Soil Fertility Assessment in Saffron Cultivated Fields (Case Study: in Bahabad city, Yazd province)

M. Shirmardi[1]*, M. Hayatzadeh[2], M. Ghaneei Bafghi[2], N. Hemat[1] and M. Fooladi Doghzloo[3]

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 parameters related to soil fertility for saffron (Crocus sativus L.) in 29 farms in Bahabad city. For this purpose, soil samples are prepared from the depth of 0 to 30 cm by composite sampling method, and the characteristics was measured such as electrical conductivity (EC), pH, organic carbon, available potassium (K) and phosphorus (P), iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn) and copper (Cu) extractable with DTPA-TEA extractant. Then, data processing was done in the form of normalization. The results showed only one farm had high fertility and the others had low or medium fertility. Results showed that there is a significantly positive correlation between saffron yield and available phosphorus, available potassium, soil 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: Fertility map, Fuzzy, Macro and micro elements, Plant nutrition.
Keywords: Soil fertility map, Fuzzy method, Macro and micronutrient, Plant nutrition.

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 physicochemical properties. Therefore, knowing the soil's ability to provide nutrients needed by the plant provides the conditions for optimal use of resources and prevents the excessive consumption 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 characteristics of the soil 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

1- Department of Horticultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
2- Department of Natural Engineering, College 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

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: At first, soil sampling was done from 29 saffron (*Crocus sativus* L.) farms in Kamkoye, Asfij, Dehjamal, Arij and Hosseinabad. Soil sampling was done from 0-30 cm using compound sampling method. Electrical conductivity (EC) and pH was determined in the soil saturated extract. Some chemical properties were determined such as organic carbon, available phosphorus (P) (Olsen-P), available potassium (K) (ammonium acetate, pH=7), iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu) and manganese (Mn) extractable with DTPA-TEA extractant. Then, data processing was done in the form of normalization and non-dimensionalization.

Results: The results of the fertility maps show that in the area of Dehjamal, only one farm has 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 electrical conductivity in soils is high and varies from 0.82 to 7.52 de/meter. Available phosphorus from very low amounts (3.2 mg/kg) to very high amounts (117.2 mg/kg) was observed in the soils, which is due to high amounts of available phosphorus, high consumption of animal manure and phosphorus fertilizer. Available potassium also changed a lot in the studied soils. The amount of soil organic matter was from very low to high in the soils. Results showed that there is a significantly positive correlation between saffron yield and available phosphorus, available potassium, soil organic carbon, iron and manganese extractable with DTPA-TEA extractant.

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 in the soil should be in accordance with the soil requirement to lead to increased yield. According to the results, the diversity of farm management was evident in the consumption of organic and chemical fertilizers. In relation to macro and micro elements, it is necessary to use the appropriate amount of fertilizer according to the soil analysis.

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. JPP, 7(1), 1033–1039.
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). Crop Production. 13(3), 1–22.
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.

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]

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 می‌باشد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر وضعیت پارامترهای مربوط به حاصلخیزی خاک بر عملکرد زعفران در مناطق مختلف شهرستان بهاباد بود. بدین منظور، ۲۹ مزرعه زعفران انتخاب شدند و از هر مزرعه یک نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌روش نمونه‌برداری مرکب، نمونه خاک تهیه شد. ویژگی‌های خاک قابلیت هدلیت الکتریکی (EC)، pH، کربن آلی، پتاسیم و فسفر قابل استفاده، آهن، روی، منگنز و مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA-TEA، اندازه‌گیری شدند. سپس پردازش داده‌ها به‌صورت نرمال‌سازی و بی‌بعدنمایی انجام شد. نتایج نشان داد که طبق نتایج نقشه حاصلخیزی ارائه شده از بین ۲۹ مزرعه مورد مطالعه 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. نتایج همچنین نشان داد که جهت افزایش عملکرد این محصول در منطقه مورد مطالعه و مناطق با شرایط مشابه، توجه بیش‌تری مدیریت حاصلخیزی خاک باید صورت گیرد. نکته قابل توجه دیگر، عدم توازن مدیریت زراعی این محصول در منطقه و اقدامات 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 و کم مصرف، نقشه حاصلخیزی خاک، روش فازی.

