

Analysis of Sugar Beet Nutritional Status in Shahroud County Using the Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Method

Jalal Ghaderi^{1*} , Ahmad Akhyani²  and Kamal Khalkhal³ 

1. Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran. Corresponding author's E-mail: ghaderij@yahoo.com
2. Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Semnan (Shahroud) Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Iran. E-mail: AhmadAkhyani@yahoo.com
3. Researcher Expert of Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran. E-mail: kamalkhalkhal@yahoo.com

«Research Article»

Received: February 1, 2025 and Accepted: April 21, 2025

Abstract

Use of leaf nutritional assessments offers a promising approach to determine the mineral status of plants. Tissue analysis is a useful tool for evaluating and optimizing nutrients for sugar beet, using Compositional Nutrient Diagnosis (CND) method. Therefore, this study was conducted over two cropping years (2018-2019) to assess the nutritional status of sugar beet in Semnan Province fields (Shahroud County), Iran. Each year, 30 fields with diverse soil properties were selected from different regions. In this study, high-yield groups in sugar beet fields were distinguished using the CND method through mathematical, statistical approaches, and application of cumulative functions. The results showed that 83.3% and 45% of the fields, respectively, had phosphorus and potassium deficiencies in the soil, with an average yield of 61.1 t/ha across all fields. Based on the average CND indices, the priority order of required nutrients for low-yield fields was determined as N>P>K for macronutrients and Mn>Fe>B>Cu>Zn for micronutrients. Therefore, in order to increase the yield of sugar beet in this province, it is necessary to pay attention to N, Mn, and Fe fertilizers. The findings of this study can be practically applied to enhance yield and improve the quality of sugar beet. The CND method, by considering balanced and imbalanced nutritional conditions as well as nutrient excesses and deficiencies, not only recommends appropriate fertilizer applications, but also prevents fertilizer wastage and financial resource loss. This method revealed that approximately 53.75% of the fields in Shahroud County are in an imbalanced nutritional state due to improper fertilizer management.

Keywords: Plant analysis, Nutrients status, Fertilizer management.

*- Corresponding author's email: ghaderij@yahoo.com



تحلیل وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند در شهرستان شاهرود با روش تشخیص چنگانه

عناصر غذایی (CND)

جلال قادری*^۱، احمد اخیانی^۲ و کمال خلخال^۳

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، رایانامه: ghaderij@yahoo.com
۲. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، رایانامه: AhmadAkhyani@yahoo.com
۳. کارشناس محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، ایران، رایانامه: kamalkhalkhal@yahoo.com

« مقاله پژوهشی »

دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳ و پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱

چکیده

استفاده از ارزیابی‌های تغذیه‌ای برگ، روشی امیدبخش برای شنا سایی و وضعیت تغذیه معدنی گیاهان است. تجزیه برگ، روشی مؤثر است که با استفاده از روش تشخیص چنگانه عناصر غذایی (CND) برای ارزیابی و بهینه‌سازی عناصر غذایی چغندر قند به کار می‌رود. به منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند در شهرستان شاهرود در استان سمنان این پژوهش به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۴۰۰) اجرا شد. در هر سال حداقل تعداد ۳۰ مزرعه که دارای دامنه متنوعی از خصوصیات خاک بودند، انتخاب شد. در این پژوهش گروه عملکرد زیاد در مزارع چغندر قند، با استفاده از روش CND از طریق ریاضی، آماری و کاربرد تابع تجمعی متمایز گردید. نتایج نشان داد که $83/3\%$ و 45% مزارع به ترتیب دارای کمبود فسفر و پتاسیم در خاک بوده و میانگین عملکرد در کل مزارع $61/1$ تن در هکتار بود. بر اساس میانگین شاخص‌های CND ترتیب اولویت عناصر غذایی مورد نیاز در مزارع با عملکرد پایین برای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به ترتیب به صورت $N > P > K$ و $Mn > Fe > B > Cu > Zn$ به دست آمد. بنابراین برای افزایش عملکرد حتماً باید مصرف کودهای پرمصرف حاوی نیتروژن و در بین عناصر کم مصرف منگنز و آهن مورد توجه قرار گیرد. روش CND با در نظر گرفتن وضعیت تغذیه‌ای متعادل و نامتعادل و همچنین بی‌شبود و کمبود عناصر غذایی، ضمن توصیه کودی مناسب، از هدررفت کود و منابع مالی نیز جلوگیری می‌کند. این روش نشان داد که حدود $53/75\%$ مزارع شهرستان شاهرود به دلیل مدیریت نامناسب کوددهی در وضعیت تغذیه‌ای نامتعادل قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه گیاه، وضعیت عناصر غذایی، مدیریت کود دهی

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ghaderij@yahoo.com

مقدمه

چغندر قند به‌عنوان یکی از محصولات زراعی کلیدی در سطح جهانی و در ایران، نقش مهمی در تأمین قند و دیگر مواد مغذی ایفا می‌کند. طبق آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲ چغندر قند در ایران رتبه چهارم میزان تولید (حدود ۶/۶۷ میلیون تن که ۸/۸۳ درصد از کل میزان تولید) محصولات زراعی آبی را به خود اختصاص داده است. بنابراین آگاهی از وضعیت تغذیه چغندر قند برای افزایش کمی و کیفی محصول امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. تجزیه گیاه می‌تواند به عنوان ابزاری مفید برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان در نظر گرفته شود، زیرا مقدار یک عنصر خاص در گیاه معمولاً نشان‌دهنده تأمین آن عنصر از خاک است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ فاجریا و همکاران، ۱۹۹۱؛ مونتاس و همکاران، ۱۹۹۳). کارایی تجزیه گیاه به عواملی نظیر رعایت دقیق زمان نمونه‌برداری، انتخاب عضو مناسب برای نمونه‌برداری و استاندارد بودن روش‌های تجزیه وابسته است. برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان زراعی و باغی، از روش‌های مختلفی مانند روش حد بحرانی (CL^۱)، دامنه کفایت (SR^۲)، تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS^۳)، انحراف از حد بهینه (DOP^۴) و تشخیص چندگانه (CND^۵) استفاده می‌شود. در هر یک از این روش‌ها، نرم‌هایی برای هر عنصر غذایی تعیین می‌شود که بسته به فراوانی یا کمبود آن عنصر، رتبه‌بندی می‌گردد. در نهایت، این نرم‌ها اهمیت عناصر غذایی را در تغذیه متعادل گیاه مشخص می‌کنند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ دریا شناس و ثقفی، ۱۳۹۰). اما در بین این روش‌ها، روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) به عنوان یک ابزار نوین و کارآمد در ارزیابی و تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گیاهان،

به ویژه در زراعت محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. این روش به محققان و کشاورزان کمک می‌کند تا به تجزیه و تحلیل دقیق‌تری از نیازهای غذایی گیاهان بپردازند و اثرات متقابل عناصر غذایی را در عملکرد گیاهان شناسایی کنند (Parent and Dafir, 1992). مزیت روش CND این است که با کمک گرفتن از روش ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای، گروه‌های عملکردی زیاد و کم را با دقت زیاد تفکیک می‌نماید و امکان استفاده از بانک اطلاعاتی کوچک را فراهم می‌کند (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱). با توجه به این که تعادل مناسب عناصر غذایی در خاک و گیاه از کلیدی‌ترین عوامل مؤثر بر تولید و کیفیت محصول است، CND می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی و ارتقاء عملکرد زراعی کمک کند. این روش به طور خاص، همبستگی بین غلظت عناصر و عملکرد گیاه را مورد تحلیل قرار می‌دهد و می‌تواند به تشخیص سریع‌تر نیازهای تغذیه‌ای کمک کند (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱). روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی به‌عنوان یک ابزار برای تفسیر نتایج تجزیه برگ، توسط پژوهشگران مختلفی از جمله پارت و دافیر (۱۹۹۲)، پارت و همکاران (۱۹۹۴)، خیاری و همکاران (۲۰۰۱)، دریاشناس و ثقفی (۱۳۹۰)، دریاشناس و همکاران (۱۳۹۶)، دریاشناس و همکاران (۱۳۹۹)، بصیرت و همکاران (۱۳۹۷) و بابازاده جعفری و همکاران (۱۴۰۳) مورد استفاده قرار گرفته است. قادری و همکاران (۱۴۰۲) برای مزارع چغندر قند استان کرمانشاه میانگین شاخص‌های CND را به ترتیب اولویت عناصر غذایی مورد نیاز در مزارع با عملکرد پایین به ترتیب برای عناصر غذایی پرمصرف به صورت

