

## ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در کلزا با روش تشخیص چندگانه و انحراف از درصد بهینه در شمال استان خوزستان

سید حسین محمودی نژاد دزفولی<sup>1</sup> و مهرزاد محمص مستشاری

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول

ایران؛ Shmn178@yahoo.com

دانشیار بخش تحقیقات شیمی و حاصلخیزی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛

mm\_mohasses@yahoo.com

دریافت: 1400/7/24 و پذیرش: 1401/2/21

### چکیده

برای بررسی مصرف نامتعادل کودها و بهینه کردن مصرف کود در مزارع کلزا در شمال استان خوزستان، از روش‌های تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) و انحراف از درصد بهینه (DOP) استفاده شد. در این پژوهش، به مدت یک سال زراعی (1398) نمونه‌های خاک، برگ و آب از 30 مزرعه کلزا تهیه و تجزیه شد. در این مزارع، عملکرد دانه نیز اندازه‌گیری شد. عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز برگ با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین گردید. جامعه عملکردی از طریق کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای با در نظر گرفتن عملکرد حد واسط به مقدار 2882 کیلوگرم در هکتار به دو گروه عملکرد پایین و بالا تقسیم شدند. سپس براساس روش سامانه CND نرم‌های استاندارد برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی، منگنز و باقیمانده عناصر (Rd) به ترتیب  $3/27 \pm 0/14$ ،  $0/83 \pm 0/17$ ،  $2/73 \pm 0/2$ ،  $1/89 \pm 0/13$ ،  $4/23 \pm 0/53$ ،  $3/45 \pm 0/3$ ،  $3/46 \pm 0/26$  و  $3/27 \pm 0/14$  تعیین گردید. نتایج روش سامانه CND نشان داد بیشترین عامل محدودکننده عملکرد در بین عناصر پر مصرف پتاسیم و در بین عناصر کم مصرف منگنز بود. در روش DOP حد بهینه عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب غلظت‌های  $5/27\%$ ،  $2/72\%$  و  $0/44\%$  و برای آهن، مس، روی و منگنز به ترتیب 37، 313، 77 و 67 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید و ترتیب کمبود عناصر غذایی به صورت  $P > Fe > N > Mn > Zn > Cu$  به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه گیاه، تعادل عناصر غذایی

<sup>1</sup>نویسنده مسئول، آدرس: دزفول، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، بخش تحقیقات خاک و آب

## مقدمه

تغذیه‌ای ذرت در مرحله رشد  $V_4$  تا  $V_8$  تعیین و ارتباط بسیار خوبی را ( $R^2 = 0/96$ ) بین شاخص تعادل عناصر غذایی روش دریس با شاخص تعادل عناصر غذایی به روش CND برای مرحله رشدی مذکور گزارش کردند. در همین تحقیق شاخص عنصر نیتروژن در سه روش CVA، DRIS و CND مورد مقایسه قرار گرفت که ضریب  $R^2$  حاصله بیانگر برتری نسبی روش CND به سایر روش‌ها بود. میران و صمدی (1391) نیز وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند را با استفاده از دو روش DRIS و DOP در استان آذربایجان غربی بررسی و گزارش کردند که بر اساس شاخص‌های DRIS و DOP به ترتیب فسفر و مس منفی‌ترین شاخص‌ها بودند.

فیضی‌زاده و صمدی (1395) جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای پیاز در آذربایجان غربی، شاخص‌های DRIS و DOP را مقایسه کردند. در این مقایسه عناصر کلسیم، پتاسیم و مس منفی‌ترین شاخص در مزارع با عملکرد پایین بودند. آنها همچنین نشان دادند که بین دو روش مذکور در تفسیر نتایج تجزیه برگ تشابه زیادی وجود دارد. قریشی و همکاران (1396) با ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه با استفاده از روش DRIS در آذربایجان غربی دریافتند که بین عناصر غذایی پرمصرف، نیتروژن و در بین عناصر غذایی کم مصرف، روی منفی‌ترین شاخص بود.

در استان خوزستان با توجه به اهمیت و جایگاه محصول کلزا در منطقه از نظر سطح زیر کشت در کشور و لزوم مدیریت تغذیه‌ای مناسب جهت دستیابی به عملکرد مطلوب و اقتصادی از یک طرف و عدم وجود اعداد مرجع روش‌های DOP و CND جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کلزا در منطقه، ضرورت اجرای این پژوهش مشخص می‌گردد. لذا، هدف از این بررسی، برآورد اعداد مرجع و مطالعه وضعیت عناصر غذایی در مزارع کلزای شمال استان خوزستان با استفاده از شاخص‌های انحراف از درصد بهینه (DOP)، تشخیص چندگانه عناصر غذایی

بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال 2018 میزان تولید کلزا در جهان تقریباً 75/6 میلیون تن بود که بعد از دانه سویا در رده دوم گیاهان زراعی دانه روغنی قرار داشت (انانیموس، 2018). در تأمین روغن جهانی، گیاه پالم و هسته پالم 38%، سویا 29%، کلزا 15%، آفتابگردان 10%، بادام‌زمینی 3%، پنبه‌دانه و روغن نارگیل 2% و زیتون 1% سهم داشتند (انانیموس، 2019). بر اساس آمار منتشر شده، کشور کانادا با تولید 21/1 میلیون تن دانه کلزا اولین کشور تولید کننده این محصول در جهان است. کشورهای چین و هند نیز با تولید 12/8 و 8 میلیون تن به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند (انانیموس، 2019). سطح زیر کشت محصول کلزا در سال زراعی 99 - 1398 در استان خوزستان تقریباً 44579 هکتار و میزان تولید آن 67320 تن بود (بی نام، 1399). از نظر میزان تولید و مساحت کشت کلزا در کشور، استان خوزستان مقام دوم و استان‌های مازندران، فارس، اردبیل، کرمانشاه، ایلام، قزوین و آذربایجان شرقی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند (انانیموس، 2019). روش‌های مختلف تفسیر نتایج تجزیه عناصر تغذیه‌ای گیاهان در محصولات زراعی توسط محققین مختلف مورد توجه قرار گرفته است. گیکلوی و همکاران (1397) عدم تعادل عناصر غذایی گیاه گندم را با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی در منطقه مغان بررسی و نرم‌های عناصر غذایی را با احتساب عملکرد 4/2 تن در هکتار برای N، P، K، Ca، Mg، Fe، Cu، Zn، Mn و B محاسبه کردند.

در ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کدو با روش‌های DOP و CND توسط شریف‌مند و همکاران (1396) در شهرستان خوی و بر اساس شاخص‌های DOP و CND، عناصر پتاسیم و روی منفی‌ترین شاخص‌ها بودند. خیاری و همکاران (2001a) با استفاده از روش CND توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم‌های استاندارد CND را برای عناصر غذایی N، P، K، Ca و Mg جهت ارزیابی وضعیت

(1375). عناصر روی، منگنز، آهن و مس توسط محلول DTPA استخراج و توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perken elemer 3110 قرائت شد (احیایی و بهبهانی، 1375). در هر مزرعه هنگام برداشت، عملکرد، رقم مورد استفاده و ویژگی‌های هواشناسی دوره رشد یادداشت‌برداری شد همچنین مقدار، نوع، زمان و مرحله رشدی مصرف کودها مشخص شد. اطلاعات حاصل از مناطق وارد مدل‌های تشخیص چندگانه عناصر غذایی و انحراف از حد بهینه شد و وضعیت تغذیه‌ای مزارع کلزای منطقه با استفاده از نتایج خاک و گیاه، مورد تحلیل قرار گرفت و محدودیت‌های عملکرد از لحاظ عناصر غذایی شناسایی شد.

#### محاسبات و فرمول‌ها

روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی (CND):  
این روش با استفاده از روابط ریاضی و آماری بصورت گام به گام بشرح ذیل انجام شد (پرنت و دافیر، 1992 و دریانشاس و ثقفی، 1390).

1- ترکیبات بافت گیاهی به صورت یک سادک ( $S^d$ ) حاوی عناصر غذایی (N, P, K ...) و یک بخش باقیمانده ترکیبات ( $R_d$ ) بشکل رابطه ذیل قابل بیان است که در آن d نماینده تعداد عناصر غذایی و  $R_d$  بیانگر باقیمانده ترکیبات گیاهی است.

$$S^d = [(N, P, K, \dots, R_d): N > 0, P > 0, K > 0, \dots, R_d > 0 \\ N + P + K + \dots + R_d = 100] \quad (1)$$

در این رابطه عدد 100 بیان کننده کل غلظت ماده خشک گیاه است (درصد) و N, P, K... و  $R_d$  عناصر غذایی تشکیل دهنده بافت گیاهی هستند که  $R_d$  نشانگر سایر عناصر غذایی باقیمانده و اندازه‌گیری نشده است که از رابطه (2) محاسبه می‌شود.

(2)

$$R_d = 100 - (N + P + K \dots)$$

2- میانگین هندسی عناصر غذایی با رابطه 3 نشان داده می‌شود.

(3)

(CND) بود تا بتوان سیاست مصرف بهینه کود را در سطح منطقه با دقت بیشتری اعمال و در سطوح کلان تحقق بخشید و ضمن حفظ حاصلخیزی خاک، سبب حصول عملکرد، با کمیت و کیفیت بیشتر شد.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 98-1397 در مزارع کلزای شمال استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی 31 درجه و 51 دقیقه تا 32 درجه و 30 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 20 دقیقه تا 48 درجه و 53 دقیقه طول شرقی انجام شد. جهت اجرای این آزمایش مکان‌های کشت کلزا در سطح استان بر اساس قرارداد کشت زارعین و اطلاعات ثبت شده توسط GPS مشخص شد. 57 مزرعه در سطح استان انتخاب که پس از بررسی و با توجه به میزان عملکرد، (شامل مزارع با عملکرد زیاد و کم) همچنین وجود دامنه متفاوت از خصوصیات خاک (با استفاده از مطالعات خاک) بین نمونه‌ها تعداد 30 مزرعه انتخاب نهایی شد. در دوره رشد، کلیه اطلاعات مزارع و فعالیت‌های انجام شده برای هر مزرعه در پرسشنامه‌ای یادداشت‌برداری و ثبت گردید.

در اوایل پاییز از هر مزرعه نمونه مرکب خاک برداشت و اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز و بافت خاک از آن‌ها مطابق با روش‌های موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (احیایی و بهبهانی زاده، 1375). در مرحله خروج از رزت (انتهای مرحله دو رشد فنولوژیکی) (گرت و بیلی، 1990) نمونه‌برداری برگ بدین نحو انجام گردید که از 20 نقطه واقع در یک هکتار 20 برگ انتخاب و جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی به آزمایشگاه ارسال شدند (بلی هولدر و همکاران، 2001). به‌طورکلی در این بررسی تعداد 600 تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک، 300 تجزیه برگ و 80 تجزیه آب بر روی نمونه‌ها انجام شد. نیتروژن کل به روش میکروکلدال، فسفر به روش رنگ‌سنجی توسط اسپکتروفتومتر با طول موج 880 نانومتر و پتاسیم به وسیله فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (احیایی و بهبهانی،

<sup>1</sup> Simplex

استاندارد و یا ارقام مرجع CND محسوب می‌شوند.  $V_N$ ،  $V_P$ ،  $V_K$  و  $V_{Rd}$  نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است.  $I_N$ ،  $I_P$ ،  $I_K$  و  $I_{Rd}$  به ترتیب شاخص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر باقیمانده هستند.

4- شاخص تعادل عناصر غذایی با روش CND از طریق رابطه ذیل قابل محاسبه است. در این رابطه  $r^2$  مجموع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی است و همیشه می‌تواند اعداد صفر و بیشتر را به خود اختصاص دهد. از نظر تئوری هر اندازه  $r^2$  به عدد صفر نزدیک‌تر شود تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد.

(7)

$$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \dots + I_{Rd}^2$$

بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق بدست آوردن  $r^2$  می‌توان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد. با توجه به اینکه شاخص‌های عناصر غذایی CND متغیری مستقل و نرمال هستند بنابراین مجموع این شاخص‌ها یعنی  $r^2$  از یک توزیع مربع کای با درجه آزادی  $d+1$  تبعیت می‌کند.

5- یک روش مناسب برای تمایز جامعه عملکرد به دو گروه زیاد و کم می‌تواند بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس شاخص‌های عناصر غذایی باشد. این تابع عملکرد - عنصر غذایی شکل کاوی<sup>1</sup> دارد که با تعیین نقاط عطف منحنی<sup>2</sup> می‌توان گروه‌های عملکردی را با دقت ریاضی تفکیک نمود. مراحل به طریق زیر تعیین می‌شود:

1- عملکردها از زیاد به کم ردیف می‌شوند؛

2- نسبت لگاریتمی ( $V_x$ ) عناصر غذایی محاسبه می‌شود؛

3- واریانس مقادیر  $V_x$  برای اولین گروه عملکرد و برای سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آنها براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود. این عمل برای دومین گروه عملکرد و الی آخر انجام می‌شود؛

$$G = [N \times P \times K \times \dots \times R_d]^{1/d+1}$$

3- نسبت لگاریتم طبیعی عناصر از طریق روابط ذیل محاسبه می‌شود.

