



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

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	Background: Sugarcane ( <i>Saccharum cinarum</i> 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.
<b>Article history:</b> Received Received in revised form Accepted Published online	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 ( $\sum$ 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 $\sum$ 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 $\sum$ 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.
<b>Keywords:</b> Nutritional balance, Plant analysis, Yield, Sugarcane.	
<b>Cite this article:</b> ... (2024). Evaluation of sugarcane nutritional status in the plant and ratoon fields by deviation from optimum percentage (DOP) method in Khuzestan province. <i>Iranian Journal of Soil and Water Research</i> , (), - . DOI: <a href="http://doi.org/00000000000000000000">http://doi.org/00000000000000000000</a>	
 © The Author(s). Publisher: University of Tehran Press. DOI: <a href="http://doi.org/000000000000000000000000">http://doi.org/000000000000000000000000</a>	

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

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	<p>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 (<math>\Sigma</math>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 <math>K&gt;P&gt;Mg&gt;Ca&gt;N</math>, <math>K&gt;P&gt;N&gt;Mg&gt;Ca</math> and <math>P&gt;K&gt;N&gt;Mg&gt;Ca</math> 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. <b>Therefore, balanced and optimal fertilization with integrated application of chemical, organic and biological fertilizers should be considered in sugarcane fields.</b></p>
<b>Article history:</b> Received Received in revised form Accepted Published online	
<b>Keywords:</b> Nutritional balance, Plant analysis, Yield, Sugarcane.	
<b>Cite this article:</b> ... (2024). Evaluation of sugarcane nutritional status in the plant and ratoon fields by deviation from optimum percentage (DOP) method in Khuzestan province. <i>Iranian Journal of Soil and Water Research</i> , (), -. DOI: <a href="http://doi.org/00000000000000000000">http://doi.org/00000000000000000000</a>	
 © The Author(s). DOI: <a href="http://doi.org/0000000000000000000000">http://doi.org/0000000000000000000000</a>	

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

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>تبادل 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 تبادل 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 نرم‌های عناصر غذایی، شاخص‌های DOP برای هر یک از عناصر غذایی و شاخص تبادل تغذیه‌ای (<math>\Sigma DOP</math>) 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، <math>K &gt; P &gt; Mg &gt; Ca &gt; N</math>. در مزارع بازرویی اول <math>K &gt; P &gt; N &gt; Mg &gt; Ca</math> و در مزارع بازرویی دوم <math>P &gt; K &gt; N &gt; Mg &gt; Ca</math> بود. به‌طور کلی شاخص تبادل 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.</p>	<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت:</p> <p>تاریخ بازنگری:</p> <p>تاریخ پذیرش:</p> <p>تاریخ انتشار:</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>تبادل تغذیه‌ای، آنالیز گیاه، عملکرد، نیشکر.</p>

استناد: ... (۱۴۰۲). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر در مزارع کشت جدید و بازرویی به‌روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در استان خوزستان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، (۱)، -.

DOI: <http://doi.org/0000000000000000000000>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه

تغذیه گیاه به عنوان یک عامل بسیار مؤثر در عملکرد گیاه، تابعی از اثرات متقابل عناصر غذایی می باشد. با استفاده از آنالیز برگ، بررسی وضعیت عناصر غذایی آن و تفسیر صحیح و دقیق نتایج، اطلاعات بسیار خوبی از وضعیت تغذیه ای گیاه به دست می آید (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 اندازه گیری و تفسیر صحیح است تا بتوان اختلالات تغذیه ای گیاه را شناسایی نمود (Romheld, 2012; da Silva *et al.*, 2021; da Silva *et al.*, 2022). روش رایج در ارزیابی وضعیت تغذیه ای گیاه، مقایسه غلظت های عناصر غذایی اندازه گیری شده در نمونه های گیاهی با اعداد مرجع غلظت های بحرانی یا دامنه های کفایت، مربوط به گیاه مورد نظر می باشد. در این روش، تنها به غلظت تک تک عناصر تاکید می گردد و تعادل تغذیه ای مورد توجه قرار نمی گیرد (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 شده اند. همچنین اعداد مرجع غلظت های بحرانی یا دامنه های کفایت، با توجه به نوع و ویژگی های خاک، مرحله رشد گیاه (کاهش غلظت عنصر غذایی در گیاه به دلیل اثر رقت در اثر افزایش رشد گیاه) و شرایط اقلیمی منطقه، در ارقام مختلف گیاهی متفاوت می باشند. بنابراین مبنای چندان مناسبی در تشخیص وضعیت تغذیه ای گیاه و در نهایت ارائه توصیه کودی جهت رفع کمبود عناصر غذایی نمی باشند (Bendaly Labaied *et al.*, 2018 Calheiros *et al.*, 2018).