4-Deviation from optimum percentage (DOP)

5-Compositional Nutrient Diagnosis (CND)

1-Critical Limit (CL)

2Sufficiency Range (SR)

3-Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)

Mg>P>N>K و برای عناصر غذایی کم مصرف بدین صورت $Mn > Zn > Cu > B$ گزارش کردند. با توجه به اهمیت نتایج حاصل از این روش، برای محصولات زراعی مانند چغندر قند، که از نظر اقتصادی و غذایی دارای ارزش بالایی هستند، استفاده از CND می‌تواند به بهبود روش‌های کشت و افزایش عملکرد کمک کند. به ویژه در مناطق با شرایط خاص خاک و آب، CND می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای شناسایی و اصلاح مشکلات تغذیه‌ای به کار رود (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰). بنابراین با توجه به اهمیت و کشت چغندر قند و کمبود نرم‌های تغذیه‌ای برای این محصول مهم، این پژوهش با هدف بررسی وضعیت تغذیه‌ای مزارع چغندر قند با استفاده از روش CND و شناسایی عناصر غذایی محدود کننده همچون نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی محصول چغندر قند از سال ۱۳۹۷ به مدت دو سال در شهرستان شاهرود استان سمنان انجام شد. در هر سال، حداقل ۳۰ مزرعه انتخاب گردید که این مزارع در تمامی مناطق کشت چغندر قند به نسبت سطح زیر کشت آن منطقه توزیع شدند. همچنین، در این مزارع دامنه‌ای متنوع از خصوصیات خاک (با استفاده از مطالعات خاک و ...) وجود داشت. پس از انتخاب مزارع، پیش از کشت و کودپاشی چغندر قند، از هر مزرعه یک نمونه مرکب خاک از سطح یک هکتار و عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای تجزیه نمونه‌های خاک، کرین آلی به روش والکل و بلک (۱۹۳۴)، pH با روش گل اشباع (مکلین، ۱۹۸۲)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت‌سنج (بلاک و همکاران، ۱۹۶۵)، در صد کربنات کلسیم (بیج و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۱۹۶۴) و پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال (نودسن و همکاران، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری

شدند. در سال‌های اول و دوم، نمونه‌برداری از برگ‌ها برای تعیین غلظت عناصر غذایی انجام شد. این نمونه‌برداری حدود ۹۰ تا ۱۲۰ روز پس از کاشت و از برگ‌های جوان کامل و سالم (بین جوان‌ترین برگ‌ها در مرکز بوته و برگ‌های مسن‌تر) صورت گرفت. نمونه‌های برگ پس از شستشو با آب مقطر، در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس با آسیاب برقی پودر شدند. مقدار ۰/۵ گرم از نمونه آسیاب شده به روش هضم تر روی اجاق الکتریکی در دمای ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نیتروژن کل به روش کج‌لدال (بورش و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر کل به روش طیف‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات و انادات) با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر، پتاسیم کل با دستگاه فلیم فتومتر، گوگرد به روش کدورت‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس کل به روش خاکستر کردن خشک با دستگاه جذب اتمی (رایان و همکاران، ۲۰۰۷) اندازه‌گیری شدند. بور نیز به روش آزمونین-اچ با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. جونز و همکاران (۱۹۹۱)، حدود کفایت عنصر فسفر ۱/۱-۰/۴۵، پتاسیم ۶-۲، منیزیم ۱-۰/۲۵ در صد و برای آهن ۱۴۰-۶۰، روی ۸۰-۱۰، منگنز ۳۶۰-۲۶ و بور ۲۰۰-۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم برگ چغندر قند گزارش کرده‌اند.

محاسبه روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی به روش زیر انجام می‌شود. این روش که مبانی ریاضی و آماری آن توسط پرنس و دافیر (۱۹۹۲) و دریاشناس و ثقفی، (۱۳۹۰) مطرح شده است، به شرح زیر است:

باقی‌مانده ترکیبات (R_d) برابر صفر خواهد بود. برای عناصری مانند R_d, \dots, K, P, N ، فرم بیانی از وضعیت و نسبت عناصر غذایی در گیاه است که مقادیر آن در جامعه با عملکرد زیاد بیانگر غلظت مطلوب و ایده‌آل است و به‌عنوان ارقام مرجع یا نرم‌های استاندارد CND محسوب می‌شوند و معمولاً با $V_N^*, V_P^*, V_K^*, \dots, V_{R_d}^*$ نشان داده می‌شود. اگر غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه را با غلظت ایده‌آل یا همان نرم‌های استاندارد کنیم شاخص عناصر غذایی CND بدست خواهد آمد و برای عناصر R_d, \dots, K, P, N ، به شرح ذیل محاسبه می‌شود:

$$I_{zi} = \frac{(Z_i - z_i)}{S_{zi}}, \quad I_N = \frac{V_N - V_N^*}{SD^*N}, \quad I_P = \frac{V_P - V_P^*}{SD^*P},$$

$$I_K = \frac{V_K - V_K^*}{SD^*K}, \quad I_{R_d} = \frac{V_{R_d} - V_{R_d}^*}{SD^*R_d} \quad (6)$$

در این روابط $V_N^*, V_P^*, V_K^*, V_{R_d}^*, SD^*P, SD^*K, SD^*R_d, SD^*V$ ، به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که به‌عنوان نرم استاندارد و یا ارقام مرجع CND محسوب می‌شوند. V_N, V_P, V_K و V_{R_d} نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است. $I_N, I_P, I_K, \dots, I_{R_d}$ به ترتیب شاخص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر باقیمانده هستند.

در روش CND، غلظت یک عنصر نسبت به میانگین هندسی کل عناصر و ترکیبات با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (پرنت و دافتر، ۱۹۹۲).

$$I_{zi} = \frac{Z_i - Z_i^*}{SD_{zi}^*} \quad (7)$$

۴- شاخص تعادل عناصر غذایی با روش CND مجموع r رابطه ذیل قابل محاسبه است. در این رابطه r^2 مربعات شاخص‌های عناصر غذایی است و همیشه می‌تواند اعداد

۱- ترکیبات بافت گیاهی به‌صورت یک ساختار ساده^۶ (S^d) شامل عناصر غذایی (N, P, K و ...) و یک بخش باقی‌مانده ترکیبات (R_d) قابل بیان است. این رابطه به شکل زیر می‌باشد که در آن d نمایانگر تعداد عناصر غذایی و R_d نشان‌دهنده باقی‌مانده ترکیبات گیاهی است:

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

در این رابطه عدد ۱۰۰ بیان‌کننده کل غلظت ماده خشک گیاه است (درصد) و N, P, K, \dots, R_d عناصر غذایی تشکیل‌دهنده بافت گیاهی هستند که R_d نشانگر سایر عناصر غذایی باقی‌مانده و اندازه‌گیری نشده است که از رابطه (۲)، محاسبه می‌شود (ایچسن، ۱۹۸۰).

$$R_d = 100 - (N + P + K \dots) \quad (2)$$

۲- میانگین هندسی عناصر غذایی با رابطه ۳ نشان داده می‌شود.

