Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Evaluation of sugarcane nutritional status by deviation from optimum percentage (DOP) method in Khuzestan province

Akbar Karimi [1]✉| Nematallah Zakavi[2]| Saeed Safirzadeh[3] | Hossein Noroozi[4]| Afshin Ariz [5]

1. Coressponding Author, Department of Agronomy, Khuzestan sugarcane research and training institute, Ahvaz, Iran. E-mail: akbar.karimi84@yahoo.com
2. Department of Agronomy, Khuzestan sugarcane research and training institute, Ahvaz, Iran. E-mail: zakvai1988@yahoo.com
3. Hakim Farabi Agro-Industry CO., Khuzestan, Iran. E-mail: s_safirzade@yahoo.com
4. Department of Agronomy, Khuzestan Sugarcane research and training institute, Ahvaz, Iran. E-mail: h.noroozi85@gmail.com
5. Mirza Kochuk Khan Agro-Industry CO., Khuzestan, Iran. E-mail: afshinariz@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Jan. 27, 2024

Revised: Feb. 13, 2024

Accepted: Feb. 19, 2024

Published online: May. 2024

Keywords:
Nutritional Balance,
Plant Analysis,
Yield,
Sugarcane.

ABSTRACT

Nutritional balance of crops is one of the most important factors which affect the quantitative and qualitative yield of crops. The method of deviation from optimum percentage (DOP) is one of the suitable methods in interpret the results of the nutrients analysis in crops, the nutrients requirements and the nutritional balance status in crops. The objective of this study was to evaluate the nutritional status of sugarcane by the DOP method in 25 plant fields, 72 first ratoon fields and 44 second ratoon fields in Hakim Farabi Agro-Industry Company, Khuzestan province. Leaf samples were collected from studied fields and concentration of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu) were measured. In order to interpret the nutrient concentration data and assess the nutritional status of sugarcane, the fields were divided into two groups with high and low yield. Then nutrient norms, nutrient DOP indices and nutritional balance index (∑DOP) were calculated. The results indicated that in the low-yield fields, K and P (as macronutrients) had more negative indices, as well as Fe and Zn (as micronutrients). Based on DOP indices, the order of crop nutrients requirement in low-yield fields were as K>P>Mg>Ca>N, K>P>N>Mg>Ca and P>K>N>Mg>Ca in plant, first ratoon and second ratoon, respectively. In general, fertilizer inappropriate management resulted to the imbalance of nutritional in sugarcane that it affect sugarcane yield. Therefore, balanced and optimal fertilization with integrated application of chemical, organic and biological fertilizers should be considered in sugarcane fields.

Cite this article: Karimi, A., Zakavi, N., Safirzadeh, S., Noroozi, H., & Ariz, A., (2024) Evaluation of sugarcane nutritional status by deviation from optimum percentage (DOP) method in Khuzestan province, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (3), 449-466. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371718.669657

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371718.669657

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۳ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر به‌روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در استان خوزستان

اکبر کریمی [✉۱] | نعمت‌الله زکوی [۲] | سعید صفیرزاده [۳] | حسین نوروزی [۴] | افشین آریز [۵]

۱. نویسنده مسئول، گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران، رایانامه: akbar.karimi84@yahoo.com
۲. گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران، رایانامه: zakvai1988@yahoo.com
۳. شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی، خوزستان، ایران، رایانامه: s_safirzade@yahoo.com
۴. گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران، رایانامه: h.noroozi85@gmail.com
۵. شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان، خوزستان، ایران، رایانامه: afshinariz@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰
تاریخ انتشار: خرداد ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
تعادل تغذیه‌ای،
آنالیز گیاه،
عملکرد،
نیشکر.

چکیده

تعادل تغذیه‌ای گیاه یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در عملکرد کمی و کیفی گیاهان است. روش انحراف از درصد بهینه (DOP) یکی از روش‌های مناسب در تفسیر نتایج آنالیز عناصر غذایی در گیاه، نیازهای عناصر غذایی و وضعیت تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌باشد. هدف از این مطالعه ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر با روش انحراف از درصد بهینه در ۲۵ مزرعه کشت جدید (پلنت)، ۷۲ مزرعه بازرویی (راتون) اول و ۴۴ مزرعه بازرویی دوم در کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی خوزستان بود. نمونه‌های برگ از مزارع مورد مطالعه جمع‌آوری شده و غلظت عناصر غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn) و مس (Cu) اندازه‌گیری شد. برای تفسیر داده‌های غلظت عناصر غذایی و ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر، مزارع به دو گروه با عملکرد زیاد و کم تقسیم شدند. سپس نُرم‌های عناصر غذایی، شاخص‌های DOP برای هر یک از عناصر غذایی و شاخص تعادل تغذیه‌ای ($\sum$DOP) محاسبه شد. نتایج نشان داد در همه مزارع با عملکرد کم، از میان عناصر غذایی پرمصرف، پتاسیم و فسفر و از میان عناصر کم‌مصرف، عناصر آهن و روی به‌ترتیب بیش‌ترین شاخص‌های منفی را داشتند. بر اساس شاخص‌های DOP اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی پرمصرف در مزارع با عملکرد کم کشت جدید، K>P>Mg>Ca>N. در مزارع بازرویی اول K>P>N>Mg>Ca و در مزارع بازرویی دوم P>K>N>Mg>Ca بود. به‌طور کلی شاخص تعادل تغذیه‌ای محاسبه شده برای مزارع نیشکر با عملکرد کم، نشان‌دهنده عدم تعادل عناصر غذایی در نیشکر و کوددهی نامتعادل در این مزارع می‌باشد. بنابراین نیاز است در مزارع نیشکر کوددهی متعادل و بهینه با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی مورد توجه قرار گیرد.

استناد: کریمی؛ اکبر، زکوی؛ نعمت الله، صفیرزاده؛ سعید، نوروزی؛ حسین، آریز؛ افشین، (۱۴۰۳) ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر به‌روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در استان خوزستان، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۳)، ۴۶۶-۴۴۹. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371718.669657

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.371718.669657

مقدمه

تغذیه گیاه به‌عنوان یک عامل بسیار مؤثر در عملکرد گیاه، تابعی از اثرات متقابل عناصر غذایی می‌باشد. با استفاده از آنالیز برگ، بررسی وضعیت عناصر غذایی آن و تفسیر صحیح و دقیق نتایج، اطلاعات بسیار خوبی از وضعیت تغذیه‌ای گیاه به‌دست می‌آید (Guimaraes *et al*. 2015; Oliveira *et al*., 2019; de Lima Neto *et al*., 2022; Francis *et al*., 2023). بنابراین تعیین دقیق مقدار، ترتیب و اولویت نیاز عناصر غذایی هر گیاه نیازمند روش علمی مبتنی بر اندازه‌گیری و تفسیر صحیح است تا بتوان اختلالات تغذیه‌ای گیاه را شناسایی نمود (Romheld, 2012; da Silva *et al*., 2021; da Silva *et al*., 2022). روش رایج در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه، مقایسه غلظت‌های عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های گیاهی با اعداد مرجع غلظت‌های بحرانی یا دامنه‌های کفایت، مربوط به گیاه مورد نظر می‌باشد. در این روش، تنها به غلظت تک‌تک عناصر تاکید می‌گردد و تعادل تغذیه‌ای مورد توجه قرار نمی‌گیرد (de Mello Prado and Rozane, 2020). همچنین غلظت بحرانی یا دامنه کفایت عناصر غذایی اغلب در آزمایشات تک فاکتوری بوده و تحت شرایط کنترل شده در مناطقی دیگر تعیین شده‌اند. همچنین اعداد مرجع غلظت‌های بحرانی یا دامنه‌های کفایت، با توجه به نوع و ویژگی‌های خاک، مرحله رشد گیاه (کاهش غلظت عنصر غذایی در گیاه به‌دلیل اثر رقت در اثر افزایش رشد گیاه) و شرایط اقلیمی منطقه، در ارقام مختلف گیاهی متفاوت می‌باشند. بنابراین مبنای چندان مناسبی در تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گیاه و در نهایت ارائه توصیه کودی جهت رفع کمبود عناصر غذایی نمی‌باشند (Bendaly Labaied *et al*., 2018 Calheiros *et al*., 2018).

تعادل تغذیه‌ای در گیاهان با استفاده از مدل‌های جدید ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای، به‌صورت کمی در آمده است. یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه، روش انحراف از درصد بهینه (DOP[1]) می‌باشد. در این روش از روابط میان غلظت عنصر غذایی و مقدار استاندارد (اعداد مرجع) آن استفاده می‌شود. در این روش عدم تعادل عناصر در گیاه بررسی شده و یک ترتیب عدم تعادل، برای عناصر غذایی مختلف به‌دست می‌آید، که از جنبه مدیریت تغذیه گیاه بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Montanes *et al*., 1993; Laibarra *et al*., 2014; Martin *et al*., 2014). در این روش ترتیب عدم تعادل تغذیه‌ای برای هر یک از عناصر غذایی، با استفاده از محاسبه شاخص DOP بررسی می‌شود. این شاخص به‌صورت درصد انحراف غلظت یک عنصر از مقدار بهینه خود در گیاه (عدد مرجع) تعریف می‌شود و با محاسبه مجموع مقادیر مطلق (قدر مطلق مقادیر) شاخص‌های انحراف از درصد بهینه (∑DOP) هر یک از عناصر غذایی، می‌توان به انحراف از حالت تعادل تغذیه‌ای پی برد. (Pereira *et al*., 2011; Reig *et al*., 2018). در سال‌های اخیر استفاده از روش DOP برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان مختلف مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است (دادیور و عطاردی، ۱۳۹۹؛ عطاردی و همکاران، ۱۴۰۰؛ قادری و همکاران، ۱۴۰۲). قادری و همکاران (۱۴۰۲) با ارزیابی تعادل تغذیه‌ای چغندرقند با استفاده از روش‌های DOP و تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND[2]) در ۳۰ مزرعه استان کرمانشاه، گزارش کردند که کمبود عناصر غذایی منیزیم، نیتروژن، فسفر، آهن و روی از عناصر غذایی از عوامل تغذیه‌ای محدوده کننده عملکرد مزارع چغندرقند بودند. نتایج آن‌ها نشان داد روش DOP نسبت به روش CND در تشخیص اختلالات تغذیه‌ای چغندرقند برتری داشت و پیشنهاد نمودند از این روش در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای چغندرقند استفاده شود. da Silva *et al*., (2021) با انجام مطالعه‌ای در برزیل وضعیت تغذیه‌ای واریته‌های مختلف (۳۷ واریته) نیشکر کشت جدید (پلنت[3]) و بازرویی (راتون[4]) اول را بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که روش‌های مرسوم مانند حد بحرانی و دامنه کفایت، کارایی چندانی در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر ندارند و محدوده گسترده‌ای از سطوح بهینه عناصر غذایی در نیشکر با حد بحرانی بسیار بالا ارائه می‌دهند و کمبود عناصر غذایی را حتی در شرایط عملکرد بالای نیشکر شناسایی نشان می‌دهند.

نیشکر (*Saccharum cinarum* L.) گیاهی چند ساله و یکی از گیاهان مهم زراعی و صنعتی می‌باشد که در سطح ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی با خاک‌های آهکی استان خوزستان کشت می‌شود. (Safirzafdeh *et al*., 2021). گیاه نیشکر با توجه به زیست‌توده‌ای که تولید می‌کند، نیاز زیادی به عناصر غذایی دارد و تغذیه بهینه یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد آن است (da Silva *et al*., 2020). با توجه به کشت درازمدت نیشکر در اراضی کشاورزی استان خوزستان و این‌که مصرف کودهای شیمیایی در مزارع نیشکر، بیش‌تر محدود به مصرف کودهای نیتروژن و فسفر می‌باشد، احتمال کمبود و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه افزایش می‌یابد که می‌تواند سبب کاهش عملکرد نیشکر شود. بنابراین آنالیز وضعیت عناصر غذایی در گیاه نیشکر و ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای آن با استفاده از مدل‌های مختلف

1. Deviation from optimum percentage
2. Compositional Nutrient Diagnosis
3. Plant
4. Ratoon

می‌تواند در شناسایی اختلالات تغذیه‌ای، اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی و تعیین محدوده بهینه آن‌ها در گیاه و همچنین تصمیم‌گیری صحیح در مدیریت کوددهی، بسیار مؤثر باشد.

در سال‌های اخیر از روش DOP برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان مختلف زراعی کشور استفاده شده است (قریشی و همکاران، ۱۳۹۶؛ شریف‌مند و همکاران، ۱۳۹۹؛ دادیور و عطاردی، ۱۳۹۹؛ عطاردی و همکاران، ۱۴۰۰؛ قادری و همکاران، ۱۴۰۲). اما تاکنون پژوهشی در زمینه ارزیابی وضعیت تعادل تغذیه‌ای نیشکر در کشور و استان خوزستان انجام نشده است. بنابراین این پژوهش به‌منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر به‌روش DOP، شناسایی عناصر غذایی محدود کننده در عملکرد نیشکر، در مزارع کشت جدید و بازرویی نیشکر استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی خوزستان (طول جغرافیایی 48° 36´ E و عرض جغرافیایی 30° 59´ N)، انجام شد. به‌منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر به روش انحراف از درصد بهینه (DOP)، بانک اطلاعاتی با استفاده از نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی برگ‌های کامل نیشکر تهیه گردید. با توجه به متفاوت بودن طول دوره رشد، پتانسیل عملکرد و نیازهای تغذیه‌ای نیشکر در سنین مختلف کشت جدید و بازرویی، در این پژوهش ۲۵ مزرعه کشت جدید، ۷۲ مزرعه بازرویی اول و ۴۴ مزرعه بازرویی دوم نیشکر واریته CP69-1062، که دارای شرایط نمونه‌برداری بودند انتخاب شدند و نمونه‌برداری از آن‌ها انجام شد. نمونه‌های گیاه در اوایل شهریور ماه (یعنی زمانی که غلظت عناصر غذایی در گیاه نسبتاً ثابت باقی‌می‌ماند) که مناسب‌ترین زمان نمونه برداری است، از برگ‌های کامل و سالم (لند و همکاران، ۲۰۰۳)، تهیه شد. جهت نمونه‌برداری خاک و برگ، در هر مزرعه ده نقطه انتخاب شد و در پایان یک نمونه مرکب برگ (تعداد ۴۰ برگ جوان و کامل) و یک نمونه مرکب خاک از هر مزرعه تهیه شد.