تعادل تغذیه ای در گیاهان با استفاده از مدل های جدید ارزیابی وضعیت تغذیه ای، به صورت کمی در آمده است. یکی از روش های ارزیابی وضعیت تغذیه ای گیاه، روش انحراف از درصد بهینه (DOP) می باشد. در این روش از روابط میان غلظت عنصر غذایی و مقدار استاندارد (اعداد مرجع) آن استفاده می شود. در این روش عدم تعادل عناصر در گیاه بررسی شده و یک ترتیب عدم تعادل، برای عناصر غذایی مختلف به دست می آید، که از جنبه مدیریت تغذیه گیاه بسیار حائز اهمیت می باشد (Montanes *et al.*, 2014; Laibarra *et al.*, 2014; Martin *et al.*, 1993). در این روش ترتیب عدم تعادل تغذیه ای برای هر یک از عناصر غذایی، با استفاده از محاسبه شاخص DOP بررسی می شود. این شاخص به صورت درصد انحراف غلظت یک عنصر از مقدار بهینه خود در گیاه (عدد مرجع) تعریف می شود و با محاسبه مجموع مقادیر مطلق (قدر مطلق مقادیر) شاخص های انحراف از درصد بهینه ( $\sum DOP$ ) هر یک از عناصر غذایی، می توان به انحراف از حالت تعادل تغذیه ای پی برد. (Pereira *et al.*, 2011; Reig *et al.*, 2018). در سال های اخیر استفاده از روش DOP برای ارزیابی وضعیت تغذیه ای گیاهان مختلف مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (عطاردی و عطاردی، ۱۳۹۹؛ عطاردی و همکاران، ۱۴۰۰؛ قادری و همکاران، ۱۴۰۲). قادری و همکاران (۱۴۰۲) با ارزیابی تعادل تغذیه ای چغندر قند با استفاده از روش های DOP و تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND<sup>۱</sup>) در ۳۰ مزرعه استان کرمانشاه، گزارش کردند که کمبود عناصر غذایی منیزیم، نیتروژن، فسفر، آهن و روی از عناصر غذایی از عوامل تغذیه ای محدوده کننده عملکرد مزارع چغندر قند بودند. نتایج آن ها نشان داد روش DOP نسبت به روش CND در تشخیص اختلالات تغذیه ای چغندر قند برتری داشت و پیشنهاد نمودند از این روش در ارزیابی وضعیت تغذیه ای چغندر قند استفاده شود. (da Silva *et al.*, 2021) با انجام مطالعه ای در برزیل وضعیت تغذیه ای واریته های مختلف (۳۷ واریته) نیشکر کشت جدید (پلنت<sup>۳</sup>) و بازروی (راتون<sup>۴</sup>) اول را بررسی کردند. آن ها گزارش کردند که روش های مرسوم مانند حد بحرانی و دامنه کفایت، کارایی چندان در ارزیابی وضعیت تغذیه ای نیشکر ندارند و محدوده گسترده ای از سطوح بهینه عناصر غذایی در نیشکر با حد بحرانی بسیار بالا ارائه می دهند و کمبود عناصر غذایی را حتی در شرایط عملکرد بالای نیشکر شناسایی نشان می دهند.

1. Deviation from optimum percentage

2. Compositional Nutrient Diagnosis

3. Plant

4. Ratoon

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 این که 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 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؛ دادپور و عطاردی، ۱۳۹۹؛ عطاردی و همکاران، ۱۴۰۰؛ قادری و همکاران، ۱۴۰۲). اما تاکنون پژوهشی در زمینه ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر به روش 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 36° E و 48° عرض جغرافیایی 30° 59' N)، انجام شد. به منظور 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 وارینه 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 باقی‌ماند) که مناسب‌ترین زمان نمونه‌برداری 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 به منظور 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 به روش استخراج با بی‌کربنات سدیم (Olsen et al., 1954) عصاره‌گیری و غلظت آن به روش رنگ‌سنجی (Murphy and Riley, 1962) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Apel PD-303 UV)، اندازه‌گیری شد. غلظت پتاسیم قابل دسترس به روش 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) به روش عصاره‌گیری با DTPA و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer- AAnalyst 200) اندازه‌گیری شد (Lindsay and Norvell, 1978).

به منظور حذف ذرات خاک، ابتدا نمونه‌های برگ با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از هواخشک نمودن برگ‌ها، نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند. سپس نمونه‌ها با آسیاب برقی به منظور تهیه نمونه یکنواخت آسیاب شده و جهت انجام آنالیزهای آزمایشگاهی آماده شدند. عصاره‌گیری به منظور اندازه‌گیری غلظت نیتروژن، به روش هضم تر و با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ انجام شد. از روش خاکستری 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 به روش کج‌لدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، غلظت پتاسیم به روش نورسنجی شعله‌ای و با

استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر و عناصر غذایی کم مصرف با استفاده از دستگاه 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:

$$(1) \text{ مزارع با عملکرد زیاد } \leq (\text{میانگین عملکرد} + \text{SD})$$

$$(2) \text{ مزارع با عملکرد کم } > (\text{میانگین عملکرد} + \text{SD})$$

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 ( $\sum DOP$ ) 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 می‌باشند. 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:

$$(3) DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

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 ( $\sum DOP$ ) از مجموع شاخص‌های DOP بدون در نظر گرفتن علامت آن‌ها، با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$(4) \sum DOP = |I_A| + |I_B| + \dots + |I_N$$

که در این رابطه،  $\sum DOP$  مجموع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه و  $I_A$ ،  $I_B$  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  $\sum DOP$  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 حالی که 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 حالی که این مقدار در مزارع با عملکرد پایین به ترتیب 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.

