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز در مقادیر بسیار کم مورد نیاز گیاه می‌باشند ولی این عناصر در واکنش‌های آنزیمی درون گیاه مشارکت داشته، از اجزاء اصلی آنزیم‌های فتوسنتزی بوده و نقش مؤثری در انتقال انرژی دارند (Kabala and Singh, 2001). فراهمی عناصر کم-مصرف برای گیاهان در خاک‌های ایران به دلیل pH زیاد و شرایط قلیایی، اغلب محدودیت دارد (Sharifi et al., 2010). بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که پیازهای جوانی که تا پایان بهمن‌ماه هر سال روی پیازهای مادر به وجود می‌آیند، بدون ریشه بوده و برای ادامه فعالیت خود تا آخر فروردین ماه که خواب و استراحت پیاز شروع می‌شود، تنها به برگ‌های خود متکی می‌باشند؛ به همین دلیل انجام محلول‌پاشی برگی در این دوره (اواخر بهمن تا اواخر اسفند) می‌تواند مفید باشد (Zabihi, 2016). در ارتباط با مصرف کودهای شیمیایی، همیشه نگرانی از بابت تخریب خاک و محیط زیست وجود داشته است. بنابراین باید سعی بر این باشد تا با مصرف بهینه و متوازن کودهای شیمیایی هماهنگ با نیاز گیاه، ضمن دستیابی به عملکرد مورد انتظار از تخریب محیط زیست جلوگیری نمود. نکته مهم در ارتباط با مصرف کودهای شیمیایی، مصرف متوازن کودها است که متأسفانه در عمل خیلی به این امر توجه نمی-شود. گاهاً مصرف بیش از حد یک عنصر مانند فسفر می‌تواند در جذب عنصر دیگر مانند روی ایجاد اختلال نماید (Mousavi, 2011).

در مزارع زعفران مورد بررسی، نکته‌ای که بسیار چشم‌گیر بود تفاوت در مدیریت مزارع بود که نمود آن در نتایج ویژگی-های خاک و همچنین نقشه شاخص‌های مختلف مشخص است. برخی از مزارع که مدیریت خوبی در ارتباط با مصرف کود دامی پوسیده و کودهای شیمیایی در سال‌های گذشته داشتند، مقدار ماده آلی و غلظت عناصر ضروری برای گیاه وضعیت خوبی داشت اما در مزارعی که مدیریت مصرف کودهای آلی و شیمیایی ضعیف بوده، این شاخص‌ها نیز مناسب نبودند. برای رفع این مسئله نیاز است که در قدم اول

کشاورزانی که مزارع‌شان دارای کمبود ماده آلی خاک است، نسبت به مصرف کود دامی پوسیده اقدام نمایند تا ضمن بهبود وضعیت ماده آلی، گنجایش نگهداری آب خاک که تأثیر مثبتی بر گیاه زعفران دارد بهبود یابد. انتظار می‌رود که کشاورزان با مصرف مقدار مناسب کودهای فسفر و پتاسیم و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی، منگنز و مس، افزایش قابل توجهی در عملکرد مشاهده نمایند. همان‌گونه که نتایج همبستگی نشان داد بین غلظت عناصر غذایی ضروری برای گیاه و عملکرد همبستگی مثبتی وجود داشت که بیانگر این موضوع است که با تأمین عناصر غذایی می‌توان عملکرد محصول را افزایش داد. علاوه بر این با افزودن ماده آلی به خاک ضمن افزایش مقدار ماده آلی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک (مانند افزایش گنجایش نگهداشت رطوبت و آب قابل دسترس برای گیاه)، وضعیت عناصر غذایی خاک نیز بهبود خواهد یافت که رابطه مستقیمی با عملکرد گیاه دارد.

براساس نتایج نقشه حاصلخیزی ارائه شده، از بین ۲۹ مزرعه مورد بررسی تنها یک مزرعه دارای حاصلخیزی زیاد بود و بقیه مزارع در دسته حاصلخیزی کم و یا متوسط قرار گرفتند. بنابراین ضروری است توجه بیش‌تری به مدیریت حاصلخیزی خاک صورت گیرد. علاوه بر مسائل تغذیه و حاصلخیزی خاک (مقدار مصرف کود، زمان کوددهی و روش کوددهی)، عواملی مانند مدیریت درست در مرحله کاشت و داشت زعفران (کشت پیازهای با کیفیت، رعایت عمق مناسب کشت، و مدیریت درست علف‌های هرز)، مدیریت درست آبیاری و برداشت به موقع محصول تأثیر بسزایی بر عملکرد دارند.