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) یک گیاه گلدار، چند ساله از خانواده Iridaceae، تریپلوئیدی دارای بیش از ۱۰۰ ترکیب فعال بیولوژیکی (مانند کروسین، کروستین، پیکروکروسین و

۱- گروه علوم و مهندسی 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

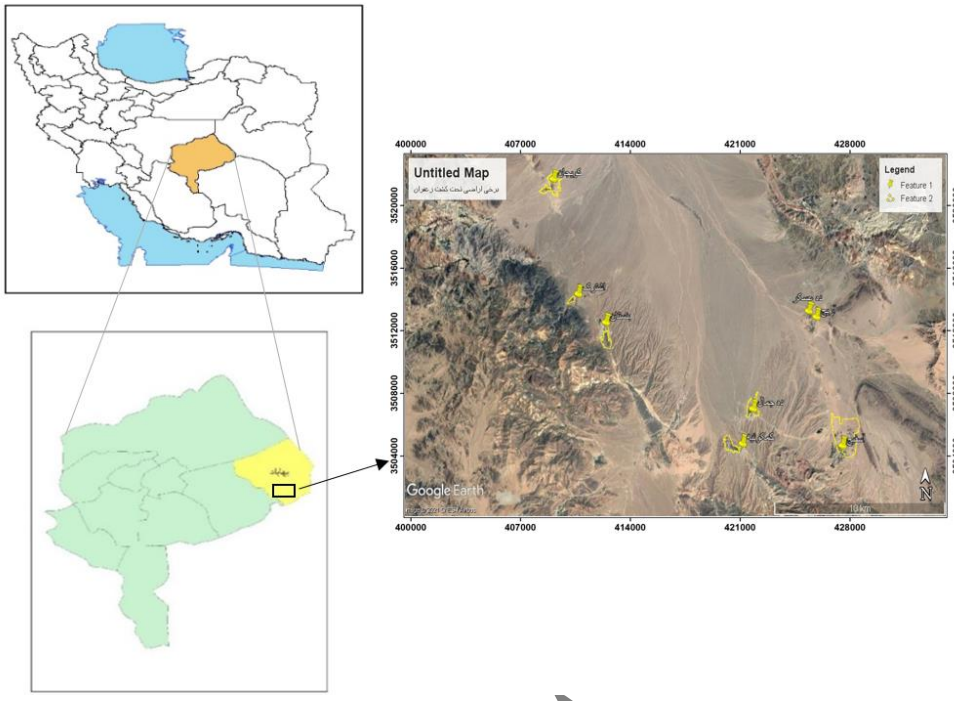
نسخه پیش از انتشار

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 از قبیل رنگرزی پارچه، الیاف تزئینی، کاغذهای رنگی و طب سنتی کاربرد دارد (Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2020). مشکلات ویژه‌ای مانند کمبود و پراکنش نامناسب بارش‌ها، حاصلخیزی کم خاک‌ها و کمبود عناصر غذائی از جمله موضوعاتی 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 ذکر شده 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 می‌باشد. در این راستا، مصرف بهینه کود و رعایت تعادل و تناسب بین عناصر غذایی اهمیت زیادی داشته که لازمه دستیابی به آن، ارزیابی صحیح وضعیت عناصر غذایی در خاک و مقایسه با شرایط بهینه می‌باشد.

افزایش جمعیت و تأمین نیاز این جمعیت به محصولات کشاورزی، فشار بر منابع بخش کشاورزی را افزایش داده و ممکن است اراضی 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 یکی از عوامل محدودکننده آن، کمبود عناصر غذایی موجود در خاک می‌باشد (Safahani Langeroodi et al., 2011). بنابراین شناخت توانایی خاک در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، شرایط را برای استفاده بهینه از منابع فراهم می‌کند و موجب جلوگیری از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی شده و پیامدهای زیست محیطی 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 می‌باشد. چارچوب اساسی این ارزیابی با مقایسه ویژگی‌های خاک مورد نیاز برای کاربری خاص (مانند کاشت یک محصول) با ویژگی‌ها یا کیفیت موجود 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 مناسب بودن خاک به‌شمار می‌رود (Nuarsa et al., 2018). یکی از مزیت‌های کلیدی استفاده از GIS، فرآیند ارزیابی و ارائه نتایج به‌صورت مکان مبنا در قالب نقشه‌هایی برای نمایش توزیع مکانی ویژگی‌ها می‌باشد (Nie et al., 2016).

در مطالعه‌ای به‌منظور تهیه نقشه حاصلخیزی خاک برای کشت گیاه ذرت در چهار حوضه کشاورزی استان گلستان از GIS، منطق فازی و تحلیل شبکه‌ای استفاده شد (Pourhadian et al., 2020). نتایج این تحقیق نشان داد که تقریباً کل محدوده مورد مطالعه (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. در مطالعه دیگر نقشه حاصخیزی خاک برای کشت برنج بر اساس پارامترهای مؤثر در حاصلخیزی خاک شامل کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده، رس و ظرفیت تبادل کاتیونی انجام شد (Nabavi et al., 2021). نقشه‌های حاصلخیزی به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد که به‌ترتیب ۷۳/۹۵ و ۶۸/۵۳ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای حاصلخیزی زیاد و خیلی زیاد می‌باشند. در مطالعه‌ای نقشه رقومی عناصر غذایی پر مصرف و کم‌مصرف و همچنین برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مهم خاک، جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در برنامه عملیاتی الگوی کاشت تهیه کردند. بر اساس داده‌های این تحقیق، نقشه‌های نهایی برای کل اراضی مورد مطالعه 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

نسخه پیش از انتشار



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fig. 1. Geographical location of the study area

سطوح عناصر غذایی اصلی و فرعی و همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مهم نظیر pH، شوری، بافت و غلظت عناصر ارائه شود. نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به نقشه‌های به‌دست آمده در بعضی از خاک‌های زراعی زیر کشت گندم مخصوصاً در ناحیه غربی، پتاسیم قابل جذب از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست و در محدوده اراضی زراعی شمال استان فقر مواد آلی مشاهده شد (Roshani and Gharanjiki, 2015).