(4)

$$Z_i = \log[x_i / g(x)]$$

(5)

$$V_N = \ln\left(\frac{N}{G}\right), V_P = \ln\left(\frac{P}{G}\right), V_K = \ln\left(\frac{K}{G}\right), \dots, V_{Rd} = \ln\left(\frac{R_d}{G}\right)$$

$$V_N + V_P + V_K + \dots + V_{Rd} = 0$$

در نتیجه  $V_x$  بیانگر نسبت لگاریتمی عناصر برای  $x$  عنصر است. رابطه 5 درستی محاسبات را تأیید می‌کند. براساس این تعریف، مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد 100 است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقیمانده ترکیبات ( $R_d$ ) برابر صفر خواهد بود.  $V_x$  برای عناصری مانند  $N, P, K, \dots, R_d$  فرم بیانی از وضعیت و نسبت عناصر غذایی در گیاه است که مقادیر آن در جامعه با عملکرد زیاد بیانگر غلظت مطلوب و ایده آل است و به عنوان ارقام مرجع یا نرم‌های استاندارد CND محسوب می‌شوند و معمولاً با  $V_N^*, V_P^*, V_K^*$  و  $V_{Rd}^*$  نشان داده می‌شود. در نتیجه اگر غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه را با غلظت ایده‌آل یا همان نرم‌های CND استاندارد کنیم شاخص عناصر غذایی CND بدست خواهد آمد و برای عناصر  $N, P, K, \dots, R_d$  بشرح ذیل محاسبه می‌شود:

(6)

$$I_{zi} = (Z_i - z_i) / S_{zi}$$

$$I_N = \frac{V_N - V_N^*}{SD_N^*}$$

$$I_P = \frac{V_P - V_P^*}{SD_P^*}$$

$$I_K = \frac{V_K - V_K^*}{SD_K^*}$$

$$I_{Rd} = \frac{V_{Rd} - V_{Rd}^*}{SD_{Rd}^*}$$

در این روابط  $V_N^*, V_P^*, V_K^*, V_{Rd}^*, SD_N^*, SD_P^*, SD_K^*, SD_{Rd}^*$

به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که بعنوان نرم

1. concavity

2. Inflection point

روش DOP: این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (مونتانس و همکاران، 1993).

(13)

$$DOP = \left[ \frac{C \times 100}{C_{ref}} \right] - 100$$

C: غلظت عنصر غذایی در نمونه مورد ارزیابی است و  $C_{ref}$  غلظت مطلوب (بهینه) عنصر غذایی است. در تفسیر نتایج حاصل از این روش دو قانون ساده وجود دارد که شامل: 1- مقدار قدر مطلق شاخص DOP اهمیت و یا شدت خروج از حالت تعادل را نشان می‌دهد، زیرا عدد صفر بیانگر حالت تعادل و مقادیر بالای قدر مطلق شاخص DOP نشان دهنده انحراف زیاد از حالت تعادل است. 2- برای هر عنصر مقدار منفی شاخص DOP نشان دهنده حالت کمبود و مقدار مثبت نشانگر حالت زیادی عنصر است. بنابراین در روش DOP اعداد منفی‌تر بیانگر محدودیت بیشتر عنصر غذایی مربوطه و اعداد مثبت‌تر بیانگر مقادیر بیشتر این عناصر و اعداد صفر بیانگر وضعیت متعادل عناصر غذایی مربوطه نسبت به غلظت‌های مرجع می‌باشند که بر اساس این اعداد اولویت یا ترتیب نیاز این عناصر غذایی به دست می‌آید.

### نتایج و بحث

در خاک مناطق مورد ارزیابی مقدار شوری از 0/62 تا 6 دسی‌زیمنس بر متر، مقدار اسیدیته از 7/06 تا 8/0، کربن آلی از 0/2 تا 12 درصد و فسفر، پتاسیم، آهن، مس، منگنز و روی به ترتیب از 3/8 تا 16/9، 60 تا 367، 0/28 تا 10/22، 0/38 تا 4/36، 4/84 تا 0/3 و 2/56 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود (جدول 1). با توجه به حد آستانه تحمل کلزا به شوری (حدود 6-8 دسی‌زیمنس بر متر) فقط 6/7 درصد از مزارع دارای محدودیت شوری بودند (نورقلی‌پور و همکاران، 1393). اسیدیته مناسب جهت رشد کلزا 5/5 تا 8 است (نورقلی‌پور و همکاران، 1393) که بر این اساس تقریباً هیچ مزرعه‌ای دارای محدودیت نبود. 10 درصد از مزارع دارای کربن آلی کمتر از 0/5 درصد و 86/6 درصد از مزارع دارای کربن آلی کمتر از یک درصد بودند. با توجه

(8)

$$F_i(V_X) = \frac{\text{مشاهده } n_1 \text{ برای } V_X \text{ واریانس}}{\text{مشاهده } n_2 \text{ برای } V_X \text{ واریانس}}$$

4- تابع تجمعی نسبت واریانس نیز به روش بند 3 براساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود؛

(9)

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-1} f_i(V_X)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i(V_X)} \times 100$$

5- تابع تجمعی  $F_i^c(V_X)$  مرتبط با عملکرد (Y) با الگوی درجه 3 قابل نمایش است؛

(10)

$$F_i^c(V_X) = aY^3 + BY^2 + cy + d$$

6- نقطه عطف این منحنی که شکل کاوی دارد، از طریق مشتق اول و دوم معادله بدست خواهد آمد؛

(11)

$$\frac{\partial F_i^c(V_X)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c$$

(12)

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_X)}{dY^2} = 6ay + 2b = 0$$

از حل معادله (12) مقدار  $-b/3a$  بیانگر عملکرد حد واسط بین گروه عملکرد کم و زیاد است که برای +1 d عنصر غذایی قابل محاسبه است (جدول 3). جهت مقایسه مقدار کای اسکویئر بحرانی با  $r^2$  بحرانی به روش کیت - نلسون (نلسون و اندرسون، 1977) باید توجه داشت که توزیع متغیر  $r^2$  شبیه توزیع تابع مربع کای است (خیاری و همکاران، 2001c). در این روش با استفاده از نرم‌های CND و روابط 6 و 7 مقادیر  $I_N$ ،  $I_P$ ،  $I_{Rd}$  و سپس  $r^2$  بحرانی برای 30 مزرعه کلزا محاسبه می‌شود و بعد از آن با استفاده از دو متغیر عملکرد دانه و  $r^2$  دیاگرام ارتباط بین آنها ترسیم می‌شود.