نمونه‌های خاک، هواخشک شده و مقداری از آن به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند سپس ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع (Rhoades, 1996)، مقدار کربن آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sommers, 1996)، اندازه‌گیری شد. غلظت فسفر قابل دسترس خاک به‌روش استخراج با بی‌کربنات سدیم (Olsen *et al*., 1954) عصاره‌گیری و غلظت آن به‌روش رنگ‌سنجی (Murphy and Riley, 1962) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Apel PD-303 UV)، اندازه‌گیری شد. غلظت پتاسیم قابل دسترس به‌روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (Helmke and Sparks, 1996) و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Corning 410) و غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) به‌روش عصاره‌گیری با DTPA و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Perkin Elemer- AAnalyst 200) اندازه‌گیری شد (Lindsay and Norvell, 1978).

به‌منظور حذف ذرات خاک، ابتدا نمونه‌های برگ با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از هواخشک نمودن برگ‌ها، نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند. سپس نمونه‌ها با آسیاب برقی به‌منظور تهیه نمونه یکنواخت آسیاب شده و جهت انجام آنالیزهای آزمایشگاهی آماده شدند. عصاره‌گیری به‌منظور اندازه‌گیری غلظت نیتروژن، به‌روش هضم تر و با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ انجام شد. از روش خاکسترگیری و هضم خشک و استفاده از اسید کلریدریک جهت عصاره‌گیری عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس استفاده شد. پس از تهیه عصاره، غلظت نیتروژن به‌روش کجلدال، فسفر بـه‌روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، غلظت پتاسیم به‌روش نورسنجی شعله‌ای و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و عناصر غذایی کم مـصرف بـا اسـتفاده از دسـتگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Motsara, 2015).

در دوره برداشت نیشکر، عملکرد مزارع مورد مطالعه، به‌روش برداشت ماشینی با دروگر اندازه‌گیری و یادداشت شد. مزارع مورد مطالعه با استفاده از روش شارما و همکاران (۲۰۰۵) به دو گروه با عملکرد زیاد و عملکرد کم، تقسیم‌بندی شدند (روابط ۱ و ۲). مزارع با عملکرد زیاد، جهت تعیین نُرم‌های عناصر غذایی (اعداد مرجع)، استفاده شدند. معیار مورد استفاده برای تقسیم مزارع به دو گروه با عملکرد زیاد و کم، میانگین عملکرد و انحراف معیار (SD) عملکرد مزارع مورد مطالعه بود:

رابطه ۱) مزارع با عملکرد زیاد ≤ (میانگین عملکرد + SD)

رابطه ۲) مزارع با عملکرد کم > (میانگین عملکرد + SD)

به‌منظور محاسبه نُرم‌های DOP، میانگین غلظت عناصر غذایی در مزارع با عملکرد زیاد محاسبه و اعداد محاسبه شده به عنوان

نُرم و مبنای مقایسه مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص‌های محاسبه شده، با استفاده از محاسبه اعداد مرجع، شاخص‌های DOP اولویت نیاز غذایی و شاخص‌های تعادل تغذیه‌ای (∑DOP) در مزارع با عملکرد کم تعیین شدند. از میان شاخص‌های DOP، شاخص‌های منفی نشان‌دهنده کمبود، شاخص‌های مثبت نشان‌دهنده بیش‌بود و شاخص‌های با عدد صفر نشان‌دهنده حالت تعادل عنصر غذایی مورد نظر، در مزارع با عملکرد کم می‌باشد. به‌عبارت دیگر هر چه قدر مطلق شاخص‌های DOP بزرگ‌تر باشد، عدم تعادل عنصر غذایی (کمبود یا بیش‌بود) شدیدتر می‌باشد.

میانگین غلظت هر عنصر غذایی در نمونه‌های مزارع با عملکرد زیاد به‌عنوان عدد مرجع برای محاسبه شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) استفاده شد. شاخص DOP برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع نیشکر، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

رابطه ۳) $$DOP = [(C\times100)/C_{ref}]-100$$

در این رابطه C غلظت عناصر غذایی در نمونه برگ مزارع با عملکرد کم و C_{ref} غلظت بهینه عنصر غذایی (اعداد مرجع) در برگ نیشکر می‌باشد. عنصر غذایی با کم‌ترین شاخص DOP نیاز بیش‌تری نسبت به سایر عناصر غذایی خواهد داشت. شاخص تعادل تغذیه‌ای (∑DOP) از مجموع شاخص‌های DOP بدون در نظر گرفتن علامت آن‌ها، با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

رابطه ۴) $$\sum DOP = |I_A| + |I_B|+\ldots+ |I_N|$$

که در این رابطه، ∑DOP مجموع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه و IA، I_B و I_N شاخص DOP، برای هر یک از عنصر غذایی است.

محاسبه شاخص‌های DOP و رسم نمودارها با استفاده از MS-Excel و آزمون همبستگی بین شاخص ∑DOP و عملکرد نیشکر با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24 در سطح احتمال یک درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی و وضعیت عناصر غذایی خاک مزارع مورد مطالعه

نشان داد در همه مزارع مورد مطالعه هدایت الکتریکی خاک بیش‌تر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. هم در مزارع کشت جدید و هم در مزارع بازرویی در گروه مزارع با عملکرد پایین، هدایت الکتریکی خاک بیش‌تر از مزارع با عملکرد بالا بود (جدول ۱ و ۲). با توجه به حساس بودن گیاه نیشکر به شوری و نتایج هدایت الکتریکی خاک در مزارع با عملکرد پایین، شوری خاک می‌تواند یکی از عوامل محدود کننده عملکرد نیشکر و ایجاد اختلالات تغذیه‌ای در مزارع با عملکرد پایین باشد. هم در مزارع کشت جدید و هم در مزارع بازرویی در مزارع با عملکرد بالا، کربن آلی خاک بیش‌تر از مزارع با عملکرد پایین بود (جدول ۱ و ۲). نتایج همچنین نشان داد کربن آلی خاک در مزارع بازرویی کم‌تر از مزارع کشت جدید بود که این می‌تواند به‌دلیل شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه و اکسیداسیون سریع کربن آلی خاک باشد. نتایج نشان داد بین مقدار نیتروژن کل خاک در مزارع با عملکرد بالا با مزارع با عملکرد پایین، اختلاف چندانی وجود نداشت. در حالی‌که در مزارع کشت جدید و بازرویی مورد مطالعه غلظت قابل دسترس فسفر، پتاسیم و عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک در گروه مزارع با عملکرد بالا، بیش‌تر از مزارع با عملکرد پایین بود. میانگین غلظت فسفر قابل دسترس خاک در مزارع کشت جدید و بازرویی با عملکرد بالا به‌ترتیب ۱۰/۴ و ۷/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، در حالی‌که این مقدار در مزارع با عملکرد پایین به‌ترتیب ۵/۸ و ۴/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این نتایج نشان دهنده تأثیر ویژگی‌های شیمیایی و فراهمی عناصر غذایی در خاک بر عملکرد نیشکر در مزارع مورد مطالعه می‌باشد.

گروه‌بندی مزارع با عملکرد زیاد و کم

به‌منظور تعیین نُرم‌ها و شاخص‌های DOP مزارع مورد مطالعه به دو گروه مزارع با عملکرد زیاد و کم تقسیم شدند. از ۲۵ مزرعه کشت جدید (پلنت)، ۵ مزرعه، در گروه مزارع با عملکرد زیاد و ۲۰ مزرعه در مزارع با عملکرد کم و از ۷۲ مزرعه مورد مطالعه بازرویی اول، ۱۵ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد زیاد و ۵۷ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد کم قرار گرفتند. همچنین از ۴۴ مزرعه بازرویی دوم، ۸ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد زیاد و ۳۶ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد کم قرار گرفتند. میانگین عملکرد در کل مزارع کشت جدید، بازرویی اول و بازرویی دوم به‌ترتیب ۷۹/۴، ۶۳/۹ و ۵۷/۱ تن در هکتار بود. هم در مزارع کشت جدید و هم در مزارع بازرویی اول و دوم، اختلاف بین عملکرد در مزارع با عملکرد زیاد و مزارع با عملکرد کم از نظر آماری ($P\leq$۰/۰۵) معنی‌دار بود. بنابراین تفکیک مزارع به دو گروه مزارع با عملکرد زیاد و مزارع با عملکرد کم، می‌تواند معیار مناسبی در برآورد نُرم‌های DOP در این پژوهش باشد. در انتخاب مزارع با عملکرد

زیاد، برای مزارع کشت جدید، بازرویی اول و بازرویی دوم به‌ترتیب عملکرد بیش‌تر از ۹۸/۶، ۷۷/۲ و ۶۷/۴ تن در هکتار در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد میانگین عملکرد نیشکر در مزارع با عملکرد زیاد کشت جدید، بازرویی اول و بازرویی دوم به‌ترتیب ۱۰۹/۵، ۸۳/۸ و ۷۱/۸ تن در هکتار بود.

جدول ۱. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع کشت جدید مورد مطالعه

مزرعه	دامنه تغییرات	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل ($g\ kg^{-1}$)	غلظت قابل دسترس عناصر غذایی ($mg\ kg^{-1}$)					
					فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
مزارع با عملکرد بالا	حداقل	۳/۱۰	۰/۵۶	۰/۶۰	۹/۲	۱۱۱/۰	۳/۲	۳/۶	۰/۵۸	۰/۸۶
	حداکثر	۳/۹۴	۰/۶۹	۰/۷۳	۱۲/۲	۱۶۱/۵	۳/۶	۴/۶	۰/۸۶	۱/۰۸
	میانگین	۳/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۵	۱۰/۴	۱۴۳/۱	۳/۹	۴/۱	۰/۷۲	۰/۹۸
	انحراف معیار	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۱/۴	۱۳/۵	۰/۷	۰/۴	۰/۱۰	۰/۱۰
مزارع با عملکرد پایین	حداقل	۳/۴۷	۰/۲۹	۰/۵۶	۴/۶	۷۷/۲	۱/۷	۲/۶	۰/۲۷	۰/۵۲
	حداکثر	۵/۴۹	۰/۷۴	۰/۷۰	۷/۱	۱۰۷/۰	۳/۱	۳/۷	۰/۴۷	۰/۹۲
	میانگین	۳/۴۷	۰/۵۵	۰/۶۶	۵/۸	۸۴/۹	۲/۵	۳/۴	۰/۴۲	۰/۷۴
	انحراف معیار	۰/۷۸	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۹۸	۱۸/۴	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۱۶

جدول ۲. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع بازرویی مورد مطالعه

مزرعه	دامنه تغییرات	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل ($g\ kg^{-1}$)	غلظت قابل دسترس عناصر غذایی ($mg\ kg^{-1}$)					
					فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
مزارع با عملکرد بالا	حداقل	۲/۶۷	۰/۴۹	۰/۴۴	۵/۵	۱۱۴/۰	۳/۶	۳/۸	۰/۵۸	۰/۸۴
	حداکثر	۳/۳۵	۰/۶۷	۰/۷۱	۱۰/۴	۱۵۴/۵	۴/۴	۴/۴	۰/۸۵	۱/۰۶
	میانگین	۲/۸۹	۰/۵۹	۰/۵۸	۷/۴	۱۳۲/۴	۴/۰	۴/۱	۰/۷۱	۰/۹۶
	انحراف معیار	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۱۲	۲/۰	۱۹/۰	۰/۳	۰/۳	۰/۰۹	۰/۰۹
مزارع با عملکرد پایین	حداقل	۲/۸۴	۰/۲۶	۰/۴۶	۳/۱	۷۲/۰	۲/۱	۲/۳	۰/۲۸	۰/۵۶
	حداکثر	۵/۳۲	۰/۶۱	۰/۷۷	۸/۴	۱۳۵/۰	۳/۴	۳/۶	۰/۴۶	۰/۹۴
	میانگین	۳/۹۴	۰/۴۳	۰/۶۴	۴/۶	۹۹/۰	۲/۴	۳/۱	۰/۴۱	۰/۷۲
	انحراف معیار	۰/۸۳	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۵۸	۱۰/۹	۰/۲۳	۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۱۳

نُرم‌ها و شاخص‌های انحراف از درصد بهینه (DOP)

خلاصه نتایج غلظت عناصر غذایی تجزیه برگ مزارع با عملکرد زیاد (مزارع مرجع) و عملکرد کم، در جداول ۱ تا ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد در مزارع کشت جدید و بازرویی اول میانگین غلظت پتاسیم و عناصر غذایی کم‌مصرف و در مزارع بازرویی دوم غلظت فسفر و پتاسیم و عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع با عملکرد زیاد بیش‌تر از غلظت این عناصر در مزارع با عملکرد کم بود. در مورد سایر عناصر غذایی اختلاف چندانی میان غلظت عناصر غذایی در مزارع با عملکرد زیاد و مزارع با عملکرد کم وجود نداشت (جدول ۱ تا ۵).