امروزه یکی از دغدغه‌های بشر تأمین نیاز غذایی خود می‌باشد به‌گونه‌ای که بحث امنیت غذایی یکی از اهداف مهم در برنامه‌ریزی دولت‌ها به‌شمار می‌رود. در نتیجه جهت 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 فیزیکوشیمیایی خاک می‌باشد. طبق 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 می‌باشد. 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 مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی حاصلخیزی خاک مزارع تحت کشت زعفران در شهرستان بهاباد صورت نگرفته است، تحقیق حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک و تهیه نقشه حاصلخیزی اراضی در چند منطقه از شهرستان بهاباد انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

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 نیمه خشک و متوسط بارندگی ۱۵۳/۹

میلی‌متر در سال بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۹۰ متر می‌باشد (Niksirat, 2013).

نمونه‌برداری خاک و انجام آزمایشات فیزیکوشیمیایی خاک

از ۲۹ مزرعه تحت کشت زعفران در کمکوئیه، آسفیج، ده جمال و آریج و حسین‌آباد نمونه‌برداری خاک به‌روش مرکب و از اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متر صورت گرفت. با توجه به این‌که مساحت مزارع حدود ۱۰۰۰ مترمربع بود از هر مزرعه یک نمونه مرکب تهیه شد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC) در عصاره اشباع با استفاده از هدایت‌سنج (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)، 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 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 اکسل وارد و اقدامات لازم از قبیل نرمال‌سازی و استانداردسازی روی آن‌ها انجام شد. پس از نرمال نمودن و بی‌بعد کردن پارامترهای مختلف، لازم بود تا برای هر نمونه خاک میانگین وزنی از پارامترهای بی‌بعد شده گرفته شود. بنابراین ابتدا برای هر مقدار، وزنی به‌عنوان اهمیت آن پارامتر در حاصلخیزی خاک (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 هستند. نوسان هدایت الکتریکی 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 که دلیل مقادیر زیاد فسفر قابل دسترس، مصرف زیاد کود دامی و کود فسفر می‌باشد. پتاسیم قابل دسترس نیز در خاک‌های مورد مطالعه تغییر زیادی داشت. میزان ماده آلی خاک هم از خیلی کم تا زیاد در خاک‌ها وجود داشت. همین وضعیت در مورد عناصر Fe، Zn، Mn و Cu وجود داشت. دلیل مقادیر زیاد عناصر کم‌مصرف در برخی مزارع مورد مطالعه، مصرف زیاد کود دامی و کود کلات عناصر کم‌مصرف می‌باشد. ویژگی‌های قابلیت هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، کربن آلی خاک، آهن، مس، روی و منگنز قابل استخراج با DTPA دارای ضریب تغییرات بالایی بودند که می‌تواند بیانگر دامنه گسترده این صفات در خاک‌های مورد مطالعه باشد. قابلیت هدایت الکتریکی مزارع مورد بررسی در مجدوه‌های مختلف، دارای تفاوت قابل توجهی بود که این امر می‌تولند مربوط به مدیریت متفاوت مزارع از نظر کوددهی (آلی و شیمیایی) و آبیاری باشد. ماده آلی مزارع مورد مطالعه 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 می‌باشد. در ارتباط با پتاسیم قابل دسترس، در مزارع تفاوت زیادی مشاهده شد، که این تفاوت مربوط به مدیریت متفاوت مصرف کودهای آلی و کود پتاسیمی می‌باشد. در تمام مزارع آسفیج، فسفر قابل استفاده بالاتر از غلظت بهینه بود.