همچنین بر اساس نقشه‌های حاصلخیزی فازی و با توجه به جدول (۵) اولویت‌بندی حاصلخیزی زمین‌ها، این نکته اهمیت دارد که در بهترین شرایط مدیریت زمین از نظر عناصر مختلف خاک (مزارع ۱۷ و ۲۳) که در منطقه ده جمال و بنستان رخ داده است، با توجه به عملکرد سال‌های گذشته، تا دستیابی به عملکرد حداکثر هنوز فاصله قابل توجهی وجود داشت. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که با توجه به حداکثر عملکرد زعفران در منطقه که حدود ۹ کیلوگرم در هکتار است و با در نظر گرفتن پتانسیل ارتقای مدیریت زراعی بدون لحاظ محدودیت اقلیم، عملکرد حدود ۱۴ کیلوگرم در هکتار مورد انتظار است. همچنین رعایت دورهای آبیاری بر اساس استانداردهای زراعی مربوط به محصول مورد نظر و همچنین رعایت اصول بهره‌برداری درست از محصول می‌تواند باعث ارتقاء سطح عملکرد این محصول زراعی در منطقه گردد.

نتیجه‌گیری

در کشاورزی نوین تهیه نقشه حاصلخیزی خاک با هدف تشخیص قابلیت‌ها و محدودیت‌های خاک و برنامه‌ریزی دقیق برای رفع محدودیت‌ها و دستیابی به حداکثر عملکرد ضروری است. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان ماده آلی خاک و عناصر ضروری برای گیاه در مزارع مورد بررسی بسیار متفاوت بود که این یافته به دلیل تفاوت در مدیریت کوددهی در مزارع می‌تواند باشد. در ارتباط با عناصر پرمصرف و کم‌مصرف لازم است کشاورزان با توجه به نتایج آزمون خاک، نسبت به مصرف مقدار مناسب کود اقدام نموده تا با جلوگیری از مصرف بیش از حد یک عنصر، توازن تغذیه‌ای برای گیاه حاصل شده و دستیابی به حداکثر عملکرد مقدور گردد. علاوه‌براین، نتایج نشان داد که در برخی مواردی بین نتایج اولویت‌بندی حاصلخیزی و عملکرد مزارع همخوانی وجود نداشت (برای نمونه ضریب حاصلخیزی ۰/۳۲ و عملکرد یک کیلوگرم در هکتار در یک مزرعه در مقابل ضریب حاصلخیزی ۰/۱۴ و عملکرد ۳ کیلوگرم در هکتار در مزرعه دیگر) که این یافته می‌تواند به دلیل بی‌توجهی برخی از کشاورزان به اصول و استانداردهای کاشت، داشت و برداشت زعفران باشد. نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که بین عملکرد زعفران با شاخص‌های فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، درصد کربن آلی، آهن و منگنز خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. بنابراین توجه به غلظت قابل دسترس این عناصر در خاک (به‌ویژه عنصر فسفر و پتاسیم) می‌تواند باعث افزایش

کارایی تولید و افـزایش عملکـرد محصـول زعفـران در منطقـه گردد.

تشکر و سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی به شـماره ۶۴۴۵ اسـت. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خـود را از شرکت فرداد گستر آبخیز پارتاک و دانشگاه اردکان بـه دلیـل حمایت‌های مادی و معنوی اعلام نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شـخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