در نمونه‌های برگ، نیتروژن کل از 2/69 تا 6/63، فسفر از 0/18 تا 0/58، پتاسیم از 2/06 تا 3/8 درصد، آهن از 89 تا 470، مس از 6 تا 67، روی از 40 تا 112 و منگنز از 37 تا 87 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی نوسان داشتند. با توجه به اینکه در مرحله اوائل ساقه‌دهی مقدار نیتروژن برگ بطور متوسط بیش از 4 درصد است (گرت و بیلی، 1990)، در 6/7 درصد از مزارع کمبود نیتروژن وجود داشت. با توجه به حد بحرانی 0/4 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر در برگ (گرت و بیلی، 1990)، در 26/7 درصد از مزارع کمبود عنصر مذکور رویت شد. در منابع حد بحرانی پتاسیم در برگ، 3/5 درصد ذکر گردیده (گرت و بیلی، 1990) که بررسی‌ها نشان داد 80 درصد از مزارع دارای کمبود این عنصر بودند. در منابع حد بحرانی آهن، روی، مس و منگنز در برگ به ترتیب حدود 60 تا 80، 30-38، 4-6/2 و 14-30 میلی‌گرم در کیلوگرم در برگ بود (گرت و بیلی، 1990) که نتایج تجزیه برگ نشان داد، کمبودی از نظر عناصر کم مصرف در مزارع کلزا وجود نداشت.

میزان عملکرد دانه کلزا در منطقه در محدوده 1200 تا 4221 کیلوگرم در هکتار بود. میانگین آن 3100، میانه آن 3258 و نما 2700 کیلوگرم در هکتار بودند.

به تأثیر موادآلی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، استفاده از موادآلی مناسب در منطقه تأکید می‌گردد. غلظت بهینه فسفر در خاک برای کلزای آبی حدود 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک برآورد شده است (نورقلی‌پور و همکاران، 1393). بر این اساس 96/6 درصد از خاک‌های منطقه دارای مقدار فسفر کمتر از 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند حد بحرانی پتاسیم قابل جذب خاک نیز برای کلزای آبی 250-300 میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شده است (نورقلی‌پور و همکاران، 1393). 73/3 درصد مزارع دارای مقدار پتاسیم قابل دسترس کمتر از 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. مقدار پتاسیم اندازه‌گیری شده در 6/6 درصد از مزارع 200-250، در 10 درصد بین 250-300 و در 10 درصد مزارع مقدار پتاسیم بیش از 300 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بودند. در 6/6 درصد مزارع، مقدار شن خاک بیشتر از 50 درصد بود که این مساله باعث سبکی بافت خاک شده است. توزیع کلاس بافت خاک در مزارع مورد مطالعه به صورت لومی (60%)، لومی سیلتی (30%)، لومی شنی (6/6%) و رسی سیلتی (3/3%) بود که نشان از لومی بودن بافت خاک غالب منطقه در بیش از 96/6 درصد مزارع مورد مطالعه داشت (جدول 1).

جدول 1- نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع کلزا (خوزستان، 98-1397)

فاکتورهای اندازه گیری	سیلت رس	شن	منگنز	روی	مس	آهن	پتاسیم		فسفر	کربن آلی	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی عصاره اشباع دسی زیمنس بر متر
							قابل جذب	قابل جذب				
میلی گرم بر کیلوگرم												
میانگین	47	27/3	1/8±	±1/1 0/10	1/7± 0/12	2/5± 0/46	168±15/3	9/2±0/63	±1/1 0/37	7/65± 0/38	2/01±0/26	
میانه	44	26	1/5	1	1/8	135	8/4	0/8	7/7	1/7		
نما	44	26	1/4	0/8	1/8	121	4	0/8	7/7	1		
حداقل داده	38	4	0/4	0/3	0/4	60	3/8	0/2	7	0/62		
حداکثر داده	62	60	4/8	2/5	4/4	367	16/9	12	8	6		

جدول 2- نتایج تجزیه عناصر پرمصرف و کم مصرف در برگ کلزا در اوائل ساقه‌دهی (خوزستان، 98-1397)

فاکتورهای اندازه گیری	منگنز	روی	مس	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار
میانگین	62	63	26	309	3/1	0/44	5/1	3100
میانه	63	57	195	306	3/2	0/46	5/2	3258
نما	55	48	6	279	3/4	0/42	4/9	2700
حداقل داده	37	40	6	89	2/06	0/18	2/7	1200
حداکثر داده	87	112	67	470	3/8	0/6	6/6	4221

برآورد عملکرد حد واسط در جامعه با عملکردهای کم و زیاد به روش تشخیص چندگانه (CND):

برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه کم و زیاد، ارتباط بین عملکرد و مقادیر تجمعی نسبت واریانس هر عنصر غذایی محاسبه و بصورت هشت معادله درجه 3 برای هفت عنصر و یک قسمت باقیمانده (Rd) برآزش داده شد که در جدول 3، مشخصات نمودارها ارائه شده است. مدل درجه سه برای کلیه عناصر در سطح اماری پنج درصد معنی‌دار و مقادیر  $R^2$  آنها در محدوده 99-97٪ محاسبه شدند. عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه از مزارع با عملکرد کم و زیاد (2/82) تن در هکتار) ملاک قرار گرفت. در نتیجه از مجموع 30 مزرعه تعداد 19 مزرعه معادل 63/3 درصد در گروه عملکرد زیاد

و 11 مزرعه معادل 36/6 درصد در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND):

با توجه به اینکه میانگین غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (مستشاری و گل محمدی، 1389)، در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد حد 2/82 تن در هکتار مقدار  $V^*_{N}$ ،  $V^*_{P}$ ،  $V^*_{K}$ ،  $V^*_{Mn}$ ،  $V^*_{Zn}$ ،  $V^*_{Fe}$ ،  $V^*_{Cu}$ ،  $V^*_{Rd}$  منعکس شده در جدول چهار، به عنوان اعداد مرجع CND برآورد شد. بر این اساس غلظت‌های بهینه این عناصر نیز بدست آمد.

