پژوهش‌های خاک / الف / جلد ۳۷ / شماره۲ تابستان / ۱۴۰۲/ ص۹۵-۱۱۵
dx.doi.org/10.22092/ijsr.2023.359848.678

ارزیابی تعادل تغذیه‌ای در مزارع چغندرقند استان کرمانشاه با روش‌های انحراف از درصد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه (CND)

جلال قادری*، محمدمهدی طهرانی، فردین حامدی و خلیل حیدری

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. **ghaderij@yahoo.com**

دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. **.methrani2000@yahoo.com**

عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه.**fardin_hamedi@yahoo.com**

کارشناس ارشد خاک‌شناسی سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه.**haidarikhalil@gmail.com**

«مقاله پژوهشی»

دریافت:۱۴۰۱/۶/۲۲ و پذیرش:۱۴۰۲/۴/۱۷

چکیده

تجزیه گیاه، روش مفیدی است که با استفاده از روش‌های انحراف از درصد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)، به‌منظور ارزیابی و بهینه‌سازی عناصر غذایی چغندرقند بکار می‌رود. لذا، به‌منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای چغندرقند در استان کرمانشاه این تحقیق به مدت دو فصل زراعی (۹۹-۱۳۹۷) اجرا شد. در هر سال حداقل تعداد ۳۰ مزرعه که دارای دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک بودند انتخاب گردید. در این پژوهش، گروه "عملکرد زیاد" در مزارع چغندرقند، با استفاده از روش انحراف از درصد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)، از طریق ریاضی، آماری و کاربرد تابع تجمعی متمایز گردید. همچنین، با استفاده از نتایج تجزیه گیاه، محدوده "کفایت" و "بحرانی" عناصر غذایی برای روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برآورد گردید. نتایج نشان داد که در مقایسه با حد بحرانی، خاک ۸۵٪، ۱۰٪، ۹۷/۵٪، ۶۷٪، ۹۳٪، ۱۰۰٪ و ۵٪ مزارع به ترتیب دارای کمبود فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، بور و مس بود. میانگین عملکرد مزارع حدود ۶۷/۶ تن در هکتار بود. بر اساس عملکرد، مزارع چغندرقند منتخب به دو گروه با عملکرد بالا و پایین دسته‌بندی شد. نتایج محاسبه شاخص‌های انحراف از درصد بهینه و تشخیص چندگانه نشان داد که در بین عناصر غذایی پرمصرف، منیزیم، فسفر و نیتروژن و در بین عناصر کم‌مصرف، آهن، منگنز و روی بیشترین کمبود را داشت. البته در بین دو روش مزبور اختلاف جزئی از نظر نیتروژن، منگنز و آهن در بین عناصر وجود داشت. بین شاخص تعادل تغذیه‌ای " انحراف از درصد بهینه" و عملکرد، همبستگی ۰/۴۸ وجود داشت که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند به‌منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول چغندرقند به شکل کاربردی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه گیاه، ارزیابی و بهینه‌سازی عناصر غذایی، حد بحرانی عناصر غذایی

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

مقدمه

تغذیه گیاه به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار، تابعی از اثرات برهم‌کنش عناصر غذایی و شرایط محیطی است. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان جهت دست‌یابی به ارتباط میان عناصر غذایی قابل‌استفاده در خاک، میزان عناصر موجود در گیاه و عملکرد ضروری است (پریرا[1] و همکاران، ۲۰۱۱). در وضعیت عدم تعادل و باوجود عامل محدودکننده نه‌تنها بهبودی در وضعیت رشد گیاه رخ نمی‌دهد، بلکه ممکن است اختلالاتی نیز در رشد گیاه به وجود آید (لکزیان و همکاران،۱۳۹۱).

برای بررسی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان، روش‌های آزمون خاک، تجزیه گیاه، تشخیص علائم ظاهری یا تلفیقی از آن‌ها استفاده می‌شود که هریک دارای معایب و محاسنی است. تجزیه گیاه روش مفیدی برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان است و بر پایه این منطق استوار است که مقدار یک عنصر معین در گیاه نشانه‌ای از تأمین آن عنصر از خاک است. تجزیه گیاه همراه با نتایج آزمون خاک در طراحی برنامه‌های کود دهی متعادل و ارزیابی بازده عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان، می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. کارآیی تجزیه گیاه علاوه بر رعایت دقیق زمان نمونه‌برداری، عضو مورد نمونه‌برداری و استاندارد بودن روش‌های تجزیه، به تفسیر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه بستگی دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ فجیرا و همکاران، ۱۹۹۱؛ مونتاس و همکاران، ۱۹۹۳). از روش‌های مختلفی نظیر غلظت بحرانی (CVA[2])، روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS[3])، انحراف از حد بهینه (DOP[4]) و تشخیص چندگانه (CND[5]) برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاهان زراعی و باغی استفاده می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). در هر یک از این روش‌ها، نرم‌هایی برای هر یک از عناصر تعیین می‌گردد. در حقیقت نرم‌ها برای هر عنصر غذایی، بسته به فراوانی و یا کمبود آن عنصر، رتبه‌بندی می‌گردد که درنهایت، اهمیت عناصر غذایی، در تغذیه متعادل برای آن محصول و در نقطه موردمطالعه، مشخص می‌گردد (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰). با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه‌ای، می‌توان وضعیت تغذیه‌ای منطقه موردمطالعه را ارزیابی و نشان داد که برای دستیابی عملکرد مطلوب شاخص‌هایی بایستی اصلاح گردد. بنابراین با شناسایی وضعیت تغذیه‌ای می‌توان استراتژی کودی تعیین نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

در سال‌های اخیر در رابطه با تأثیر مصرف متعادل کوده در ایران تحقیقات زیادی توسط ملکوتی و همکاران و استفاده از روش‌هایی نظیر دریس بکار برده شده است (۱۳۸۷). روش انحراف از درصد بهینه (DOP) نیز به‌عنوان یکی از روش‌های تفسیر نتایج تجزیه گیاه برای ارزیابی تغذیه بهینه محصولات زراعی و باغی مورداستفاده قرار می‌گیرد (جیمنز[6] و همکاران، ۲۰۰۷). در این روش به عدم تعادل عناصر در گیاه رتبه داده‌شده و ترتیب عدم تعادل برای عناصر مختلف به دست می‌آید که از جنبه مدیریت تغذیه‌ای بسیار مهم است (مونتانز[7] و همکاران، ۱۹۹۳). این شاخص به‌صورت درصد انحراف غلظت یک عنصر از مقدار بهینه خود در گیاه (مقدار مرجع) تعریف می‌شود. ترتیب عدم تعادل عناصر غذایی با محاسبه شاخصDOP ، برای هر عنصر میسر می‌گردد. به‌عبارت‌دیگر این روش، برای هر عنصر غذایی شاخصی را محاسبه و آن‌ها را به‌صورت اعداد مثبت، منفی یا صفر مشخص می‌نماید که به ترتیب بیانگر زیادی، کمبود یا غلظت مناسب عنصر غذایی در گیاه است. منفی‌ترین شاخص، عامل محدودکننده تغذیه گیاه