با توجه به این‌که ممکن است هر یک از ویژگی‌های خاک دارای تأثیر متفاوتی بر حاصلخیزی خاک باشند، اهمیت نسبی هر یک از ویژگی‌ها توسط کارشناسان و متخصصان تغذیه زعفران، مورد مقایسه دو به دو قرار گرفت. برای این منظور، یک مقیاس نه نقطه‌ای که اقدام به درجه‌بندی نسبی ارجحیت‌ها

نسخه پیش از انتشار

جدول ۱. خلاصه وضعیت پارامترهای مؤثر در حاصلخیزی خاک در منطقه مورد مطالعه

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

پارامتر parameter	حداقل min	حداکثر max	میانگین Mean	میانه MEDIAN	چولگی Skewness	انحراف معیار standard deviation	ضریب تغییرات Coefficient of variation
اسیدیته pH	7.13	8.19	7.56	7.50	0.78	0.23	0.03
قابلیت هدایت الکتریکی EC (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	3.22	117.2	33.74	28.10	1.60	26.99	0.8
پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K	117	935	329.70	225	1.46	214.31	0.65
درصد کربن آلی OC (%)	0.19	6.99	2.02	1.72	0.008	1.13	0.56
آهن قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe extractable with DTPA extractant	1.1	27.3	10.27	10.12	1.18	6.68	0.65
مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu extractable with DTPA extractant	0.29	6.96	1.15	0.84	3.93	1.23	1.07
روی قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn extractable with DTPA extractant	0.26	27.68	3.66	2.28	4.01	4.98	1.36
منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn extractable with DTPA extractant	3.06	33	14.77	14.36	0.58	6.79	0.46

برای دو ویژگی می‌کند مورد استفاده قرار گرفت (Saaty and Vargas, 2001) که نتایج در جدول (۲) آورده شده است.

با توجه به این‌که پارامترهای مورد نظر در آنالیز خاک اراضی از نظر ماهیت و بعد با هم متفاوت هستند، لازم است تا تمامی آن‌ها بی بعد شده و در بازه صفر تا یک قرار گیرد. مقادیر هر پارامتر در این روش هرچه به‌سمت یک نزدیک‌تر گردد نشان از حاصلخیزی بالاتر زمین نسبت به عنصر مورد نظر می‌باشند. از آنجایی که عناصر مختلف در اندازه‌گیری میزان حاصلخیزی با یکدیگر برهم‌کنش دارند لازم است اثرات 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 پارامترهای مختلف، برای هر نمونه خاک میانگین وزنی از پارامترهای بی‌بعد شده گرفته شد که نتایج آن در جدول (۳) آمده است. با توجه به نتایج حاصل از ضریب حاصلخیزی پارامترهای بی‌بعد شده، بازه مقادیر استاندارد شده پارامترها بر مبنای سطوح مختلف حاصلخیزی دسته‌بندی گردید. لازم به ذکر است مقادیر هدایت الکتریکی معکوس گردیده است لذا هر چه میزان آن کمتر باشد از نظر حاصلخیزی ارزش بالاتری دارد و مانند سایر پارامترها به مقدار عددی ۱ در حالت فازی نزدیک‌تر می‌باشد (جدول ۳).

نسخه پیش از انتشار

جدول ۲. ضرائب تأثیر هر پارامتر در میزان حاصلخیزی خاک برای محصول زعفران (Saaty and Vargas, 2001)

Table 2. The effect coefficients of each parameter on soil fertility for saffron crop (Saaty and Vargas, 2001)

پارامتر parameter	ضریب پارامتر coefficient of parameter
هدایت الکتریکی EC	0.1
pH	0.05
درصد کربن آلی Organic Carbon	0.1
پتاسیم قابل دسترس Available K	0.2
فسفر قابل دسترس Available P	0.2
آهن قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Fe extractable with DTPA extractant	0.1
روی قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Zn extractable with DTPA extractant	0.1
منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Mn extractable with DTPA extractant	0.1
مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Cu extractable with DTPA extractant	0.05
کل Total	1

در نهایت پس از تعیین مقدار فازی هر پارامتر، مقدار به‌دست آمده در ضریب اختصاص داده شده به هر پارامتر 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، فقط یک مزرعه در 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 دارد. 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 بالاتر مشاهده شد (جدول ۵)

همبستگی بین پارامترهای 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 تحقیق ارتباط و همبستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده خاک و میزان عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج همبستگی بین صفات 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، آهن و منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA وجود داشت. به‌طوری‌که بالاترین همبستگی عملکرد زعفران به‌ترتیب با شاخص‌های فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، درصد کربن آلی خاک، آهن و منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد کربن آلی خاک و فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، روی و منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA مشاهده شد.

حاصلخیزی خاک یک فاکتور مهم و تأثیرگذار بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد. تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاک اطلاعات دقیقی در ارتباط با نحوه مدیریت کوددهی در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد. خاک‌هایی که از نظر حاصلخیزی پتانسیل بالایی داشته باشند نیازی به مصرف کود

نسخه پیش از انتشار

جدول ۳. ضریب حاصلخیزی پارامترهای بی‌بعد شده (Saaty and Vargas, 2001)

Table 3. Fertility coefficient of dimensionless parameters (Saaty and Vargas, 2001)

