



## Evaluation of Nutritional Status of Saffron (*Crocus Sativus L.*) in South Khorasan Province by "Deviation from Optimum Percentage" (DOP) Method

Basir Atarodi<sup>1\*</sup>, Hamid Reza Zabihi<sup>2</sup> and Mehdi Zangiabdi<sup>3</sup>

|  |  |
|--|--|
| Submitted: 9 May 2021<br>Revised: 1 November 2021<br>Accepted: 22 January 2022<br>Available Online: 23 November 2021 | <b>How to cite this article:</b><br>Atarodi B., Zabihi, H.R., and Zangiabdi, M. 2022. Evaluation of Nutritional Status of Saffron ( <i>Crocus Sativus L.</i> ) in South Khorasan Province by "Deviation from Optimum Percentage" (DOP) Method. <i>Saffron Agronomy &amp; Technology</i> , 10(2): 117-127.<br>DOI: 10.22048/jsat.2022.315828.1443 |
|--|--|

### Abstract

Balanced nutrition is one of the most important management practices to increase the quantity and quality of agricultural products such as saffron. Optimal fertilizer application and balance between nutrients are very important; achieving them requires a proper assessment of plant needs. Because the leaf is the main and most important tissue of plant metabolism so decomposition of its nutrients and interpretation of the results according to standard methods can provide complete information about the nutritional status of the plant, and can also be used to determine the order of nutrient requirements and fertilizer priority of the fields. In the present study, in order to investigate the nutritional status of saffron in South Khorasan province, leaf samples were collected from 23 farms and analysed for determining the macro and micronutrients concentration. Using nutrients concentration in high yielding fields, reference concentration ( $C_{ref}$ ) was obtained for N, P and K nutrients 2.94, 0.25 and 1.22 percent respectively. As well as Fe, Mn, Zn and Cu  $C_{ref}$  was 215.17, 27.21, 21.30 and 7.27 mg/kg respectively. After obtaining the reference concentration, the DOP value was calculated and based on that, the order of nutrient requirements was determined. The results showed that the absolute value of DOP for all nutrients studied was more than zero, in the other words, there was a nutritional imbalance in all fields. In more than 95% of cases, the nutritional imbalance was due to nutrient deficiencies, although in a few cases, the nutritional imbalance was also related to the excess of nutrients. Based on the indices of deviation from optimum percentage, among macronutrients potassium in 70% of the studied farms and among the micronutrients, manganese in 60%, and iron in 30% of the farms, had highest negative indices. Overall and based on the results of this study, it can be recommended that in saffron farms of South Khorasan province, the use of fertilizers containing potassium, iron and manganese should be given priority.

**Keywords:** DOP method, Fertilizer, Nutrients order of plant requirement, Nutrition

1 - Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Khorasan-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

2- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Khorasan-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

3 - Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Khorasan-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

(\*.- Corresponding author: Email: B.atarodi@areeo.ac.ir)

## مقاله پژوهشی

# ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای زعفران (*Crocus sativus* L.) در استان خراسان جنوبی با روش "انحراف از درصد بهینه" (DOP)

بصیر عطاردی<sup>۱\*</sup>، حمید رضا ذبیحی<sup>۱</sup> و مهدی زنگی آبادی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۹ مرداد ۱۴۰۰

تاریخ بازنگری: ۱۰ آبان ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۹ اسفند ۱۴۰۰

عطاردی، ب.، ذبیحی، ح.ر. و زنگی آبادی، م. ۱۴۰۱. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای زعفران (*Crocus sativus* L.) در استان خراسان جنوبی با روش "انحراف از درصد بهینه" (DOP). زراعت و فناوری زعفران، ۱۰(۲): ۱۱۷-۱۲۷.