جدول ۳. میانگین ± انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد نیشکر در مزارع کشت جدید (پلنت)

متغیر	میانگین ± انحراف معیار (SD)		ضریب تغییرات (CV) (درصد)	
	مزارع با عملکرد زیاد (≥۹۸/۶ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد کم (<۹۸/۶ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد زیاد	مزارع با عملکرد کم
عملکرد نیشکر (تن در هکتار)	۱۰۹/۵ ± ۸/۴	۷۱/۸ ± ۱۲/۵	۷/۷	۱۷/۳
نیتروژن (درصد)	۱/۶۷ ± ۰/۱۲	۱/۶۵ ± ۰/۱۲	۷/۳	۷/۵
فسفر (درصد)	۰/۲۷ ± ۰/۰۱۳	۰/۲۶ ± ۰/۰۲۰	۴/۹	۸/۰
پتاسیم (درصد)	۱/۴۱ ± ۰/۰۹	۱/۰۷ ± ۰/۲۶	۶/۲	۲۴/۶
کلسیم (درصد)	۰/۶۵ ± ۰/۱۹	۰/۶۰ ± ۰/۱۹	۲۹/۱	۳۱/۳
منیزیم (درصد)	۰/۳۸ ± ۰/۱۰	۰/۳۸ ± ۰/۱۲	۲۶/۲	۳۲/۱
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۳۹/۲ ± ۱۲/۱	۱۲۵/۲ ± ۱۴/۸	۸/۷	۱۴/۸
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۰/۴۵ ± ۱/۷	۱۹/۷۲ ± ۲/۹	۸/۶	۱۵/۱
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۸/۳ ± ۱/۱۵	۱۶/۹ ± ۱/۰۴	۶/۳	۶/۲
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳/۸۳ ± ۰/۷۱	۳/۳۶ ± ۰/۹۵	۱۸/۴	۲۸/۳

جدول ٤. میانگین ± انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV)، غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد نیشکر در مزارع بازرویی (راتون) اول

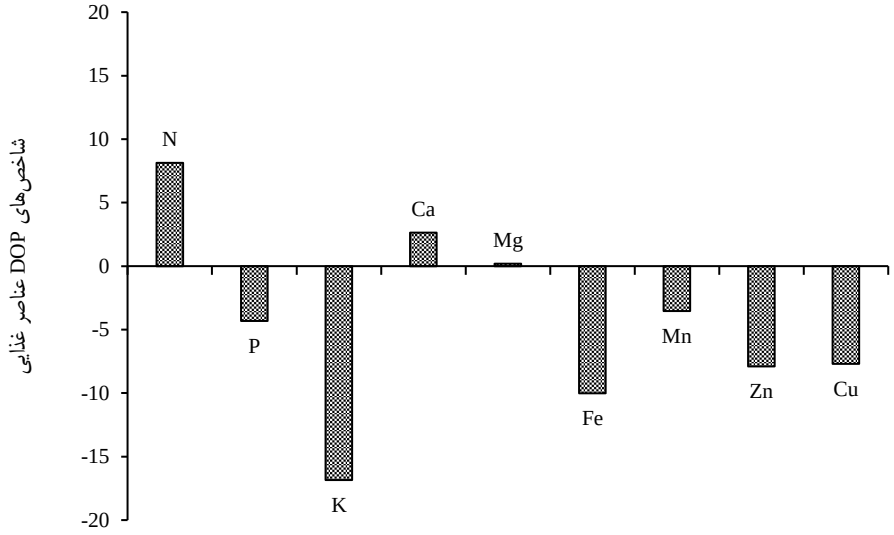
متغیر	میانگین ± انحراف معیار (SD)		ضریب تغییرات (CV) (درصد)	
	مزارع با عملکرد زیاد (≤۷۷/۲ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد کم (>۷۷/۲ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد زیاد	مزارع با عملکرد کم
عملکرد نیشکر (تن در هکتار)	۸۳/۸ ± ۵/۵	۵۸/۶ ± ۹/۱	۶/۵	۱۵/۷
نیتروژن (درصد)	۱/۸۰ ± ۰/۱۰	۱/۷۴ ± ۰/۱۱	۵/۷	۶/۳
فسفر (درصد)	۰/۲۶ ± ۰/۰۲	۰/۲۴ ± ۰/۰۲	۸/۶	۸/۲
پتاسیم (درصد)	۱/۴۴ ± ۰/۱۲	۱/۲۸ ± ۰/۱۹	۸/۱	۱۴/۵
کلسیم (درصد)	۰/۶۴ ± ۰/۰۷	۰/۶۴ ± ۰/۱۵	۱۱/۵	۲۳/۷
منیزیم (درصد)	۰/۴۱ ± ۰/۰۸	۰/۴۱ ± ۰/۱۱	۲۰/۳	۲۶/۵
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۴۰/۹ ± ۱۷/۱	۱۳۱/۷ ± ۱۸/۲	۱۲/۲	۱۳/۹
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۱/۹ ± ۱/۸	۲۰/۹ ± ۲/۴	۸/۱	۱۱/۷
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۶/۹ ± ۱/۵	۱۵/۴ ± ۱/۱	۹/۰	۷/۰
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴/۴۳ ± ۰/۷۴	۳/۸۰ ± ۰/۸۳	۱۶/۷	۲۱/۹

جدول ۵. میانگین ± انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد نیشکر در مزارع بازرویی (راتون) دوم

متغیر	میانگین ± انحراف معیار (SD)		ضریب تغییرات (CV) (درصد)	
	مزارع با عملکرد زیاد (≤٦٧/٤ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد کم (>٦٧/٤ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد زیاد	مزارع با عملکرد کم
عملکرد نیشکر (تن در هکتار)	۷۱/۸ ± ۵/۱	۵۳/۸ ± ۸/۰	۷/۱	۱۴/۹
نیتروژن (درصد)	۱/۷۷ ± ۰/۰۸	۱/۸۱ ± ۰/۰۶	۴/۷	۳/۵
فسفر (درصد)	۰/۲۶ ± ۰/۰۱۵	۰/۲۳ ± ۰/۰۲	۵/۸	۸/۸
پتاسیم (درصد)	۱/۴۰ ± ۰/۰۹	۱/۲۸ ± ۰/۱۲	۶/۵	۹/۲
کلسیم (درصد)	۰/۶۵ ± ۰/۰۸	۰/۶۸ ± ۰/۰۳	۱۲/۸	۳/۹
منیزیم (درصد)	۰/۴۰ ± ۰/۰۸	۰/۴۲ ± ۰/۰۲	۲۰/۱	۵/۱
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۴۶/۴ ± ۱۶/۶	۱۳۴/۰ ± ۱۲/۰	۱۱/۴	۹/۰
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۲/۰ ± ۲/۱	۲۱/۲ ± ۱/۳	۹/۷	۶/۳
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۶/۹ ± ۰/۸	۱۵/۶ ± ۰/۹	۴/۸	۶/۴
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴/۴۹ ± ۰/۹	۴/۰۲ ± ۰/۲۴	۱۹/۲	۵/۷

نتایج شاخص‌های DOP نشان داد در ۹۰ درصد مزارع کشت جدید مورد مطالعه، شاخص پتاسیم منفی بود (جدول ۶) و از میان عناصر پرمصرف، منفی‌ترین شاخص مربوط به پتاسیم بود (شکل ۱). در ۷۰ درصد مزارع کشت جدید مورد مطالعه، منفی‌ترین شاخص DOP مربوط به عنصر پتاسیم بود (جدول ۶). به‌طور میانگین شاخص DOP پتاسیم در مزارع کشت جدید، معادل ۱۶/۸- بود (شکل ۱)، که این نتایج نشان‌دهنده کمبود بسیار شدید پتاسیم در این مزارع است. نتایج همچنین نشان داد در ۳۵ درصد از مزارع کشت جدید با عملکرد کم، از میان عناصر غذایی پرمصرف، شاخص DOP فسفر دومین شاخص منفی بود و از نظر کمبود در اولویت دوم قرار داشت. در ۹۰ درصد مزارع کشت جدید با عملکرد کم، شاخص نیتروژن مثبت بود (جدول ۶). در ۵۰ درصد مزارع کشت جدید با عملکرد کم، شاخص DOP نیتروژن، مثبت‌ترین شاخص و در ۲۵ درصد مزارع کلسیم مثبت‌ترین شاخص بود (جدول ۴). به‌طور میانگین، بر اساس نتایج شاخص‌های DOP اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی پرمصرف در مزارع کشت جدید با عملکرد کم، بدین‌ترتیب بود: K>P>Mg>Ca>N (جدول ۶ و شکل ۱).

بررسی شاخص‌های DOP عناصر غذایی کم‌مصرف نشان داد شاخص DOP عناصر غذایی آهن، منگنز، روی و مس به‌ترتیب در ۸۰، ۷۰، ۹۰ و ۶۵ درصد مزارع کشت جدید با عملکرد کم، منفی بود (جدول ۴). به‌طور میانگین شاخص DOP تمامی عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) در مزارع کشت جدید با عملکرد کم منفی بود که این نتایج نشان دهنده کمبود این عناصر غذایی در این مزارع است (شکل ۱). بر اساس نتایج شاخص‌های DOP، به‌طور میانگین اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع کشت جدید با عملکرد کم بدین‌ترتیب بود: Fe>Zn>Cu>Mn (جدول ۶ و شکل ۱).



شکل ۱- میانگین شاخص‌های DOP عناصر غذایی در گیاه نیشکر در مزارع کشت جدید

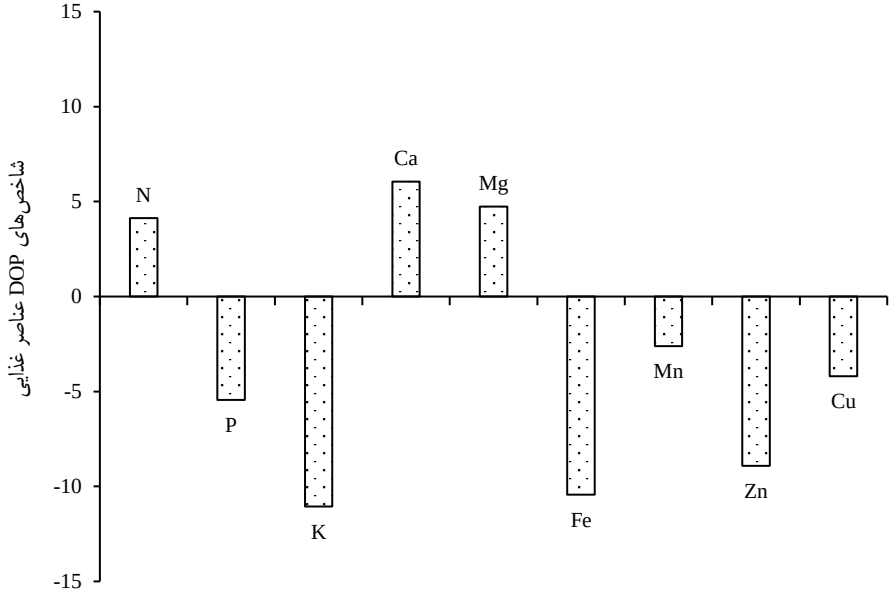
جدول ٦. شاخص‌های DOP، عملکرد، شاخص تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی در مزارع کشت جدید (پلنت) با عملکرد کم

شماره مزرعه	عملکرد (ton ha^{-1})	شاخص‌های DOP										∑DOP	اولویت نیاز عناصر غذایی	
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu			پرمصرف	کم‌مصرف
N01-11	۸۲/۱	۴/۸	-۴/۱	-۲۸/۸	-۱۲/۴	-۱۰/۸	-۱۱/۷	-۱/۲	-۶/۷	۵/۶		۸۶/۲	K>Ca>Mg>P>N	Fe>Zn>Mn>Cu
N02-26	۸۲/۱	۱۲/۰	۳/۴	-۲۷/۴	-۱۶/۱	-۱۸/۹	-۳/۴	-۴/۹	-۴/۵	-۱۸/۷		۱۰۹/۳	K>Mg>Ca>P>N	Cu>Mn>Zn>Fe
N03-10	۷۱/۵	۱۰/۲	۷/۱	۲۰/۴	-۳۴/۶	-۳۷/۳	-۱۴/۷	-۱۱/۳	-۴/۶	۱۲/۶		۱۵۲/۹	Ca>Mg>P>N>K	Fe>Mn>Zn>Cu
N03-32	۹۲/۷	۱۲/۶	۱/۵	-۲۰/۷	-۱۹/۸	-۲۸/۶	-۹/۳	-۱۰/۷	-۵/۹	-۱/۷		۱۱۰/۸	Mg>K>Ca>P>N	Mn>Fe>Zn>Cu
N04-15	۵۶/۲	۰/۶	۱/۵	-۲۸/۵	۲۷/۰	۴۵/۸	۶/۳	-۱۶/۵	-۹/۷	-۱۸/۰		۱۵۳/۹	K>N>P>Ca>Mg	Cu>Mn>Zn>Fe
S01-24	۸۳/۷	۳/۳	-۰/۴	-۱/۶	۵۱/۶	۲۰/۳	-۱/۱	-۷/۶	-۷/۱	-۱۶/۷		۱۰۹/۶	K>P>N>Mg>Ca	Cu>Mn>Zn>Fe
S03-02	۸۳/۱	۱۱/۱	-۶/۰	-۹/۴	-۲۹/۴	-۳۸/۶	-۹/۳	۱۱/۳	-۸/۱	۴۰/۶		۱۶۳/۷	Mg>Ca>K>P>N	Zn>Fe>Mn>Cu
S03-30	۵۲/۳	-۱۵/۵	-۲/۳	-۲۵/۶	-۱۸/۶	-۱۹/۲	-۲/۳	۱۶/۰	-۱۵/۶	-۳۰/۴		۱۴۵/۵	K>Mg>Ca>N>P	Cu>Zn>Fe>Mn
S04-30	۷۸/۷	۱۸/۳	-۰/۴	-۱۸/۶	-۱۱/۵	-۱۷/۹	-۱۱/۲	-۴/۱	-۱/۶	۲۶/۳		۱۰۹/۹	K>Mg>Ca>P>N	Fe>Mn>Zn>Cu
S05-26	۶۶/۵	۱۵/۰	-۴/۱	-۱۸/۲	-۲۴/۱	-۲۷/۹	-۸/۷	-۱۲/۱	-۱۰/۰	-۴۲/۲		۱۶۲/۳	Mg>K>Ca>P>N	Cu>Mn>Zn>Fe
S07-23	۶۲/۸	۲۳/۳	-۴/۱	-۲۸/۱	-۷/۲	-۱۳/۰	-۹/۵	۸/۲	-۱۰/۰	-۷/۶		۱۱۱/۰	K>Mg>Ca>P>N	Zn>Fe>Cu>Mn
S08-17	۷۹/۶	۴/۲	-۰/۴	-۱۳/۹	-۲۵/۰	-۲۸/۶	۱/۰	-۱۱/۳	-۴/۵	۲۳/۰		۱۱۲/۰	Mg>Ca>K>P>N	Mn>Zn>Fe>Cu
S08-27	۶۲/۸	۸/۴	-۱۵/۴	۱۴/۴	۵۴/۷	۴۷/۶	-۲۰/۴	۲۷/۸	-۲۲/۰	-۳۱/۱		۲۴۱/۷	P>N>K>Mg>Ca	Cu>Zn>Fe>Mn
S09-28	۶۰/۰	۱۴/۱	-۲۲/۹	-۲۵/۳	۳/۹	۱/۸	-۱۷/۱	-۴/۱	-۹/۴	-۳۳/۰		۱۳۱/۶	K>P>Mg>Ca>N	Cu>Fe>Zn>Mn
S11-01	۷۳/۶	۱۳/۸	-۱۳/۵	-۲۳/۹	۲۶/۷	۲۵/۴	۱/۹	-۲۰/۶	-۹/۲	-۵/۷		۱۴۰/۷	K>P>N>Mg>Ca	Mn>Zn>Cu>Fe
S11-22	۵۵/۷	۶/۹	-۱۹/۲	-۳۱/۳	۴۹/۱	۷۴/۳	۲/۵	۲۱/۱	-۱۰/۰	-۱۰/۹		۲۲۵/۲	K>P>N>Ca>Mg	Cu>Zn>Fe>Mn
S03-27	۵۸/۷	۱۰/۲	-۰/۴	-۲۲/۵	۱۳/۷	۱۳/۹	-۲۳/۶	-۳۳/۱	-۱۴/۳	-۳۳/۷		۱۶۵/۴	K>P>N>Ca>Mg	Cu>Mn>Fe>Zn
S07-24	۸۸/۷	۵/۱	-۰/۴	-۱۲/۵	۱۸/۴	۱۴/۴	-۲۵/۳	-۶/۰	۱/۸	۲/۲		۸۶/۰	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Mn>Zn>Cu
S09-24	۸۸/۷	-۱۰/۵	-۲/۳	-۷/۲	۳۰/۴	۲۹/۳	-۳۵/۹	۰/۶	۳/۱	۲۷/۶		۱۴۷/۰	N>K>P>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
S10-20	۶۱/۶	۱۵/۰	-۴/۱	-۲۸/۱	-۲۴/۱	-۲۷/۹	-۸/۷	-۱۲/۱	-۱۰/۰	-۴۲/۲		۱۷۲/۲	K>P>Ca>Mg>N	Cu>Mn>Fe=Zn