پارامتر Parameter	حاصلخیزی کم Low Fertility	حاصلخیزی متوسط Average Fertility	حاصلخیزی بالا High Fertility
هدایت الکتریکی EC	0-0.2	0.21-0.5	0.51-1
اسیدیته 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 عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe extractable with DTPA extractant	0- 0.3	0.31- 0.5	0.51- 1
مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu extractable with DTPA extractant	0- 0.1	0.11- 0.2	0.21- 1
روی قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn extractable with DTPA extractant	0- 0.3	0.31-0.5	0.51- 1
منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn extractable with DTPA extractant	0- 0.1	0.11- 0.2	0.21- 1

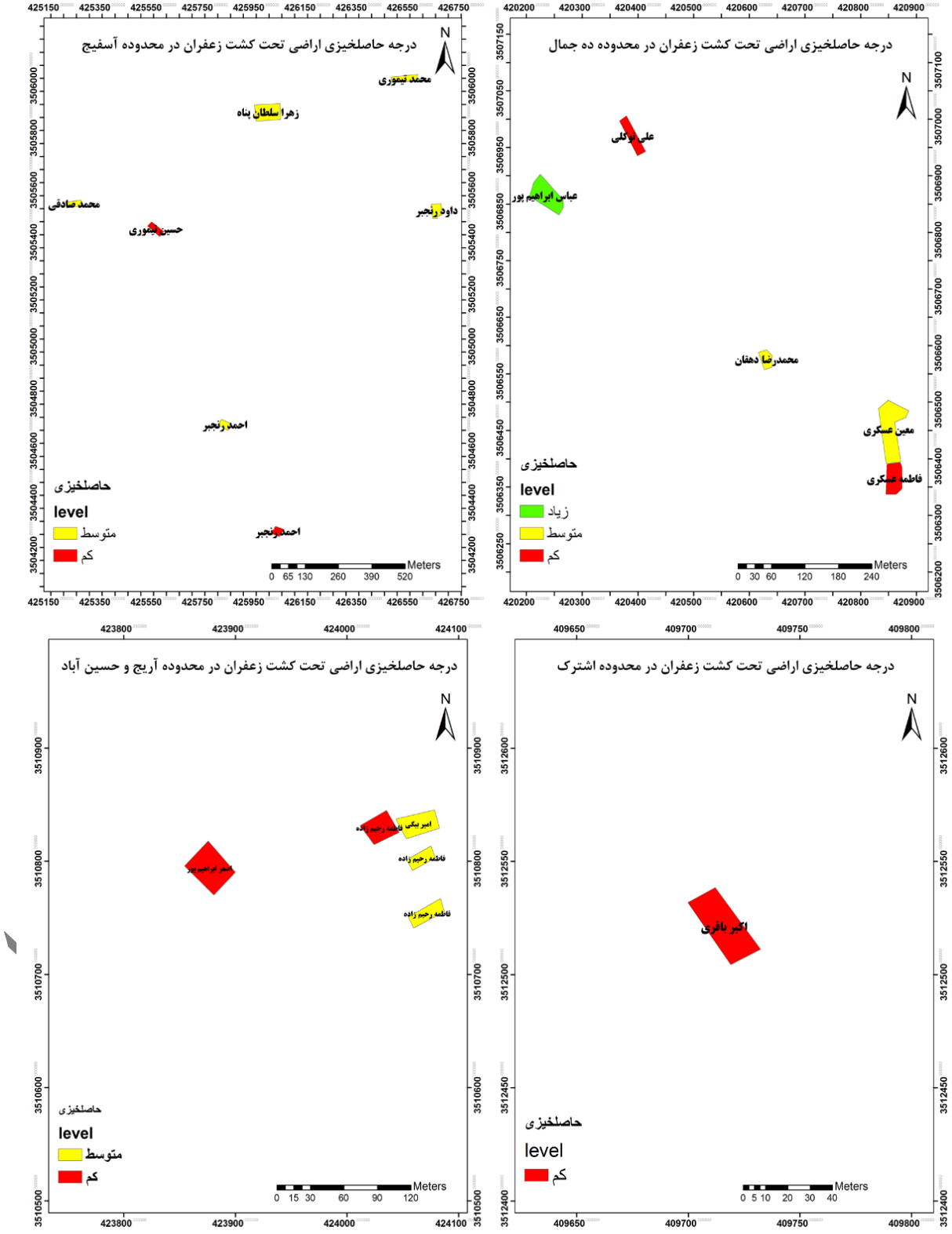
جدول ۴. بازه مقادیر فازی شده حاصلخیزی (Mokarram and Bardideh, 2013)

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

حاصلخیزی فازی Fuzzy Fertility	حاصلخیزی کم low Fertility	حاصلخیزی متوسط Average Fertility	حاصلخیزی زیاد High Fertility
کرت Crete	0- 0.3	0.31- 0.5	>0.5