[1] - Pereira
[2]- Critical value approach (CVA)
[3]- Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)
[4]- Deviation from optimum percentage (DOP)
[5]- Compositional Nutrient Diagnosis (CND)

[6] - Jimenez
[7] - Montanes

است و ترتیب نیاز از شاخص منفی به مثبت خواهد بود. با محاسبه مجموع قدرمطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، می‌توان به‌شدت خروج از حالت تعادل پی برد. در این صورت عدد صفر بیانگر حالت تعادل و هرچه عدد بزرگ‌تر شود، نشان‌دهنده انحراف بیشتر از حالت تعادل است (دردی‌پور و همکاران، ۱۳۹۱).

روش تشخیص چندگانه عناصر (CND) با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات برهم‌کنش عناصر را بیان می‌دارد (پارنت و دافیر[1]، ۱۹۹۲). در این روش 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 با دقت زیاد تفکیک می‌شوند (خیاری[2] و همکاران، abc۲۰۰۱). بدین معنی که تمایز جامعه عملکرد به دو گروه زیاد و کم، بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس شاخص‌های عناصر غذایی است. این تابع عملکرد و عنصر غذایی شکل کاوی دارد. با تعیین نقاط عطف منحنی، گروه-های عملکردی با دقت زیادی تفکیک می‌شود (خیاری و همکاران، abc۲۰۰۱). سپس شاخص‌های عناصر غذایی CND به روش گام‌به‌گام تعیین می‌گردد. شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) از مجموع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی قابل‌محاسبه است (خیاری و همکاران، abc۲۰۰۱). این شاخص اعداد صفر و بیشتر را به خود اختصاص می-دهد. هراندازه r^2 به عدد صفر نزدیک‌تر باشد تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد؛ بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق به دست آوردن r^2 می‌توان میزان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰).

محققان زیادی شاخص‌های DOP را برای گیاهان زراعی و باغی مختلف، تعیین نموده‌اند. ازجمله می‌توان به تعیین شاخص‌های DOP در گیلاس (جیمنز و همکاران، ۲۰۰۷)، کاج (صالح و آندرسون، ۱۹۹۹؛ براک و صالح، ۲۰۰۲)، انگورسفید (صمدی و مجیدی،۲۰۱۱)؛ باغ هلو (دردی پور و همکاران، ۱۳۹۱) اشاره نمود. همچنین روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) توسط پارنت و دافیر (۱۹۹۲) و پارنت[3] و همکاران (۱۹۹۴) و خیاری و همکاران (۲۰۰۱a,b) و دریاشناس و ثقفی (۱۳۹۰)، بصیرت و همکاران (۱۳۹۷) برای تفسیر نتایج تجزیه برگ استفاده شدند.

بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹، سطح زیر کشت چغندرقند در ایران در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، ۸۰/۰۸۱ هزار هکتار با میانگین عملکردی ۴۷۸۷۵ کیلوگرم در هکتار (۴۷/۹ تن در هکتار) بود. بیشترین سطح زیر کشت چغندرقند در سال زراعی مذکور، مربوط به استان آذربایجان غربی با ۲۶۹۸۴ هکتار و میانگین عملکرد ۴۳۱۵۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به جنوب استان کرمان با سطح زیر کشت ۱۹۳ هکتار و میانگین عملکرد ۴۰۷۷۷ کیلوگرم در هکتار بوده است. سطح زیر کشت چغندرقند در استان کرمانشاه، ۶۳۰۱ هکتار و با میانگین ۴۸۵۰۳ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به اهمیت و کشت چغندرقند و کمبود نرم‌های تغذیه‌ای برای این محصول مهم، این پژوهش با هدف بررسی وضعیت تغذیه‌ای مزارع چغندرقند با استفاده از دو روش DOP و CND، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق روی محصول چغندرقند از سال ۱۳۹۷ و به مدت دو سال اجرا شد. در هرسال حداقل تعداد ۳۰ مزرعه انتخاب شدند. مزارع در تمام مناطق کشت چغندرقند به نسبت سطح زیر کشت آن منطقه توزیع شد. هم‌چنین، در این مزارع دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک (استفاده از مطالعات خاک و...) وجود داشت.

[1] - Parent & Dafir
[2] - Khiari
[3] - Parent

پس از انتخاب مزارع، پیش از اقدام به کودپاشی و کاشت چغندرقند، در هر مزرعه یک نمونه مرکب خاک در سطح یک هکتار و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نمونه‌های خاک، بافت به روش هیدرومتری (بویکاس،۱۹۶۲)، کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک (۱۹۳۴)، pH گل اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (مک لین، ۱۹۸۲)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت سنج (بلاک و همکاران، ۱۹۶۵)، درصد کربنات کلسیم یا درصد مواد خنثی شونده (پیج و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر قابل‌جذب با روش اولسن (۱۹۶۴) پتاسیم قابل‌استفاده با عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال (نودسن[1] و همکاران، ۱۹۸۲) و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر در طول موج ۷۶۷ نانومتر، منیزیم، کلسیم و پتاسیم به روش استات آمونیوم یک نرمال در pH =۸/۲ (هان وی و هیدل، ۱۹۵۲)، آهن، روی، منگنز و مس قابل‌استفاده خاک با عصاره گیر DTPA (لیندسی و نورول، ۱۹۷۸) و با دستگاه جذب اتمی، بور قابل‌جذب به روش آب داغ (برگر وتورگ، ۱۹۳۹) و با دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر، گوگرد به روش منوکلسیم فسفات (فکس و همکاران، ۱۹۶۴) اندازه‌گیری شدند. در سال اول و دوم نمونه‌برداری از برگ برای تعیین غلظت عناصر غذایی مزارع انجام گرفت.