$$G = [N \times P \times K \times R_d] \frac{1}{d + 1} \quad (3)$$

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

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

$$V_N = \ln\left(\frac{N}{G}\right), \quad V_P = \ln\left(\frac{P}{G}\right), \quad V_K = \ln\left(\frac{K}{G}\right), \quad V_{R_d} = \ln\left(\frac{R_d}{G}\right) \quad (4)$$

$$V_N + V_P + V_K + \dots + V_{R_d} = 0 \quad (5)$$

V_x بیانگر نسبت لگاریتمی عناصر برای x عنصر است. رابطه ۵ درستی محاسبات را تأیید می‌کند. براساس این تعریف، مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} f_i(V_x)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i(V_x)} \times 100 \quad (10)$$

۵- تابع تجمعی $F_i^c(V_x)$ مرتبط با عملکرد (Y) با الگوی درجه ۳ قابل نمایش است.

$$F_i^c(V_x) = aY^3 + BY^2 + cy + d \quad (11)$$

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

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

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_x)}{\partial Y^2} = 6ay + 2b = 0 \quad (12)$$

از حل معادله (۱۳) مقدار $-\frac{b}{3a}$ بیانگر عملکرد حدواسط بین گروه عملکرد کم و زیاد است که برای $d+1$ عنصر غذایی قابل محاسبه است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک

نتایج تجزیه خاک‌های مزارع انتخابی نشان داد که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها دارای طیف وسیعی از خصوصیات بودند (جدول ۱). اغلب مزارع محتوای کربن آلی کمتر از ۱/۲ درصد داشتند. در بسیاری از مزارع بر اساس سطح بحرانی عناصر غذایی در خاک، کمبود فسفر و در برخی از مزارع کمبود پتاسیم مشاهده شد. در شهرستان شاهرود (استان سمنان)، عناصر کم مصرف در خاک اندازه‌گیری نشده است. ولی در تمام ویژگی‌های مورد بررسی اختلاف زیادی بین مزارع وجود داشت که انحراف استاندارد بالا در جدول ۱، بیانگر این موضوع است. در مجموع، وسیع‌ترین کمبود در بین عناصر غذایی اندازه‌گیری شده، مربوط به کمبود فسفر و نیتروژن بود.

حدود ۵۰ درصد از مزارع مشکل شوری داشتند (میانگین ۴/۹۱ دسی زیمنس بر متر) و هدایت الکتریکی در خاک‌های مناطق مورد آزمایش بین ۰/۵۲ الی ۱۱/۴۵

صفر و بیشتر را به خود اختصاص دهد. از به عدد صفر نزدیک تر شود تعادل r نظر تئوری هر اندازه r^2 عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد.

$$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \dots + I_{RD}^2 \quad (8)$$

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 (روس، ۱۹۸۷). تبعیت منبسط شاخص توازن عناصر غذایی CND یعنی r^2 از تابع توزیع مربع کای یک مزیت به شمار می‌رود که در سامانه دریس امکانپذیر نبوده است.

۵- 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 (concavity) دارد که با تعیین نقاط عطف منحنی (Inflection point) می‌توان گروه‌های عملکردی را با دقت ریاضی تفکیک نمود (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱).

مراحل به طریق زیر تعیین می‌شود:

۱- عملکردها از زیاد به کم ردیف می‌شوند.

۲- نسبت لگاریتمی (V_x) عناصر غذایی محاسبه می‌شود.

۳- واریانس مقادیر VX برای اولین گروه عملکرد و برای سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آنها بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود. این عمل برای دومین گروه عملکرد و الی آخر انجام می‌شود.

$$F_i(V_x) = \frac{\text{واریانس } V_x \text{ برای } n_1 \text{ مشاهده}}{\text{واریانس } V_x \text{ برای } n_2 \text{ مشاهده}} \quad (9)$$

۴- تابع تجمعی نسبت واریانس نیز به روش بند ۳ بر اساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

مزارع، دارای فسفر قابل جذب کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. پتاسیم قابل جذب مزارع انتخابی بین ۱۳۰ الی ۶۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نوسان بود. سطح بحرانی پتاسیم قابل جذب، برای اغلب گیاهان زراعی آبی ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶). نتایج آزمایشگاهی، بیانگر بهینه بودن غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در بیش از ۵۵ درصد خاک‌های مورد ارزیابی و ۴۵ درصد مزارع دارای پتاسیم کمتر از حد بهینه بودند.

دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود (جدول ۱). pH خاک بین ۷/۱۲ الی ۸/۲ در نوسان بوده و در محدوده کمی قلیایی قرار داشت. کربن آلی خاک بین مقادیر ۰/۲۴ الی ۱/۲ درصد در نوسان بود که نشان‌دهنده آن است که مزارع به مصرف نیتروژن برای رشد نیازمند بودند. مقدار آهک بین مقادیر ۱۱ الی ۴۵ درصد متغیر بود. فسفر قابل جذب خاک بین ۵ الی ۳۰/۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در تغییر بود. غلظت بهینه فسفر در خاک برای اغلب گیاهان زراعی آبی بین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶). نتایج نشان داد ۸۳/۳ درصد

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک‌های مزارع چغندر قند در شهرستان شاهرود (۶۰ مزرعه)

صفت مورد بررسی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	فراوانی کمتر از حد بحرانی	فراوانی بیشتر از حد بحرانی
pH	۷/۱۲	۸/۲	۷/۷۶	۰/۲۱	-	-
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۵۲	۱۱/۴۵	۴/۹۱	۲/۹	-	-
آهک (درصد)	۱۱	۴۵	۲۷/۸	۷/۸	-	-
کربن آلی (درصد)	۰/۲۴	۱/۲	۰/۶۲	۰/۲۱	-	-
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۵	۳۰/۷۶	۱۱/۲۰	۵/۲	۸۳/۳	۱۶/۷
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۳۰	۶۲۰	۲۷۸	۱۰۲/۱	۴۵	۵۵

$F_i^c (V_{Cu})=۶۳$ ، $F_i^c (V_{Fe})=۴۴/۲$ ، $F_i^c (V_K)=۶۲/۷$ و $F_i^c (V_B)=۴۳/۱$ ، $F_i^c (V_{Mn})=۵۷/۷$ ، $F_i^c (V_{Zn})=۳۱/۲$ و $F_i^c (V_R)=۴۳/۳$ همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود. مدل درجه ۳ برای تمام عناصر غذایی و باقیمانده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد چغندر قند ۷۶/۵ تن در هکتار به‌عنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه با عملکرد بالا و پایین استفاده شد (پرنت و ترمیلی، ۲۰۰۱). بر اساس روش ذکر شده توسط پرنت و ترمیلی (۲۰۰۱)، حداکثر عملکرد در نقاط عطف مشاهده شده در منحنی‌های مقادیر تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی، به‌عنوان عملکرد حد واسط انتخاب شد. همانگونه که مشاهده می‌شود حداکثر عملکرد در نیتروژن مشاهده شده است. در مجموع و با این تفکیک ۱۰ مزرعه در جامعه با عملکرد بالا و ۵۰ مزرعه در گروه با عملکرد پایین قرار گرفتند.

روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

گروه بندی مزارع چغندر قند

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به ۶۰ مزرعه بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم مرتب شدند. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی (V_X)، ۸ عنصر غذایی محاسبه شد. در ادامه مقادیر تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی یعنی $F_i^c (V_N)$ ، $F_i^c (V_P)$ ، $F_i^c (V_K)$ ، $F_i^c (V_{Fe})$ ، $F_i^c (V_{Zn})$ ، $F_i^c (V_{Mn})$ ، $F_i^c (V_{Cu})$ ، $F_i^c (V_B)$ و $F_i^c (V_R)$ برای کلیه عناصر محاسبه و ترسیم گردید که به‌صورت ۹ معادله درجه ۳ برای ۸ عنصر و یک قسمت باقیمانده (R_d) برازش داده شد (جدول ۲). نقاط عطف منحنی‌ها برای ۸ عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده برای چغندر قند شهرستان شاهرود بر حسب تن در هکتار محاسبه شدند و مطابق جدول ۷ عبارت بودند از: $F_i^c (V_N)=۷۶/۵$ ، $F_i^c (V_P)=۶۴/۶$

جدول ۲- برآورد عملکرد حد واسط با روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی چغندر قند در شهرستان شاهرود

عناصر غذایی	$F_i^c (V_x) = aY^3 + bY^2 + cY + d$	R^2	عملکرد تعیین شده
N	$y = -0.0012x^3 + 0.2756x^2 - 21.402x + 560.27$	۰/۹۷**	۷۶/۵
P	$y = 0.0015x^3 - 0.2907x^2 + 15.354x - 150.06$	۰/۹۹**	۶۴/۶
K	$y = 0.0018x^3 - 0.3384x^2 + 17.884x - 192.64$	۰/۹۸**	۶۲/۷
Fe	$y = 0.0006x^3 - 0.0796x^2 + 1.1109x + 135.99$	۰/۹۹**	۴۴/۲
Mn	$y = 0.0006x^3 - 0.104x^2 + 3.0378x + 98.585$	۰/۹۹**	۵۷/۷
Zn	$y = 0.0002x^3 - 0.0187x^2 - 2.0634x + 17$	۰/۹۹**	۳۱/۲
Cu	$y = 0.0007x^3 - 0.1323x^2 + 6.4508x - 12.896$	۰/۹۸**	۶۳
B	$y = 0.0007x^3 - 0.0922x^2 + 1.4239x + 131.85$	۰/۹۸**	۴۳/۱
R _d	$y = 0.0004x^3 - 0.0484x^2 - 1.1268x + 179.42$	۰/۹۹**	۴۰/۳

در نظر گرفته می‌شوند (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱، a, b, c) در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد ۷۶/۵ تن در هکتار، مقادیر V^*N ، V^*P ، V^*K ، V^*Fe ، V^*Mn ، V^*Zn و V^*Cu و V^*B به عنوان اعداد مرجع تعیین شدند که در جدول ۳ آورده شده است.

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد بالا به عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی

جدول ۳- نرم‌های CND و انحراف معیار آن برای ۱۰ عنصر در مزارع مورد مطالعه شهرستان شاهرود

نرم CND	میانگین نرم CND	انحراف معیار نرم CND	عنصر غذایی	میانگین غلظت در جامعه با عملکرد مطلوب	انحراف معیار
V^*_N	۳/۷۰	۰/۲۴	N	۳/۶۴	۱
V^*_P	۱/۲۹	۰/۱۷	P	۰/۳۲	۰/۰۷
V^*_K	۳/۷۳	۰/۱۱	K	۳/۶	۰/۳
V^*_{Fe}	-۱/۹۱	۰/۳۰	Fe	۱۳۵	۴۱/۹
V^*_{Mn}	-۲/۵۳	۰/۲۱	Mn	۷۱/۳	۱۶/۴
V^*_{Zn}	-۲/۸۱	۰/۱۲	Zn	۱۹/۴	۳/۱
V^*_{Cu}	-۴/۱۴	۰/۱۱	Cu	۱۳/۹	۱/۵
V^*_B	-۳/۳۰	۰/۱۰	B	۳۲/۲	۱/۹

کفایت" برای شاخص‌های عناصر غذایی در نظر گرفت که اعداد خارج از این دامنه بیانگر وضعیت بحرانی (نامتعادل) و داخل دامنه، نشانه‌ی وضعیت خوب و بسنده است (متعادل). یکی از مزایای سامانه CND نسبت به روش DRIS این است که رابطه شاخص‌های عنصر 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 (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱ab: دریا شناس و ثقفی، ۱۳۹۰). در این ارتباط برای

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد بالا به عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱، a, b, c). حدود بالا و پایین شاخص بحرانی عناصر غذایی در شهرستان شاهرود، در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق با نتایج دریا شناس و ثقفی (۱۳۹۰) دامنه‌های بحرانی ارائه شده در این جدول را می‌توان به عنوان یک "دامنه‌ی

تقسیم شد. مربع شاخص های بحرانی (I^2x) برای عناصر غذایی $I^2_N, I^2_P, I^2_K, I^2_{Fe}, I^2_{Mn}, I^2_{Zn}, I^2_{Cu}$ و I^2_B که به عنوان اعداد مرجع تعیین شدند، در جدول ۴ ارائه شده است.

تعیین محدوده بحرانی شاخص عناصر غذایی به روش CND برای چغندر قند در پژوهش ما بدین طریق عمل شد که جامعه عملکرد ریشه (مزرعه $N=60$) با استفاده از مربع شاخص های عناصر غذایی ($(CNDI^2x)$) و روش گام به گام آماری کیت-نلسون (نلسون و اندرسون، ۱۹۷۷) به دو گروه

جدول ۴- شاخص عناصر غذایی و دامنه کفایت و بحرانی برای ۸ عنصر غذایی در مزارع چغندر قند شهرستان شاهرود

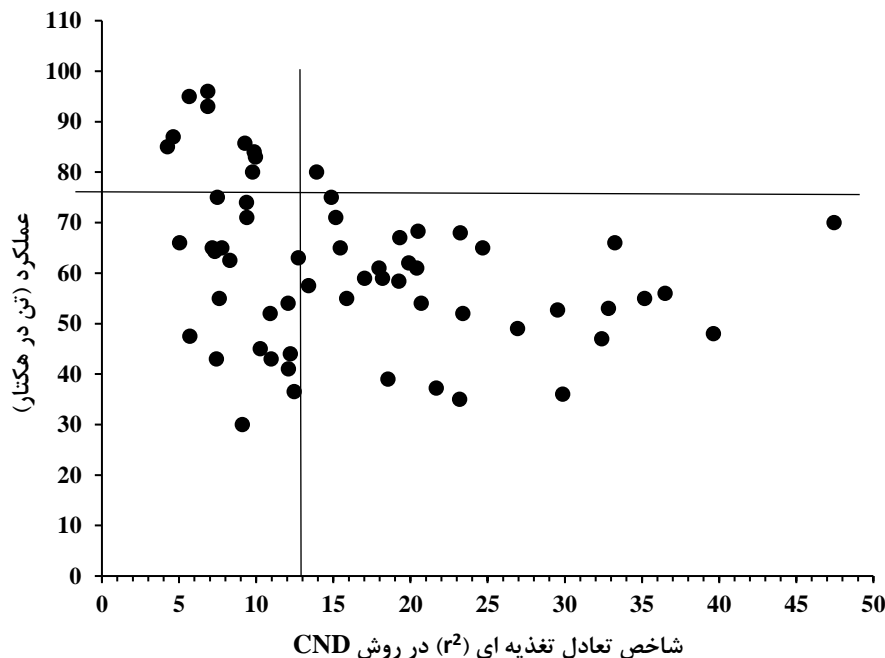
شاخص عناصر غذایی	عملکرد بحرانی	مربع شاخص عناصر غذایی (I^2x)	سطح بحرانی پایین I^2x	سطح بحرانی بالا I^2x
I^2_N	۸۲	۰/۲۲	-۰/۴۷	۰/۴۷
I^2_P	۵۰	۱/۱۳	-۱/۰۶	۱/۰۶
I^2_K	۸۳	۰/۰۵	-۰/۲۳	۰/۲۳
I^2_{Fe}	۹۴	۰/۳۴	-۰/۵۹	۰/۵۹
I^2_{Mn}	۴۷	۱/۱۵	-۱/۰۷	۱/۰۷
I^2_{Zn}	۴۰	۴/۰۴	-۲/۰۱	۲/۰۱
I^2_{Cu}	۴۵	۱/۲۱	-۱/۱۰	۱/۱۰
I^2_B	۸۴	۱/۰۶	-۱/۰۳	۱/۰۳
جمع (I^2)	۴۶	۲/۱۰	-۱/۴۵	۱/۴۵

بحرانی آن عنصر و بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوتر (K^2) با درجه آزادی $d+1$ برای تعداد عنصر بررسی شده و یک برای قسمت باقی مانده) و فرمول مربوط در اکسل به دست آمد (شکل ۱) مقدار آن برای عملکرد ۷۶/۵ تن در هکتار، ۱۲/۹ بدست آمد. البته، اگر بر اساس روش کیت-نلسون بخواهد این شاخص برای ۱۲/۹ برآورد گردد، می‌تواند در این محدوده قرار گیرد تا حداکثر نقاط در قطعات اول و سوم قرار گیرد.