## چکیده

تغذیه متعادل شرط اصلی افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی از جمله زعفران می‌باشد. مصرف بهینه کود و رعایت تعادل و تناسب بین عناصر غذایی اهمیت زیادی داشته که لازمه دستیابی به آن، ارزیابی صحیح تعیین نیاز گیاه می‌باشد. تجزیه گیاهی یکی از مناسب‌ترین روش‌های ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. با توجه به اینکه برگ اصلی‌ترین و مهم‌ترین محل متابولیسم گیاه می‌باشد تجزیه عناصر غذایی موجود در برگ و تفسیر نتایج آن بر اساس روش‌های استاندارد، می‌تواند اطلاعات کاملی از وضعیت تغذیه گیاه فراهم آورده، به منظور تعیین ترتیب نیاز عناصر غذایی و اولویت کوددهی مزارع مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهش حاضر، به منظور بررسی وضعیت تغذیه‌ای زعفران در استان خراسان جنوبی، در هفته اول بهمن ماه نمونه‌های برگ از ۲۳ مزرعه جمع‌آوری و غلظت عناصر پرمصرف (نیترژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) در آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از غلظت عناصر غذایی در برگ مزارع با عملکرد نسبی بالا، غلظت استاندارد (مرجع) برای عناصر نیترژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۲/۹۴، ۰/۲۵ و ۱/۲۲ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۲۱۵/۱۷، ۲۷/۲۱، ۲۱/۳۰ و ۷/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. بعد از به دست آوردن غلظت مرجع، مقدار DOP محاسبه گردید و بر اساس آن ترتیب نیاز عناصر غذایی تعیین گردید. محاسبات مربوط به شاخص انحراف از درصد بهینه نشان داد که قدر مطلق DOP برای تمام عناصر غذایی مورد مطالعه بیشتر از صفر بوده، به عبارتی مشکل عدم تعادل تغذیه‌ای در تمامی مزارع وجود داشت. در بیش از ۹۵ درصد موارد، عدم تعادل تغذیه‌ای ناشی از کمبود عناصر غذایی و در موارد معدودی، به بیش بود عناصر مرتبط بود. بر اساس شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۷۰ درصد مزارع مورد بررسی و در بین عناصر کم‌مصرف، عنصر منگنز در ۶۰ درصد، و آهن در ۳۰ درصد از مزارع، دارای منفی‌ترین میزان شاخص (بیش‌ترین میزان کمبود) بود. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان توصیه کرد که در مزارع زعفران استان خراسان جنوبی، مصرف کودهای حاوی پتاسیم، آهن و منگنز باید در اولویت مصرف قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** ترتیب نیاز عناصر غذایی، تغذیه، روش DOP، کود

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

\*- نویسنده مسئول: [B.atarodi@areeo.ac.ir](mailto:B.atarodi@areeo.ac.ir)

## مقدمه

زعفران اقتصادی‌ترین محصول کشاورزی و گران‌بهاترین ادویه جهان محسوب می‌شود. برخی مناطق آب و هوایی در زمینه تولید برخی محصولات کشاورزی از مزیت نسبی قابل توجهی برخوردارند. مشکلات ویژه‌ای مانند کمبود و پراکنش نامناسب بارش‌ها، حاصلخیزی ضعیف خاک‌ها و فقر مواد غذایی از جمله موضوعاتی هستند که رشد کشاورزی در استان‌هایی مثل خراسان جنوبی را با محدودیت‌های جدی مواجه نموده است. در بین گیاهان زراعی، زعفران با خصوصیات منحصر به فرد خود توانسته مسائلی و محدودیت‌های ذکر شده را به خوبی تحمل نماید (Mollafilabi et al., 2013). با این وجود، تغذیه بهینه گیاه شرط اصلی افزایش کمی 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 تعیین نیاز گیاه می‌باشد.

روش‌های مختلفی از جمله بررسی‌های علایم کمبود، آزمون خاک و تجزیه برگ می‌تواند برای تعیین نیاز گیاه به عناصر غذایی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه برگ اصلی‌ترین و مهم‌ترین محل متابولیسم گیاه می‌باشد تجزیه برگ و تفسیر نتایج آن بر اساس روش‌های استاندارد، می‌تواند اطلاعات خوبی از وضعیت تغذیه گیاه فراهم آورده و برای توصیه کودی مناسب مورد استفاده قرار گیرد (Ghoreyshi et al., 2017). برای تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی برگ گیاهان روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های غلظت بحرانی یا دامنه کفایت عناصر غذایی اشاره کرد. این روش‌ها علیرغم اینکه برای سالیان تقریباً طولانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی

دارای معایب و اشکالاتی نیز می‌باشند. از جمله ایراداتی که به این روش‌ها وارد می‌شود این است که اعداد و ارقامی که در این روش‌ها استفاده می‌شوند حاصل آزمایشات تک فاکتوری و غالباً تحت شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی یا گلخانه‌ای بدست می‌آیند. همچنین در این روش‌ها تنها غلظت تک تک عناصر مد نظر قرار می‌گیرد و تعادل این عناصر غذایی لحاظ نمی‌گردد (Caldwell et al., 1994). این در حالی است که رشد گیاه علاوه بر غلظت یک عنصر، به تعادل غلظتی آن عنصر با سایر عناصر غذایی نیز وابسته است. از اینرو و با عنایت به مشکلات و ایرادهای این روش‌ها، روش‌هایی نظیر روش انحراف از درصد بهینه (DOP<sup>۱</sup>) مورد توجه قرار گرفته است. در روش انحراف از درصد بهینه، به جای استفاده از غلظت مطلق عناصر غذایی از روابط میان غلظت عنصر و غلظت مرجع ( $C_{ref}$ ) آن استفاده می‌شود (Ghoreyshi et al., 2017). برای بدست آوردن میزان انحراف از درصد بهینه، ابتدا باید با روش‌های آماری، مزارع با عملکرد بالا مشخص گردیده، میانگین غلظت عنصر مورد مطالعه در این مزارع بعنوان غلظت (مقدار) مرجع تعیین گردد. مقدار قدرمطلق شاخص DOP، شدت خروج از وضعیت تعادل تغذیه‌ای گیاه را نشان می‌دهد به طوری که شاخص DOP منفی، بیانگر محدودیت و یا کمبود عنصر غذایی، شاخص DOP مثبت، نشان دهنده زیاد بودن عنصر غذایی و شاخص DOP صفر، بیانگر وضعیت تعادل عنصر غذایی مورد بررسی، نسبت به غلظت مرجع آن عنصر می‌باشد. در حال حاضر، روش DOP به عنوان یکی از به‌روزترین روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگ به کار می‌رود که با استفاده از آن، اولویت یا ترتیب نیاز عناصر غذایی گیاه

1- Deviation from optimum percentage

۲ - Reference concentration

(et al., 2014).