نمونه‌برداری از برگ در مزارع چغندرقند حدود ۹۰ الی ۱۲۰ روز پس از زمان کاشت و از برگ‌های جوان کامل و سالم (بین جوان‌ترین برگ‌ها در مرکز بوته و برگ-های مسن‌تر) انجام شد. نمونه‌های برگ تهیه‌شده بعد از شستشو با آب مقطر، در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توسط آسیاب برقی پودر شدند. سپس مقدار ۰/۵ گرم از نمونه آسیاب شده به-روش هضم مرطوب روی اجاق الکتریکی در دمای ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و نیتروژن کل به روش کجلدال (بورش و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر کل به روش طیف‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج 470 نانومتر، پتاسیم کل با دستگاه فلم فتومتر، گوگرد به‌روش کدورت سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۱۰ نانومتر، منیزیم، آهن و روی، منگنز و مس کل به‌روش خاکستر کردن خشک و با دستگاه جذب اتمی (رایان و همکاران، ۲۰۰۷)، بور به روش آزومنین- اچ و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر (بینگام، ۱۹۸۲) قرائت شدند. جونز و همکاران (۱۹۹۱)، حدود کفایت عنصر فسفر ۱/۱-۰/۴۵، پتاسیم ۶-۲، منیزیم ۱-۰/۲۵درصد و برای آهن ۱۴۰-۶۰، روی ۸۰-۱۰، منگنز ۳۶۰-۲۶ و بور ۲۰۰-۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم برگ چغندرقند ذکر کرده‌اند. برای تعیین شاخص انحراف از درصد بهینه در زمان برداشت محصول (از اواسط مهرماه تا آخر آبان ماه) با بازدید از هر مزرعه، عملکردها یادداشت و مزارع به دو گروه با عملکرد بالا و پایین تقسیم گردیدند. مزارع با عملکرد بالا جهت تعیین اعداد مرجع (تعیین نرم‌ها) مورداستفاده قرار گرفت. معیار مورداستفاده برای تقسیم مزارع به دو گروه با عملکرد بالا و پایین، میانگین عملکرد و انحراف معیار بود (شرما و همکاران، ۲۰۰۵).

(SD – میانگین عملکرد) ≤ مزارع با عملکرد پایین

(SD – میانگین عملکرد) ≥ مزارع با عملکرد متوسط

(SD + میانگین عملکرد) تا

(SD + مزارع با عملکرد بالا) ≥ میانگین عملکرد (۱)

در این رابطه، SD انحراف معیار عملکرد مزارع است.

برای تشخیص وضعیت تغذیه‌ای مزارع چغندرقند از رابطه ریاضی زیر محاسبه شد: DOP شاخص

$$DOP = [(C\times100)/C_{ref}]-100 \quad (۲)$$

در این معادله، C غلظت عنصر غذایی در نمونه برگ مزارع چغندرقند با عملکرد پایین و C_{ref} غلظت مطلوب عنصر غذایی (بهینه) در برگ چغندرقند است.

[1]- Knudsen

در این روش برای هر عنصر غذایی شاخصی را محاسبه و آن‌ها را به‌صورت اعداد مثبت، منفی یا صفر مشخص می‌نماید که به ترتیب بیانگر زیادی، کمبود یا، غلظت مناسب عنصر غذایی در گیاه (حالت تعادل) است. در این روش نیز منفی‌ترین شاخص، عامل محدودکننده در تغذیه گیاه است و ترتیب نیاز از شاخص منفی به مثبت خواهد بود (مونتانس و همکاران،۱۹۹۳). همچنین در این روش با محاسبه مجموع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، می‌توان به‌شدت به خروج از حالت تعادل پی برد. در این صورت عدد صفر بیانگر حالت تعادل و هرچه عدد بزرگ‌تر شود، نشان‌دهنده انحراف بیش‌تر از حالت تعادل است (مونتانس و همکاران، ۱۹۹۳).

شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP (ΣDOP) از مجموع شاخص‌های DOP بدون در نظر گرفتن علامت آن‌ها به‌دست می‌آید:

$$\Sigma DOP = |IA| + |IB| + |IC| + \cdots + |IN| \quad (۳)$$

IA، IB، IC،...IN به ترتیب شاخص عناصر غذایی مختلف می‌باشند.

محاسبه تشخیص چندگانه عناصر غذایی به روش زیر انجام می‌شود. این روش که مبانی ریاضی و آماری آن توسط پرنت و دافیر (۱۹۹۲) بیان گردید، به شرح ذیل است.

۱- ترکیبات بافت گیاهی به‌صورت یک سادک[1] (S^d) حاوی عناصر غذایی (N, P, K ...)و یک بخش باقی‌مانده ترکیبات (R_d) به شکل رابطه ذیل قابل‌بیان است که در آن d نماینده تعداد عناصر غذایی و R_d بیانگر باقی‌مانده ترکیبات گیاهی است.

$$N + P + K + \ldots + R_d = 100]$$
$$S_d = [(N, P, K, \ldots, R_d): N > 0, P > 0, K > 0, R_d > 0, \quad (۴)$$

در این رابطه عدد ۱۰۰ بیان‌کننده کل غلظت ماده خشک گیاه است (درصد) و N، P، K ... و R_d عناصر غذایی تشکیل‌دهنده بافت گیاهی هستند که R_d نشانگر سایر عناصر غذایی باقی‌مانده و اندازه‌گیری نشده است که از رابطه (۵)، محاسبه می‌شود (ایچسن، ۱۹۸۰).

$$R_d = ۱۰۰ - (N + P + K) \quad (۵)$$

۲- میانگین هندسی عناصر غذایی با رابطه ۶ نشان داده می‌شود.

$$G = [N \times P \times K \times \ldots Rd]^{\frac{1}{d+1}} \quad (۶)$$

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

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

$$V_N = \ln(\frac{N}{G}), V_P = \ln(\frac{P}{G}), V_K = \ln(\frac{K}{G}), V_{Rd} = \ln(\frac{Rd}{G}), \quad (۷)$$

$$V_N + V_P + V_K + \cdots VR_d = 0 \quad (۸)$$

V_x بیانگر نسبت لگاریتمی عناصر برای x عنصر است. رابطه ۸ درستی محاسبات را تأیید می‌کند. بر اساس این تعریف، مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقی‌مانده ترکیبات (R_d) برابر صفر خواهد بود.

برای عناصری مانند R_d.. ... ، 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 و... V^*_{Rd} ، نشان داده می‌شود. اگر غلظت هر عنصر غذایی گیاه موردمطالعه را با غلظت ایده‌آل یا همان نرم‌های استاندارد کنیم شاخص عناصر غذایی CND به دست خواهد آمد و برای عناصر R_d.. ... ، K، P،N ، به شرح ذیل محاسبه می‌شود:

$$I_{zi} = \frac{(Z_i - z_i)}{S_{zi}}, \quad I_N = \frac{V_N - V^*_N}{SD^*_N}, \quad I_P = \frac{V_P - V^*_P}{SD^*_P},$$
$$I_K = \frac{V_K - V^*_K}{SD^*_K}, \quad I_{R_d} = \frac{V_{R_d} - V^*_{R_d}}{SD^*_{R_d}} \quad (۹)$$

[1]-Simplex

در این روابط V^*_N ، V^*_P، V^*_K، V^*_{Rd}، SD^*_P SD^*_K، SD^*_V SD^*_{Rd}، به‌ترتیب 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_{Rd} نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است. I_N ، I_P، I_K و... I_{Rd} 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 $I_{zi} = \frac{Z_i - Z_i^*}{SD_{zi}^*}$ محاسبه می‌شود (پرنت و دافتر، ۱۹۹۲).