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

مزرعه	دامنه تغییرات	هدایت الکتریکی (dS m <sup>-1</sup> )	کربن آلی (%)	نیترژن کل (g kg <sup>-1</sup> )	غلظت قابل دسترس عناصر غذایی (mg kg <sup>-1</sup> )					
					فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
حداقل		۳/۱۰	۰/۵۶	۰/۶۰	۹/۲	۱۱۱/۰	۳/۲	۳/۶	۰/۵۸	۰/۸۶
مزارع با عملکرد بالا	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
حداقل		۳/۴۷	۰/۲۹	۰/۵۶	۴/۶	۷۷/۲	۱/۷	۲/۶	۰/۲۷	۰/۵۲
مزارع با عملکرد پایین	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 <sup>-1</sup> )	کربن آلی (%)	نیترژن کل (g kg <sup>-1</sup> )	غلظت قابل دسترس عناصر غذایی (mg kg <sup>-1</sup> )					
					فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
حداقل		۲/۶۷	۰/۴۹	۰/۴۴	۵/۵	۱۱۴/۰	۳/۶	۳/۸	۰/۵۸	۰/۸۴
مزارع با عملکرد بالا	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
حداقل		۲/۸۴	۰/۲۶	۰/۴۶	۳/۱	۷۲/۰	۲/۱	۲/۳	۰/۲۸	۰/۵۶
مزارع با عملکرد پایین	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

### گروه‌بندی مزارع با عملکرد زیاد و کم

به منظور تعیین نرُم‌ها 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 به ترتیب 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 ( $P \leq 0.05$ ) معنی‌دار بود. بنابراین تفکیک مزارع به دو گروه مزارع با عملکرد زیاد و مزارع با عملکرد کم، می‌تواند معیار مناسبی در برآورد نرُم‌های DOP در این پژوهش باشد. در انتخاب مزارع با عملکرد زیاد، برای مزارع کشت جدید، بازرویی اول و بازرویی دوم به ترتیب 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 به ترتیب ۱۰۹/۵، ۸۳/۸ و ۷۱/۸ تن در هکتار بود.

### نرُم‌ها و شاخص‌های انحراف از در صد 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  $\pm$  انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد نیشکر در مزارع کشت جدید (پلنت)

ضریب تغییرات (CV) (درصد)		میانگین $\pm$ انحراف معیار (SD)		متغیر
مزارع با عملکرد کم	مزارع با عملکرد زیاد	مزارع با عملکرد کم ( $>98/6$ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد زیاد ( $<98/6$ تن در هکتار)	
۱۷/۳	۷/۷	$71/8 \pm 12/5$	$109/5 \pm 8/4$	عملکرد نیشکر (تن در هکتار)
۷/۵	۷/۳	$1/65 \pm 0/12$	$1/67 \pm 0/12$	نیترژن (درصد)
۸/۰	۴/۹	$0/26 \pm 0/20$	$0/27 \pm 0/13$	فسفر (درصد)
۲۴/۶	۶/۲	$1/07 \pm 0/26$	$1/41 \pm 0/09$	پتاسیم (درصد)
۳۱/۳	۲۹/۱	$0/60 \pm 0/19$	$0/65 \pm 0/19$	کلسیم (درصد)
۳۲/۱	۲۶/۲	$0/38 \pm 0/12$	$0/38 \pm 0/10$	منیزیم (درصد)
۱۴/۸	۸/۷	$125/2 \pm 14/8$	$139/2 \pm 12/1$	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۱۵/۱	۸/۶	$19/72 \pm 2/9$	$20/45 \pm 1/7$	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)
۶/۲	۶/۳	$16/9 \pm 1/04$	$18/3 \pm 1/15$	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)
۲۸/۳	۱۸/۴	$3/36 \pm 0/95$	$3/83 \pm 0/71$	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)