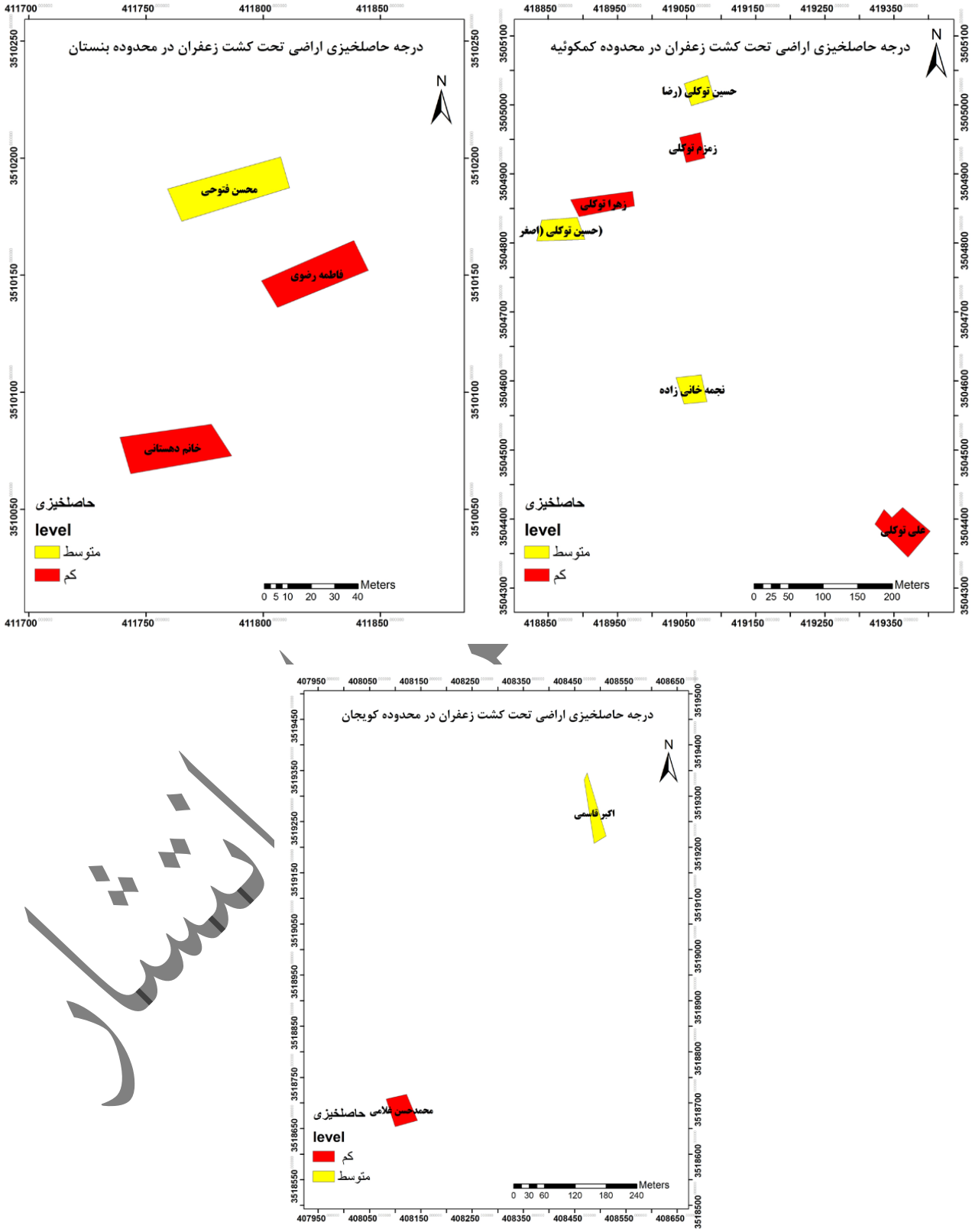
شـــمیایی چندانی ندارند اما در خاک‌هایی که غلظت یک یا چند عنصـر کمتر از غلظت بهینه باشـد کاربرد مقدار مناسـب کودهای آلی و شـیمیایی می‌تواند ضـمن تأمین نیاز گیاه، منجر به حفظ و تقویت حاصـلخیزی خاک شـود. ماده آلی نقش مهمی در خاک داشـته و مصـرف کودهای آلی، ضـمن تأمین بخشـی از عناصـر غـذایی مورد نیـاز گیـاه، نقش مؤثری در بهبود کیفیـت فیزیکی خاک دارد. حداقل یک درصـد ماده آلی در خاک برای رشـد و عملکرد مناسب زعفران توصیه شده است (Zabihi, 2016). در

نسخه پیش از انتشار



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

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



ادامه شکل ۲.

Continuation of Fig. 2.