نتایج شاخص‌های DOP عناصر غذایی در مزارع بازرویی اول نشان داد در ۸۰/۷ درصد مزارع شاخص پتاسیم و در ۷۵/۴ درصد مزارع شاخص فسفر منفی بود. از میان عناصر پرمصرف، در ۵۷/۸ درصد مزارع، منفی‌ترین شاخص مربوط به پتاسیم بود و در ۱۴/۰ درصد از این مزارع، منفی‌ترین شاخص مربوط به فسفر بود. همچنین در ۲۸/۰ درصد مزارع بازرویی اول با عملکرد کم، فسفر دومین شاخص منفی بود و از نظر کمبود در رده دوم قرار داشت (جدول ۷). نتایج همچنین نشان داد شاخص DOP نیتروژن در ۷۵/۴ درصد مزارع بازرویی اول با عملکرد کم و شاخص DOP کلسیم در ۶۴/۹ درصد این مزارع مثبت بود (جدول ۷). این نتایج نشان‌دهنده عدم تعادل عناصر غذایی پرمصرف در این مزارع می‌باشد. بر اساس نتایج شاخص‌های DOP به‌طور میانگین، اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی پرمصرف در مزارع بازرویی اول با عملکرد کم، بدین‌ترتیب بود: K>P>N>Mg>Ca (جدول ۷ و شکل ۲).

جدول ۷. شاخص‌های DOP، عملکرد، شاخص تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی در مزارع بازرویی اول با عملکرد کم

شماره مزرعه	عملکرد	شاخص‌های DOP										∑DOP	اولویت نیاز عناصر غذایی	
	(ton ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu			پرمصرف	کم‌مصرف
N02-08	۶۶/۰۱	۳/۴	−۱/۸	−۵/۵	−۱۵/۸	−۷/۶	−۹/۶	۳/۴	−۱۳/۰	۰/۸	۶۰/۹	Ca>Mg>K>P>N	Zn>Fe>Mn>Cu
N03-13	۶۶/۰۱۴	۹/۹	۰/۲	−۱۴/۶	۲/۶	−۱/۸	۱۴/۴	−۲/۲	−۹/۴	−۴/۸	۵۹/۸	K>Mg>P>Ca>N	Zn>Cu>Mn>Fe
N03-26	۷۲/۸۶۰	۳/۱	−۷/۸	−۶/۶	۲۹/۵	۱۹/۸	−۵/۷	۷/۱	−۷/۲	−۲۱/۴	۱۰۸/۲	P>K>N>Mg>Ca	Cu>Zn>Fe>Mn
N04-04	۷۲/۱۷۰	−۴/۲	−۱/۸	−۵/۹	۲۸/۸	۲۰/۱	−۱/۳	−۹/۵	−۹/۶	۲۷/۳	۱۰۸/۴	K>P>N>Mg>Ca	Zn>Mn>Fe>Cu
S01-05	۴۲/۷۶۰	۱۲/۳	−۵/۸	−۲۴/۴	−۵/۲	−۳/۷	−۲۴/۶	۲/۵	−۱۱/۵	−۱۰/۰	۱۰۰/۱	K>P>Mg>Ca>N	Fe>Zn>Cu>Mn
S03-06	۵۶/۰۶۰	۳/۱	۰/۲	−۱۱/۵	−۱۳/۹	−۱۱/۱	−۱۷/۷	−۴/۸	−۱۰/۴	۲۰/۱	۹۲/۹	Ca>K>Mg>P>N	Fe>Zn>Mn>Cu
S03-25	۵۳/۳۵۰	۱۸/۳	−۹/۸	−۱۱/۱	−۲۱/۷	−۲۵/۳	۴/۹	۷/۲	−۴/۵	−۲۲/۷	۱۲۵/۵	Mg>Ca>K>P>N	Cu>Zn>Fe>Mn
S04-04	۴۲/۵۵۰	۸/۰	−۵/۸	−۱۸/۸	۶۳/۱	۵۰/۳	−۳۱/۷	−۹/۲	−۱۳/۱	−۱۳/۷	۲۱۳/۷	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Cu>Mn>Zn
S04-31	۶۴/۱۲۰	۳/۴	−۱۹/۸	۵/۳	۱۲/۹	۱۰/۶	−۳۸/۳	−۸/۸	−۱۱/۶	−۱/۳	۱۱۱/۹	P>N>K>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
S05-15	۶۷/۲۱۰	۱/۲	−۵/۸	−۱۵/۷	۲/۶	−۱۲/۴	−۳۷/۳	−۲۰/۳	−۱۴/۱	−۴/۸	۱۱۴/۱	K>Mg>P>N>Ca	Fe>Mn>Zn>Cu
S06-18	۴۸/۱۸۷	۸/۰	−۳۷/۰	۶/۲	۵۷/۸	۴۲/۲	۸/۳	−۱۶/۳	−۷/۸	۱۳/۸	۱۹۷/۴	K>P>N>Mg>Ca	Mn>Zn>Fe>Cu
S07-32	۶۱/۵۹۰	۳/۶	۰/۲	−۶/۲	۱۵/۱	۱۵/۶	−۰/۵	−۷/۶	−۱۰/۷	۱/۹	۶۱/۳	K>P>N>Mg>Ca	Zn>Mn>Fe>Cu
S08-28	۴۹/۱۴۰	۰/۴	−۹/۸	−۲۴/۱	۲/۰	۳۴/۳	−۳۳/۰	۰/۰	−۷/۷	−۷/۶	۱۱۸/۷	K>P>Ca>N>Mg	Fe>Zn>Cu>Mn
S09-22	۶۰/۰۰۰	۱۱/۲	−۷/۸	−۱/۷	−۱۴/۶	−۱۹/۲	۵/۵	۱۵/۵	−۱۱/۰	۳/۱	۸۹/۶	Mg>Ca>P>K>N	Zn>Fe>Cu>Mn
S10-08	۴۰/۲۲۰	۷/۴	−۱۷/۸	−۲۰/۲	−۱۲/۷	۵۱/۷	−۲۳/۳	−۲/۶	−۱۳/۲	−۱۵/۰	۱۶۴/۰	K>P>Ca>N>Mg	Fe>Cu>Zn>Mn
S11-10	۵۱/۸۴۰	۷/۴	−۷/۸	−۲۳/۰	۶۳/۸	۵۰/۴	−۲۶/۴	−۹/۷	−۱۲/۵	−۳/۲	۲۰۴/۲	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
S11-30	۵۷/۳۱۰	۱۹/۹	۲/۲	−۲۴/۱	−۱۳/۳	−۸/۲	−۱۵/۷	۷/۹	−۱۲/۴	۱۱/۵	۱۱۵/۲	K>Mg>Ca>P>N	Fe>Zn>Mn>Cu
S12-05	۵۸/۷۵۰	۹/۹	−۹/۸	−۱۳/۹	۲/۹	−۰/۸	−۱۵/۶	۵/۶	−۱۲/۱	−۷/۲	۷۷/۸	K>P>Mg>Ca>N	Fe>Zn>Cu>Mn
S12-08	۶۰/۰۱۰	−۲/۹	۶/۲	۷/۴	۲۰/۳	۱۴/۶	−۳۰/۸	−۹/۸	−۸/۷	۰/۳	۱۰۱/۱	N>P>K>Mg>Ca	Fe>Mn>Zn>Cu
S12-21	۵۴/۹۳۵	۷/۴	−۱۷/۸	−۶/۶	−۱۲/۷	۱/۱	−۵/۵	۷/۴	−۵۰/۲	−۵۰/۲	۱۰۶/۳	P>Ca>K>Mg>N	Cu>Zn>Fe>Mn
S12-22	۴۴/۱۱۰	۱۱/۲	−۱۳/۸	−۲۰/۲	۳۰/۶	۱۴/۶	−۲۱/۱	−۷/۱	−۱۱/۳	−۳۶/۲	۱۶۶/۲	K>P>N>Mg>Ca	Cu>Fe>Zn>Mn
S03-05	۵۸/۲۵	۷/۴	۲/۲	−۲۰/۹	۱۱/۹	۸/۲	۲/۸	−۱/۶	−۱۱/۲	−۰/۸	۶۷/۰	K>P>N>Mg>Ca	Zn>Mn>Cu>Fe
S03-08	۴۸/۲۷۷	۳/۴	−۱۹/۸	−۱۵/۷	۱۲/۹	−۱۰/۹	−۳۸/۳	−۸/۸	−۱۱/۶	−۳/۷	۱۲۵/۰	P>K>Mg>Ca>N	Fe>Zn>Mn>Cu
S03-28	۶۰/۵۱۳	۱۳/۱	۶/۲	−۱۸/۱	۸/۲	۰/۸	۹/۸	−۰/۷	−۹/۵	۳۷/۳	۱۰۳/۷	K>Ca>P>Mg>N	Zn>Mn>Fe>Cu
S05-24	۶۸/۱۹۰	۰/۱	−۵/۸	۵/۰	۴۹/۳	۷/۵	−۳/۴	−۰/۴	−۷/۸	۰/۷	۸۰/۱	P>N>Ca>K>Mg	Zn>Fe>Mn>Cu
S06-15	۵۹/۲۵۰	۳/۹	۸/۲	۱۲/۳	۱۲/۲	−۳/۱	۰/۲	۷/۱	−۱۱/۰	−۷/۰	۶۵/۰	Mg>N>P>K>Ca	Zn>Cu>Fe>Mn
S07-18	۴۵/۹۰۸	−۳/۴	−۱۱/۸	۱۳/۷	۵۶/۵	۲۸/۳	−۲۶/۲	۱۶/۹	−۱۳/۳	۱/۴	۱۷۱/۶	P>N>Ca>K>Mg	Fe>Zn>Cu>Mn
S07-25	۵۳/۶۷۰	۱۲/۶	−۱۵/۸	−۱۶/۰	۶/۶	۴/۰	−۱۹/۶	۱۹/۵	−۱۳/۰	−۱۷/۳	۱۲۴/۵	K>P>Mg>Ca>N	Fe>Cu>Zn>Mn
S09-02	۶۳/۲۳۰	۱۰/۴	−۷/۸	−۳/۱	۳/۲	−۱/۱	۷/۲	۱۴/۲	−۱۰/۷	۶/۸	۶۴/۶	P>K>Mg>Ca>N	Zn>Cu>Fe>Mn
S09-17	۵۳/۵۴۳	−۵/۶	−۹/۸	۵/۳	−۲۳/۰	−۱۳/۷	−۸/۷	۳/۸	−۱۴/۴	−۸/۹	۹۳/۲	Ca>Mg>P>N>K	Zn>Cu>Fe>Mn
S10-10	۶۲/۱۵۰	−۳/۴	−۹/۸	−۲۴/۴	−۱۶/۷	−۰/۵	۳/۶	۰/۳	−۱۲/۴	−۶/۶	۷۷/۸	K>Ca>P>N>Mg	Zn>Cu>Mn>Fe
S10-12	۶۰/۳۴۰	−۳/۲	−۳/۸	۲/۵	−۳۶/۷	−۲۰/۱	−۹/۴	−۱۱/۸	−۸/۶	−۸/۹	۱۰۵/۰	K>P>Mg>N>Ca	Mn>Fe>Cu>Zn
S10-29	۶۰/۹۷۰	−۵/۱	−۱۶/۴	−۳/۱	۲/۹	۳/۰	۳/۲	−۱۰/۸	−۱۹/۸	۲۲/۸	۸۶/۲	K>N>P>Ca>Mg	Zn>Mn>Fe>Cu
S11-05	۶۴/۰۴۰	۶/۱	۲/۲	−۳/۱	−۱۵/۵	−۲/۴	−۱۴/۰	−۱۷/۰	−۱۲/۵	−۷/۱	۷۹/۹	Ca>K>Mg>P>N	Fe>Mn>Zn>Cu
S11-07	۶۹/۴۰۰	۳/۱	۰/۲	۱۲/۰	−۱۸/۳	−۱۳/۷	−۰/۱	−۰/۶	−۱۰/۳	۱/۸	۶۰/۰	Ca>Mg>P>N>K	Zn>Mn>Fe>Cu
S11-17	۷۰/۶۳۰	−۴/۲	−۹/۸	۲/۵	۴۱/۷	۱۳/۰	۵/۵	−۱۰/۶	−۴/۳	۱۳/۸	۱۰۵/۵	P>N>K>Mg>Ca	Mn>Zn>Fe>Cu
S11-25	۵۴/۵۷۰	−۷/۸	−۵/۸	−۱۹/۳	−۳۵/۴	−۱۹/۲	−۱/۲	۴/۳	−۴/۳	۳/۱	۱۰۰/۳	Ca>K>Mg>N>P	Zn>Fe>Cu>Mn
S12-02	۵۷/۴۶۰	۹/۳	−۷/۸	−۳۶/۷	−۱۵/۲	−۱/۴	−۱۶/۲	−۱۷/۴	−۶/۹	−۲۷/۸	۱۳۸/۹	K>Mg>Ca>P>N	Cu>Mn>Fe>Zn
S12-03	۵۳/۹۷۰	−۴/۰	−۳/۸	−۳۹/۱	−۱۱/۷	−۱۱/۸	−۴/۹	−۱۵/۲	۰/۲	−۳/۷	۹۴/۵	K>Mg>Ca>P>N	Mn>Fe>Cu>Zn
S12-25	۴۰/۵۵۰	۳/۴	−۹/۸	−۳۹/۱	۲۹/۴	۱۴/۶	−۲۵/۳	−۲/۱	−۱۹/۲	−۸/۷	۱۵۱/۶	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Zn>Cu>Mn
N01-11	۵۷/۶۵۰	−۰/۲	−۷/۶	−۱۳/۶	۱۳/۳	۵/۷	−۱۳/۲	−۷/۱	−۴/۷	−۷/۵	۷۳/۰	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Cu>Mn>Zn
N02-26	۶۰/۷۰	−۰/۲	−۴/۰	−۱۲/۲	۷/۸	۴/۶	−۱۰/۹	−۷/۳	۳/۰	−۱۲/۱	۶۲/۲	K>P>N>Mg>Ca	Cu>Fe>Mn>Zn
N03-10	۴۶/۲۸۰	۵/۶	−۹/۴	−۲۱/۹	۰/۶	۰/۲	−۱۶/۰	−۱۳/۰	−۲/۶	−۵/۸	۷۵/۲	K>P>Mg>Ca>N	Fe>Mn>Cu>Zn
N03-32	۶۸/۶۲۰	۶/۸	−۲/۲	۱/۹	۱/۲	۳/۹	۰/۸	۱/۱	−۳/۸	−۱/۸	۲۳/۶	P>Ca>K>Mg>N	Zn>Cu>Mn>Fe
S03-02	۶۸/۶۹۰	۲/۷	−۴/۰	−۷/۴	۱/۵	−۱/۱	−۶/۱	−۱۰/۹	−۷/۷	−۸/۱	۴۹/۵	K>P>Mg>Ca>N	Mn>Cu>Zn>Fe
S03-30	۷۰/۹۸۰	۳/۹	۱/۴	−۱/۶	−۱/۷	۳/۵	−۲/۷	۰/۵	−۵/۱	−۱۲/۱	۳۲/۵	Ca>P>K>Mg>N	Cu>Zn>Fe>Mn
S04-30	۶۷/۳۳۰	−۰/۸	−۹/۴	۲/۳	۴/۶	۸/۰	−۱۰/۸	۷/۰	−۶/۱	−۴/۵	۵۳/۴	P>N>Ca>K>Mg	Fe>Zn>Cu>Mn
S05-26	۴۸/۹۵۰	۳/۹	−۵/۸	−۲۱/۲	−۱/۷	۴/۶	−۸/۰	۱۱/۶	−۱۳/۷	−۹/۲	۷۹/۹	K>P>Mg>Ca>N	Cu>Zn>Fe>Mn
S07-23	۶۵/۷۲۰	۶/۲	−۴/۰	−۶/۷	۳/۸	۵/۷	−۱۲/۶	−۷/۸	۰/۵	۶/۲	۵۳/۵	K>P>Ca>Mg>N	Fe>Mn>Cu>Zn
S08-17	۴۶/۵۹۰	۱۰/۰	−۷/۶	−۲۲/۹	۲۲/۰	۱۳/۵	−۱۰/۱	−۱۵/۵	−۸/۰	−۶/۴	۱۱۶/۲	K>P>N>Mg>Ca	Mn>Fe>Zn>Cu
S08-27	۶۵/۶۰	۶/۲	−۷/۶	−۹/۵	۳/۱	۶/۹	−۱۳/۱	۷/۱	−۸/۰	−۴/۱	۶۵/۶	K>Ca>P>N>Mg	Fe>Zn>Cu>Mn
S11-22	۷۴/۳۳۰	۶/۸	۳/۳	۲/۳	−۱۴/۴	−۱۳/۲	۳/۰	۱/۷	−۷/۹	۳/۳	۵۵/۸	Ca>Mg>K>P>N	Zn>Mn>Fe>Cu
S03-27	۶۴/۳۸۰	−۱/۱	−۹/۴	−۲/۲	۲/۲	۵/۷	−۱۴/۷	−۳/۷	−۱۴/۹	−۱۱/۰	۶۴/۹	P>K>N>Ca>Mg	Zn>Mn>Fe>Cu
S04-15	۷۸/۴۸۰	۵/۶	۱/۴	۳/۷	۱۰/۱	−۱۲/۷	۲/۹	۱/۴	−۷/۵	−۱۶/۷	۶۱/۹	Ca>P>K>N>Mg	Cu>Zn>Mn>Fe
S07-24	۵۲/۳۶۰	۷/۱	−۷/۶	−۱۷/۱	−۰/۱	۴/۹	−۱۳/۰	−۱۲/۳	−۷/۲	−۳/۵	۷۲/۸	K>P>Ca>Mg>N	Fe>Mn>Zn>Cu
S09-24	۵۵/۶۶۰	۱/۶	−۵/۸	−۱۵/۳	۰/۸	۵/۸	−۱۳/۵	−۷/۱	−۸/۰	−۴/۱	۶۲/۱	K>P>Ca>N>Mg	Fe>Zn>Mn>Cu
S10-20	۵۶/۲۸۰	−۷/۳	−۴/۰	−۱۵/۰	۷/۰	۶/۹	−۱۶/۴	−۱۲/۴	−۱۲/۵	−۵/۳	۸۶/۷	K>N>P>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu

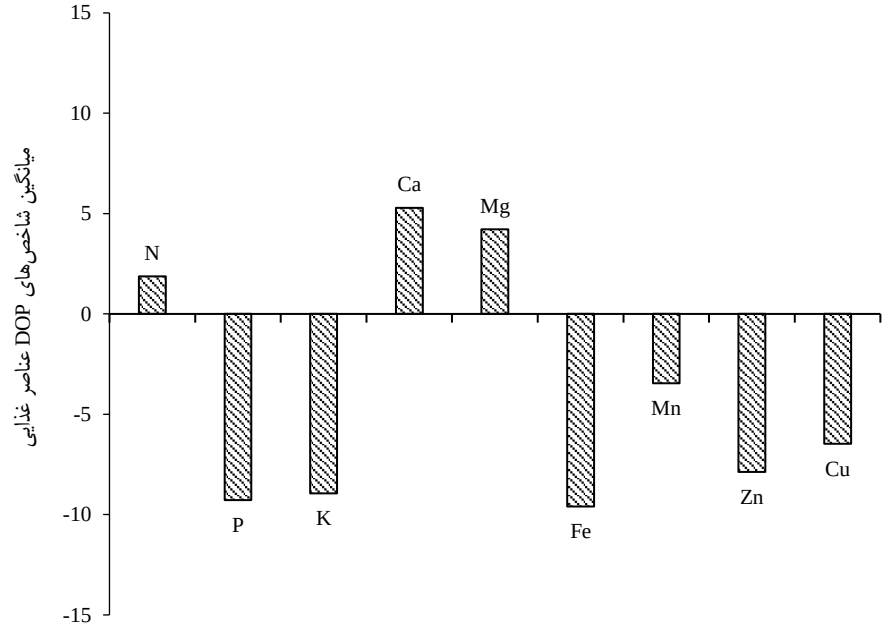


شکل ۲. میانگین شاخص‌های DOP عناصر غذایی در گیاه نیشکر در مزارع بازرویی اول

بررسی شاخص‌های DOP عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع بازرویی اول با عملکرد کم، نشان داد شاخص آهن در ۷۷/۲ درصد و شاخص روی در ۹۴/۷ درصد مزارع مورد بررسی، شاخص منگنز در ۶۱/۴ درصد مزارع و شاخص مس در ۷۵/۴ درصد از این مزارع منفی بود (جدول ۷). این نتایج نشان‌دهنده کمبود این عناصر به‌ویژه آهن و روی و عدم تعادل تغذیه‌ای عناصر غذایی کم‌مصرف در این مزارع می‌باشد. بر اساس نتایج شاخص‌های DOP عناصر غذایی کم‌مصرف در ۴۲/۱ درصد مزارع بازرویی اول، منفی‌ترین شاخص مربوط به عنصر آهن و در ۲۸/۰ درصد مزارع منفی‌ترین شاخص مربوط به عنصر روی بود. میانگین کلی شاخص DOP تمامی عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) در مزارع بازرویی اول با عملکرد کم، منفی بود که این نتایج نشان‌دهنده کمبود این عناصر غذایی به‌ویژه آهن و روی در این مزارع است (شکل ۲). به‌طور کلی اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع بازرویی اول با عملکرد کم بدین‌ترتیب بود: Fe>Zn>Cu>Mn (جدول ۷ و شکل ۲). Guimaraes *et al.* (2015) نیز با ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر در مزارع بازرویی اول در برزیل به‌روش DRIS، گزارش کردند از میان عناصر غذایی بیش‌ترین کمبود مربوط به عناصر غذایی پتاسیم (۸۷/۳۶ درصد)، فسفر (۸۱/۸۲ درصد)، روی (۸۱/۸۲ درصد) و مس (۶۲/۲۷ درصد) بود. از سوی دیگر بیش‌ترین بیش‌بود عناصر غذایی در نیشکر، مربوط به عناصر غذایی نیتروژن (۶۹/۰۹)، کلسیم (۶۰/۰ درصد) بود.

نتایج شاخص‌های DOP عناصر غذایی در مزارع بازرویی دوم نشان داد در ۸۰/۶ درصد مزارع شاخص فسفر و در ۷۷/۷ درصد مزارع شاخص پتاسیم منفی بود. از میان عناصر پرمصرف، در ۵۰/۰ درصد مزارع، منفی‌ترین شاخص مربوط به فسفر بود و در ۴۱/۷ درصد از این مزارع، منفی‌ترین شاخص مربوط به فسفر بود (جدول ۸). نتایج همچنین نشان داد شاخص DOP نیتروژن در ۷۷/۷ درصد مزارع بازرویی دوم با عملکرد کم و شاخص DOP کلسیم در ۸۸/۹ درصد این مزارع مثبت بود (جدول ۸). این نتایج نیز نشان‌دهنده عدم تعادل عناصر غذایی پرمصرف در این مزارع می‌باشد. بر اساس نتایج شاخص‌های DOP به‌طور میانگین، اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی پرمصرف در مزارع بازرویی دوم با عملکرد کم، بدین‌ترتیب بود: P>K>N>Mg>Ca (شکل ۳).

بررسی شاخص‌های DOP عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع بازرویی دوم با عملکرد کم، نشان داد شاخص آهن در ۸۰/۵ درصد، شاخص روی و مس در ۸۳/۳ درصد مزارع و شاخص منگنز در ۷۵/۰ درصد از این مزارع منفی بود (جدول ۸). نتایج نشان‌دهنده کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن و روی و عدم تعادل تغذیه‌ای عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع بازرویی دوم بود. میانگین کلی شاخص DOP تمامی عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) در مزارع بازرویی اول با عملکرد کم، منفی بود که این نتایج نشان‌دهنده کمبود این عناصر غذایی به‌ویژه آهن و روی در این مزارع است (شکل ۳). به‌طور کلی اولویت‌بندی نیاز عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع بازرویی دوم با عملکرد کم بدین‌ترتیب بود: Fe>Zn>Cu>Mn (جدول ۸ و شکل ۳).