با عنایت به اینکه اطلاعات کافی در خصوص حد بهینه عناصر غذایی و وضعیت تغذیه‌ای زعفران در ایران منتشر نشده، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی، تشخیص کمبود و تعیین ترتیب نیاز عناصر غذایی در این محصول، با استفاده از شاخص DOP انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور تعیین وضعیت تغذیه‌ای زعفران در استان خراسان جنوبی با استفاده از روش انحراف از درصد بهینه (DOP) ابتدا مناطق مهم زعفران کاری بر اساس سطح زیر کشت تعیین گردید. در پژوهش حاضر، ۲۳ مزرعه زعفران از مناطق عمده کشت این محصول در شهرستان‌های بیرجند، فردوس، قائن و سرایان به منظور ایجاد بانک اطلاعاتی انتخاب شد. در هر شهرستان، مزارع زعفران به گونه‌ای انتخاب شدند که نماینده کل مزارع منطقه باشند و سن مزارع انتخاب شده یکسان (۴ سال) باشد. مزارع ۴ ساله به این جهت انتخاب شدند که زعفران در حدود سال‌های چهارم و پنجم در اوج دوره گلدهی می‌باشد (Ranjbar et al., 2015). در انتخاب این مزارع، سعی شد که مزارعی با دامنه عملکرد متفاوت (عملکرد کم تا زیاد - ۶ تا ۲۷ کیلوگرم کلاله در هکتار) پوشش داده شوند. بر اساس پرسش‌نامه‌هایی که توسط کشاورزان تکمیل شده بود - و حاوی اطلاعاتی نظیر میزان عملکرد، منبع آب (قنات یا چاه)، روش آبیاری، مدار آبیاری، میزان مصرف کود دامی و غیره بود، میانگین عملکرد در مزارع مورد مطالعه، ۱۵/۴۱ کیلوگرم در هکتار (کلاله زعفران) به دست آمد که این میزان، به عنوان مرز تفکیک مزارع به دو گروه عملکردی در نظر گرفته شد. از این مزارع، مزارع با مدیریت مناسب و دارای عملکرد بیشتر از

(NOPR) مشخص شده، می‌توان از آن با برنامه‌ریزی به منظور استفاده صحیح و بهینه از منابع خاک و کود بهره برد.

روش DOP برای تعیین حد بهینه عناصر غذایی برای برخی محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال، در بررسی وضعیت تغذیه‌ای پیاز در ۵۰ مزرعه در استان آذربایجان غربی با استفاده از روش DOP، گزارش گردید که در بین عناصر پرمصرف، کلسیم در ۷۲ درصد و پتاسیم در ۴۷ درصد مزارع و در بین عناصر کم مصرف، مس در ۴۷ درصد مزارع دارای منفی‌ترین شاخص بود (Feyzizadeh & Samadi, 2016). در این مطالعه، ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف به صورت  $Ca > K > P > Mg > N$  و برای عناصر کم مصرف به صورت  $Cu > Mn > B > Fe > Zn$  گزارش گردید. در مطالعه دیگری در استان زنجان، میانگین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ زعفران به ترتیب  $۰/۵۳$ ،  $۰/۵۴$  و  $۳/۰۹$  درصد و عناصر آهن، روی، مس و منگنز به ترتیب  $۶۸$ ،  $۴۸$ ،  $۲۸$  و  $۱۸۹$  میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش گردید (Amoon et al., 2013). در بررسی تعیین ویژگی‌های خاکی مؤثر بر عملکرد زعفران در منطقه قائنات، رنجبر و هم‌کاران (Ranjbar et al., 2015) گزارش کردند که PH، غلظت روی، جرم مخصوص ظاهری، غلظت آهن، پتاسیم، کربن آلی و پتاسیم مهم‌ترین خصوصیات تاثیرگذار بر عملکرد زعفران بوده، به طوری که بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام، این خصوصیات ۷۴ درصد از تغییرات عملکرد زعفران را توجیه نمودند. این محققین، غلظت آهن و روی در خاک را به عنوان مهم‌ترین عناصر غذایی مؤثر بر عملکرد زعفران در منطقه قائنات گزارش کردند. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش دیگری، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به همراه کود زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به تیمار شاهد گردید (Heydari

مزرعه خاص و  $C_{ref}$  میانگین غلظت آن عنصر در مزارع مرجع می‌باشد.