جدول 3- برآورد عملکرد حد واسط بر اساس روش تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی مزارع مورد مطالعه (خوزستان، 98-1397)

عناصر غذایی	$R^2$	تن در هکتار
نیتروژن	0/98	2/41
فسفر	0/98	2/08
پتاسیم	0/99	2/66
آهن	0/97	4
مس	0/98	3/33
روی	0/98	4/12
منگنز	0/98	2/1
جزء باقیمانده	0/99	2/35

جدول 4- اعداد مرجع مطلوب عناصر غذایی مربوط به میانگین عملکردهای مطلوب و اعداد مرجع تشخیص چند گانه مزارع مورد مطالعه (خوزستان، 98-1397)

عناصر غذایی	غلظت مطلوب عناصر غذایی درصد	انحراف معیار	اعداد مرجع CND	انحراف معیار	میانگین
نیتروژن	5/24	0/46	$V^*_{N}$	0/14	3/27
فسفر	0/47	0/07	$V^*_{P}$	0/17	0/83
پتاسیم	2/97	0/42	$V^*_{K}$	0/20	2/73
آهن	0/0338	0/006	$V^*_{Fe}$	0/13	-1/89
مس	0/0033	0/001	$V^*_{Cu}$	0/53	-4/23
روی	0/0070	0/002	$V^*_{Zn}$	0/30	-3/45
منگنز	0/0062	0/001	$V^*_{Mn}$	0/26	-3/46

شاخص‌ها وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا با انتخاب شش مزرعه تصادفی با پوشش عملکردهای بالا و پایین انجام شد (جدول 7). در این جدول وضعیت تغذیه عناصر غذایی به سه وضع نامتعادلی کمبود، نامتعادلی بیش بود و متعادل کافی تشریح شده است. بررسی نتایج این شش مزرعه نشان می‌دهد میزان نامتعادلی به ترتیب برای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی، و منگنز به ترتیب 67٪، 67٪، 67٪، 83٪، 50٪، 50٪، 33٪ و 67٪ است که کمترین نامتعادلی مربوط به عنصر روی و بیشترین نامتعادلی مربوط به عنصر پتاسیم می‌باشد. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد بیشترین وضعیت تعادلی عناصر در گروه عملکرد بالا و بیشترین وضعیت نامتعادلی در گروه مزارع با عملکرد پایین (2/25 تن در هکتار) بود که این نتایج با فلسفه روش CND که غلظت عناصر غذایی گروه‌های عملکرد بالا متعادل‌ترین غلظت هستند، تطابق داشت (دریاشناس و ثقفی، 1390). جدول 7 نشان می‌دهد در گروه عملکرد 3000 کیلوگرم در هکتار و بالاتر 62 درصد مورد متعادل کافی عناصر غذایی مشهود است در حالی که در گروه عملکرد کمتر از 3000 کیلوگرم در هکتار یعنی 2700، 2000 و 1800 کیلوگرم در هکتار، فقط 19 درصد مورد متعادل کافی عناصر غذایی مشاهده گردید.

بر مبنای نتایج حاصله، عملکرد مطلوب کلزا در منطقه مورد مطالعه از مقدار 2882 کیلوگرم در هکتار به بالا بدست آمد. غلظت‌های مطلوب عناصر غذایی برای این عملکرد بر اساس میانگین غلظت‌های عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف در مزارع بیشتر و کمتر از عملکرد فوق‌الذکر، برای نیتروژن  $5/24 \pm 0/46$  درصد، فسفر  $0/47 \pm 0/07$  درصد، پتاسیم  $2/97 \pm 0/42$  درصد، آهن  $338 \pm 65/9$  میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس  $33 \pm 17/5$  میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی  $70 \pm 21/9$  میلی‌گرم بر کیلوگرم، منگنز  $62 \pm 10/4$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول 4).

#### ارزیابی وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا به روش CND برای منطقه شمال خوزستان

یکی از مزایای روش CND نسبت به روش‌های DRIS و DOP این است که رابطه شاخص عناصر غذایی CND با عملکرد شبیه یک تابع کای اسکویر است و دارای این پتانسیل است که می‌توان شاخص‌ها را به صورت یک محدوده بیان داشت (دریاشناس و ثقفی، 1390). در این ارتباط برای تعیین محدوده بحرانی شاخص عناصر غذایی به روش CND برای کلزا، مربع شاخص‌های بحرانی ( $I^2_X$ ) به ترتیب 0/69 برای  $I^2_N$ ، 0/83 برای  $I^2_P$ ، 0/90 برای  $I^2_K$ ، 1/64 برای  $I^2_{Fe}$ ، 0/78 برای  $I^2_{Cu}$ ، 0/72 برای  $I^2_{Zn}$ ، 0/79 برای  $I^2_{Mn}$  و 0/89 برای  $I^2_R$  بدست آمد (جدول 6). سپس با استفاده از این



جدول 6- مقدار شاخص عناصر غذایی و محدوده بحرانی آن برای 7 عنصر غذایی کلزا منطقه شمال خوزستان

مربع شاخص CND	عملکرد بحرانی (کیلو گرم در هکتار)	$I^2_x$ بحرانی	حد پایین بحرانی	حد بالای بحرانی
$I^2_N$	2413	0/69	-0/83	0/83
$I^2_P$	2083	0/83	-0/91	0/91
$I^2_K$	2666	0/90	-0/95	0/95
$I^2_{Fe}$	4007	1/64	-1/28	1/28
$I^2_{Cu}$	3333	0/78	-0/88	0/88
$I^2_{Zn}$	4126	0/72	-0/85	0/85
$I^2_{Mn}$	2100	0/79	-0/89	0/89
$I^2_R$	2361	0/89	-0/93	0/93

جدول 7 - ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای تعدادی از مزارع کلزا در منطقه شمال خوزستان با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

عملکرد کیلوگرم در هکتار	N	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn
4168	نامتعادل. بیش بود	متعادل. کافی	نامتعادل. بیش بود	متعادل. کافی	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. کمبود	متعادل. کافی
3908	متعادل. کافی	متعادل. کافی	نامتعادل. کمبود	متعادل. کافی	متعادل. کافی	نامتعادل. بیش بود	متعادل. کافی
3000	متعادل. کافی	نامتعادل. کمبود	متعادل. کافی	متعادل. کافی	متعادل. کافی	متعادل. کافی	نامتعادل. بیش بود
2700	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. بیش بود	نامتعادل. کمبود	متعادل. کافی	متعادل. کافی	نامتعادل. بیش بود
2000	نامتعادل. بیش بود	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. بیش بود	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. کمبود	متعادل. کافی	نامتعادل. بیش بود
1800	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. بیش بود	نامتعادل. کمبود	نامتعادل. کمبود	متعادل. کافی	نامتعادل. بیش بود
درصد مزارع نامتعادل	67%	67%	83%	50%	50%	33%	67%