شکل ۳. میانگین شاخص‌های DOP عناصر غذایی در گیاه نیشکر در مزارع بازرویی دوم

جدول ۸. شاخص‌های DOP، عملکرد، شاخص تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی در مزارع بازرویی دوم با عملکرد کم

شماره مزرعه	عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	شاخص‌های DOP									∑DOP	اولویت نیاز عناصر غذایی	
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu		پرمصرف	کم‌مصرف
N02-08	۴۷/۹۹۰	−۲/۶	−۱۰/۹	−۱۸/۲	۷/۳	۲/۱	−۹/۴	−۶/۱	−۹/۴	۴/۳	۷۰/۴	K>P>N>Ca>Mg	Zn=Fe>Mn>Cu
N02-20	۶۴/۴۹۰	۱/۶	۰/۷	۱/۱	−۱/۲	۱/۲	۰/۷	۹/۲	۰/۵	۲/۴	۱۸/۵	Ca>P>K>Mg>N	Zn>Fe>Mn>Cu
N03-13	۵۲/۲۱۰	۲/۱	−۳/۱	−۴/۶	۴/۲	۲/۲	−۵/۷	−۱/۱	−۹/۷	۰/۲	۳۳/۱	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
N03-26	۵۴/۸۸۰	۲/۴	−۵/۱	−۳/۹	۵/۱	۳/۹	۱/۷	−۰/۶	۰/۶	−۳/۷	۲۷/۲	P>K>N>Mg>Ca	Cu>Mn>Zn>Fe
S03-06	۴۲/۲۸۰	۶/۱	−۹/۰	−۲۰/۷	۸/۱	۸/۱	−۲۳/۷	−۵/۴	−۱۳/۹	−۴/۳	۹۹/۲	K>P>N>Ca=Mg	Fe>Zn>Mn>Cu
S03-25	۵۳/۶۶۰	−۳/۵	−۷/۰	−۱۳/۶	۵/۰	−۰/۹	−۱۷/۲	−۱۴/۱	−۱۲/۸	−۱۲/۱	۸۶/۲	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Mn>Zn>Cu
S04-04	۴۹/۵۲۰	۱۱/۴	−۱۲/۸	−۱۵/۷	۵/۸	−۳/۵	−۱۳/۵	−۴/۹	−۷/۷	−۸/۷	۸۴/۱	K>P>Mg>N>Ca	Fe>Cu>Zn>Mn
S04-31	۴۸/۴۹۰	۱/۶	−۱۲/۸	−۱۷/۱	−۱/۱	۳/۱	−۲۱/۴	−۱۳/۹	−۱۵/۵	−۱۱/۰	۹۷/۵	P>K>Mg>Ca>N	Fe>Zn>Mn>Cu
S05-15	۴۵/۳۱۰	−۳/۲	−۲۲/۵	−۱۷/۵	۲/۱	۵/۳	−۲۴/۹	−۷/۵	−۱۴/۰	−۸/۲	۱۰۵/۲	K>P>N>Ca>Mg	Fe>Zn>Cu>Mn
S07-27	۵۴/۷۴۰	−۵/۵	−۹/۰	−۱۳/۹	۶/۷	۵/۶	−۱۹/۹	−۱۰/۶	−۹/۳	−۱۵/۴	۹۵/۸	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Cu>Mn>Zn
S07-32	۵۵/۶۹۰	۱/۶	۲/۷	−۱۷/۹	۸/۲	۷/۲	−۶/۲	−۵/۲	−۱۰/۳	−۸/۳	۶۷/۵	K>N>P>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Zn
S09-04	۵۹/۲۷۰	−۲/۹	−۳/۱	−۴/۳	۴/۳	۶/۸	−۵/۰	−۳/۵	−۱۰/۳	−۰/۴	۳۱/۶	K>P>N>Mg>Ca	Fe>MnZn>Cu
S09-07	۶۵/۵۶۰	۱/۳	−۱۲/۸	۱/۱	۱۰/۴	۰/۶	۰/۴	۱/۴	۳/۳	۴/۶	۳۵/۹	P>Mg>N>K>Ca	Cu>Mn>Zn>Fe
S10-24	۶۵/۷۱۰	۵/۰	−۱۰/۹	۰/۴	۴/۹	۳/۸	۱/۵	۸/۰	۴/۵	۵/۷	۴۴/۵	P>K>Mg>Ca>N	Mn>Fe>Zn>Cu
S10-32	۴۶/۰۲۰	۴/۷	−۲۰/۶	−۱۸/۶	۹/۱	۹/۳	−۲۲/۵	−۴/۰	−۷/۶	−۱۰/۰	۱۰۶/۴	K>P>N>Ca>Mg	Fe>Zn>Cu>Mn
S11-04	۶۱/۳۸۰	۱/۰	−۱۰/۹	۰/۷	۵/۰	۵/۳	−۴/۵	−۴/۳	−۲/۵	−۰/۴	۳۴/۶	K>P>N>Ca>Mg	Fe>Mn>Zn>Cu
S11-10	۶۱/۱۳۰	۰/۲	−۱/۲	۲/۱	−۲/۰	۲/۰	۱/۴	۹/۴	۲/۵	۰/۷	۲۱/۵	Ca>P>N>Mg>K	Cu>Fe>Zn>Mn
S11-30	۵۴/۵۱۰	۳/۶	−۱۲/۸	−۱۲/۱	۷/۴	−۷/۰	−۱۵/۱	−۱۰/۶	−۱۴/۵	−۱۳/۲	۹۶/۴	P>K>Mg>N>Ca	Fe>Zn>Cu>Mn
S12-05	۵۳/۸۵۰	۳/۰	۲/۷	−۱۳/۶	۴/۰	۷/۴	−۱۹/۴	−۸/۶	−۱۱/۲	−۱۰/۴	۸۰/۳	P>K>N>Mg>Ca	Fe>Zn>Cu>Mn
S12-08	۵۴/۷۳۰	۱/۰	−۲۰/۶	−۱۰/۴	۱/۴	۰/۷	−۹/۰	−۲/۳	−۱۰/۰	−۹/۶	۶۵/۰	P>K>Mg>N>Ca	Fe>Zn>Cu>Mn
S12-21	۴۲/۴۵۰	۵/۰	−۱۶/۷	−۱۸/۶	۱۹/۷	۱۵/۵	−۲۰/۴	−۱۳/۴	−۱۳/۷	−۳/۷	۱۲۶/۷	K>P>N>Mg>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
S03-05	۴۵/۲۱۰	۱/۰	−۲۰/۶	−۱۷/۵	۸/۸	۱/۴	−۱۱/۲	−۲/۶	−۱۳/۶	−۱۱/۵	۸۸/۲	P>K>Ca>Mg>N	Zn>Fe>Cu>Mn
S03-28	۵۳/۶۲۰	−۳/۲	−۱۸/۶	−۱۳/۹	۲/۱	۱/۸	−۱۷/۱	−۸/۹	−۱۴/۰	−۸/۷	۸۸/۵	K>P>N>Mg>Ca	Zn>Fe>Mn>Cu
S06-15	۵۴/۸۹۰	۶/۹	−۵/۱	−۵/۷	−۲/۵	−۰/۹	−۶/۹	−۴/۹	−۱۱/۹	−۷/۱	۵۲/۰	K>P>Mg>Ca>N	Zn>Cu>Fe>Mn
S07-18	۶۰/۵۷۰	۵/۲	۰/۷	۱/۸	۷/۳	−۳/۹	۳/۲	۱/۱	−۲/۳	−۱۰/۰	۳۵/۵	K>P>N>Mg>Ca	Cu>Zn>Fe>Mn
S07-25	۴۸/۷۰۰	۱/۹	۴/۶	−۹/۳	۱/۵	−۰/۵	−۱۰/۳	−۲/۸	−۵/۱	−۷/۰	۴۳/۰	K>P>Mg>N>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
S09-02	۵۷/۳۳۰	۳/۸	−۱۴/۸	−۰/۴	۶/۵	۱۷/۹	−۸/۷	−۴/۱	−۹/۷	−۱۲/۱	۷۸/۱	P>K>N>Ca>Mg	Cu>Fe>Zn>Mn
S09-08	۶۶/۲۶۰	۶/۴	۰/۷	۴/۳	۷/۳	۳/۱	−۵/۵	−۱/۱	−۵/۰	−۲/۶	۳۶/۰	P>Mg>K>N>Ca	Fe>Zn>Mn>Cu
S09-17	۵۴/۰۴۰	۳/۶	−۱۰/۹	−۸/۹	۷/۷	۵/۳	−۷/۱	۵/۶	−۱۳/۱	−۹/۳	۷۱/۵	P>K>N>Mg>Ca	Zn>Cu>Fe>Mn

ادامه جدول ۸.

شماره مزرعه	عملکرد (ton ha^{-1})	شاخص‌های DOP									∑DOP	اولویت نیاز عناصر غذایی	
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu		پرمصرف	کم‌مصرف
S10-10	۵۴/۵۴۰	۴/۷	−۱۲/۸	−۷/۱	۴/۲	۳/۲	−۱۲/۰	۵/۳	−۱۰/۸	−۷/۱	۶۷/۱	P>K>Mg>Ca>N	Zn>Fe>Cu>Mn
S10-12	۶۵/۳۶۰	۰/۲	۰/۷	۲/۹	۵/۸	۱۵/۵	۳/۰	۱/۶	۱/۴	−۱۴/۹	۴۶/۰	N>P>K>Ca>Mg	Cu>Zn>Mn>Fe
S10-22	۵۳/۲۵۰	۳/۶	−۱۰/۹	−۳/۲	۲/۷	۱/۸	−۵/۹	−۸/۵	−۳/۱	−۷/۶	۴۷/۳	P>K>Ca>N>Mg	Mn>Cu>Fe>Zn
S10-29	۵۰/۲۹۰	۳/۶	−۱۴/۸	−۱۴/۶	۶/۳	۹/۶	−۴/۱	−۳/۷	−۷/۲	−۵/۴	۶۹/۲	P>K>N>Ca>Mg	Zn>Cu>Fe>Mn
S12-02	۶۷/۰۰۰	۰/۵	۲/۷	۵/۴	۷/۴	۳/۴	−۶/۹	−۶/۸	−۱۴/۹	−۶/۵	۵۴/۳	N>P>Mg>K>Ca	Zn>Fe>Mn>Cu
S09-22	۳۷/۲۶۰	−۳/۵	−۱۸/۶	−۱۸/۹	۷/۳	۱۱/۸	−۱۰/۴	۰/۷	−۱۲/۷	−۱۳/۸	۹۷/۷	K>P>N>Ca>Mg	Cu>Zn>Fe>Mn
S11-07	۳۵/۶۰۰	−۱/۲	−۲۰/۶	−۲۱/۴	۳/۴	۳/۶	−۱۳/۱	−۷/۱	−۶/۹	−۱/۵	۷۸/۹	K>P>N>Ca>Mg	Fe>Mn>Zn>Cu

نیتروژن یکی از عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز نیشکر است که کمبود یا بیش‌بود آن می‌تواند رشد نیشکر را محدود کند (da Silva and Chiaia, 2021). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که روش‌های ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه در مقایسه با روش مقایسه با حد بحرانی و محدوده کفایت، در ارزیابی بیش‌بود عناصر غذایی مانند نیتروژن کارایی بسیار بالاتری دارند (da Silva and Chiaia, 2021). بنابراین مثبت شدن شاخص نیتروژن در اغلب مزارع کشت جدید و بازرویی اول مورد مطالعه به‌ویژه در مزارع کشت جدید نشان‌دهنده بیش‌بود قابل توجه نیتروژن در مزارع بود و به‌نظر می‌رسد نیاز است این موضوع در برنامه تغذیه نیشکر و کاربرد کود اوره در مزارع نیشکر، مورد توجه قرار گیرد.

در مزارع کشت جدید و بازرویی اول از میان عناصر غذایی پرمصرف، دومین شاخص منفی DOP مربوط به فسفر بود و پس از پتاسیم، کمبود فسفر قابل مشاهده بود. با وجود کاربرد کود فسفر قبل از کشت در مزارع کشت جدید، مشاهده شد که شاخص DOP فسفر در مزارع کشت جدید، بازرویی اول و بازرویی دوم منفی بود. این شاخص در مزارع بازرویی دوم کم‌تر (منفی‌تر) بود. در مقایسه با پتاسیم، کمبود فسفر در مزارع کشت جدید و بازرویی اول شدید نبود. این نتایج می‌تواند به‌دلیل کاربرد کود فسفر قبل از کشت در مزارع کشت جدید باشد که تا حدی توانسته کمبود فسفر را در گیاه (کشت جدید و بازرویی اول) برطرف کند. اگرچه خاک‌های مزارع نیشکر دارای مقادیر زیادی از فسفر کل هستند، اما نتایج نشان داد در مزارع با عملکرد کم، فقط بخش کمی از فسفر به‌شکل قابل دسترس برای گیاه بود (جدول ۱ و ۲). بیش‌تر فسفر در خاک به‌صورت کلات‌های فلزی وجود دارد و مقادیر زیادی از کود شیمیایی فسفر استفاده شده نیز به سرعت به صورت ترکیبات فسفاته نامحلول تبدیل می‌شوند (Rosendo dos Santos *et al.*, 2018). در خاک‌های آهکی، بخش زیادی از فسفر کودهای شیمیایی افزوده شده به خاک در سطح کانی‌های رسی و کربنات کلسیم جذب شده و به شکل‌های نامحلول فسفات کلسیم تبدیل می‌شود. بنابراین فراهمی فسفر برای گیاهان در خاک‌های آهکی بسیار کم بوده و تثبیت فسفر یکی از مشکلات مهم در تغذیه گیاهان در این خاک‌ها می‌باشد (Safirzadeh *et al.*, 2023). به‌طور کلی بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت با وجود کاربرد کود فسفر در مزارع کشت جدید نیشکر، کمبود آن در گیاه به‌وجود می‌آید اما این کمبود در گیاه، در مزارع کشت جدید و بازرویی اول بسیار شدید نمی‌باشد ، و در مزارع نیشکر بازرویی دوم کمبود فسفر در مقایسه با مزارع کشت جدید و بازرویی اول شدیدتر می‌شود. با این حال کاربرد اصلاح کننده‌های آلی به‌همراه کود فسفر جهت بهبود فراهمی فسفر برای نیشکر می‌تواند راهکاری جهت بهبود تغذیه فسفر و رسیدن به تعادل تغذیه‌ای در مزارع کشت جدید و بازرویی اول نیشکر باشد.