شکل ۱ نشان‌دهنده رابطه عملکرد در دو گروه عملکرد بالا و پایین با شاخص تعادل عناصر غذایی است و نشان می‌دهد که در عملکردهای کمتر از ۷۶/۵ تن در هکتار تعادل تغذیه‌ای دچار اختلال شده است و شاخص تعادل تغذیه‌ای افزایش یافته است. در عملکردهای تقریباً بیشتر از ۷۶/۵ تن در هکتار هم شاخص تعادل تغذیه‌ای مجدداً افزایش یافته است که باز مؤید این است که در عملکردهای بالا ممکن است مصرف بی‌رویه کودها و بیش‌بود عناصر در برگ منجر به اثرات برهم‌کنش منفی بین عناصر شده باشد (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۷).

ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) با عملکرد چغندر قند

این شاخص به عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تعادل تغذیه‌ای می‌باشد و می‌تواند صفر و یا بزرگتر از صفر باشد. در این شاخص تعادل تغذیه‌ای نیز هرچه مجموع توان دوم شاخص های CND بزرگتر از صفر باشد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیشتر می‌شود. در این روش، شاخص تعادل تغذیه‌ای (r^2) از مجموع توان دوم شاخص های CND کلیه عناصر غذایی به دست می‌آید (I_N, I_P, I_K, \dots) که رابطه‌ی معکوسی با میزان عملکرد دارد (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۷). در واقع r^2 یک مجموعه متشکل از محدوده‌های شاخص غذایی است که به وسیله روش کیت-نلسون قابل تعریف است و می‌تواند به عنوان یک روش کنترل برای برآورد صحیح شاخص های عناصر غذایی محسوب شود و این پتانسیل در روشی همچون DRIS امکان پذیر نیست. شاخص عناصر غذایی (I^2x) با استفاده از روش تصویری کیت نلسون و عملکرد



شکل ۱- رابطه بین عملکرد (t ha⁻¹) و شاخص تعادل تغذیه‌ای (r²) در چغندر قند در شهرستان شاهرود (خط افقی عملکرد ۷۶/۵ تن در هکتار و خط عمودی شاخص ۱۲/۹ می باشد).

گیاه بروز و غلظت آن زیر سطح بحرانی باشد. کمبود فسفر در گیاهان، به دلایل مختلفی مانند کمبود این عنصر در خاک، عدم تعادل عناصر غذایی و همچنین به دلیل وجود شرایط آهکی بودن خاک‌ها و تثبیت آن توسط رس‌ها و کربنات کلسیم می‌باشد. شیروانی و شریعتمداری (۱۳۸۱) بیان کردند مقدار نیاز استاندارد فسفر (SPR) به شدت تحت تاثیر میزان رس، آهک و ظرفیت بافری خاک است. در یک پژوهش مشابه بر روی چغندر قند در استان کرمانشاه قادری و همکاران (۱۴۰۲) نتایج متفاوتی بدست آوردند. آنها گزارش کردند که بر اساس میانگین شاخص‌های CND ترتیب اولویت عناصر غذایی مورد نیاز در مزارع با عملکرد پایین برای عناصر غذایی پر مصرف بدین ترتیب $Mg > P > N > K$ بود.

تفسیر نتایج تعدادی از مزارع با عملکرد پایین با روش تشخیص چندگانه

بر اساس میانگین شاخص‌های CND ترتیب اولویت عناصر غذایی مورد نیاز در مزارع با عملکرد پایین برای عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف به ترتیب به صورت $N > P > K$ و $Mn > Fe > B > Cu > Zn$ به دست آمد (جدول ۵). اولویت کمبود عناصر غذایی در کل مزارع بر اساس درصد از مزارعی می‌باشد که داری کمبود یک عنصر خاص می‌باشد. ولی در یک مزرعه براساس شدت کمبود می‌باشد. شاخص نیتروژن در ۵۰ درصد از مزارع با عملکرد پایین، منفی (زیاد بود نامتعادل) بود. بعد از عنصر نیتروژن، فسفر در ۲۲ درصد از مزارع دارای شاخص منفی (زیاد بود نامتعادل) بود. بعد از فسفر، پتاسیم با ۲۰ درصد از مزارع دارای شاخص منفی بود. pH بالای خاک، رشد سریع گیاه، کم بودن مواد آلی خاک، آبیاری بیش از حد، عدم وجود آیش، کمبود بارش در فصول پاییز، زمستان و بهار از عواملی می‌باشند که نیتروژن کمتری در دسترس گیاه قرار گیرد و در نتیجه علائم کمبود آن در

گزارش کردند که ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم فعال خاک، از مهم‌ترین عوامل ابقای بور در خاک‌های آهکی هستند و رابطه مثبتی با درجه برگشت پذیری بور در خاک نشان دادند. همچنین ۲۴ درصد از مزارع دارای شاخص منفی روی و بور هستند. عواملی مانند سیستم آبیاری، شیوع و بروز بیماری‌های گیاهی و حمله آفات، تغییرات ناگهانی دما، سابقه کشت و تناوب جزو عواملی هستند که ممکن است به عنوان عامل ناشناخته در کاهش عملکرد چغندر قند نقش ایفا کرده باشند.

در بین عناصر کم مصرف، شاخص‌های منگنز، آهن و بور به ترتیب در ۴۰، ۲۶ و ۱۰ درصد از مزارع با عملکرد پایین، منفی (زیادبود نامتعادل) بودند و وجود شرایط آهکی در خاک‌های منطقه می‌تواند دلیل این کمبود باشد. تهویه خوب، pH بالا، وجود کلسیم و منیزیم، جذب آهن را کاهش می‌دهند (همدانی و ملکوتی، ۱۳۷۱). شاخص بور در برخی مزارع مثبت و در برخی از مزارع دیگر منفی بود. شناخت دامنه اثر فرآیندهای کنترل‌کننده فعالیت بور در محلول خاک برای حفظ کیفیت آب و مدیریت حاصلخیزی خاک مهم است. مجیدی و همکاران (۱۳۸۹)،

جدول ۵ - شاخص‌های CND، عملکرد و اولویت نیاز عناصر غذایی بر مصرف و کم‌مصرف در مزارع چغندر قند با عملکرد پایین در