**جدول ۴.** میانگین  $\pm$  انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد نیشکر در مزارع بازروی (راتون) اول

ضریب تغییرات (CV) (درصد)		میانگین $\pm$ انحراف معیار (SD)		متغیر
مزارع با عملکرد کم	مزارع با عملکرد زیاد	مزارع با عملکرد کم ( $>77/2$ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد زیاد ( $<77/2$ تن در هکتار)	
۱۵/۷	۶/۵	$58/6 \pm 9/1$	$83/8 \pm 5/5$	عملکرد نیشکر (تن در هکتار)
۶/۳	۵/۷	$1/74 \pm 0/11$	$1/80 \pm 0/10$	نیترژن (درصد)
۸/۲	۸/۶	$0/24 \pm 0/02$	$0/26 \pm 0/02$	فسفر (درصد)
۱۴/۵	۸/۱	$1/28 \pm 0/19$	$1/44 \pm 0/12$	پتاسیم (درصد)
۲۳/۷	۱۱/۵	$0/64 \pm 0/15$	$0/64 \pm 0/07$	کلسیم (درصد)
۲۶/۵	۲۰/۳	$0/41 \pm 0/11$	$0/41 \pm 0/08$	منیزیم (درصد)
۱۳/۹	۱۲/۲	$131/7 \pm 18/2$	$140/9 \pm 17/1$	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۱۱/۷	۸/۱	$20/9 \pm 2/4$	$21/9 \pm 1/8$	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)
۷/۰	۹/۰	$15/4 \pm 1/1$	$16/9 \pm 1/5$	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)
۲۱/۹	۱۶/۷	$3/80 \pm 0/83$	$4/43 \pm 0/74$	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)

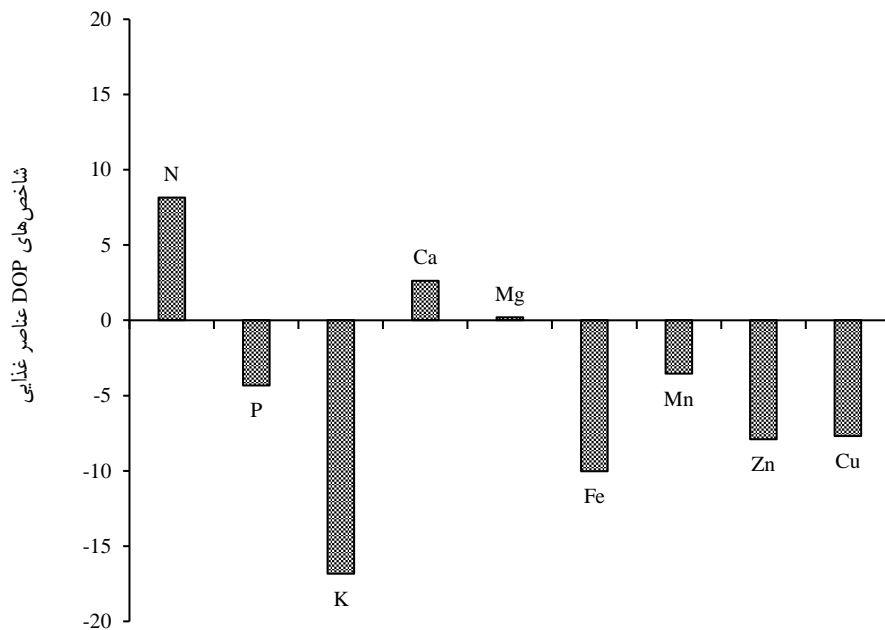
**جدول ۵.** میانگین  $\pm$  انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) غلظت عناصر غذایی در برگ و عملکرد نیشکر در مزارع بازروی (راتون) دوم

ضریب تغییرات (CV) (درصد)		میانگین $\pm$ انحراف معیار (SD)		متغیر
مزارع با عملکرد کم	مزارع با عملکرد زیاد	مزارع با عملکرد کم ( $>67/4$ تن در هکتار)	مزارع با عملکرد زیاد ( $\leq 67/4$ تن در هکتار)	
۱۴/۹	۷/۱	$53/8 \pm 8/0$	$71/8 \pm 5/1$	عملکرد نیشکر (تن در هکتار)
۳/۵	۴/۷	$1/81 \pm 0/06$	$1/77 \pm 0/08$	نیترژن (درصد)
۸/۸	۵/۸	$0/23 \pm 0/02$	$0/26 \pm 0/015$	فسفر (درصد)
۹/۲	۶/۵	$1/28 \pm 0/12$	$1/40 \pm 0/09$	پتاسیم (درصد)
۳/۹	۱۲/۸	$0/68 \pm 0/03$	$0/65 \pm 0/08$	کلسیم (درصد)
۵/۱	۲۰/۱	$0/42 \pm 0/02$	$0/40 \pm 0/08$	منیزیم (درصد)
۹/۰	۱۱/۴	$134/0 \pm 12/0$	$146/4 \pm 16/6$	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۶/۳	۹/۷	$21/2 \pm 1/3$	$22/0 \pm 2/1$	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)
۶/۴	۴/۸	$15/6 \pm 0/9$	$16/9 \pm 0/8$	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)



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، بدین ترتیب 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 نشان‌دهنده 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 بدین ترتیب بود:  $Fe > Zn > Cu > Mn$  (جدول ۶ و شکل ۱).