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

$$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \ldots + I_{Rd}^2 \qquad (۱۰)$$

بنابراین، برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق به دست 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 ۱ +d تبعیت می‌کند (روس، ۱۹۸۷). تبعیت متغیر 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 (Vx) 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.

$$F_i\ (V_x) = \frac{\text{واریانس } V_x \text{ برای } n_1 \text{ مشاهده}}{\text{واریانس } V_x \text{ برای } n_2 \text{ مشاهده}} \qquad (۱۱)$$

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

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{ni-1} f_i\ (V_x)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i\ (V_x)} \times 10 \qquad (۱۲)$$

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

$$F_i^c(V_x) = aY^3 + BY^2 + cy + d \qquad (۱۳)$$

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

$$\frac{\partial F_i^c(V_x)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c \qquad (۱۴)$$

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_x)}{dY^2} = 6ay + 2b = 0 \qquad (۱۵)$$

از حل معادله (۱۲) مقدار $-\frac{b}{3a}$ بیانگر عملکرد حد واسط بین گروه عملکرد کم و زیاد است که برای ۱+ d عنصر غذایی قابل‌محاسبه است (شکل ۱).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک‌های مزارع انتخاب‌شده نشان داد که ازنظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، خاک‌ها دارای طیف وسیعی از خصوصیات بودند (جدول ۱). حد بحرانی فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور قابل‌جذب در

خاک‌های ایران به ترتیب ۱۵، ۱۸۰، ۴/۵، ۴/۵ ، ۱ ، ۱ و ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین‌شده است (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). واکنش شیمیایی یا pH خاک بین ۷/۶ الی ۷/۹ در نوسان بوده و در محدوده کمی قلیایی قرار داشت. مزارع عمدتاً ازنظر کربن آلی خاک زیر ۱/۶ درصد بودند، به‌طوری‌که دامنه تغییرات کربن آلی خاک بین ۰/۴۲ تا ۱/۵۸ درصد در نوسان بود. در بسیاری از مزارع فسفر، آهن، روی، بور و تا حدی منگنز در مقایسه با حد بحرانی این عناصر در خاک جزو کمبودهای شاخص بودند. ولی در تعداد کمی از مزارع کمبود پتاسیم، منیزیم و مس مشاهده شد. در تمام ویژگی‌های مورد بررسی اختلاف زیادی بین مزارع وجود داشت که انحراف استاندارد بالا در جدول یک، نشان‌دهنده این موضوع است. خاک مزارع انتخابی، غیرشور و قابلیت هدایت الکتریکی بین مقادیر ۰/۴ تا ۱ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار آهک بین ۲۴ تا ۳۶ درصد، متغیر بود (جدول ۱). با توجه به حد بحرانی برای عناصر غذایی در خاک (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲)، مقدار فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور قابل جذب در خاک به ترتیب در ۸۵، ۱۰، ۹۷/۵، ۶۷، ۹۳، ۵ و ۱۰۰ درصد مزارع مورد آزمایش کمتر از حد بحرانی بودند.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک‌های مزارع چغندرقند (۷۳ مزرعه)

صفت مورد بررسی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	فراوانی کمتر از حد بحرانی	فراوانی بیشتر از حد بحرانی
pH	۷/۶	۷/۹	۷/۷۶	۰/۰۸	–	–
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۴	۱	۰/۸	۰/۱۵	–	–
آهک (درصد)	۲۴	۳۶	۲۹/۵	۲/۸	–	–
کربن آلی (درصد)	۰/۴۲	۱/۵۸	۰/۹۲	۰/۲۲	–	–
فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۶	۲۰	۱۱/۹	۸	۸۵	۱۵
پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۰۰	۴۶۰	۳۱۶	۴۸/۹	۱۰	۹۰
منیزیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۷۰	۵۴۰	۳۶۰	۵۸	–	–
آهن قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱/۸	۷	۴/۴	۱/۵	۹۷/۵	۲/۵
منگنز قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱/۵	۹	۵/۶	۱/۲	۶۷	۳۳
روی قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۰/۳	۱/۴	۰/۷۴	۰/۲۱	۹۳	۷
مس قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۰/۵	۲/۶	۱/۶	۰/۴۵	۵	۹۵
بور قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۰/۳	۱	۰/۶۲	۰/۱۹	۱۰۰	۰

جدول ۲ - میانگین، انحراف استاندارد، حداقل، حداکثر و ضریب تغییرات غلظت عناصر غذایی در برگ چغندرقند با عملکرد بالا

صفت موردبررسی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (٪)
عملکرد ریشه (تن در هکتار)	۹۰	۱۳۰	۱۰۰/۴	۱۱/۸	۱۱/۷۵
نیتروژن (درصد)	۳/۱۹	۵/۴۳	۴/۰۵	۰/۵۶	۱۳/۸۰
فسفر (درصد)	۰/۱۸	۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۳۳	۷۱/۳۵
پتاسیم (درصد)	۲/۰۸	۴/۲۵	۳/۳۵	۰/۶۶	۱۹/۸۰
منیزیم (درصد)	۰/۶	۱/۲	۰/۹	۰/۱۷	۱۹/۴۰
گوگرد (درصد)	۰/۴۸	۰/۸۵	۰/۷۰	۰/۱۲	۱۷/۱۵
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۶۷	۴۰۳	۲۲۸	۱۱۸/۶	۵۲
منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۰/۵	۱۸۹	۱۲۳/۳	۴۷/۱	۳۸/۲
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۶	۴۵/۵	۲۶/۶	۷/۵۴	۲۳/۹
مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴	۱۹/۵	۱۰/۹	۴/۴۶	۴۰/۹
بور (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۵۴/۵	۱۱۹/۴	۸۰/۲	۱۹/۲۵	۲۴

روش انحراف از درصد بهینه (DOP)