جدول ۵. اولویت‌بندی حاصلخیزی اراضی منطقه جهت کشت زعفران

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

شماره قطعه	منطقه	ضریب حاصلخیزی	حاصلخیزی جهت کشت زعفران به‌ترتیب اولویت	عملکرد در واحد (کیلوگرم در هکتار)
23	ده جمال	0.58	1	9
5	آسفیج	0.48	2	8.5
17	بنستان	0.48	3	9
27	کمکوئیه	0.43	4	8
10	ده جمال	0.43	5	7.5
15	آسفیج	0.41	6	8
4	آریج و حسین‌آباد	0.41	7	6
14	وحدت‌آباد	0.39	8	5
3	آریج و حسین‌آباد	0.39	9	4.5
22	کمکوئیه	0.37	10	4.5
18	کویجان	0.35	11	4
1	آسفیج	0.35	12	4
6	آریج و حسین‌آباد	0.34	13	3.5
12	ده جمال	0.32	14	4
28	کمکوئیه	0.32	15	1
5	آسفیج	0.30	16	2
2	آسفیج	0.29	17	2.5
7	آریج و حسین‌آباد	0.27	18	1
11	آریج و حسین‌آباد	0.26	19	1
29	ده جمال	0.25	20	2
26	کمکوئیه	0.25	21	2
9	ده جمال	0.22	22	2
16	اشترک	0.18	23	2.5
8	آسفیج	0.14	24	3
24	کمکوئیه	0.11	25	1.5
20	کویجان	0.11	26	1.2
19	بنستان	0.08	27	1.2
21	بنستان	0.07	28	1.5
25	کمکوئیه	0.07	29	1.5

نسخه پیش از انتشار

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 correlation method

پارامتر	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	فسفر قابل دسترس Available P	پتاسیم قابل دسترس Available K	درصد کربن آلی OC	آهن قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Fe extractable with DTPA extractant	مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Cu extractable with DTPA extractant	روی قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Zn extractable with DTPA extractant	منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Mn extractable with DTPA extractant
قابلیت هدایت الکتریکی EC	-0.56**								
فسفر قابل دسترس Available P	-0.11^{ns}	0.19^{ns}							
پتاسیم قابل دسترس Available K	-0.3^{ns}	0.48**	0.43*						
درصد کربن آلی OC	-0.13^{ns}	0.14^{ns}	0.6**	0.45*					
آهن قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Fe extractable with DTPA extractant	-0.22^{ns}	-0.05^{ns}	0.23^{ns}	0.32^{ns}	0.32^{ns}				
مس قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Cu extractable with DTPA extractant	-0.2^{ns}	-0.01^{ns}	0.06^{ns}	0.004^{ns}	0.36^{ns}	0.12^{ns}			
روی قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Zn extractable with DTPA extractant	-0.14^{ns}	0.03^{ns}	0.12^{ns}	-0.07^{ns}	0.51**	-0.1^{ns}	0.9**		
منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA Mn extractable with DTPA extractant	0.12^{ns}	-0.03^{ns}	0.33^{ns}	0.16^{ns}	0.59**	0.5**	0.08^{ns}	0.2^{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 عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نسخه پیش از انتشار

ارتباط با فسفر، غلظت بهینه این عنصر در خاک برای زعفران، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان شده است و در صورت کمبود فسفر نسبت به غلظت ذکر شده، مصرف کود فسفاته از قبیل 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، زعفران در جذب این عنصر دچار مشکل شده و عملکرد آن کاهش خواهد یافت (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 می‌باشد (Zabihi, 2016). در ارتباط با عناصر غذایی کم‌مصرف و غلظت بهینه این عناصر در خاک به‌طور اختصاصی برای زعفران، غلظتی 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 کم مصرف از قبیل آهن، روی، مس و منگنز در مقادیر بسیار کم مورد نیاز گیاه می‌باشند ولی این عناصر در فعل و انفعالات آنزیمی داخل گیاه مشارکت داشته و از اجزاء اصلی آنزیم‌های فتوسنتزی بوده و نقش مؤثری در انتقال انرژی دارند (Kabala and Singh, 2001). فراهمی عناصر میکرو برای گیاهان در خاک‌های ایران به دلیل pH بالا و خاصیت قلیایی خاک‌ها، عمدتاً دچار محدودیت می‌باشد (Sharifi et al., 2010). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که پیازهای جوانی که تا پایان بهمن‌ماه هر سال روی پیازهای مادر به وجود می‌آیند، فاقد ریشه بوده و برای ادامه فعالیت خود تا آخر فروردین ماه که خواب و استراحت پیاز شروع می‌شود، فقط 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 متعادل کودهای شیمیایی منطبق با نیاز گیاه، ضمن دستیابی به عملکرد مورد انتظار از تخریب محیط زیست جلوگیری نمود. نکته مهم در ارتباط با مصرف کودهای شیمیایی، مصرف متعادل کودها می‌باشد که متأسفانه در عمل خیلی به این امر توجه نمی‌شود. 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 مطالعه، نکته‌ای که بسیار چشمگیر بود تفاوت در مدیریت مزارع بود که نمود آن در نتایج آنالیز خاک و همچنین نقشه پارامترهای 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 می‌باشد، نسبت به مصرف کود دامی پوسیده اقدام نمایند تا ضمن بهبود وضعیت ماده آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب در 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 از قبیل آهن، روی، منگنز و مس، افزایش قابل توجهی در عملکرد مشاهده نمایند. همان‌گونه که نتایج همبستگی نشان داد بین عناصر غذایی ضروری برای گیاه و عملکرد همبستگی مثبتی وجود داشت که بیانگر این موضوع است که با تأمین عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه می‌توان عملکرد محصول را افزایش داد. علاوه بر این با اضافه کردن ماده آلی به خاک ضمن افزایش محتوای ماده آلی خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله افزایش ظرفیت نگهداشت رطوبت و آب قابل دسترس برای گیاه، وضعیت عناصر غذایی خاک نیز بهبود خواهد یافت که رابطه مستقیمی با عملکرد گیاه دارد.