وضعیت تعادل تغذیه‌ای زعفران با توجه به مقدار DOP تعیین گردید، به طوری که شاخص DOP منفی، بیانگر محدودیت و یا کمبود عنصر غذایی، شاخص DOP مثبت، نشان دهنده زیاد بودن عنصر غذایی و شاخص DOP صفر، بیانگر وضعیت تعادل عنصر غذایی مورد بررسی، نسبت به غلظت مرجع آن عنصر می‌باشد. سپس، با در نظر گرفتن مقدار DOP به دست آمده، ترتیب نیاز عناصر غذایی و اولویت کوددهی مزارع مشخص گردید. محاسبات مربوطه، با نرم افزار اکسل (EXCEL, 2016) انجام شد.

### نتایج و بحث

#### الف) غلظت عناصر غذایی در برگ و غلظت‌های مرجع

کمترین، بیشترین، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات (CV) داده‌های مربوط به غلظت عناصر غذایی در برگ زعفران در مزارع مرجع و غیرمرجع در جدول ۱ آمده است.

بر اساس اطلاعات جدول ۱، ضریب تغییرات غلظت عناصر ریزمغذی (کم‌مصرف) در مقایسه با عناصر پرمصرف بیشتر بوده، به عبارتی می‌توان گفت که در مزارع زعفران، کودهای حاوی عناصر پرمصرف در مقایسه با عناصر کم‌مصرف به صورت همگن‌تر استفاده شده‌اند. همچنین این داده‌ها نشان می‌دهند که غلظت تمام عناصر مورد مطالعه، در برگ مزارع مرجع (مزارع دارای عملکرد بیش از ۱۵/۴۱ کیلوگرم کلاله در هکتار) بیشتر از مزارع غیرمرجع می‌باشد. این مطلب نشان می‌دهد که رابطه غلظت عنصر در برگ با میزان عملکرد، یک رابطه مستقیم بوده به عبارتی مصرف کود تأثیر مستقیم و مثبت بر افزایش کمی عملکرد داشته است. در این خصوص و بر اساس نتایج یک

میانگین (بیشتر از ۱۵/۴۱ کیلوگرم کلاله در هکتار) به عنوان مزارع مرجع<sup>۱</sup> در نظر گرفته شده، میانگین غلظت هر عنصر در این گروه از مزارع، به عنوان غلظت مرجع منظور گردید (Dadivar & Atarodi, 2020). بر این اساس، از ۲۳ مزرعه مورد بررسی، ۱۳ مزرعه به عنوان مزرعه مرجع و ۱۰ مزرعه به عنوان مزرعه غیرمرجع<sup>۲</sup> انتخاب گردید. سپس، در هر مزرعه در هفته اول بهمن ماه، یک نمونه مرکب برگ (شامل ۲۰ برگ، از برگ‌های کاملاً توسعه یافته) تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های برگ ابتدا با آب مقطر، سپس با محلول ۲۰ میلی‌مولار EDTA و مجدداً با آب مقطر شستشو داده شد تا آلودگی‌های احتمالی برطرف شود. نمونه‌ها به پاکت‌های کاغذی منتقل و در آون تهویه‌دار در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته نگهداری تا کاملاً خشک شدند. نمونه‌ها کاملاً آسیاب شده، سپس از روش هضم خشک<sup>۳</sup> برای تهیه عصاره استفاده گردید. غلظت نیتروژن (روش کجلدال)، فسفر (روش رنگ‌سنجی)، پتاسیم (روش نورسنجی شعله‌ای)، و آهن، منگنز، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer, 2380) اندازه‌گیری شد (Emami, 1996).

با استفاده از نتایج تجزیه برگ، برخی پارامترهای آماری، شامل کمترین، بیشترین، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌ها در هر دو گروه مزارع مرجع و غیرمرجع، محاسبه گردید. همچنین، برای تعیین شاخص DOP- که بصورت درصد انحراف غلظت یک عنصر غذایی (بر اساس درصد ماده خشک) در مقایسه با مقدار مرجع تعریف می‌شود - از معادله ذیل استفاده شد (Tadayonnejad et al., 2009; Ghoreyshi et al., 2017).

$$DOP = \frac{(C \times 100)}{C_{ref}} - 100$$

در این فرمول، C: غلظت عنصر غذایی مورد مطالعه در یک

پژوهش، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani., 2015) پتاسیم، فسفر و نیتروژن را به ترتیب، موثرترین عوامل تاثیرگذار بر عملکرد گل زعفران گزارش کردند.