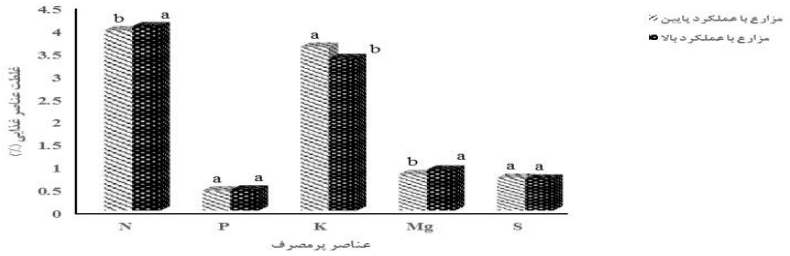
برای تعیین نرم‌ها و شاخص‌های DOP، کل جامعه مورد مطالعه بر اساس روش شرما و همکاران (۲۰۰۵)، به دو گروه عملکرد کم و زیاد تقسیم شدند که عملکرد حد واسط، ۸۵ تن در هکتار بود. از ۷۳ مزرعه مورد مطالعه ۱۳ مزرعه در گروه با عملکرد بالا و ۶۰ مزرعه در گروه با عملکرد پایین قرار گرفتند. میانگین عملکرد در کل مزارع ۶۷/۶ تن بر هکتار و انحراف معیار ۲۰/۳ محاسبه گردید. میانگین عملکرد در مزارع با عملکرد بالا، ۱۰۰/۴ تن در هکتار و در جامعه با عملکرد پایین ۶۰/۵ تن بر هکتار بود که اختلاف بین عملکرد این جوامع از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P\leq 0/05$). میانگین، ضریب تغییرات و انحراف معیار غلظت عناصر غذایی در برگ چغندرقند با عملکرد بالا در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای محاسبه نرم‌های DOP، میانگین غلظت عناصر در جامعه گیاهی با عملکرد بالا محاسبه و به‌عنوان مبنای مقایسه و ارقام استاندارد مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲) و سپس شاخص‌های DOP در مزارع با عملکرد پایین با استفاده از اعداد مرجع محاسبه شدند.

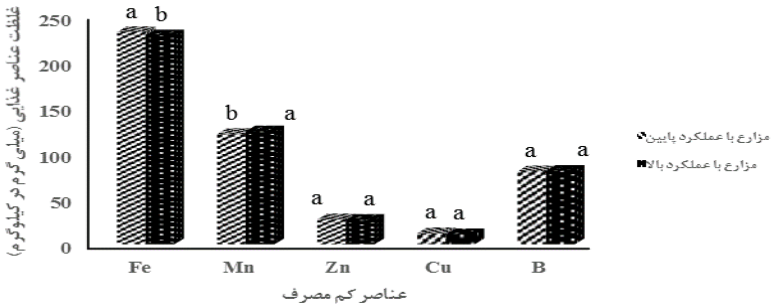
نتایج تجزیه برگ نشان داد که غلظت برخی از عناصر غذایی در مناطق با عملکرد پایین از محدود کفایت بیان‌شده توسط جونز و همکاران (۱۹۹۱) کمتر است که عمدتاً ناشی از تفاوت در کوددهی و حاصلخیزی متفاوت خاک مناطق مورد آزمایش است. با استفاده از این اعداد مرجع شاخص‌های DOP محاسبه شد که ۶۰ مورد از مزارع با عملکرد پایین در جدول ۳، نشان داده شده است. در این روش منفی‌ترین شاخص، عامل محدودکننده تغذیه گیاه است و ترتیب نیاز از شاخص منفی به مثبت خواهد بود. هم‌چنین در این روش با محاسبه مجموع قدر مطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه می‌توان به‌شدت خروج از حالت تعادل پی برد. در این صورت عدد صفر، بیانگر حالت تعادل و هرچه عدد بزرگ‌تر شود، نشان‌دهنده انحراف بیشتر از حالت تعادل است (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۸؛ مونتانس و همکاران، ۱۹۹۳).

در این آزمایش از لحاظ میانگین شاخص‌های روش DOP ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف به‌صورت Mg>P>N>K>S و برای عناصر کم‌مصرف به‌صورت Fe=Zn>Mn=B>Cu برای مزارع با عملکرد پایین به‌دست آمد (جدول ۳). در بین عناصر پرمصرف، عنصر منیزیم، فسفر، نیتروژن، پتاسیم به ترتیب در ۷۵، ۷۲، ۶۵، ۵۷ درصد از مزارع دارای شاخص منفی و عنصر گوگرد در ۵۴ درصد از مزارع مورد بررسی مثبت‌ترین شاخص را دارا بودند. در میان عناصر پرمصرف، منیزیم بیشترین کمبود را به خود اختصاص داد که عمدتاً به اثرات برهم‌کنش منفی با پتاسیم و کلسیم خاک است. به دلیل عدم توجه به مصرف بهینه کودهای فسفاته، کمبود فسفر در ۷۲ درصد از مزارع چغندرقند مورد آزمایش مشاهده شد. این امر ممکن است به‌دلیل تثبیت فسفر توسط رس‌ها باشد و همچنین به علت آهکی بودن خاک‌های منطقه، فسفر با کلسیم به‌صورت فلوئورآپاتیت و هیدروکسی آپاتیت رسوب می‌کند (برتراند و همکاران، ۲۰۰۳) و در نتیجه فسفر قابل استفاده برای گیاه کم بوده و نیاز به آن برای گیاه اولویت پیدا می‌کند. با توجه به نقش نیتروژن در رشد رویشی، گلدهی و تشکیل و درشت شدن غده می‌توان گفت که در خاک‌های منطقه معمولاً ماندگاری مواد آلی خاک به سبب تجزیه سریع کم است و خاک‌های منطقه عمدتاً دارای درصد کربن آلی پایین می‌باشند (جدول ۱). در بین عناصر کم‌مصرف آهن، روی، منگنز و بور به ترتیب دارای ۶۲، ۶۲، ۶۰ و ۶۰ درصد مزارع دارای شاخص منفی و دچار کمبود می‌باشند. شرایط آهکی خاک‌ها قابلیت فراهمی عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن و منگنز را از خاک به ریشه گیاهان با مشکل مواجه نموده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). کمبود آهن در اکثر خاک‌های کشاورزی ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن، pH بالا، بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری عمومیت

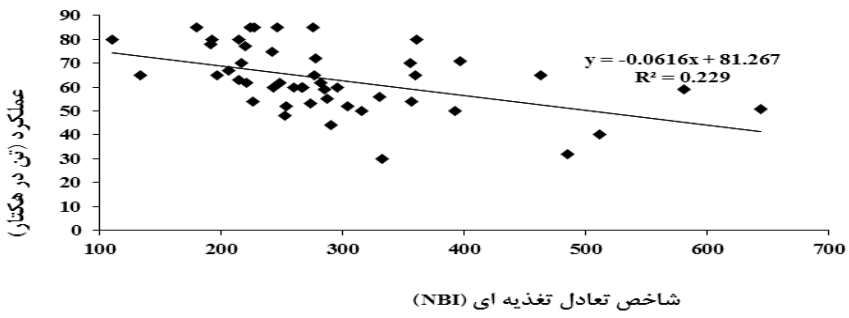
دارد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۸). البته، عوامل دیگری همانند آبیاری سنگین و به دنبال آن تولید بی‌کربنات، عدم تهویه مناسب و مخصوصاً عدم رعایت مصرف بهینه کود و آب نیز در بروز کمبود آهن تأثیرگذار هستند (مارشنر، ۱۹۹۵). بعد از آهن و منگنز، کمبود عنصر بور سومین عنصر کم‌مصرف بود که در مزارع مشاهده شد و شاخص آن منفی شد و در بیشتر مناطق کمبود بور گزارش شده است. لذا، باید به مصرف آن در مزارع چغندرقند اولویت داده شود. همان‌گونه که در شکل یک مشخص است، غلظت عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و منیزیم در مزارع با عملکرد پایین کمتر از مزارع با عملکرد بالا بود و در مورد عناصر پتاسیم و گوگرد وضعیت کاملاً برعکس بود که ناشی بالا بودن غلظت پتاسیم و گوگرد قابل‌جذب خاک‌های منطقه است. غلظت عناصر آهن، روی، مس و بور در مزارع با عملکرد پایین کمتر از مزارع با عملکرد بالا بود (شکل ۲). با توجه به شکل ۳، رابطه معکوسی بین جمع قدر مطلق شاخص‌های DOP و عملکرد محصول وجود داشت.