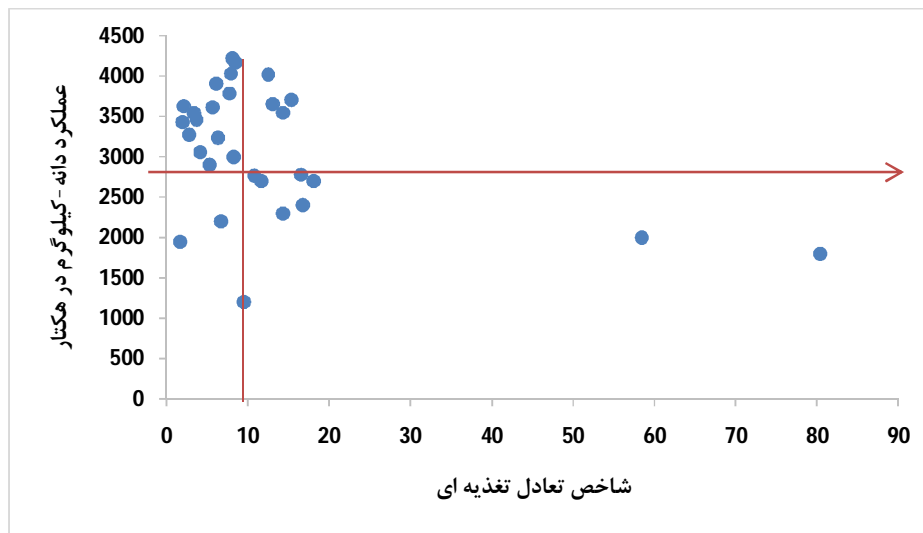
### ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی ( $r^2$ ) با عملکرد

#### کلزا حاصل از روش CND

شاخص تعادل تغذیه‌ای ( $r^2$ ) با استفاده از روش کیت-نلسون بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوئر ( $K^2$ ) با درجه آزادی  $d+1$  مشخص شد و مقدار آن برای عملکرد 2882 کیلوگرم در هکتار مقدار 9/68 بدست آمد (جدول 6 و شکل 1). تحلیل این گراف نشان می‌دهد برای بدست آوردن عملکردهای بیش از 2882 کیلوگرم در هکتار مقدار شاخص تعادل تغذیه‌ای ( $r^2$ ) باید کمتر از عدد 9/68 باشد. از جنبه کاربردی برای حصول  $r^2$  کمتر از 9/68 باید

قبل از سرک‌دهی و استناد به نتایج تجزیه گیاه مقادیر عناصر غذایی کود سرک را تنظیم کرد. در واقع روش تجزیه گیاه و استفاده از روش CND بویژه در گیاهان زراعی وقتی ارزشمند است که بتوان به کمک آن کوددهی را در مرحله سرک‌دهی بهینه کرد. دریاشناس و همکاران (1399) با استفاده از روش تجزیه گیاه و مدل توسعه یافته‌تری از روش CND و شاخصی بنام " تعادل ترازویی"<sup>1</sup> مصرف عناصر غذایی را برای چندرقتند منطقه شمال خوزستان از طریق سرک‌دهی پیشنهاد داده‌اند.

<sup>1</sup> Pan balance



شکل 1- رابطه بین عملکرد دانه ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) و شاخص تعادل تغذیه ای ( $r^2$ ) در روش CND در مزارع کلزا

#### شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP)

3/76-، فسفر 1/43-، پتاسیم 19/20، آهن 1/64-، مس 34/8-، روی 21/03- و منگنز 8/34- بدست آمد. بر اساس تفسیر نتایج شاخص‌های محاسبه شده انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پر نیاز، نیتروژن و فسفر و در میان عناصر کم مصرف، مس و روی منفی‌ترین شاخص بودند. در مزارع با عملکرد پایین ترتیب نیاز عناصر غذایی بصورت  $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{N} > \text{Fe} > \text{P}$  بود. بر اساس شاخص DOP، عناصر Cu و Zn به ترتیب در 80% و 76% درصد از مزارع مورد بررسی منفی بودند. نکته قابل توجه دیگر این‌که جمع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای باغ‌های با عملکرد پایین، همگی بزرگتر از صفر بود که دلالت بر نبود تعادل بین عناصر غذایی جذب شده در مزارع کلزا دارد. علت اصلی منفی شدن شاخص‌های عناصر مس و روی در دو روش DOP و CND در منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های خاک مانند pH، قلیایی و آهکی بودن خاک است (ملکوتی و حامدی، 1370).

در روش DOP پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد، نمونه‌ها به دو جامعه با عملکرد بالا و عملکرد کم تفکیک شدند. میانگین غلظت هر عنصر غذایی در نمونه‌های با عملکرد بالا به عنوان غلظت استاندارد محاسبه شد و 5 مزرعه در گروه با عملکرد زیاد و 25 مزرعه در گروه با عملکرد پایین (کم و متوسط) قرار گرفتند. میانگین عملکرد در مزارع با عملکرد پایین (کم و متوسط) 2906 و در مزارع با عملکرد بالا 4070 کیلوگرم در هکتار بودند. از میانگین غلظت عناصر غذایی در مزارع با عملکرد زیاد به عنوان ارقام استاندارد تعیین شده برای محاسبه شاخص‌های انحراف از درصد بهینه استفاده شد (مونگ و همکاران، 1995). حد بهینه عنصر نیتروژن 5/27 درصد، فسفر 0/44 درصد، پتاسیم 2/72 درصد و آهن 313 میلی‌گرم بر کیلوگرم، مس 37 میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی 77 میلی‌گرم بر کیلوگرم و منگنز 67 میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. متوسط شاخص‌های انحراف از درصد بهینه برای مزارع با عملکرد پایین بصورت نیتروژن

جدول 8- نتایج محاسبات آماری عناصر موجود در برگ مزارع با عملکرد زیاد (خوزستان، 98-1397)

فاکتورهای اندازه گیری	نیترژن	فسفر درصد	پتاسیم	آهن	میلی گرم بر کیلوگرم		
					مس	روی	منگنز
میانگین	5/27	0/44	2/72	0/0313	0/0037	/0077	0/0067
انحراف معیار	0/34	0/05	0/30	0/005	0/002	0/003	0/0006
حداقل داده	4/8	0/36	2/42	0/0231	0/0014	0/0040	0/0060
حداکثر داده	5/72	0/51	3/2	0/0380	0/0067	0/0112	0/0077
چولگی	-0/103	-0/94	1/24	-0/601	0/230	-0/377	0/562
کشیدگی	-0/66	2/07	1/75	0/99	-2/34	-2/97	0/314