References

1. Jonah, C.M., May, J.D., 2020. The nexus between urbanization and food insecurity in South Africa: does the type of dwelling matter. Int. J. Urban Sustain. Dev, 12(1), 1–13. https://doi:10.1080/19463138.2019.1666852.
2. Kabala, C., Singh, B.R., 2001. Fractionation and mobility of copper, lead and zinc in soil profiles in the vicinity of copper smelter. J. Environ. Qual. 30, 485–492. https://doi.org/10.2134/jeq2001.302485x.
3. Koocheki, A., Khajeh-Hosseini, M., 2020. Saffron Science, Technology and Health. 1st Edition Woodhead Publishing. 580 pp. https://dokumen.pub/saffron-science-technology-and-health-9780128186381-0128186380-9780128187401.html.
4. Loeppert, R.H., Inskeep, W.P., 1996. Iron. In: Bigham, J.M. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Chemical Methods. ASA/SSSA, Inc., Madison, WI, pp. 639–664. https://www.scirp.org/reference/referencespapers referenceid=238757.
5. 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. https://doi.org/10.1016/j. foodres.2018.04.028
6. Mokarram, M., Bardideh, M., 2013. Soil fertility evaluation for wheat cultivation by fuzzy theory approach and compared with Boolean method and soil test method in GIS area. Agron. J. 96, 123–111. https://www.sid.ir/paper/214933/en.
7. Mollafilabi, A., Khorramdel, S., 2016. Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in a six years old farm. Saf. Agron. Tech. 3(4), 237–249. https://doi.org/10.22048/jsat.2016.11897. (In Persian with English abstract)
8. Moshiri, F., Balali, M. R., Rejali, F., Sedaghat, A. 2022. A framework for integrated soil fertility and plant nutrition management in Iran. J. Land Manag. 10(1), 17–35. doi: 10.22092/lmj.2022.124054.
9. Nabavi, S.F., Yaghmaeian Mahabadi, N., Mahmoud Soltani, S., 2021. Assessment of soil fertility using fuzzy membership functions and AHP in paddy fields (Case study: research fields Goldasht, Amol). Iran. J. Soil Water Res. 52(1), 109–122. https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2020.308462.668707.
10. Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter: loss-on ignition method. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, Third ed. ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 961–1010. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1129195.
11. Nie, Y., Yu, J., Peng, Y., Wu, Y., Yu, L., Jiang, Y., Zhou, Y., 2016. A comprehensive evaluation of soil fertility of cultivated land: A GIS-based soil basic niche-fitness model. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 47(5), 670–678. https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1146748.
12. Niksirat, M., 2013. The effect of occupational hazard perception on efficiency and mental quality of work life of farmers (Case study: the central section of Bahabad county). J. Rural Res. 4(1), 219–248. doi: 10.22059/jrur.2013.31977. (In Persian with English abstract)
13. Nuarsa, I.W., Dibia, I.N., Wikantika, K., Suwardhi, D., Rai, I.N., 2018. GIS-based analysis of agroclimate land suitability for banana plants in Bali Province, Indonesia. Hayati J. Biosci. 25(1), 11–17. https://doi.org/10.4308./hjb.25.1.11.
14. Olsen, S.L., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, Second ed. ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 403–427. https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=2002898.
15. Pourhadian, H., Kamkar, B., Soltani, A., Mokhtarpour, H., 2020. Fertility evaluation of land for maize cultivation using GIS, fuzzy logic and ANP (Case study: four basins of Golestan province). J. Crop Prod. 13(3), 1–22.

https://doi.org/10.22069/ejcp.2021.14056.2068.
16. Rahmawaty, R., Frastika, S., Rauf, A., Batubara, R., Harahap, F.S. 2020. Land suitability assessment for *Lansium domesticum* cultivation on agroforestry land using matching method and geographic information system. Biodiversitas. 21(8), 3683–3690. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210835.
17. Rhoades, J.D., 1978. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 417–435. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1570656.
18. Roshani, G., Gharanjiki, A., 2015. Digital mapping of soil fertility for agricultural service centers of Golestan province using kriging method. Agric. Eng. 37(2), 87–99. https://agrieng.scu.ac.ir/article_10957.html?lang=en. (In Persian with English abstract)
19. Saaty, T.H. and Vargas, L.G., 2012. Models, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process (Vol. 175). Springer Science & Business Media.
20. Safahani Langeroodi, A., Kamkar, B., Mohammadi, R., 2011. The Use of Nutrients in Crop Plants. ACECR, Mashhad branch, 500 pp.
21. Sharifi, M., Afyuni, M., Khoshgoftar Manesh, A.M., 2010. Effects of sewage sludge, municipal waste compost and cow manure on growth and yield and uptake Fe, Zn, Mn and Ni marigold. J. Sci. Tech. Greenhouse Crop. 2, 43–53. (In Persian with English abstract). http://dorl.net/dor/20.1001.1.20089082.1389.1.2.5.1
22. Singletary, K., 2020. Potential health benefits. Nutrition Today. 55(6), 294–303. https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000449.
23. Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, Third ed. ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 475–490. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16.
24. Zabihi, H., 2016. Management of Plant Nutrition in Saffron. Soil and Water Research Institute. Technical Publication, 555 pp.
25. Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., Candido, V., 2020. Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. Sci. Hortic. 272, 109560. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109560
26. Mousavi, S.R., 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. Aust. J. Basic Appl. Sci. 5(9), 1503–1509. https://doi.org/10.22077/jhpr.2024.7242.1363.
27. Zhao, J.H., Hou, H.Y., Ren, A.Q., Zhang, H., Han, Y.Q., 2010. Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS. Agric. Sci. 9, 583–592. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60132-2.