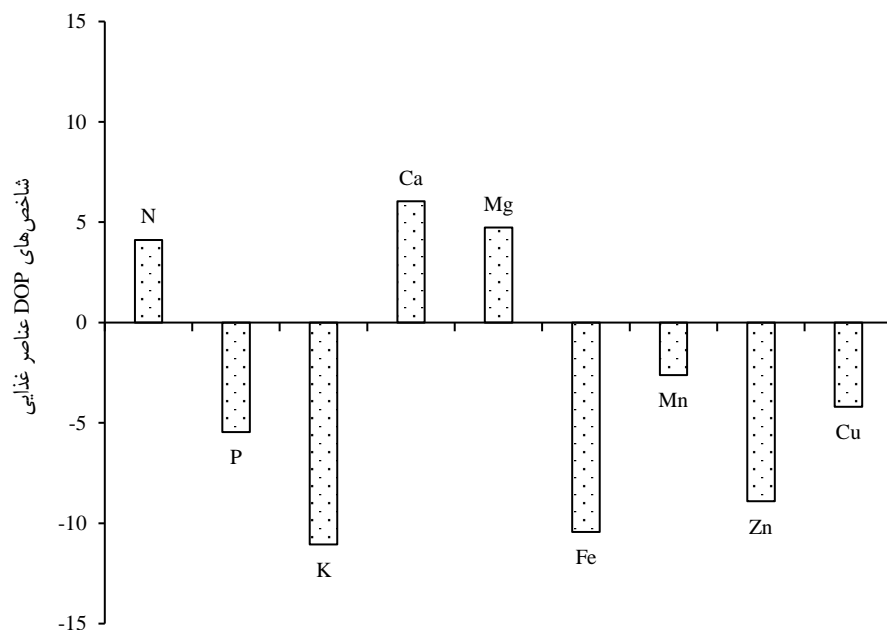
شکل ۱- میانگین شاخص‌های DOP عناصر غذایی در گیاه نیشکر در مزارع کشت جدید

نتایج شاخص‌های DOP عناصر غذایی در مزارع بازروی 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 بازروی 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 بازروی 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، بدین ترتیب بود:  $K > P > N > Mg > Ca$  (جدول ۷ و شکل ۲).

جدول ۶. شاخص‌های DOP، عملکرد، شاخص تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی در مزارع کشت جدید (پلنت) با عملکرد کم

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

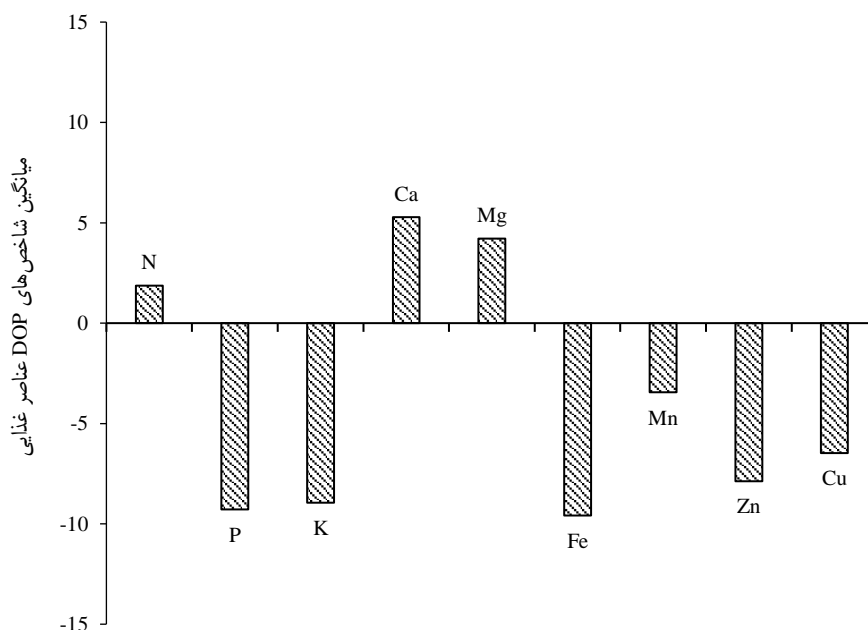


شکل ۲. میانگین شاخص‌های DOP عناصر غذایی در گیاه نیشکر در مزارع بازرویی اول

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

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

ادامه جدول ۷.