شکل ۱- مقایسه مزارع با عملکرد بالا و پایین برای هر عنصر غذائی در برگ چغندرقند



شکل ۲- مقایسه مزارع با عملکرد بالا و پایین برای هر عنصر غذائی در برگ چغندرقند



شکل ۳ - رابطه بین شاخص تعادل تغذیه‌ای DOP و عملکرد چغندرقند

روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به ۷۳ مزرعه بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم مرتب شدند. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی (Vx)، برای ۱۰ عنصر غذایی محاسبه گردید. در ادامه مقادیر تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی یعنی (F_i^c ،F_i^c (V_N) ،(V_P) ،F_i^c (V_K) ،F_i^c (V_S) ،F_i^c (V_{Mg}) ،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 ۱۱ معادله درجه ۳ برای ۱۰ عنصر و یک قسمت باقیمانده (R_d) برازش داده شد و نقاط عطف منحنی‌ها برای ده عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده برای چغندرقند استان کرمانشاه بر حسب تن در هکتار محاسبه شدند (جدول ۴). همان‌گونه که در جدول ۵، مشاهده می‌شود. مدل درجه سه برای تمام عناصر غذایی و باقی‌مانده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد چغندرقند ۸۹/۵ تن در هکتار به‌عنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه با عملکرد بالا و پایین استفاده گردید (پرنت و ترمیلی، ۲۰۰۱). بر اساس روش ذکرشده توسط پرنت و ترمیلی (۲۰۰۱) حداکثر عملکرد در نقاط عطف مشاهده‌شده در منحنی‌های مقادیر تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی به‌عنوان عملکرد حد واسط انتخاب شد. در مجموع و با این تفکیک پنج مزرعه در جامعه با عملکرد بالا و ۶۸ مزرعه در گروه با عملکرد پایین قرار گرفتند. همچنین رابطه بین عملکرد ریشه و تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی ۱۰ عنصر غذایی در شکل ۴، نشان داده شده است.

جدول ۳- عملکرد، شاخص‌های DOP و اولویت نیاز عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در مزارع چغندرقند با عملکرد پایین