بر اساس نتایج شاخص‌های DOP، پتاسیم منفی‌ترین شاخص در مزارع کشت جدید و بازرویی اول و دومین شاخص منفی پس از فسفر، در مزارع بازرویی دوم بود. این شاخص در مزارع کشت جدید کم‌تر (منفی‌تر) از مزارع بازرویی اول و دوم بود. این نتایج نشان می‌دهد کمبود پتاسیم سبب محدود شدن رشد و عملکرد گیاه شده است و در مزارع کشت جدید و بازرویی اول دارای اثر منفی بر عملکرد نیشکر است. منفی‌تر بودن شاخص پتاسیم در مزارع کشت جدید نسبت به مزارع بازرویی اول، احتمالاً به‌دلیل زیست‌توده بیش‌تر گیاه در مزارع کشت جدید، دوره رشد طولانی‌تر، کافی‌نبودن پتاسیم قابل دسترس خاک (جدول ۱ و ۲) بر اساس نیاز نیشکر در طول دوره رشد و به‌دنبال آن کافی نبودن مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه در مزارع کشت جدید در مقایسه با مزارع بازرویی اول و دوم است. با توجه به زیست‌توده‌ی زیاد نیشکر، این گیاه سالانه مقدار زیادی پتاسیم جذب می‌کند. نتایج مطالعه انجام شده در جذب پتاسیم توسط نیشکر نشان داد که به ازای برداشت هر ۱۰۰ تن نیشکر در هکتار به‌طور میانگین ۲۸۰ کیلوگرم پتاسیم از خاک خارج می‌شود (Gopalasundaram *et al.*, 2012). کشت مستمر نیشکر می‌تواند شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج پژوهش‌های اخیر نشان داده است که غلظت پتاسیم قابل دسترس خاک در مزارع نیشکر به‌دلیل کشت مستمر، جذب مقدار زیاد پتاسیم توسط آن و همچنین عدم

مصرف کودهای پتاسیمی، به‌طور چشم‌گیری کاهش یافته است (پورکیهان و همکاران، ۱۳۹۷؛ صفیرزاده و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج این پژوهش نیز نشان دهنده پایین بودن غلظت قابل دسترس پتاسیم در خاک در مزارع با عملکرد کم (با میانگین ۸۴۴/۹ و ۹۹/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب برای مزارع کشت جدید و بازرویی با عملکرد کم)، بود (جدول ۱ و ۲). از سویی دیگر نتایج نشان داد مزارع با عملکرد کم، کربن آلی پایینی (با میانگین ۰/۵۵ و ۰/۴۴ درصد به‌ترتیب برای مزارع کشت جدید و بازرویی با عملکرد کم) داشتند (جدول ۱ و ۲) و معمولاً در خاک‌های با ماده آلی کم، کمبود پتاسیم در نیشکر به‌وجود می‌آید (Kumar and Sharma, 2013). بنابراین از دلایل احتمالی کمبود پتاسیم در گیاه و منفی بودن شاخص DOP پتاسیم در مزارع بررسی شده می‌تواند کم بودن ماده آلی خاک و کم بودن پتاسیم قابل دسترس خاک برای گیاه باشد.

نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده است برای به‌دست آمدن عملکرد بهینه در نیشکر باید تعادل تغذیه‌ای در گیاه برقرار باشد. در اکثر کشورهای نیشکرکاری در دنیا، جهت کوددهی نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت‌های ۲:۱:۳ یا ۳:۱:۵ (N:P:K) به‌کار می‌رود. تعادل بین نیتروژن و پتاسیم در تغذیه نیشکر و عملکرد آن بسیار حائز اهمیت است. به منظور دستیابی به عملکردهای بیشتر در نیشکر کوددهی پتاسیم حدوداً معادل کوددهی نیتروژن توصیه می‌شود. در حالی‌که نیتروژن رشد گیاه را به‌شدت تحریک می‌کند و سبب توسعه گیاه و ایجاد کانوپی می‌شود، این عامل سبب جلوگیری از دریافت نور خورشید می‌شود و مقدار زیادی پتاسیم به‌عنوان یک تنظیم‌کننده فشار اسمزی نیاز است تا تورژسانس سلولی لازم برای رشد تحریک‌شده توسط نیتروژن، حفظ شود. این موضوع به‌ویژه در مزارع کشت جدید نیشکر بسیار حایز اهمیت است (da Silva *et al*., 2021; Kwang *et al*., 2002).

کمبود پتاسیم در گیاه حتی در شرایطی که پتاسیم قابل دسترس خاک در شرایط بهینه باشد، ممکن است به‌وجود بیاید. این کمبود می‌تواند به‌دلیل عدم تعادل نسبت بین پتاسیم با سایر کاتیون‌ها از جمله کلسیم و منیزیم ایجاد شود. معمولاً بین غلظت بسیار زیاد یک کاتیون در خاک و فراهمی سایر کاتیون‌ها در خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه رابطه معکوس وجود دارد. بنابراین فراهمی پتاسیم و جذب آن توسط گیاه تنها به غلظت قابل دسترس پتاسیم در خاک بستگی ندارد، بلکه به غلظت آن نسبت به سایر کاتیون‌ها مانند کلسیم و منیزیم، نیز بستگی دارد (Leakimariam *et al*., 2018; Rhodes *et al*., 2018) بنابراین رقابت یونی می‌تواند یکی از دلایل احتمالی منفی بودن شاخص DOP پتاسیم و کمبود آن در گیاه در مزارع کشت جدید و بازرویی اول نیشکر باشد. نتایج همچنین نشان داد شاخص‌های DOP کلسیم و منیزیم در مزارع کشت جدید و بازرویی اول و دوم مثبت بودند. بنابراین با توجه به آهکی بودن خاک‌های مزارع نیشکر، ممکن است بیش‌تر بودن کلسیم و منیزیم محلول خاک، یکی دیگر از دلایل جذب کم پتاسیم توسط نیشکر در مزارع مورد مطالعه باشد.

نیشکر یک گیاه گلیکوفیت و حساس به شوری است که تنش شوری سبب ایجاد اختلال در جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم و کاهش عملکرد نیشکر می‌شود (Djajadi *et al*., 2020). با توجه به کمبود منابع آب و افزایش هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری و افزایش شوری خاک در مزارع نیشکر (جدول ۱ و ۲)، احتمالاً افزایش غلظت کاتیون‌های محلول خاک مانند سدیم، نیز می‌تواند از دیگر دلایل کمبود پتاسیم در گیاه باشد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد تعادل تغذیه‌ای پتاسیم در گیاه با سایر عناصر غذایی برقرار نبوده و پتاسیم جذب شده توسط نیشکر برای رسیدن به حداکثر عملکرد نیشکر، کافی نمی‌باشد، بنابراین نیاز است در برنامه تغذیه نیشکر این موضوع مورد توجه قرار گیرد.

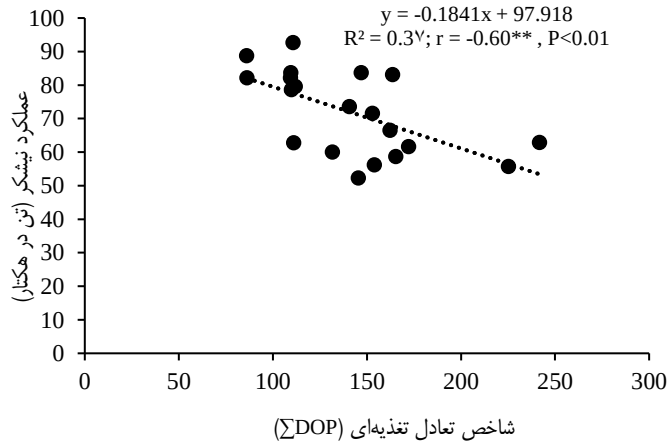
نتایج این پژوهش نشان داد شاخص DOP عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) در اغلب مزارع کشت جدید و بازرویی اول مورد مطالعه منفی بود. میانگین شاخص DOP تمامی عناصر غذایی کم‌مصرف در مزارع کشت جدید و بازرویی اول منفی بود. منفی‌ترین شاخص مربوط به عنصر آهن بود. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن و روی در مزارع نیشکر بود. کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاه در خاک‌های آهکی است. به‌طور کلی خاک‌های مزارع نیشکر عمدتاً دارای ماده آلی کم و کربنات کلسیم و pH بالا هستند (پورکیهان و همکاران، ۱۳۹۷) که این عوامل سبب تبدیل عناصر غذایی کم‌مصرف به ترکیبات با انحلال کم و کاهش فراهمی این عناصر غذایی برای نیشکر می‌شوند (رنگل، ۲۰۱۵؛ کریمی و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین منفی بودن شاخص عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن و روی و کمبود آن‌ها در نیشکر را می‌توان به فراهمی کم این عناصر غذایی در خاک (جدول ۱ و ۲)، بی‌کربنات بالای آب آبیاری، عدم شرایط تهویه‌ای مناسب خاک و همچنین عدم مصرف کودهای عناصر غذایی کم‌مصرف، نسبت داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده بهتر است مدیریت عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن و روی در تغذیه نیشکر، مورد توجه قرار گیرد.

شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP (∑DOP)

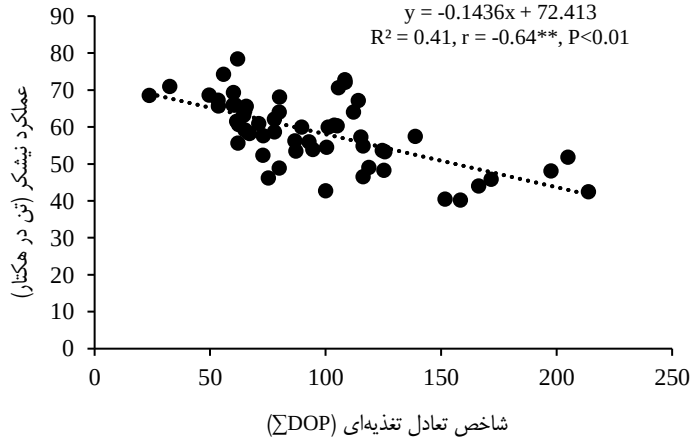
شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP (∑DOP) که از مجموع قدر مطلق شاخص‌های DOP محاسبه می‌شود، به‌عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر چه مجموع قدر مطلق شاخص‌های DOP بیش‌تر گردد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیش‌تر خواهد شد. نتایج این پژوهش نشان داد مقدار شاخص ∑DOP محاسبه شده در تمام مزارع نیشکر مورد مطالعه با عملکرد کم (کشت جدید و بازرویی)، بسیار بزرگ‌تر از صفر بود که نشان‌دهنده عدم وجود تعادل بین عناصر غذایی جذب شده توسط نیشکر می‌باشد. این شاخص در مزارع کشت جدید در محدوده ۲۴۱– ۸۶ و در مزارع بازرویی اول در محدوده ۲۱۳ – ۲۳ و در مزارع بازرویی دوم در محدوده ۱۱۴–۱۳ بود (جدول‌های ۴ تا ۶).

همبستگی بین عملکرد نیشکر، شاخص‌های DOP عناصر غذایی و شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP (∑DOP)

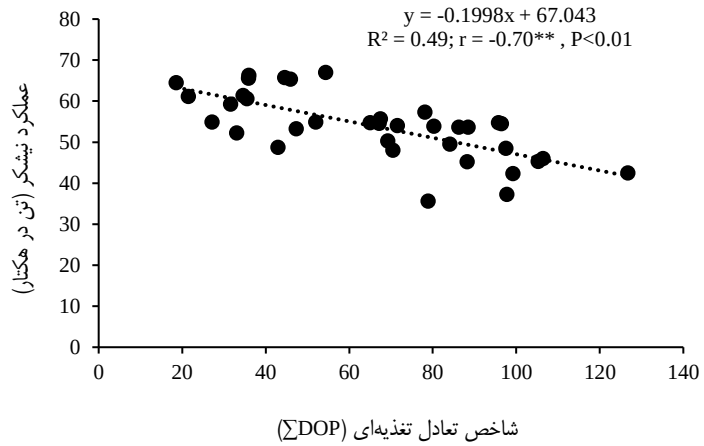
رابطه رگرسیونی بین شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP (∑DOP) و شاخص‌های DOP در مزارع کشت جدید و بازرویی اول و دوم در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است. شاخص ∑DOP که مجموع قدر مطلق شاخص‌های DOP است، به‌عنوان شاخص تعادل عناصر غذایی جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه استفاده می‌شود. هر چه مقدار ∑DOP بیش‌تر باشد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیش‌تر خواهد بود. نتایج نشان داد همبستگی منفی و معنی‌داری هم در مزارع کشت جدید (r = −۰/۶۰; P<0.01) و هم در مزارع بازرویی اول (r = −۰/۶۴; P<0.01) و دوم (r = −۰/۷۰; P<0.01) بین عملکرد نیشکر و شاخص ∑DOP وجود داشت. بدین ترتیب که هر چه عملکرد نیشکر در مزارع کم‌تر بود، شاخص ∑DOP بیش‌تر بود (شکل‌های ۴ تا ۶). این نتایج نشان‌دهنده کارایی روش DOP در ارزیابی وضعیت عناصر غذایی و تعادل تغذیه‌ای در نیشکر در این پژوهش می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت مدیریت بهینه کودی و فراهم نمودن شرایط تغذیه متعادل این عناصر غذایی در گیاه می‌تواند سبب بهبود رشد و عملکرد نیشکر در این مزارع باشد.