اولویت نیاز عناصر غذایی		ΣDOP	شاخص‌های DOP								عملکرد (ton/ha)	شماره مزرعه	
کم‌مصرف	پر مصرف		Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	K	P			N
Fe>Zn>Cu>Mn	P>N>Ca>K>Mg	۵۳/۴	-۴/۵	-۶/۱	۷/۰	-۱۰/۸	۸/۰	۴/۶	۲/۳	-۹/۴	-۰/۸	۶۷/۳۳۰	S04-30
Zn>Cu>Fe>Mn	K>P>Mg>Ca>N	۷۹/۹	-۹/۲	-۱۳/۷	۱۱/۶	-۸/۰	۴/۶	-۱/۷	-۲/۲	-۵/۸	۳/۹	۴۸/۹۵۰	S05-26
Fe>Mn>Cu>Zn	K>P>Ca>Mg>N	۵۳/۵	۶/۲	-۰/۵	-۷/۸	-۱۲/۶	۵/۷	۳/۸	-۶/۷	-۴/۰	۶/۲	۶۵/۷۲۰	S07-23
Mn>Fe>Zn>Cu	K>P>N>Mg>Ca	۱۱۶/۲	-۶/۴	-۸/۰	-۱۵/۵	-۱۰/۱	۱۳/۵	۲۲/۰	-۲۲/۹	-۷/۶	۱۰/۰	۴۶/۵۹۰	S08-17
Fe>Zn>Cu>Mn	K>Ca>P>N>Mg	۶۵/۶	-۴/۱	-۸/۰	۷/۱	-۱۳/۱	۶/۹	۳/۱	-۹/۵	-۷/۶	۶/۲	۶۵/۶۰	S08-27
Zn>Mn>Fe>Cu	Ca>Mg>K>P>N	۵۵/۸	۳/۳	-۷/۹	۱/۷	۳/۰	-۱۳/۲	-۱۴/۴	۲/۳	۳/۳	۶/۸	۷۴/۳۳۰	S11-22
Zn>Mn>Fe>Cu	P>K>N>Ca>Mg	۶۴/۹	-۱۱/۰	-۱۴/۹	-۳/۷	-۱۴/۷	۵/۷	۲/۲	-۲/۲	-۹/۴	-۱/۱	۶۴/۳۸۰	S03-27
Cu>Zn>Mn>Fe	Ca>P>K>N>Mg	۶۱/۹	-۱۶/۷	-۷/۵	۱/۴	۲/۹	-۱۲/۷	۱۰/۱	۳/۷	۱/۴	۵/۶	۷۸/۴۸۰	S04-15
Fe>Mn>Zn>Cu	K>P>Ca>Mg>N	۷۲/۸	-۳/۵	-۷/۲	-۱۲/۳	-۱۳/۰	۴/۹	-۰/۱	-۱۷/۱	-۷/۶	۷/۱	۵۲/۳۶۰	S07-24
Fe>Zn>Mn>Cu	K>P>Ca>N>Mg	۶۲/۱	-۴/۱	-۸/۰	-۷/۱	-۱۳/۵	۵/۸	۰/۸	-۱۵/۳	-۵/۸	۱/۶	۵۵/۶۶۰	S09-24
Fe>Zn>Mn>Cu	K>N>P>Mg>Ca	۸۶/۷	-۵/۳	-۱۲/۵	-۱۲/۴	-۱۶/۴	۶/۹	۷/۰	-۱۵/۰	-۴/۰	-۷/۳	۵۶/۲۸۰	S10-20

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

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

ادامه جدول ۸

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

نیترژن یکی از عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز نیشکر است که کمبود یا بیش بود 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 نیترژن کارایی بسیار بالاتری دارند (da Silva and Chiaia, 2021). بنابراین مثبت شدن شاخص نیترژن در اغلب مزارع کشت جدید و بازروی اول مورد مطالعه به‌ویژه در مزارع کشت جدید نشان‌دهنده بیش‌بود قابل توجه نیترژن در مزارع بود و به نظر 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 بازروی 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، بازروی اول و بازروی دوم منفی بود. این شاخص در مزارع بازروی دوم کم‌تر (منفی‌تر) بود. در مقایسه با پتاسیم، کمبود فسفر در مزارع کشت جدید و بازروی اول شدید نبود. این نتایج می‌تواند به دلیل کاربرد کود فسفر قبل از کشت در مزارع کشت جدید باشد که تا حدی توانسته کمبود فسفر را در گیاه (کشت جدید و بازروی 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 به شکل قابل دسترس برای گیاه بود (جدول ۱ و ۲).** بیش‌تر فسفر در خاک به صورت کلات‌های فلزی وجود دارد و مقادیر زیادی از کود شیمیایی فسفر استفاده شده نیز به سرعت به صورت ترکیبات فسفات 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 بازروی اول بسیار شدید نمی‌باشد، و در مزارع نیشکر بازروی دوم کمبود فسفر در مقایسه با مزارع کشت جدید و بازروی اول شدیدتر می‌شود. با این حال کاربرد اصلاح‌کننده‌های 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 بازروی اول نیشکر باشد.