جدول ۱- نتایج آنالیز عناصر غذایی برگ در مزارع مرجع و غیرمرجع  
Table 1- Results of leaf nutrient analysis in reference and non-reference fields

| عنصر<br>Element           | مزارع مرجع<br>Reference fields |                    |                    |                                    |  | مزارع غیرمرجع<br>Non-reference fields |                    |                    |                                    |  |       |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|--|-------|
|                           | کم-ترین<br>Minimum             | بیشترین<br>Maximum | میانگین<br>Average | انحراف معیار<br>Standard deviation | ضریب تغییرات<br>Coefficient of variation % | کمترین<br>Minimum                     | بیشترین<br>Maximum | میانگین<br>Average | انحراف معیار<br>Standard deviation | ضریب تغییرات<br>Coefficient of variation % |       |
| N (%)                     | نیتروژن                        | 2.68               | 3.30               | 2.94                               | 0.20                                       | 6.90                                  | 2.11               | 2.67               | 2.53                               | 0.19                                       | 7.40  |
| P (%)                     | فسفر                           | 0.22               | 0.30               | 0.25                               | 0.03                                       | 10.07                                 | 0.20               | 0.26               | 0.23                               | 0.03                                       | 10.93 |
| K (%)                     | پتاسیم                         | 1.07               | 1.34               | 1.22                               | 0.09                                       | 7.40                                  | 0.75               | 1.27               | 1.00                               | 0.18                                       | 17.58 |
| Fe (mg.kg <sup>-1</sup> ) | آهن                            | 133.00             | 287.00             | 215.17                             | 45.75                                      | 21.26                                 | 100.00             | 123.00             | 111.80                             | 61.74                                      | 55.22 |
| Mn (mg.kg <sup>-1</sup> ) | منگنز                          | 18.00              | 38.00              | 27.21                              | 5.81                                       | 21.34                                 | 8.34               | 22.00              | 13.67                              | 8.47                                       | 62.02 |
| Zn (mg.kg <sup>-1</sup> ) | روی                            | 14.23              | 29.11              | 21.30                              | 4.05                                       | 19.00                                 | 9.46               | 20.46              | 14.35                              | 5.07                                       | 35.29 |
| Cu (mg.kg <sup>-1</sup> ) | مس                             | 2.68               | 3.30               | 7.27                               | 0.77                                       | 10.59                                 | 5.00               | 7.49               | 6.43                               | 0.84                                       | 12.99 |

دارد. با توجه به اینکه مقدار منفی شاخص DOP نشان دهنده کمبود عنصر نسبت به ارقام مرجع و مقدار مثبت این شاخص بیانگر زیادی آن عنصر نسبت به ارقام مرجع می‌باشد داده‌های این پژوهش نشان می‌دهند که در بیش از ۹۵ درصد موارد، عدم تعادل تغذیه‌ای ناشی از کمبود عناصر غذایی بوده هر چند در موارد معدودی، عدم تعادل تغذیه‌ای در مزارع به بیش بود عناصر نیز مرتبط بود (جدول ۳).

بر اساس شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۷۰ درصد مزارع مورد بررسی دارای بیشترین شاخص منفی بود. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) در بررسی ارزیابی تاثیر خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک بر عملکرد زعفران، بیان کردند که پتاسیم خاک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر عملکرد زعفران بوده، رابطه پتاسیم قابل دسترس خاک و عملکرد زعفران را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند.

با در نظر گرفتن غلظت عناصر در مزارع دارای عملکرد بیشتر از میانگین عملکرد کل (مزارع دارای عملکرد بیشتر از ۱۵/۴۱ کیلوگرم کلاله در هکتار)، غلظت مرجع برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۲/۹۴، ۰/۲۵ و ۱/۲۲ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۲۱۵/۱۷، ۲۷/۲۱، ۲۱/۳۰ و ۷/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ۲).

در مطالعات مشابهی، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ زعفران به ترتیب ۲/۴، ۰/۱۴ و ۰/۸ درصد و روی، مس و منگنز ۱۵/۸، ۱۲/۴۹ و ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Rostami et al., 2019; Mykhailenko et al., 2021).

ب) تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی  
بر اساس داده‌های جدول ۳، قدر مطلق DOP برای تمام عناصر غذایی مورد مطالعه بیشتر از صفر می‌باشد.

به عبارتی مشکل عدم تعادل تغذیه‌ای در تمامی مزارع وجود

جدول ۲- مقادیر غلظت مرجع عناصر، در مزارع با عملکرد بالاتر از میانگین

Table 2- Reference concentrations of nutrients in fields with higher than average yields

| N      | P    | K      | Fe                  | Mn    | Zn    | Cu   |
|--------|------|--------|---------------------|-------|-------|------|
| نیترژن | فسفر | پتاسیم | آهن                 | منگنز | روی   | مس   |
| %      |      |        | mg.kg <sup>-1</sup> |       |       |      |
| 2.94   | 0.25 | 1.22   | 215.17              | 27.21 | 21.30 | 7.27 |

بسیاری از مزارع زعفران مشاهده گردد.