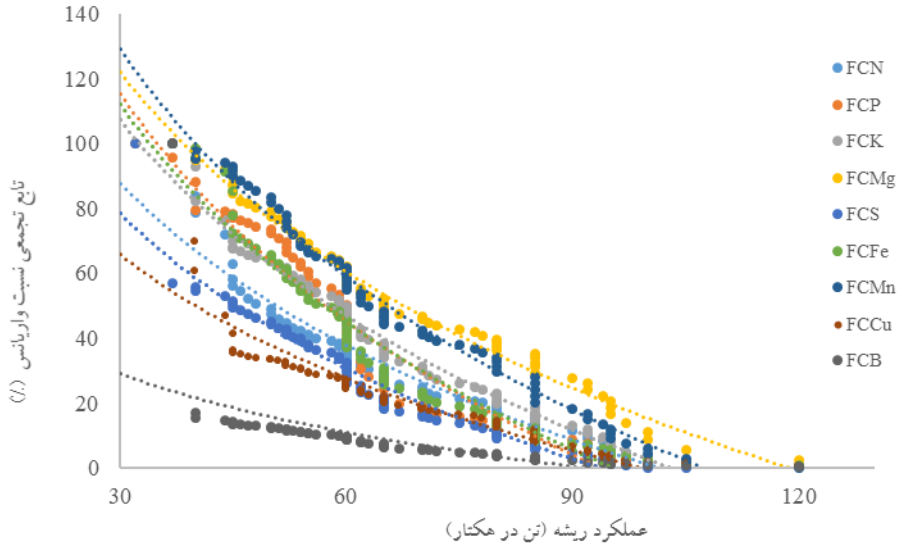
عملکرد	شاخص‌ها										اولویت نیاز عناصر غذایی	ΣDOP
t ha^{-1}	N	P	K	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B		
۸۵	-۱/۷۳	-۱۹/۵۷	۲۲/۹۹	-۲۲/۲۲	-۳۵/۷۱	۵۱/۵۴	۱۳/۵۴	-۲۸/۵۷	-۳۵/۷۸	۱۴/۷۱	Cu>S>Zn>Mg>P>N>Mn>B>K>Fe	۲۴۶/۳۶
۸۵	-۸/۶۴	-۳۶/۹۶	۱/۴۹	-۱۱/۱۱	۷۱/۴۳	-۶۸/۲۰	-۱/۰۵	-۳۰/۴۵	-۲۲/۰۲	۲۴/۶۹	Fe>P>Zn>Cu>Mg>N>Mn>K>B>S	۲۷۶/۰۴
۸۵	-۱۵/۵۶	-۵۰/۰۰	-۱۰/۴۵	۰/۰۰	-۲۱/۴۳	-۳۵/۷۵	۵/۰۳	-۱۵/۴۱	-۲۶/۶۱	-۰/۲۵	P>Fe>Cu>S>N>Zn>K>B>Mg>Mn	۱۸۰/۴۷
۸۵	-۱/۷۳	-۲۶/۰۹	-۲/۳۹	-۲۲/۲۲	۲۰/۰۰	-۳۴/۲۱	-۵۱/۷۴	۷/۱۴	۵۱/۳۸	۷/۲۳	Mn>Fe>P>Mg>K>N>Zn>B>S>Cu	۲۲۴/۱۳
۸۵	-۵/۹۳	۷۱/۷۴	۱۸/۸۱	-۳۳/۳۳	۲۷/۱۴	-۱۶/۲۳	-۴/۷۰	۷/۱۴	-۳۵/۷۸	۶/۸۲	Cu>Mg>Fe>N>Mn>B>Zn>K>S>P	۲۲۷/۶۲
۸۰	-۱۰/۱۲	-۱۹/۵۷	۱/۴۹	-۳۳/۳۳	-۱۷/۱۴	۹/۲۱	۳۳/۸۲	-۲/۲۶	-۸/۲۶	-۵/۲۴	Mg>P>S>N>Cu>B>Zn>K>Fe>Mn	۱۱۰/۴۴
۸۰	۱/۲۳	-۳۲/۶۱	-۱۴/۹۳	-۲۲/۲۲	-۱۵/۷۱	-۱۶/۲۳	۱۳/۵۴	-۶/۰۲	-۳۱/۱۹	-۳۸/۹۰	B>P>Cu>Mg>Fe>S>K>Zn>N>Mn	۱۹۲/۵۹
۸۰	-۳/۲۱	-۲/۱۷	۳۹/۴۰	-۳۳/۳۳	۲۸/۵۷	-۳۶/۶۲	-۲۵/۷۹	-۱۳/۵۳	-۱۲/۸۴	۱۹/۷۰	Fe>K>Mn>Zn>Cu>N>P>B>S>K	۲۱۵/۱۸
۸۰	-۷/۴۱	-۵۴/۳۵	-۲۳/۲۸	۰/۰۰	-۴۲/۸۶	-۶/۸۰	۱۴۳/۳۱	-۲/۲۶	-۳۵/۷۸	-۴۵/۱۴	P>B>S>Cu>K>N>Fe>Zn>Mg>Mn	۳۶۱/۱۸
۷۸	-۳/۲۱	-۳۲/۶۱	-۱۴/۹۳	-۲۲/۲۲	-۴۰/۰۰	-۱۲/۲۸	-۲۷/۰۱	-۲/۲۶	۱۹/۲۷	۱۷/۹۷	S>P>Mn>Mg>K>Fe>N>Zn>B>Cu	۱۹۱/۷۴
۷۷	۷۰/۸۶	-۸/۷۰	-۴/۱۸	-۱۱/۱۱	-۳۴/۲۹	-۷/۲۴	-۵۲/۵۵	-۲/۲۶	-۳/۶۷	-۲۵/۱۹	Mn>S>B>Mg>P>Fe>K>Cu>Zn>N	۲۲۰/۰۴
۷۵	-۲۵/۴۳	-۵۰/۰۰	۱۹/۴۰	-۱۱/۱۱	-۲۰/۰۰	۰/۸۸	۵۲/۴۷	-۱۷/۲۹	-۱۲/۸۴	-۳۲/۶۷	P>B>N>S>Zn>Cu>Mg>Fe>K>Mn	۲۴۲/۱۰
۷۲	-۸/۶۴	-۵۴/۳۵	-۲/۳۹	-۲۲/۲۲	-۱۴/۲۹	-۵۱/۹۷	-۵۹/۴۵	-۶/۰۲	-۵۸/۷۲	-۰/۲۵	Mn>Cu>P>Fe>Mg>S>N>Zn>K>B	۲۷۸/۲۹
۷۱	۳/۲۱	۱۱۵/۲۲	۲۴/۷۸	-۲۲/۲۲	۵۸/۵۷	۴۱/۶۷	-۳۸/۳۶	۲۷/۸۲	-۳۵/۷۸	۲۹/۳۴	Mn>Cu>Mg>N>K>Zn>B>Fe>S>P	۳۹۶/۹۶
۷۰	-۷/۴۱	-۳۲/۶۱	۳/۲۸	۱۱/۱۱	-۴۰/۰۰	-۲۷/۱۹	-۲۲/۹۵	۱۶/۵۴	۵۵/۹۶	-۰/۴۷	S>P>Fe >Mn>N>B>K>Mg>Zn>Cu	۲۱۷/۵۳
۷۰	۲۸/۱۵	۵۸/۷۰	۵۴/۹۳	-۲۲/۲۲	۲۰/۰۰	۱۴/۶۹	-۴۵/۶۶	۴۲/۸۶	۵۱/۳۸	۱۷/۹۷	Mn>Mg>Fe>B>S>N>Zn >Cu>K>P	۳۵۶/۵۵
۶۷	-۴/۶۹	-۸/۷۰	۳/۲۸	-۲۲/۲۲	-۲۰/۰۰	-۳۹/۴۷	۴۶/۸۰	-۳۷/۹۷	۱۹/۲۷	-۴/۰۹	Fe>Zn>Mg>S>P>N>B>K>Cu>Mn	۲۰۶/۴۹
۶۵	۵/۱۹	-۳۲/۶۱	-۱۸/۲۱	۱۱/۱۱	۱۸/۵۷	۰/۰۰	-۲/۶۸	-۶/۰۲	-۱۲/۸۴	۲۷/۱۸	P>K>Cu >Zn>Mn>Fe>N>Mg>S>B	۱۳۴/۴۰
۶۵	-۱۰/۱۲	-۲۶/۰۹	-۳۴/۳۳	۲۲/۲۲	۳۵/۷۱	-۲۶/۹۷	-۶۷/۵۶	-۹/۷۷	۱۹/۲۷	-۲۵/۱۹	Mn>K>Fe>P>B>N>Zn>Cu>Mg>S	۲۷۷/۲۴
۶۵	-۷۰/۸۶	-۴/۳۵	۱۴/۹۳	-۱۱/۱۱	۵۷/۱۴	-۴۵/۱۸	-۴۲/۰۱	۲۷/۸۲	۵۵/۹۶	-۳۱/۴۲	N>Fe>Mn>B>Mg>P>K>Zn>Cu >S	۳۶۰/۷۸
۶۵	-۱۵/۵۶	-۳۲/۶۱	۳۳/۱۳	-۱۱/۱۱	-۲/۸۶	-۶/۸۰	-۵۵/۳۹	-۲/۲۶	-۸/۲۶	-۲۸/۹۳	Mn>P>B>N>Mg>Cu>Fe>S>Zn>K	۱۹۶/۹۰
۶۵	-۱۴/۵۷	۲/۱۷	۸/۹۶	-۲۲/۲۲	-۱۸/۵۷	۲۵۲/۸۵	-۵/۹۲	۲۲/۱۸	۷۴/۳۱	-۴۲/۰۳	B>Mg>S>N>Mn>P>K>Zn>Cu>Fe	۴۶۳/۷۹
۶۳	۶/۴۲	-۳۶/۹۶	-۱۸/۲۱	-۱۶/۶۷	-۱۴/۲۹	-۱۲/۲۸	۴۳/۵۵	-۲۶/۶۹	۱۰/۰۹	-۳۰/۱۷	P>B>Zn>K>Mg>S>Fe>N>Cu>Mn	۲۱۵/۳۳
۶۲	۴۲/۴۷	-۱۵/۲۲	-۱۴/۰۳	-۳۳/۳۳	۰/۰۰	-۲۹/۳۹	-۶۱/۴۸	-۶/۰۲	۰/۹۲	۱۸/۴۵	Mn>Mg>Fe>P>K>Zn >S>Cu>B>N	۲۲۱/۳۰
۶۲	-۱/۷۳	-۴۳/۴۸	۱۶/۷۲	-۱۱/۱۱	-۱۷/۱۴	-۴۴/۵۲	-۳۵/۱۲	-۱۳/۵۳	-۴۰/۳۷	۲۴/۶۹	Fe>P>Cu>Mn>S>Zn>Mg>N>K>B	۲۴۸/۴۰
۶۲	-۱۳/۰۹	۸۲/۶۱	۵/۰۷	-۴۴/۴۴	۳۵/۷۱	-۱۳/۸۲	-۲۷/۸۲	۱۲/۷۸	۱۴/۶۸	۳۲/۷۹	Mg>Mn>Fe>N>K>Zn>Cu>B >S>B	۲۸۲/۸۲
۶۰	-۰/۴۹	-۱۵/۲۲	-۴/۱۸	-۲۲/۲۲	۲۸/۵۷	-۱۸/۲۰	۱۳۸/۴۴	-۷/۸۹	۱۰/۰۹	۱۴/۷۱	Mg>Fe>P>Zn>K>N>Cu>B>S>Mn	۲۶۰/۰۳
۶۰	۲۱/۷۳	-۴۳/۴۸	-۳۷/۳۱	۲۲/۲۲	-۳۴/۲۹	۶/۱۴	۴۶/۸۰	۲۹/۷۰	۱۰/۰۹	-۴۳/۸۹	B>P>K>S>Fe>Cu>N>Mg>Zn>Mn	۲۹۵/۶۵
۶۰	-۱۵/۵۶	-۴۳/۴۸	۱۲/۸۴	-۲۲/۲۲	-۴۷/۱۴	۲۱/۷۱	۲/۶۰	۲۵/۹۴	-۳/۶۷	-۴۸/۵۸	B>S>P>Mg>N>Cu>Mn>K>Fe>Zn	۲۴۳/۷۳