بر اساس نتایج شاخص‌های DOP، پتاسیم منفی‌ترین شاخص در مزارع کشت جدید و بازروی اول و دومین شاخص منفی پس از فسفر، در مزارع بازروی دوم بود. این شاخص در مزارع کشت جدید کم‌تر (منفی‌تر) از مزارع بازروی 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 بازروی اول دارای اثر منفی بر عملکرد نیشکر است. **منفی‌تر بودن شاخص پتاسیم در مزارع کشت جدید نسبت به مزارع بازروی اول، احتمالاً به دلیل زیست‌توده بیش‌تر گیاه در مزارع کشت جدید، دوره رشد طولانی‌تر، کافی نبودن 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 بازروی 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 به طور 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 به دلیل کشت مستمر، جذب مقدار زیاد پتاسیم توسط آن و همچنین عدم مصرف کودهای پتاسیمی، به طور 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 به ترتیب 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 به ترتیب 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 به وجود 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 به دست آمدن عملکرد بهینه در نیشکر باید تعادل تغذیه‌ای در گیاه برقرار باشد. در اکثر کشورهای نیشکر کاری در دنیا، جهت کوددهی نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت‌های ۳:۱:۵ یا ۲:۱:۳ (N:P:K) به کار 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 حالی که نیتروژن رشد گیاه را به شدت تحریک می‌کند و سبب توسعه گیاه و ایجاد کانوپی می‌شود، این عامل سبب جلوگیری از دریافت نور خورشید می‌شود و مقدار زیادی پتاسیم به عنوان 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 حائز 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 به وجود بیاید. این کمبود می‌تواند به دلیل 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. به طور 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. به طور کلی نتایج نشان دهنده 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. به طور کلی خاک‌های مزارع نیشکر عمدتاً دارای ماده آلی کم و کربنات کلسیم و pH بالا هستند (پورکیهان و همکاران،

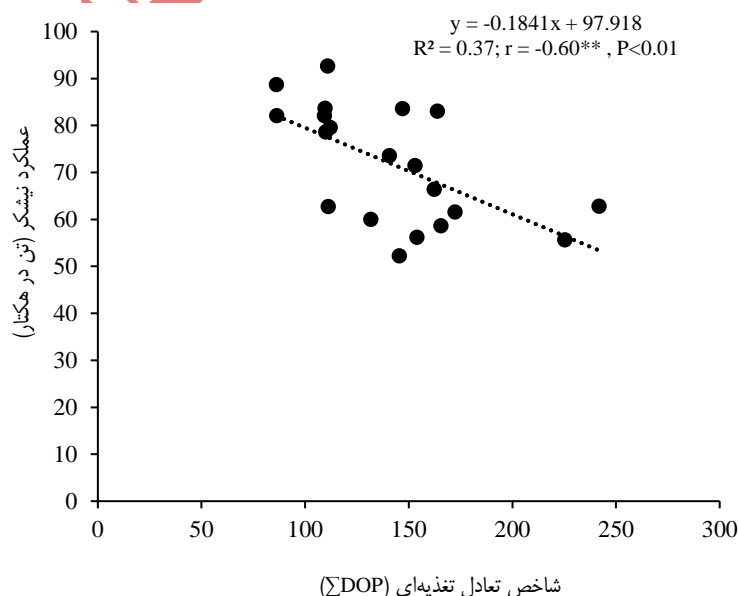
۱۳۹۷) که این عوامل سبب تبدیل عناصر غذایی کم مصرف به ترکیبات با انحلال کم و کاهش فراهمی این عناصر غذایی برای نیشکر می‌شوند (رنگل، ۲۰۱۵؛ کریمی و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین منفی بودن شاخص عناصر غذایی کم مصرف به‌ویژه آهن و روی و کمبود آن‌ها در نیشکر را می‌توان به فراهمی کم این عناصر غذایی در خاک (جدول ۱ و ۲)، بی‌کربنات بالای آب آبیاری، عدم شرایط تهویه‌ای مناسب خاک و همچنین عدم مصرف کودهای عناصر غذایی کم مصرف، نسبت داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده بهتر است مدیریت عناصر غذایی کم مصرف به‌ویژه آهن و روی در تغذیه نیشکر، مورد توجه قرار گیرد.

### شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP ( $\Sigma DOP$ )

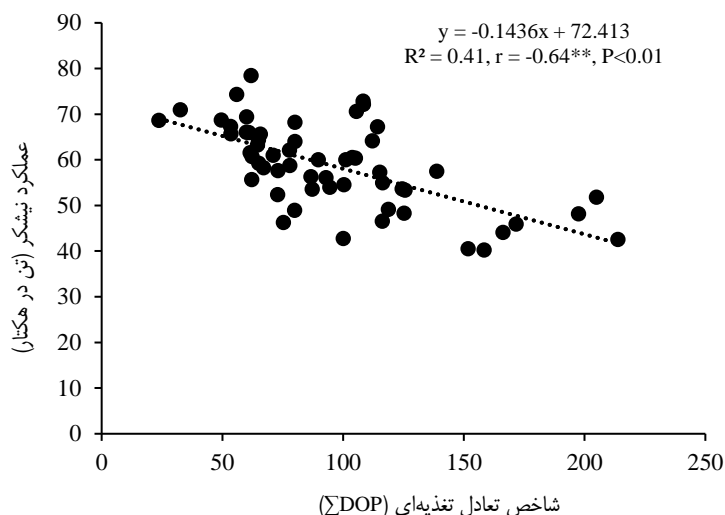
شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP ( $\Sigma DOP$ ) که از مجموع قدر مطلق شاخص‌های DOP محاسبه می‌شود، به‌عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر چه مجموع قدر مطلق شاخص‌های DOP بیش‌تر گردد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیش‌تر خواهد شد. نتایج این پژوهش نشان داد مقدار شاخص  $\Sigma DOP$  محاسبه شده در تمام مزارع نیشکر مورد مطالعه با عملکرد کم (کشت جدید و بازروی)، 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 بازروی اول در محدوده ۲۱۳-۲۳ و در مزارع بازروی دوم در محدوده ۱۱۴-۱۳ بود (جدول‌های ۴ تا ۶).

### همبستگی بین عملکرد نیشکر، شاخص‌های DOP عناصر غذایی و شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP ( $\Sigma DOP$ )

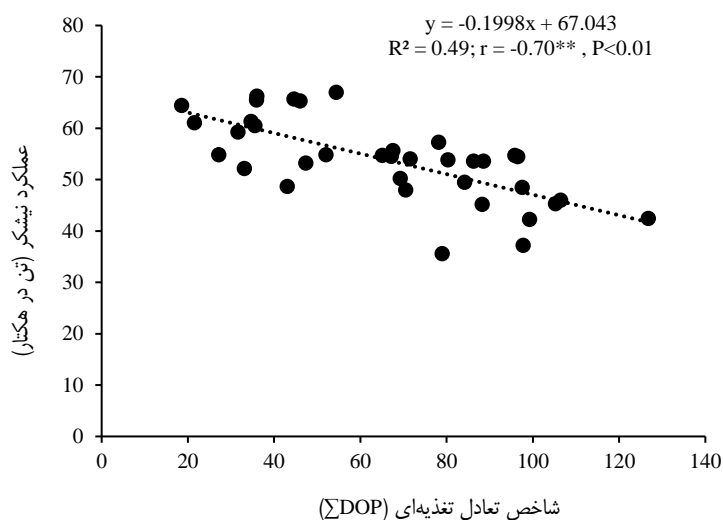
رابطه رگرسیونی بین شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP ( $\Sigma DOP$ ) و شاخص‌های DOP در مزارع کشت جدید و بازروی اول و دوم در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است. شاخص  $\Sigma DOP$  که مجموع قدر مطلق شاخص‌های DOP است، به‌عنوان شاخص تعادل عناصر غذایی جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه استفاده می‌شود. هر چه مقدار  $\Sigma DOP$  بیش‌تر باشد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیش‌تر خواهد بود. نتایج نشان داد همبستگی منفی و معنی‌داری هم در مزارع کشت جدید ( $r = -0.60$ ;  $P < 0.01$ ) و هم در مزارع بازروی اول ( $r = -0.64$ ;  $P < 0.01$ ) و دوم ( $r = -0.70$ ;  $P < 0.01$ ) بین عملکرد نیشکر و شاخص  $\Sigma DOP$  وجود داشت. بدین ترتیب که هر چه عملکرد نیشکر در مزارع کم‌تر بود، شاخص  $\Sigma DOP$  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 ۴. رابطه رگرسیونی بین شاخص  $\Sigma DOP$  و عملکرد نیشکر در مزارع کشت جدید (پلنت)



شکل ۵. رابطه رگرسیونی بین شاخص تعادل تغذیه‌ای (ΣDOP) و عملکرد نیشکر در مزارع بازرویی (راتون) اول



شکل ۶. رابطه رگرسیونی بین شاخص تعادل تغذیه‌ای (ΣDOP) و عملکرد نیشکر در مزارع بازرویی (راتون) دوم

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده 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، نشان‌دهنده میان‌عناصر غذایی پرمصرف در مزارع کشت جدید و بازرویی اول، کمبود پتاسیم و در مزارع بازرویی دوم کمبود فسفر و پتاسیم و همچنین از میان‌عناصر 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 حکیم‌فاریابی خوزستان بودند. بنابراین نیاز است در برنامه‌مدیریت 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 حل‌کننده فسفر و پتاسیم، تولیدکننده 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 به مقدار بهینه انجام شود و از کاربرد 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 به دنبال 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.

## تعارض منافع

"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 بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژیکی خاک در منطقه جنوب خوزستان. مدیریت خاک و تولید پایدار، ۸(۲)، صفحه ۴۳-۶۱.

دادپور، 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 بایوردی، 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)، ۱۶۸۹-۱۶۹۹.

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 چغندرقد 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., Hamed, 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., Francescato, 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: Electrical 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.