همچنین در بین عناصر کم‌مصرف، منگنز در ۶۰ درصد، و آهن در ۳۰ درصد از مزارع با عملکرد کم، دارای منفی‌ترین میزان شاخص (بیش‌ترین میزان کمبود) بود (جدول ۴). pH خاک و تهویه، مواد آلی خاک و برهمکنش منگنز با سایر یون‌ها در محلول خاک از جمله عوامل اصلی و تاثیرگذار بر جذب آن در گیاهان محسوب می‌شوند (Feyzizadeh & Samadi, 2016). در این راستا، بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2014) با اندازه‌گیری غلظت منگنز در خاک مزارع مختلف زعفران در استان خراسان جنوبی، حداکثر غلظت منگنز این مزارع را ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده، اظهار داشتند که این مقدار در مقایسه با حد بحرانی غلظت منگنز خاک (۴/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، بیانگر کمبود این عنصر در همه خاک‌های مورد بررسی می‌باشد.

در مطالعه مشابهی و در یک محدوده ۲۰۰۰۰ هکتاری، یزدانی‌نژاد و همکاران (Yazdani Nejad et al., 2016) با بررسی وضعیت منگنز خاک گزارش کردند که میانگین غلظت این عنصر ۳/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده که در مقایسه با حد بحرانی منگنز در خاک کم می‌باشد.

آهن یکی از عناصر کم‌مصرف بسیار مهم برای گیاهان محسوب می‌شود که کمبود آن باعث از بین رفتن کلروفیل، تخریب ساختمان کلروپلاست و در نهایت زرد برگی می‌گردد. با بررسی نتایج آنالیز ۵۰ هزار نمونه خاک - که در فاصله سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ توسط آزمایشگاه‌های بخش خاک و آب مراکز

ذبیحی و فیضی (Zabihi & Feyzi, 2014) طی یک پژوهش ۴ ساله به منظور بررسی تاثیر پتاسیم بر عملکرد گل زعفران مشاهده کردند که افزودن متناوب کود پتاسیمی در دوره چند ساله رشد می‌تواند اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد داشته باشد. آن‌ها گزارش کردند که پتاسیم نقش موثری در افزایش تحمل گیاه به شوری و گرما داشته است. در پژوهش مشابهی، به منظور ارزیابی تاثیر برخی روش‌های مدیریت تغذیه کودی بر توسعه و سازگاری کشت زعفران در مناطق خشک بیان گردیده که مصرف کودهای حاوی پتاسیم از طریق فعال نمودن مکانیسم‌های مقاومتی و کاهش اتلاف آب در گیاه زعفران موجب تعدیل تنش خشکی و افزایش وزن بانه زعفران در طی دو سال زراعی گردیده است (Gholami et al., 2019).

کارایی جذب عناصر غذایی مختلف از جمله پتاسیم، به دلیل دارا بودن ریشه‌های کوچک این گیاه، پائین بوده، از اینرو این گیاه به کود پتاسیمی بیشتری نیاز دارد تا نیاز پتاسیمی خود را مرتفع نماید. با این وجود، در کشور ما در بسیاری از موارد این تصور اشتباه وجود داشته که خاک‌های ایران به دلیل خشک بودن اقلیم و بافت رسی خاک‌ها نیاز چندانی به کود پتاسیمی ندارد. از طرف دیگر، در سال‌های اخیر توزیع کودهای پتاسیمی در کشور محدود گردیده، و به دلیل گرانی، اقبال کشاورزان به استفاده آن کم شده است (Malakouti Tehrani et al., 2012). علاوه بر این موارد، به دلیل انجام کشت‌های متوالی، مقدار برداشت پتاسیم از خاک بیشتر از سرعت آزادسازی این عنصر بوده، مجموع این عوامل باعث شده کمبود پتاسیم در

کمبود عناصر غذایی بوده هر چند در موارد معدودی، عدم تعادل به بیش بود عناصر نیز مرتبط بود.

غلظت مرجع در مزارع زعفران استان خراسان جنوبی برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۲/۹۴، ۰/۲۵ و ۱/۲۲ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۲۱۵/۱۷، ۲۷/۲۱، ۲۱/۳۰ و ۷/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. همچنین براساس شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۷۰ درصد مزارع مورد بررسی دارای بیش‌ترین شاخص منفی و در بین عناصر کم‌مصرف، منگنز در ۶۰ درصد، و آهن در ۳۰ درصد از مزارع با عملکرد کم، دارای منفی‌ترین میزان شاخص (بیش‌ترین میزان کمبود) بود.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان توصیه کرد که در مزارع زعفران استان خراسان جنوبی، مصرف کودهای حاوی پتاسیم، آهن و منگنز باید در اولویت مصرف قرار گیرد.

تحقیقاتی استان‌های مختلف کشور انجام شده - گزارش گردیده که ۴۰ درصد خاک‌های کشور دارای آهن کمتر از ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده، بنابراین دچار کمبود آهن می‌باشند (Shahbazi & Besharati, 2014).

نتایج یک مطالعه، در خصوص اثربخشی مصرف کود حاوی آهن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران نشان داد که مصرف کود آهن (نانو کلات آهن) تعداد گل، وزن گل و عملکرد کلاله را افزایش داد (Maleki Farahani & Aghighi Shahverdi, 2015).