شهرستان شاهرود

عملکرد	I_N	I_P	I_K	I_{Fe}	I_{Mn}	I_{Zn}	I_{Cu}	I_B	عناصر غذایی	r^2
۷۵	-۰/۲۶	۰/۱۹	-۰/۲۳	-۰/۶۹	-۰/۳۶	۱/۶۷	۱/۱۲	۱/۸۲	N	۳۳/۱۶
۷۵	۰/۶۷	۱/۱۴	-۰/۹۷	-۰/۷۵	-۱/۰۰	-۱/۶۳	-۰/۱۶۶	-۰/۳۴	Zn>K	۲۴/۸۶
۷۴	-۰/۹۲	-۰/۳۰	-۱/۲۲	-۰/۴۰	۰/۶۷	-۰/۶۶	۲/۰۳۲	-۱/۱۱	K>N	۳۳/۵۵
۷۱	-۲/۲۰	-۰/۴۱	-۰/۹۴	-۰/۴۲	-۰/۳۳	۱/۱۶	۲/۱۶	۱/۷۶	N>K	۳۳/۱۸
۷۱	۰/۳۰	۱/۰۶	-۰/۸۶	-۰/۱۸	-۰/۹۲	-۰/۵۷	-۰/۸۳	-۲/۳۰	B	۲۵/۰۶
۷۰	-۱/۷۹	-۲/۹۰	۲/۹۶	-۱/۰۶	-۰/۳۳	۳/۶۹	۱/۳۸	۲/۶۷	P>N	۳۳/۳۳
۶۸/۳	۱/۸۸	۰/۶۱	-۲/۵۶	۱/۱۱	-۲/۲۳	-۰/۴۱	-۰/۲۸	-۱/۶۲	K>Mn	۲۴/۸۹
۶۸	-۳/۲۱	-۰/۰۵	۱/۶۰	۲/۵۰	-۱/۲۲	-۰/۹۹	-۰/۵۴	۱/۰۳	N>Mn	۳۳/۲۹
۶۷	۰/۹۶	۱/۹۳	-۰/۳۶	-۰/۱۲	-۱/۷۷	-۰/۸۲	۱/۰۳	-۲/۵۴	B>Mn	۲۵/۴۷
۶۶	۰/۴۳	۰/۶۴	۱/۱۲	-۰/۱۹	-۱/۳۴	-۰/۷۵	-۰/۱۶	-۰/۱۰	Mn	۲۵/۰۲
۶۶	-۱/۷۹	-۱/۵۵	۲/۶۶	-۰/۹۱	-۰/۴۷	۳/۴۰	۰/۲۰	۱/۸۵	N>P	۳۳/۷۶
۶۵	۲/۴۲	-۰/۰۷	-۰/۴۰	-۰/۹۹	-۰/۴۴	-۰/۸۳	۰/۱۱	-۲/۴۲	B>Fe	۲۵/۵۳
۶۵	-۰/۵۶	-۰/۷۱	-۰/۶۷	-۰/۴۱	-۰/۵۰	-۰/۴۲	۱/۷۱	-۱/۴۵	P>N	۲۴/۰۰
۶۵	۱/۳۱	۰/۳۷	۱/۰۶	-۰/۱۲	-۱/۷۲	-۰/۱۹	۰/۴۳	-۰/۶۴	-	۲۵/۲۷
۶۵	-۳/۶۶	-۰/۲۲	۲/۴۸	-۰/۶۳	-۰/۲۹	۱/۲۳	۱/۱۲	-۰/۱۳	N	۳۳/۲۳
۶۴/۳	۱/۱۰	۰/۰۵	-۰/۹۲	-۰/۶۶	-۰/۷۰	-۰/۱۴	-۰/۲۹	-۲/۵۰	B>K	۲۴/۷۴
۶۳	۲/۳۶	-۰/۳۱	-۰/۴۰	-۱/۷۷	-۰/۳۹	۱/۳۱	۰/۹۴	-۰/۴۲	Fe	۲۵/۲۷
۶۲/۵	-۰/۶۲	-۰/۴۰	۱/۰۴	-۰/۱۰	-۰/۴۴	۱/۱۳	-۰/۸۶	-۱/۳۱	N	۲۴/۰۷
۶۲	-۳/۰۵	۰/۲۷	-۰/۹۵	۲/۲۴	-۰/۹۶	-۱/۱۴	۱/۱۶	-۰/۹۶	N	۳۳/۲۷
۶۱	۲/۶۰	۰/۲۱	-۰/۴۳	-۰/۴۷	-۲/۴۲	-۲/۲۶	-۰/۸۰	۱/۲۰	Zn>Mn	۲۵/۸۴
۶۱	۰/۴۱	-۱/۹۰	-۰/۶۲	-۱/۲۲	-۰/۶۴	۲/۲۸	-۰/۹۱	۱/۵۳	P>Fe	۳۴/۲۳
۵۹	-۳/۳۳	۰/۰۷	۱/۲۵	۱/۱۸	-۰/۰۰۴	-۰/۱۷	۱/۶۸	-۰/۰۰۱	N	۳۳/۲۰
۵۹	۰/۱۱	-۰/۰۸۶	۱/۶۶	-۰/۱۸	-۲/۳۵	۲/۴۶	-۰/۳۳	-۱/۵۴	Mn>B	۲۴/۸۸
۵۸/۴	-۰/۰۰۳	-۰/۹۲	۱/۹۰	-۰/۰۶	-۱/۸۸	۲/۹۱	-۰/۷۳	-۱/۴۴	Mn	۲۴/۵۳
۵۷/۵	-۱/۱۰	-۰/۵۱	۱/۴۳	۱/۳۳	-۲/۲۳	-۰/۳۳	۱/۶۸	-۰/۴۹۲	Mn>N>P	۲۴/۰۲
۵۶	-۲/۷۷	-۱/۵۲	-۰/۹۲	-۰/۷۴	-۰/۶۳	۲/۰۲	۱/۳۵	۳/۰۸	N>P>Fe	۳۳/۹۸
۵۵	-۲/۴۰	-۱/۷۴	۱/۲۳	-۰/۸۱	-۰/۲۵	۱/۹۲	۱/۷۷	۳/۳۵	N>P>Fe	۳۳/۱۱
۵۵	۱/۵۲	-۰/۱۹	-۰/۰۰۱	۱/۴۴	-۲/۲۶	-۰/۴۷	-۲/۲۵	-۰/۴۶	Mn>Cu	۲۵/۰۰
۵۵	-۱/۱۷	۰/۳۷	-۰/۸۸	-۰/۲۵	-۰/۲۳	۲/۰۶	-۰/۵۰	-۰/۱۷	N	۲۴/۲۳
۵۴	۰/۹۸	-۱/۰۹	۲/۲۷	-۱/۲۸	-۱/۲۷	-۰/۶۳	-۰/۸۴	۱/۸۷	Fe>Mn>P	۲۵/۱۶
۵۴	-۱/۵۳	-۰/۳۳	۱/۲۵	۱/۰۸	-۱/۷۷	۱/۳۹	-۰/۸۷	-۰/۱۴	N>Mn	۳۳/۹۱
۵۳	-۱/۶۹	-۱/۱۹	۲/۶۳	-۰/۴۲	-۰/۴۹	۴/۲۶	-۱/۱۸	-۰/۷۹	N>P>Cu	۳۳/۸۴
۵۲/۷	۱/۹۰	-۰/۱۵	۲/۳۸	۱/۵۶	-۳/۲۶	-۰/۷۹	-۱/۱۸	-۱/۰۵	Mn>Cu	۲۵/۶۳
۵۲	۲/۷۵۶	۰/۵۰	۲/۱۰	-۰/۶۵	-۲/۶۹	-۱/۶۹	-۰/۵۰	-۰/۶۳	Mn>Fe	۲۶/۳۴
۵۲	-۰/۴۸	۲/۴۰	-۰/۲۳	-۰/۸۱	-۰/۷۷	۱/۶۲	-۰/۰۴	-۰/۷۴	Fe>N	۲۵/۰۰
۴۹	-۰/۳۵	-۲/۱۱	۴/۴۲	-۰/۴۵	-۱/۳۳	-۰/۱۱	-۰/۱۲	-۰/۸۲	P>Mn	۲۴/۵۰
۴۸	-۲/۱۱	-۰/۸۷	۲/۳۶	-۰/۷۱	-۱/۴۴	۴/۶۵	۱/۸۲	-۰/۸۸	N>Mn>Fe	۳۳/۶۷
۴۷/۵	-۱/۶۵	۱/۲۳	-۰/۶۷	-۰/۰۷	-۰/۶۹	-۰/۶۰	-۰/۴۰	-۰/۰۷۶	N	۲۴/۲۰
۴۷	-۳/۶۶	-۰/۲۲	۱/۸۹	-۰/۳۳	-۰/۷۹	۳/۵۰	-۰/۵۲	-۰/۴۷	N	۳۳/۱۰
۴۵	۱/۷۴	-۰/۰۲	-۱/۶۳	-۰/۲۶۱	-۱/۲۳	-۰/۱۳	۱/۴۲	-۰/۳۵	K>Mn	۲۴/۸۱
۴۳	-۰/۸۷	۰/۵۲	-۰/۵۵	-۰/۱۵	-۱/۱۰	۱/۷۰	۲/۳۱	-۱/۲۰	N>Mn	۲۴/۲۸
۴۴	۱/۸۲	-۰/۰۷	-۰/۵۴	-۰/۴۵	-۱/۰۶	-۱/۰۶	۱/۱۶	-۰/۱۴	K	۲۵/۱۲
۴۳	-۰/۰۲۴	-۰/۷۶	-۰/۸۷	-۰/۹۳	-۱/۱۵	-۰/۶۸	-۱/۶۳	۱/۴۵	K>Fe	۲۴/۴۵
۴۱	۰/۴۷	۰/۲۴	۱/۲۵	-۰/۵۱	-۱/۶۶	-۰/۶۳	-۲/۰۲	۱/۴۷	Mn>Cu	۲۵/۰۴
۳۹	-۰/۵۷	۱/۷۲	-۰/۶۱	-۱/۱۸	-۱/۷۹	۲/۰۷	۱/۹۹	۱/۰۳	Fe>K	۳۴/۶۶
۳۷/۲	-۱/۱۸	-۰/۰۶۹	۱/۲۵	-۰/۶۷	-۱/۰۷	۲/۹۵	۲/۳۷	-۱/۳۵	N	۲۴/۲۱
۳۶/۵	-۱/۰۳	۱/۵۹	-۰/۵۱	-۰/۵۹	-۰/۴۱	۲/۰۱	۱/۱۰	-۰/۸۶	N>B>Fe>Mn	۲۴/۴۷
۳۶	-۱/۳۵	۲/۶۰	-۲/۲۱	-۱/۰۵	-۱/۱۹	۱/۵۷	۳/۰۴	-۰/۷۲	K>N>Fe>Mn	۲۴/۳۷
۳۵	-۰/۴۷	-۱/۹۳	۳/۹۹	-۰/۴۹	-۱/۲۹	-۰/۱۶	-۰/۱۲	۱/۱۴	P>Mn	۲۴/۴۰
۳۰	-۱/۵۵	-۰/۱۶	۱/۸۸	-۰/۰۳	۱/۱۷	-۰/۶۰	-۰/۶۵	-۰/۳۵	N	۲۴/۰۹