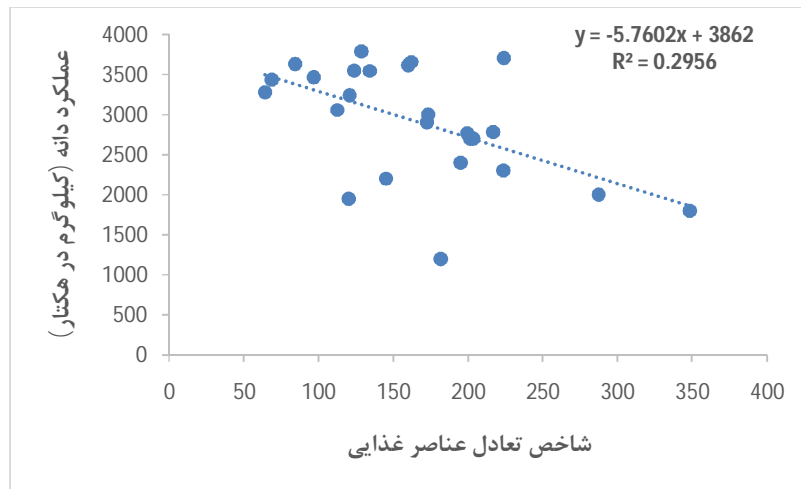
جدول 9- نتایج محاسبات آماری عناصر موجود در برگ مزارع کلزا با عملکرد کم (خوزستان، 98-1397)

فاکتورهای اندازه گیری	نیترژن	فسفر درصد	پتاسیم	آهن	میلی گرم بر کیلوگرم		
					مس	روی	منگنز
میانگین	5/07	0/43	3/24	0/0308	0/0024	/0061	0/0061
انحراف معیار	0/83	0/11	0/39	0/0097	0/001	0/0015	0/0012
حداقل داده	2/69	0/18	2/06	0/0089	0/0006	0/0042	0/0037
حداکثر داده	6/63	0/58	3/8	0/0470	0/0067	0/0089	0/0087
چولگی	-0/80	-0/82	-1/31	-0/49	1/07	0/53	-0/13
کشیدگی	1/65	-0/20	2/51	0/32	0/85	-1/24	-0/30

#### ارتباط شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP با عملکرد کلزا

تعادل تغذیه‌ای در گیاه بیشتر بهم بخورد، عملکرد بیشتر کاهش می‌یابد (مستشاری و گل محمدی، 1389). با توجه به شکل 2 رابطه معکوس بین شاخص تعادل عناصر غذایی و عملکرد دانه کلزا در استان خوزستان و در پژوهش حاضر وجود دارد.

$\Sigma[DOP]$  برآورد شده در کلیه مزارع با عملکرد پایین و متوسط در محدوده 64/08 تا 348/31 بدست آمد که حاکی از عدم تعادل بین غلظت عناصر غذایی در گیاهان نمونه‌برداری شده است. لازم بذکر است هرچه



شکل 2- رابطه بین جمع قدر مطلق شاخص DOP (شاخص تعادل عناصر غذایی) با عملکرد دانه

### ارزیابی وضعیت تغذیه عناصر غذایی کلزا به روش

#### DOP برای منطقه شمال خوزستان

با استفاده از روش DOP وضعیت تغذیه شش مزرعه مندرج در جدول 7 بررسی شد که حاصل آن در جدول 10 منعکس شده است. بررسی جدول 3 با استفاده از روش DOP نشان داد که این روش وضعیت تغذیه را به صورت کمبود و بیش بود نشان داد و این روش توانایی نداشته که هیچ مزرعه‌ای از عملکرد بالا تا پایین

را به صورت وضعیت متعادل کافی نشان دهد در حالی که در روش CND تعدادی از مزارع از شرایط متعادل برخوردار بوده که اهمیت و برتری روش CND را از نظر تشخیص وضعیت عناصر غذایی نسبت به روش DOP نشان می‌دهد. در واقع روش DOP فقط می‌تواند میزان درصد انحراف از حد بهینه عناصر غذایی را اولویت‌بندی نسبی نماید.

جدول 10 - ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای تعدادی از مزارع کلزا در منطقه شمال خوزستان با استفاده از روش انحراف از درصد بهینه (DOP)

Mn	Zn	Cu	Fe	K	P	N	عملکرد کیلوگرم در هکتار
کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود	بیش بود	بیش بود	4168
بیش بود	بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود	3908
بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	3000
کمبود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود	کمبود	بیش بود	2700
بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود	کمبود	کمبود	2000
بیش بود	کمبود	کمبود	کمبود	بیش بود	کمبود	کمبود	1800
33	84	100	100	33	84	50	درصد مزارع دارای کمبود
67	16	0	0	67	16	50	درصد مزارع دارای بیش بود

### نتیجه‌گیری کلی

نامتعادل در این مزارع است که با استفاده از روش‌های افزایش کارایی مصرف کودها می‌توان رشد و عملکرد کلزا را در منطقه بهبود بخشید. بطورکلی روش CND نسبت به روش DOP به دلیل لحاظ نمودن اثرات متقابل کلیه

پژوهش اخیر نشان داد که در توصیه‌های کودی تنها استناد به ویژگی‌های خاک کافی نبوده و آزمون برگ حائز اهمیت است. وضعیت عناصر مزارع کلزا در شمال استان خوزستان بیانگر نبود مدیریت صحیح و کوددهی

### سپاسگزاری

تحقیق حاضر در قالب پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک و آب با شماره مصوب 970098-01-10-10-023-96056 انجام شد. نویسنده بدینوسیله از همکاران محترم بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد همچنين موسسه تحقیقات خاک و آب تشکر و قدردانی می‌نماید.

عناصر می‌تواند جامعیت بیشتری جهت تشخیص اختلالات تغذیه‌ای داشته باشد و روش DOP فقط می‌تواند میزان درصد انحراف از حد بهینه عناصر غذایی را اولویت‌بندی نسبی نماید.