### نتیجه‌گیری

داده‌های این پژوهش نشان داد که مشکل عدم تعادل تغذیه‌ای در تمامی مزارع زعفران استان خراسان جنوبی وجود داشت و در بیش از ۹۵ درصد موارد، عدم تعادل تغذیه‌ای ناشی از

جدول ۳- مقادیر غلظت، DOP و NOPR در مزارع با عملکرد کم

Table 3- Concentration, DOP, and the nutrients order of plant requirement in low-yielding farms

| شماره مزرعه<br>Field number | N<br>نیتروژن                    | P<br>فسفر<br>(%)  | K<br>پتاسیم | Fe<br>آهن | Mn<br>منگنز<br>mg.kg <sup>-1</sup> | Zn<br>روی | Cu<br>مس |        |
|-----------------------------|---------------------------------|---|-------------|-----------|------------------------------------|-----------|----------|--------|
| 1                           | غلظت<br>Concentration           | 2.11  | 0.21        | 0.87      | 120                                | 9.40      | 12.11    | 6.21   |
|                             | DOP*                            | -28.30  | -14.95      | -28.72    | -44.23                             | -65.45    | -43.15   | -14.58 |
|                             | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR* | Mn > Fe > Zn > K > N > P > Cu<br>منگنز < آهن < روی < پتاسیم < نیتروژن < فسفر < مس |             |           |                                    |           |          |        |
|                             | غلظت<br>Concentration           | 2.24  | 0.23        | 0.75      | 111                                | 12.80     | 13.62    | 6.13   |
| 2                           | DOP                             | -23.71  | -9.68       | -38.55    | -48.41                             | -52.96    | -36.06   | -15.68 |
|                             | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR  | Mn > Fe > K > Zn > N > Cu > P<br>منگنز < آهن < روی < پتاسیم < نیتروژن < فسفر < مس |             |           |                                    |           |          |        |
|                             | غلظت<br>Concentration           | 2.53  | 0.20        | 0.97      | 117                                | 11.00     | 11.13    | 6.14   |
|                             | DOP                             | -14.01  | -18.11      | -20.52    | -45.62                             | -59.57    | -47.75   | -15.54 |
| 3                           | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR  | Mn > Zn > Fe > K > P > Cu > N<br>منگنز < آهن < روی < پتاسیم < نیتروژن < فسفر < مس |             |           |                                    |           |          |        |
|                             | غلظت<br>Concentration           | 2.54  | 0.23        | 0.78      | 100                                | 11.89     | 9.46     | 6.37   |
|                             | DOP                             | -13.47  | -8.63       | -36.27    | -53.53                             | -56.30    | -55.59   | -12.38 |



| ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR |                                | Mn>Zn>Fe>K>N>Cu>P<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|--------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 5                              | غلظت<br>Concentration          | 2.58  | 0.21   | 1.27   | 108    | 15.00  | 17.61  | 6.14   |
|                                | DOP                            | -12.28  | -16.00 | 4.07   | -49.81 | -44.87 | -17.32 | -15.54 |
|                                | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR | Fe>Mn>Zn>P>Cu>N<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس   |        |        |        |        |        |        |
| 6                              | غلظت<br>Concentration          | 2.65  | 0.22   | 1.15   | 114    | 20.00  | 18.00  | 7.28   |
|                                | DOP                            | -9.90   | -12.42 | -5.34  | -47.02 | -26.50 | -15.49 | 0.14   |
|                                | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR | Fe>Mn>Zn>P>N>K<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس    |        |        |        |        |        |        |
| 7                              | غلظت<br>Concentration          | 2.66  | 0.25   | 1.27   | 104    | 11.22  | 13.14  | 6.80   |
|                                | DOP                            | -9.49   | -1.47  | 4.07   | -51.67 | -58.77 | -38.31 | -6.46  |
|                                | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR | Mn>Fe>Zn>N>Cu>P<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس   |        |        |        |        |        |        |
| 8                              | غلظت<br>Concentration          | 2.66  | 0.24   | 1.00   | 114    | 15.00  | 15.00  | 7.49   |
|                                | DOP                            | -9.49   | -5.89  | -18.13 | -47.02 | -44.87 | -29.58 | 3.03   |
|                                | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR | Fe>Mn>Zn>K>N>P<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس    |        |        |        |        |        |        |
| 9                              | غلظت<br>Concentration          | 2.67  | 0.26   | 0.89   | 107    | 8.34   | 20.46  | 6.71   |
|                                | DOP                            | -9.22   | 5.47   | -26.97 | -50.27 | -69.35 | -3.94  | -7.70  |
|                                | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR | Mn>Fe>K>N>Cu>Zn<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس   |        |        |        |        |        |        |
| 10                             | غلظت<br>Concentration          | 2.67  | 0.26   | 1.07   | 123    | 22.00  | 13.00  | 5.00   |
|                                | DOP                            | -9.08   | 3.37   | -12.70 | -42.84 | -19.15 | -38.97 | -31.22 |
|                                | ترتیب نیاز عناصر غذایی<br>NOPR | Fe>Zn>Cu>Mn>K>N<br>منگنز< آهن< روی< پتاسیم< نیتروژن< فسفر< مس   |        |        |        |        |        |        |

\*DOP: Deviation from optimum percentage. روش انحراف از درصد بهینه.