نسخه پیش از انتشار

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

همچنین بر اساس نقشه‌های حاصلخیزی فازی و مطابق با جدول (۵) اولویت‌بندی حاصلخیزی اراضی این نکته حائز اهمیت است 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. لذا نتایج نشان می‌دهد که با توجه به حداکثر عملکرد زعفران در منطقه که حدود ۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و با در نظر گرفتن پتانسیل ارتقای مدیریت زراعی بدون لحاظ محدودیت اقلیم، عملکرد حدود ۱۴ کیلوگرم در هکتار مورد انتظار می‌باشد. ضمناً رعایت دورهای آبیاری مطابق با استانداردهای زراعی مربوط به محصول مورد نظر و همچنین رعایت اصول بهره‌برداری صحیح 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 جهت رفع محدودیت‌ها و دستیابی به حداکثر عملکرد ضروری است. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان ماده آلی خاک و عناصر ضروری برای گیاه در مزارع مورد مطالعه بسیار متفاوت بود که این امر به دلیل تفاوت در مدیریت کوددهی در مزارع می‌باشد. در ارتباط با عناصر پرمصرف و کم‌مصرف لازم است کشاورزان با توجه به آنالیز خاک، نسبت به مصرف مقدار مناسب کود اقدام نموده تا با جلوگیری از مصرف بیش از حد یک عنصر، تعادل 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 انطباق وجود نداشت (به‌عنوان مثال 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 امر می‌تواند به دلیل عدم توجه برخی از کشاورزان به اصول و استانداردهای کاشت، داشت و برداشت زعفران باشد. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن بود که بین عملکرد زعفران با شاخص‌های فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، درصد کربن آلی خاک، آهن و منگنز همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت لذا توجه به غلظت قابل دسترس این عناصر در خاک به‌ویژه عنصر فسفر و پتاسیم می‌تواند باعث افزایش راندمان تولید و افزایش عملکرد محصول زعفران در منطقه گردد.

تشکر و سپاسگزاری

تضاد منافع

منابع مورد استفاده

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

نسخه پیش از انتشار

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 JM (ed) Methods of soil analysis: chemical methods. SSSA, Inc., 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. JPP, 7(1), 1033–1039.
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 year old farm. Saf Agron. Tech. 3(4), 237–249. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22048/jsat.2016.11897.
8. Moshiri, F., Balali, M. R., Rejali, F., & sedaghat, A. 2022. A Framework for Integrated Soil Fertility and Plant Nutrition Management in Iran. SWRI, 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. P. 1004. 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. (3rd ed.). ASA, Madison, WI. 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). *Journal of Rural Research*, *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 agro climate land suitabilityfor 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. Methods of soil analysis, 2nd ed. ASA, Madison, Wisconsin, USA. Phosphorus. 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). Crop Production. 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: Electerical Conductivity and Total Dissolved Solids. P. 417- 435. 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. (3rd ed.). ASA, Madison, WI. 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. Agri Engi, 37(2), 87–99. (In Persian with English abstract). https://agrieng.scu.ac.ir/article_10957.html?lang=en.
19. Saaty, T.H. and Vargas, L.G., 2001. Models, methods, concepts, and applications of the analytic hierarchy process. KAP, 160p. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1391551.
20. Safahani Langeroodi, A., Kamkar, B., Mohammadi, R., 2011. The use of nutrients in crop plants. ACECR, Mashhad branch, 500 pages.
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).
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. P. 475–490. 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. (3rd ed.). ASA, Madison, WI. 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.
25. Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., & Candido, V. (2020). Saffron (Crocus sativus L.), the king of spices: An overview. *Scientia Horticulturae*, *272*, 109560. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109560
26. Mousavi, S. R. (2011). Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 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. Agri Sci, 9, 583–592. DOI:10.1016/S1671-2927(09)60132-2.

نسخه پیش از انتشار