### فهرست منابع:

1. احیایی، ع و ا. بهبهانی زاده. 1375 روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه. 893 وزارت جهاد کشاورزی. موسسه خاک و آب. تهران. ایران.
2. احمدی، ک، ح. عبادزاده، ح. حاتمی، ش. محمدنیا افروزی، ا. اسفندیاری پور و ر. عباس طاقانی. 1400. آمارنامه کشاورزی، جلد اول (محصولات زراعی). وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران. صفحه 70
3. دریا شناس، ع و ک. ثقفی. 1390. تشخیص چندگانه عناصر غذایی برای چغندر قند (CND). مجله پژوهش‌های خاک. جلد 25. شماره 1. صفحه 1-12.
4. دریا شناس، ع، ک. ثقفی و ح. داوودی. 1399. تشخیص تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف با استفاده از تخمین گره‌ای فاصله ماهلانویس و فاصله ایچسن و تعادل ترازویی. مجله پژوهش‌های خاک. دوره 34. شماره 2. صفحه 263-247.
5. شریف‌مند، م، ی. سپهر، ا. بایبوردی. (1396). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای کدو با استفاده از روش‌های DOP و CND در منطقه خوی. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.
6. فیضی زاده، م و ع. صمدی. 1395. مقایسه روش‌های DOP و DRIS برای بالانس عناصر غذایی در پیاز. مجله علوم آب و خاک. جلد 25. شماره 2. صفحه 271-286.
7. قریشی، س. ج. ا. سپهر و ع. صمدی. 1396. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه با استفاده از روش DRIS در آذربایجان غربی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد 3. شماره 7. صفحه 167-180.
8. گیکلوی، ا. ا. ریحانی تبار و ن. نجفی. 1397. تعیین و اعتبارسنجی نرم‌های تشخیص عناصر غذایی برای گندم در منطقه مغان. نشریه پژوهش‌های خاک. جلد 32. شماره 3. صفحه 319-330.
9. مستشاری، م، م. گل محمدی. 1389. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و تعیین حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در درختان زیتون استان قزوین. گزارش پژوهشی موسسه خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. صفحه 1-87.
10. ملکوتی، م و آ. حامدی. 1370. حاصلخیزی خاک و کودها. مرکز نشر دانشگاهی. شماره انتشارات 598.
11. میران، ن، ع. صمدی. 1391. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند با استفاده از روش DRIS و مقایسه آن با روش DOP در استان آذربایجان غربی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، 206-197: 61.
12. نورقلی‌پور، ف، ح. رضایی، ک. میرزاشاهی، ح. حقیقت‌نیا، م. ر. رمضانپور، م. ح. ارزانش، ه. اسدی رحمانی، م. ه. میرزاپور، ص. ع. زمانی، ص. محمدی کیا و م. افضلی. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا. نشریه فنی. چاپ اول. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

13. Aitchison, J. 1987. Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, New York- Ross, S.M. 1987. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. John Wiley & Sons, New York.
14. Anonymous. 2018. Oil crops, market summaries (FAO). Available at [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Comm\\_markets\\_Monitoring/Oilcrops/Documents/Food\\_outlook\\_oilseeds/FO\\_Oilcrops.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Comm_markets_Monitoring/Oilcrops/Documents/Food_outlook_oilseeds/FO_Oilcrops.pdf).
15. Anonymous. 2019. Oilseeds, world markets and trade (USDA). Available at <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>.
16. Bertrand, I.R., E. Holloway., R.D. Armstrong., and M.J Mclaughlin. 2003. Chemical Characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. *Aust. J. Soil. Res.* 41:61-76.
17. Bleiholder, H., E. Weber., P. Lancashire., C. Feller., L. Buhr., M. Hess., and R. Klose. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
18. Grant, C.A., and L.D. Bailey. 1990. Fertility management in canola production. In: *Proceed. International Canola Conference, April 1990, Atlanta, GA, USA. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, GA, USA.*
19. Khiari, L., L.E. Parent., and N. Tremblay. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agron. J.* 93:809–814.
20. Khiari, L., L.E. Parent., and N. Tremblay. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J.* 93:802–808.
21. Monge, E., L. Montañés., J. Val., and M. Sanz. 1995. A comparative study of the DOP and DRIS methods, for evaluating the nutritional status of peach trees. *Acta. Horticulturae. J.* 383: 191-199.
22. Montanes, L., L. Heras., J. Abadia., and M. Sanz. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage. *J. Plant. Nutr.* 16: 1289-1308.
23. Nelson, L.A., and R.L. Anderson. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. p. 19–38. In M. Stelly (ed.) *Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results.* ASA Spec. Publ. 29. ASA, Madison.
24. Parent L.E., and M. Dafir. 1994. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117: 239-242.
25. Sharma J., S.D. Shikhamany., R.K. Singh., and H.B. Raghupathi. 2005. Diagnosis of nutrient balance in Thompson Seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 36( 19-20): 2823-2838.

## Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Canola by Compositional Nutrient Diagnosis (CND) and Deviation from Optimum Percentage (DOP) Methods in North of Khuzestan

**S. H. Mahmoodi Nezhad Dezfully<sup>1</sup> and M. Mohasses Mostashari**

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran; E-mail: Shmn178@yahoo.com

Associate Professor, Soil Fertility and Chemistry Research Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; E-mail: mm\_mohasses@yahoo.com

Received: October, 2021, and Accepted: May, 2022

### Abstract

To study the imbalanced fertilization and to optimize fertilizer use in canola farms in the north of Khuzestan Province, Iran, we used Compositional Nutrient Diagnosis (CND) and Deviation from Optimum Percentage (DOP) methods. This research covered 30 canola (*Brassica Napus*) fields during one cropping season (2019) and soil, leaf, and water samples were collected and analyzed, and grain yield was also measured. Nutritional elements including N, P, K, Fe, Cu, Zn and leaf Mn were determined by standard laboratory methods. Yield community were divided into low and high yield groups using the cumulative function of nutrient variance ratio and K-square distribution function considering the intermediate yield of 2882 kg. ha<sup>-1</sup>. Then, according to the CND system method, the standard norms for N, P, K, Fe, Cu, Zn, Mn and residual elements (Rd) were determined as 3.27± 0.14, 0.83± 0.17, 2.73± 0.2, -1.89± 0.13, -4.23± 0.53, -3.45± 0.3, -3.46± 0.26, and 3.27± 0.14, respectively. The results of CND system method showed that the most limiting factors in yield were K (among macro- elements) and Mn (among micro- elements). In DOP method, the optimum levels of N, P and K were 5.27%, 0.44%, 2.72%, and for Fe, Cu, Zn, and Mn were 313, 37, 77, and 67 mg. kg<sup>-1</sup> dry weight, respectively. In this method, the order of nutrient deficiency was revealed as Cu> Zn> Mn> N> Fe> P.

**Keywords:** *Brassica Napus*, Plant analysis, Nutritional balance

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Dezful, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Soil and Water Research Department