\* NOPR: Nutrients order of plant requirement. نیاز عناصر غذایی گیاه.

## منابع

- Amoon, A., Hatima, G., and Arsham, R. 2013. Response of saffron (*Crocus sativus* L.) to organic animal manure application. *International Journal of Manures and Fertilizers* 2: 335-349.
- Behdani, M.A., Sayyari-Zaha, M.H., Alahrasani, A., and Nakhaei, A. 2014. The comparison of microelements (Mn, Fe, and Zn) and heavy metals (Co, Cr and Cd) in the soil of perennial farms of saffron (*Crocus sativus* L.) in southern Khorasan Province. *Journal of Agroecology* 6 (4): 891- 904. (In Persian with English Summary).
- Caldwell, J.O.N., Sumner, M.E., and Vavrina, C.S. 1994. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. *Horticulturae Science* 29: 1501-1504.
- Dadivar, M., and Atarodi, B. 2021. Investigation of nutritional status of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Khorasan Razavi province by "Deviation from optimum percentage" (DOP) method. *Journal of Water and Soil* 34 (6): 1299-1307. (In Persian with English Summary).

- Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Research Institute. Technical Issue, 982: 80-93. (In Persian).
- Feyzizadeh, M., and Samadi, A. 2016. Comparing of deviation from optimum percentage (DOP) method and diagnostic recommendation integrated system (DRIS) for nutritional balances of onion (*Allium cepa* L.) . Water and Soil Science 25 (2): 271-286. (In Persian with English Summary).
- Gholami, M., Kafi, M., Khazaie, H.R., and Abarghouei, H. 2019. Study the effects of some fertilizer and irrigation managements in adaptation and development of saffron cultivation in arid regions. Journal of Saffron Agronomy and Technology 7 (2): 207- 225. (In Persian with English Summary).
- Ghoreyshi, S.J., Sepehr, E., and Samadi, A. 2017. Evaluation nutritional status of watermelon (*Citrullus vulgaris*) by deviation from optimum percentage (DOP) method in Poldasht, west Azerbaijan. Applied Soil Research 5 (2): 40-51. (In Persian with English Summary).
- Heydari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S. 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. Journal of Saffron Agronomy and Technology 2 (3): 177-189. (In Persian with English Summary).
- Malakouti, M.J., Shahabi, A.A., and Bazargan, K. 2017. Potassium in Agriculture. Moballeghan Publication, Tehran. (In Persian).
- Maleki Farahani, S., and Aghighi Shahverdi, M. 2015. Evaluation the effect of nono-iron fertilizer in compare to iron chelate fertilizer on qualitative and quantitative yield of saffron. Journal of Crops Improvement 17 (1): 155-168. (In Persian).
- Mollafilab, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of plant density and corm weight on yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.) under soil, hydroponic and plastic tunnel cultivation. Journal of Saffron Agronomy and Technology 1 (2): 14-28. (In Persian with English Summary).
- Mykhailenko, O., Ivanauskas, L., Bezruk, I., Sidorenko, L., Lesyk, R., and Georgiyants, V. 2021. Characterization of phytochemical components of crocus sativus leaves: A new attractive by-product. Scientia Pharmaceutica 89 (28): 2-17.
- Ranjbar, A., Emami, H., Karimi Karouyeh, A., and Khorassani, R. 2015. Determining the most important soil properties affecting the yield of saffron in the Ghayenat area. Journal of Water and Soil 29 (3): 673-682. (In Persian with English Summary).
- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Mollafilabi, A. 2015. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 3 (2): 188-203. (In Persian).
- Rostami, M., Talarposhti, R.M., Mohammadi, H., and Demyan, M.S. 2019. Morpho-physiological response of Saffron (*Crocus sativus* L.) to particle size and rates of zinc fertilizer. Communications in Soil Science and Plant Analysis 50: 1250-1257.
- Shahbazi, K., and Besharati, H. 2014. Overview of the fertility status of agricultural soils in Iran. Journal of Land Management 1 (1): 1-15. (In Persian).
- Tehrani M.M., Balali M.R., Moshiri F., and Daryashenas, A.M. 2012. Fertilizer recommendation and estimation in Iran, challenges, and solution. Soil Research (Soil and Water Sciences) 26 (2): 123-144. (In Persian).
- Yazdani Nejad, F., Torabi, H., and Davatgar, N. 2014. Mapping of available Fe, Zn, Cu, and Mn in soils of Southern Tehran lands by geostatistical and GIS techniques. Iranian Journal of Soil and Water Research 44 (4): 383-

395. (In Persian).

English Summary).

Zabihi, H., and Feyzi, H. 2014. Saffron response to different the rate to two kinds of potassium fertilizer. Journal of Saffron Agronomy and Technology 2 (3): 191-198. (In Persian with