شکل ٤. رابطه رگرسیونی بین شاخص ∑DOP و عملکرد نیشکر در مزارع کشت جدید (پلنت)



شکل ۵. رابطه رگرسیونی بین شاخص ∑DOP و عملکرد نیشکر در مزارع بازرویی (راتون) اول



شکل ٦. رابطه رگرسیونی بین شاخص ∑DOP و عملکرد نیشکر در مزارع بازرویی (راتون) دوم

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌داد روش DOP کارایی بالایی در ارزیابی وضعیت عناصر غذایی و تعادل تغذیه‌ای در نیشکر داشت. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر با استفاده از روش DOP در این پژوهش، نشان داد از میان عناصر غذایی پرمصرف در مزارع کشت جدید و بازرویی اول، کمبود پتاسیم و در مزارع بازرویی دوم کمبود فسفر و پتاسیم و همچنین از میان عناصر غذایی کم‌مصرف، کمبود آهن و روی (هم در مزارع کشت جدید و هم در مزارع بازرویی)، از عوامل تغذیه‌ای محدودکننده عملکرد نیشکر در مزارع کشت و صنعت حکیم فارابی خوزستان بودند. بنابراین نیاز است در برنامه مدیریت تغذیه و کوددهی مزارع نیشکر این عناصر در اولویت قرار گیرند. با توجه به ماده آلی کم خاک، در مزارعی که کمبود فسفر و پتاسیم و عناصر غذایی کم‌مصرف از جمله آهن و روی دارند، از کودهای آلی مناسب جهت بهبود وضعیت ماده آلی خاک و بهبود شرایط تغذیه‌ای و کاهش کمبود این عناصر غذایی در نیشکر استفاده شود. همچنین استفاده از کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های بومی ریزوسفر نیشکر و حل کننده فسفر و پتاسیم، تولید کننده سیدروفور و حل‌کننده آهن و روی، می‌تواند جهت بهبود تغذیه این عناصر در مزارع نیشکر مورد توجه قرار بگیرد. نتایج مربوط به شاخص‌های DOP نیتروژن، نشان‌دهنده بیش‌بود نیتروژن به‌ویژه در مزارع کشت جدید با عملکرد کم بود. بنابراین در مزارع کشت جدید، نیاز است جهت جلوگیری از ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در این مزارع، کاربرد کود نیتروژن به‌مقدار بهینه انجام شود و از کاربرد مقدار زیاد کود نیتروژن در مزارع کشت جدید، اجتناب شود. با توجه به کاهش منابع آب در سال‌های اخیر و افزایش شوری خاک مزارع و پیامدهای آن بر رقابت یونی و جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم در نیشکر و به‌دنبال آن ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای، نیاز است این موضوع در مدیریت شوری خاک در مزارع و تغذیه نیشکر مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی با توجه به نتایج پژوهش حاضر و پیامدهای عدم تعادل تغذیه‌ای بر کاهش عملکرد نیشکر، به‌نظر می‌رسد نیاز است رویکرد تغذیه متعادل و بهینه نیشکر، با کاربرد تلفیقی و بهینه کودهای شیمیایی، آلی و زیستی مورد توجه قرار گیرد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

پورکیهان، سارا.، لندی، احمد، چرم، مصطفی، حجتی، جعفری، سیروس (۱۳۹۷). مطالعه اثرات تغییر کاربری اراضی و احداث مزارع نیشکر برخصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژیکی خاک در منطقه جنوب خوزستان. *مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۸(۲)، صفحه ۶۱-۴۳.

دادیور، مسعود و عطاردی، بصیر (۱۳۹۹). بررسی وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در استان خراسان رضوی با روش" انحراف از درصد بهینه". آب و خاک، ۳۴(۶)، صفحه ۱۳۰۷-۱۲۹۹.

شریف‌مند، ماهرخ، سپهر، ابراهیم و بایبوردی، احمد (۱۳۹۹). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کدو با روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در منطقه خوی .*تحقیقات کاربردی خاک*، ۸ (۲)، صفحه ۲۱-۱۵.

صفیرزاده، چرم، مصطفی و عنایتی ضمیر، نعیمه (۱۳۹۸). تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (*Enterobacter cloacae*) بر جذب و کارایی جذب پتاسیم در گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.). *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۰(۷), ۱۶۹۹-۱۶۸۹.

صفیرزاده، سعید.، کریمی، اکبر و آریز، افشین. (۱۴۰۲). مقایسه کارایی جذب فسفر و مکانیسم‌های مؤثر در آن در واریته‌های تجاری نیشکر. *تحقیقات*

آب و خاک ایران، ۵۴(۸)، صفحه ۱۱۹۶-۱۱۷۹.

عطاردی، بصیر، ذبیحی، حمیدرضا، زنگی آبادی، مهدی (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)، صفحه ۱۲۷-۱۱۷.

قادری، جلال.، طهرانی، محمد مهدی.، حامدی، فردین.، حیدری، خلیل (۱۴۰۲). ارزیابی تعادل تغذیه‌ای در مزارع چغندرقند استان کرمانشاه با روش‌های انحراف از درصد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه (CND). *پژوهش‌های خاک*. ۳۷(۲): صفحه ۱۱۵-۹۵.

قریشی، سیدجواد، سپهر، ابراهیم و صمدی، عباس (۱۳۹۵). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه با روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در منطقه پلدشت استان آذربایجان غربی. *تحقیقات کاربردی خاک*، ۵(۲)، صفحه ۵۱-۴۱.

REFERENCES

Atarodi, B., Zabihi, H. R., & Zangiabadi, M. (2022). Evaluation of nutritional status of saffron (*Crocus sativus* L.) in South Khorasan province by" Deviation from optimum percentage"(DOP) method. Saffron Agronomy and Technology *10*(2): 117-127. (In Persian)

da Silva, G. P., & Chiaia, H. L. J. (2021). Limitation due to nutritional deficiency and excess in sugarcane using the Integral Diagnosis and Recommendation System (DRIS) and Nutritional Composition Diagnosis (CND). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *52*(12), 1458-1467.

da Silva, G. P., Prado, R. D. M., Wadt, P. G. S., Moda, L. R., & Caione, G. (2020). Accuracy of nutritional diagnostics for phosphorus considering five standards by the method of diagnosing nutritional composition in sugarcane. *Journal of Plant Nutrition*, *43*(10), 1485-1497.

da Silva, G. P., Wadt, P. G. S., Prado, R. D. M., Caione, G., & Moda, L. R. (2022). Accuracy of plant response potential to fertilization in nutritional diagnoses for phosphorus in sugarcane. *Journal of Plant Nutrition*, *45*(11), 1702-1711.

da Silva, L. C., Freire, F. J., Filho, G. M., de Oliveira, E. C., Freire, M. B. G. D. S., Moura, A. B., da Costa, J.V.T. & Rezende, J. S. (2021). Nutrient balance in sugarcane in Brazil: diagnosis, use and application in modern agriculture. *Journal of Plant Nutrition*, *44*(14), 2167-2189.

Dadivar, M., & Atarodi, B. (2021). .. Investigation of Nutritional Status of Potato (Solanum tuberosum L.) in Khorasan Razavi Province by. *Water and Soil*, *34*(6), 1299-1307. (In Persian)

de Lima Neto, A. J., Natale, W., Rozane, D. E., de Deus, J. A. L., & Rodrigues Filho, V. A. (2022). Establishment of DRIS and CND standards for fertigated 'Prata'banana in the Northeast, Brazil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *22*(1), 765-777.

de Mello Prado, R., & Rozane, D. E. (2020). Leaf analysis as diagnostic tool for balanced fertilization in tropical fruits. *Fruit crops*, 131-143.

Djajadi, D., Syaputra, R., Hidayati, S. N., & Khairiyah, Y. (2020). Effect of vermicompost and nitrogen on N, K, Na uptakes and growth of sugarcane in saline soil. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, *42*(1), 110-119.

Francis, B., Aravindakumar, C. T., Brewer, P. B., & Simon, S. (2023). Plant nutrient stress adaptation: A prospect for fertilizer limited agriculture. *Environmental and Experimental Botany*, 105431.

Ghaderi, J., Tehrani, M. M., Hamedi, F., & Heydari, K. (2023). Evaluation of nutritional balance in sugar beet fields through deviation from optimum percentage (DOP) and compositional nutrient diagnosis (CND) methods. *Iranian Journal of Soil Research*, *37*(2), 95-115. (In Persian)

Ghoreyshi, S. J., Sepehr, E., & 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)

Gopalasundaram, P., Bhaskaran, A. and Rakkiyappan, P. (2012). Integrated nutrient management in sugarcane. *Sugar Tech*, *14*(1), 3-20.

Guimaraes, F. C. N., Pereira Serra, A., Marchetti, M. E., Ensinas, S. C., Altomar, P. H., do Amaral Conrad, V., Potrich, D. C., Rosa, C. B. C .J., Martinez, M. A. & Araujo Matos, F. (2015). Nutrients optimum range (NOR) based on DRIS method to assess the nutritional status of the first ratoon sugarcane. *Australian Journal of Crop Science*, *9*(7), 638-645.

Motsara, M. R. (2015). Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. Scientific Publishers.

Helmke, P. A., & Sparks, D. L. (1996). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. In *Methods of Soil Analysis (Part 3)*. Edited by Sparks, D. L.. Soil Science Society of America Publishing: Madison, Wisconsin, USA. 551-574.

Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M., & Enayatizamir, N. (2020). Application of biochar changed the status of nutrients and biological activity in a calcareous soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20*, 450-459.

Kumar, P. and Sharma, M. K. (Eds.). (2013). Nutrient deficiencies of field crops: guide to diagnosis and management. Cabi.

Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, *42*(3), 421-428.

Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemical Acta*, 27, 31-36.

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter. In *Methods of Soil Analysis (Part 3)*. Edited by Sparks, D. L.. Soil Science Society of America Publishing: Madison, Wisconsin, USA. 961-1010.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, E. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular, 939*, 1-18.

Pereira, B. F. F., He, Z. L., Stoffella, P. J., & Melfi, A. J. (2011). Reclaimed wastewater: effects on citrus nutrition. *Agricultural Water Management*, *98*(12), 1828-1833.

Pourkeihan, S., Chorom, M., Hojati, S., & Jafari, S. (2018). Study of the effects of land use change and construction of sugarcane fields on physicochemical, mineralogical and micromorphological characteristics of soil in southern Khuzestan province. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *8*(2), 43-61. (In Persian)

Reig, G., Lordan, J., Fazio, G., Grusak, M.A., Hoying, S., Cheng, L., Francescatto, P. & Robinson, T. (2018). Horticultural performance and elemental nutrient concentrations on 'Fuji'grafted on apple rootstocks under New York State climatic conditions. *Scientia Horticulturae*, *227*, 22-37.

Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electerical conductivity and total dissolved solids. In *Methods of Soil Analysis (Part 3)*. Edited by Sparks, D. L.. Soil Science Society of America Publishing: Madison, Wisconsin, USA.

Rhodes, R., Miles, N. and Hughes, J. C. (2018). Interactions between potassium, calcium and magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. *Field Crops Research*, *223*, 1-11.

Rosendo dos Santos, V., Soltangheisi, A., Junqueira Franco, H. C., Kolln, O., Vitti, A. C., Santos Dias, C. T. D., & Pavinato, P. S. 2018. Phosphate sources and their placement affecting soil phosphorus pools in sugarcane. *Agronomy*, *8*(12), 283.

Safirzadeh, S., Chorom, M., & Enayatizamir, N. (2019). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria (*enterobacter cloacae*) on uptake and uptake efficiency of potassium in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *50*(7), 1689-1699. (In Persian)

Safirzadeh, S., Chorom, M., & Enayatizamir, N. (2021). Speciation and fractionation of phosphorus affected by enterobacter cloacae in the rhizosphere of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*, 187-199.

Safirzadeh, S., Karimi, A., & Ariz, A. (2023). Comparison of phosphorus uptake efficiency and effective mechanisms in commercial varieties of sugarcane. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *54*(8), 1179-1196. (In Persian)

Sharifmand, M., Sepehr, E., & Bybordi, A. (2020). Evaluation of nutritional status of squash by deviation from optimum percentage (DOP) method in Khoy region. *Applied Soil Research*, *8*(2), 15-21. (In Persian)

Sumner, M.E. (1977). Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 8, 251-268.

Evaluation of sugarcane nutritional status by deviation from optimum percentage (DOP) method in Khuzestan province

EXTRACTED ABSTRACT

Background

Sugarcane (*Saccharum cinarum* L.) is a perennial plant and one of the important agricultural and industrial crops that is cultivated on 100 thousand hectares of land with calcareous soils in Khuzestan province. The sugarcane plant needs a lot of nutrients due to its high biomass. Nutritional balance of crops is one of the most important factors which affect the quantitative and qualitative yield of crops. The method of deviation from optimum percentage (DOP) is one of the suitable methods in interpret the results of the nutrients analysis in crops, the nutrients requirements and the nutritional balance status in crops. In this method, the nutritional imbalance in the plant investigated by evaluation of the relationship between the leaf nutrients concentration and its standard value (reference norms), and an order of imbalance is obtained for different nutrient, which is very important from the aspect of plant nutrition management.

Goals

The objective of this study was to evaluate the nutritional status of sugarcane by the DOP method in 25 plant fields, 72 first ratoon fields and 44 second ratoon fields in Hakim Farabi Agro-Industry Company, Khuzestan province.

Materials and Methods

Leaf samples were collected from studied fields and concentration of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu) were measured. In order to interpret the nutrient concentration data and assess the nutritional status of sugarcane, the fields were divided into two groups with high and low yield. Fields with high yield were used to determine the norms of nutritions. Then nutrient norms, nutrient DOP indices and nutritional balance index (∑DOP) were calculated

Results and Discussion

The results of DOP indices indicated that K index was negative in 90% of the studied low-yield plant fields. P and K index was negative in 80.6% and 77.7% of the low-yield first ratoon and 75.4% and 80.7% of the low-yield first ratoon respectively. The results revealed that in the low-yield fields, K and P (as macronutrients) had more negative indices, as well as Fe and Zn (as micronutrients). Based on DOP indices, the order of crop macronutrients requirement in low-yield fields were as K>P>Mg>Ca>N, K>P>N>Mg>Ca and P>K>N>Mg>Ca in plant, first ratoon and second ratoon, respectively. The results of this study showed that the ∑DOP index in all studied sugarcane fields with low yield (plant and ratoons) was greater than zero, which indicates the nutrients in sugarcane. The results showed that in all studied fields there was a negative and significant correlation between sugarcane yield and ∑DOP index, which indicates the effectiveness of the DOP method in evaluating the nutrients status and nutritional balance in sugarcane in this study. Therefore, according to the results of the current research and the consequences of nutritional imbalance on the reduction of sugarcane yield, the approach of balanced and optimal sugarcane nutrition needs to be considered in order to achieve high yield.

Keywords: Nutritional Balance ,Plant Analysis, Yieid, Sugarcane.