تفسیر نتایج مزارع با عملکرد پایین با روش تشخیص چندگانه

مزیت و برتری روش CND نسبت به روش های DRIS و DOP این است که با استفاده از روش های آماری مانند کای اسکویر می توان وضعیت متعادل و یا نامتعادل عناصر غذایی هر مزرعه (با استفاده از جدول ۴ و ۵) را تعیین کرد (جدول ۶). در روش CND برخلاف روش DRIS، منفی بودن شاخص عناصر غذایی (مثلاً

IN یا IP و) الزاما دلیل بر کمبود آن عناصر نیست. در روش CND ممکن است یک شاخص عناصر غذایی منفی باشد (جدول ۵) ولی در محدوده بین حد پایین بحرانی و حد بالای بحرانی قرار گیرد (جدول ۴) که در این صورت بیانی از حالت متعادل است و خارج از این محدوده نامتعادل است (دریا شناس و ثقفی ۱۳۹۰: خیاری و همکاران ۲۰۱۱a). در جدول ۶ شاخص های عناصر غذایی را به دو حالت متعادل و نامتعادل بیان شده است.

جدول ۶- وضعیت متعادل و نامتعادل عناصر غذایی مزارع چغندرقد با عملکرد پایین در شهرستان شاهرود

عملکرد	I_N	I_P	I_K	I_{Fe}	I_{Mn}	I_{Zn}	I_{Cu}	I_B	R^2
۷۵	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۳/۱۶
۷۵	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۴/۸۶
۷۴	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۳/۵۵
۷۱	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۳/۱۸
۷۱	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۵/۰۶
۷۰	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۳/۳۳
۶۸/۳	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۸۹
۶۸	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۳/۲۹
۶۷	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۵/۴۷
۶۶	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۵/۰۲
۶۶	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	۲۳/۷۶
۶۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۵/۵۳
۶۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۴/۰۰
۶۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۵/۲۷
۶۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۳/۲۳
۶۴/۳	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۷۴
۶۳	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۵/۲۷
۶۲/۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۰۷
۶۲	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۳/۲۷
۶۱	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	۲۵/۸۴
۶۱	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۲۳
۵۹	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۳/۲۰
۵۹	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۸۸
۵۸/۴	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۵۳
۵۷/۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۴/۰۲
۵۶	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۲/۹۸
۵۵	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۳/۱۱
۵۵	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۵/۰۰
۵۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	۲۴/۲۳
۵۴	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۵/۱۶
۵۴	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۳/۹۱
۵۳	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	۲۳/۸۴
۵۲/۷	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۵/۶۳
۵۲	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۶/۳۴
۵۲	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۵/۰۰
۴۹	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۴/۵۰
۴۸	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	۲۳/۶۷
۴۷/۵	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۴/۲۰
۴۷	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	۲۳/۱۰
۴۵	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۴/۸۱
۴۳	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۴/۲۸
۴۴	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۵/۱۲
۴۳	متعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۴/۴۵
۴۱	متعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۵/۰۴
۳۹	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	۲۴/۶۶
۳۷/۲	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	۲۴/۲۱
۳۶/۵	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۴/۴۷
۳۶	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	۲۴/۲۷
۳۵	متعادل	نامتعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	نامتعادل	۲۴/۴۰
۳۰	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	نامتعادل	متعادل	متعادل	متعادل	۲۴/۰۹
	I_N	I_P	I_K	I_{Fe}	I_{Mn}	I_{Zn}	I_{Cu}	I_B	میانگین
(%) نامتعادل	۸۲	۳۲	۹۴	۵۴	۴۸	۲۶	۴۶	۵۰	۵۳/۷۵
(%) متعادل	۱۸	۶۸	۶	۴۶	۵۲	۷۴	۵۴	۵۰	۴۶/۲۵

کودی مناسب از هدررفت کود و منابع مالی نیز جلوگیری می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در مزارع انتخابی، بیانگر اختلاف در روش مدیریت مزارع و عدم بهینه مصرف کودهای شیمیایی و آلی می‌باشد. با توجه به اینکه این پژوهش کاربردی بوده و برای افزایش عملکرد و کیفیت چغندر قند، قابل تسری می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌نماید که در برنامه کوددهی از عناصر دچار کمبود با توجه به منطقه، استفاده و اولویت داده شود. برای افزایش عملکرد چغندر قند بایستی مصرف کودهای نیتروژن، منگنز و آهن مورد توجه قرار گیرد و از مصرف بی رویه کودهای پتاسیم و روی پرهیز کرد. به صورت کلی ۵۳/۷۵ درصد مزارع شهرستان شاهرود در وضعیت نامتعادل تغذیه‌ای و ۴۶/۲۵ درصد آن در وضعیت متعادل تغذیه‌ای قرار دارند. تعیین نرم‌های CND نسبت به روش‌های دیگر همچون DRIS یا DOP نیاز به داده و هزینه کمتری دارد. این روش اثرات متقابل کلیه عناصر غذایی را نیز در نظر می‌گیرد. پیشنهاد می‌شود که روش CND برای محصولات زراعی مختلف با روش‌های دیگر مورد اعتبارسنجی و مقایسه بیشتری قرار گیرد.

همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است عناصر به ترتیب زیر دارای وضعیت متعادل یا نامتعادل هستند:

وضعیت نامتعادل:

$K (94\%) > N (82\%) > Fe (54\%) > B (50\%) > Mn (48\%) > Cu (46\%) > P (32\%) > Zn (26\%)$

وضعیت متعادل:

$Zn (74\%) > P (68\%) > Cu (54\%) > Mn (52\%) > B (50\%) > Fe (46\%) > N (18\%) > K (6\%)$

به صورت کلی ۵۳/۷۵ درصد مزارع شهرستان شاهرود در وضعیت نامتعادل تغذیه‌ای و ۴۶/۲۵ درصد آن در وضعیت متعادل تغذیه‌ای قرار دارند (جدول ۶). نکته قابل توجهی که بایستی به آن اشاره کرد این است که زمانی که وضعیت یک عنصر غذایی نامتعادل است به این معنی نیست که این عنصر دارای کمبود است چرا که ممکن است دارای بیشبود باشد. به عنوان مثال پتاسیم ۹۴ درصد در وضعیت نامتعادل تغذیه‌ای قرار دارد که ۷۸/۷۲ درصد آن بیشبود و تنها ۲۱/۲۸ درصد آن مربوط به کمبود پتاسیم است. در چنین وضعیتی بایستی از مصرف کودهای پتاسه در مزارع دارای بیشبود خودداری کرد. از طرف دیگر عنصری مانند نیتروژن که ۸۲ درصد وضعیت تغذیه‌ای آن نامتعادل است، ۶۵/۸۵ درصد دارای وضعیت کمبود و ۳۴/۱۵ درصد آن مربوط به بیشبود نیتروژن است. بنابراین روش CND با در نظر گرفتن متعادل و نامتعادل بودن وضعیت تغذیه‌ای و همچنین بیشبود و کمبود عناصر مربوطه، ضمن توصیه

فهرست منابع

۱. آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی. (۱۴۰۲). مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه ریزی اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی.
۲. بابازاده جعفری، شهریار، دواتگر، و شکوری کتیگری، فیضیان. (۱۴۰۳). برآورد محدودیت عناصر غذایی گیاه برنج با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND). نشریه دانش خاک و گیاه، ۳۴(۴)، ۵۳-۷۳.
۳. <https://doi.org/10.22034/SPS.2024.19183>
۴. بصیرت، مجید، حقیقت نیا، حسن و موسوی، سید مجید. (۱۳۹۷). ارزیابی و تعیین وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال رقم والنسیا در جنوب استان فارس. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۲(۱)، ۱۴۳-۱۵۴. <https://doi.org/10.22067/jsw.v32i1.67597>
۵. دریاشناس، عبدالمحمد و ثقفی، کبری. (۱۳۹۰). تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندر قند. نشریه علمی پژوهش‌های خاک، ۲۵(۱)، ۱-۱۲.
۶. دریاشناس، عبدالمحمد، بصیرت، پاک‌نژاد و دریاشناس، سروش. (۱۳۹۶). روش تحلیل داده‌های ترکیبی برای تشخیص وضعیت عناصر غذایی کم‌مصرف با رویکرد تعادل عناصر در چغندر قند پاییزه. پژوهش‌های خاک، ۳۱(۴)، ۴۹۷-۵۰۸. <https://doi.org/10.22092/IJSR.2018.1158405>
۷. دریاشناس، عبدالمحمد و ثقفی، داوودی. (۱۳۹۹). تشخیص تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در چغندر قند با استفاده از تخمین-گرهای فاصله ماهالانویس، فاصله ایچسن و تعادل ترازیوی. پژوهش‌های خاک، ۳۴(۲)، ۲۴۷-۲۶۳. <https://doi.org/10.22092/IJSR.2020.122634>
۸. شیروانی، مهران و شریعتمداری، حسین. (۱۳۸۱). استفاده از هم دماهای جذب سطحی در تعیین شاخص‌های ظرفیت بافری و نیاز استاندارد فسفر برخی خاک‌های آهکی استان اصفهان. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۶(۱)، ۱۲۱-۱۳۰. <https://sid.ir/paper/373176/fa>
۹. قادری، جلال، طهرانی، حامدی، فردین و حیدری، خلیل. ۱۴۰۲. ارزیابی تعادل تغذیه‌ای در مزارع چغندر قند استان کرمانشاه با روش‌های انحراف از درصد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه (CND). پژوهش‌های خاک، ۳۷(۲)، ۹۵-۱۱۵. [10.22092/IJSR.2023.359848.678](https://doi.org/10.22092/IJSR.2023.359848.678)
۱۰. مجیدی، عزیز، راهنمایی، رسول و ملکوتی، محمد. جعفر. (۱۳۸۹). برهم‌کنش‌های جذب سطحی بور با فسفر و سیلیسیم در خاک‌های آهکی. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۴۵ص.
۱۱. همدانی، ریاضی، عبدالحسین، ملکوتی، محمد. جعفر. (۱۳۷۱). کودها و حاصلخیزی خاک (نویسنده، تسیدل و و تلسون). انتشارات دانشگاه تهران، ۵۹۸ص.
۱۲. ملکوتی، محمد. جعفر و غیبی، محمد. نبی. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی برای محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی، ۱۱، ۵۶.
۱۳. ملکوتی، محمد، جعفر، کشاورز، پیمان و کریمیان، نجفعلی. (۱۳۸۷). روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۵۵۰ص.

14. Black, C. A., Evans, D. D., and R. C. Dinauer. (1965). Methods of soil analysis (Vol. 9, pp. 653-708). ASA. Madison, WI.
15. Buresh, R. J., Austin, E. R., and E. T. Craswell. (1982). Analytical methods in N-15 research. *Fertilizer Research*, 3(1): 37-62. <https://doi.org/10.1007/BF01053296>
16. Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C. A. 1991. Growth and mineral nutrition of field crop. Marcel Dekker, New York.
17. Jones, J. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420025293>
18. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001b. The Phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. *Agron. J*, 93: 815-819. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934815x>
19. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J*, 93: 802-808. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934802x>
20. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agron. J*, 93: 809-814. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934809x>
21. McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In A. L. Page, R. H. Miller, & D. R. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis, part 2: Chemical and microbiological properties* (pp. 199-224). SSSA. Madison, WI.
22. Montanes, L., Heras, L., Abadia, J., and M. Sanz (1993). Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage. *J. Plant Nutr*, 16(9): 1289-1308. <https://doi.org/10.1080/01904169309364875>
23. Nelson, L.A., and R.L. Anderson. (1977). Partitioning of soil test-crop response probability. In M. Stelly (ed.) *Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results* (pp. 19-38). ASA, Madison WI.
24. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and L. A. Dean. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939. US Government Printing Office, Washington DC.
25. Page, A. L., Miller, R. H., and D. R. Keeney. (1982). Chemical and microbiological properties. In *Methods of soil analysis, part 2, no. 9* (2nd ed., pp. 443-444). ASA. Madison, WI.
26. Parent, L. E., and M. Dafir. (1992). A theoretical concept of Compositional Nutrient Diagnosis. *J Am Soc Hortic Sci*, 117(2): 239-242. <https://doi.org/10.21273/JASHS.117.2.239>
27. Parent, L.E., Cambouris, A.N., and A. Muhawenimana. (1994). Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. *SSSA*, 58: 1432-1438. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050022x>
28. Ryan, J. R., Stefan, G., and A. Rashid. (2001). *Soil and plant analysis laboratory manual* (2nd ed.). ICARDA. Aleppo, Syria.
29. Sharma, J., Shikhamany, S. D., Singh, R. K., and H. B. Raghupathi. (2005). Diagnosis of nutrient imbalance in Thompson seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS common. *Soil Sci Plant Anal*, 36(20): 2823-2838. <https://doi.org/10.1080/00103120500214674>
30. Walkley, A., and I. A. Black. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*, 37(1): 29-38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>