ادامه جدول ۳

۲۶۶/۱۶	Mg>S>B>P>Zn>N>K>Mn>Fe>Cu	-۱۸/۲۵	۶۹/۷۲	-۷/۸۹	۵۶/۵۳	۳۰/۰۴	-۲۰/۰۰	-۲۲/۲۲	۲۶/۸۷	-۸/۷۰	-۵/۹۳	۶۰
۲۶۷/۲۴	B>K>Fe>S>Mg>P>N>Mn >Fe>Zn	-۳۲/۱۱	۶۵/۱۴	۴۴/۷۴	۴۵/۵۸	-۲۰/۶۱	-۱۴/۲۹	-۱۱/۱۱	-۲۵/۰۷	۲/۱۷	۶/۴۲	۶۰
۱۳۳/۷۲	Mg>N>S>Zn>Mn>P>B>Cu>K>Fe	۳/۱۵	۱۴/۶۸	-۱۳/۵۳	-۱۰/۷۹	۲۰/۶۱	-۱۴/۲۹	-۲۲/۲۲	۱۶/۷۲	۲/۱۷	-۱۵/۵۶	۶۰
۲۳۰/۹۵	Zn>K>Mn>Mg>N>S>Cu>B>Fe>P	۳۳/۱۹	۲۳/۸۵	-۲۱/۰۵	-۰/۲۴	۵۴/۶۱	۲۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۳۰	۵۸/۷۰	۱۹/۰۱	۶۰
۲۸۵/۴۲	Mn>B>Fe>S>N>Zn>Mg>P>K>Cu	-۲۵/۱۹	۸۸/۰۷	۵/۲۶	-۵۷/۸۳	-۱۶/۴۵	-۸/۵۷	۱۱/۱۱	۵۹/۴۰	۱۳/۰۴	-۰/۴۹	۵۹
۵۸۰/۹۵	Mn>B>Mg>Zn>S>N>N>Cu>K>P	-۳۱/۴۲	۷۸/۹۰	۳۱/۵۸	-۳۴/۷۱	-۲/۱۹	۶۷/۱۴	-۲۲/۲۲	۱۱۰/۴۵	۱۲۸/۲۶	۷۴/۰۷	۵۹
۲۱۰/۸۳	P>B>Mg>Zn>N>Mn>Fe>S>K>Cu	-۲۵/۱۹	۳۷/۶۱	-۱۷/۲۹	-۱۴/۸۴	-۱۴/۲۵	-۱۱/۴۳	-۲۲/۲۲	۸/۹۶	-۴۳/۴۸	-۱۵/۵۶	۵۸
۳۳۱/۳۲	P>N>Zn>Mg>K>S>Cu>B>Mn>Fe	۴۸/۳۸	۴۲/۲۰	۵/۲۶	۵۸/۱۵	۷۸/۰۷	۳۱/۴۳	۱۱/۱۱	۲۰/۹۰	-۳۲/۶۱	-۳/۲۱	۵۶
۲۸۷/۶۴	Fe>Zn>K>Cu>N>P>Mg>B>Mn>S	۲۸/۴۳	-۱۷/۴۳	-۴۱/۷۳	۳۴/۶۳	-۵۳/۵۱	۵۷/۱۴	۰/۰۰	-۴۰/۳۰	-۴/۳۵	-۱۰/۱۲	۵۵
۱۶۲/۶۱	Fe>B>K>S>Mg>Mn>P>N>Zn>Cu	-۲۵/۱۹	۲۸/۴۴	۱۲/۷۸	-۹/۹۸	-۲۵/۸۸	-۱۷/۱۴	-۱۱/۱۱	-۱۸/۲۱	-۸/۷۰	۵/۱۹	۵۵
۲۲۶/۱۹	B>Mg>Mn>S>K>P>N>Cu>Fe>Zn	-۲۸/۶۰	۳۷/۶۱	۵۲/۲۶	-۱۷/۶۸	۴۳/۴۲	-۱۲/۸۶	-۲۲/۲۲	-۴/۱۸	۲/۱۷	۵/۱۹	۵۴
۳۵۷/۶۷	Cu>N>Zn>B>Mg>S>K>P>Mn>Fe	-۳۲/۱۱	-۵۴/۱۳	-۴۱/۷۳	۴۰/۷۱	۸۷/۵۰	۴/۲۹	-۱۱/۱۱	۷/۱۶	۳۶/۹۶	-۴۱/۹۸	۵۴
۲۷۴/۴۹	S>Mg>P>Mn>N>K>Zn>B>Cu>Fe	۲۵/۵۶	۳۷/۶۱	۱۲/۷۸	-۸/۳۵	۱۵۰/۸۸	-۱۵/۷۱	-۱۱/۱۱	۳/۲۸	-۸/۷۰	-۰/۴۹	۵۳
۱۵۷/۴۹	Mn>P>S>B>Mg>Zn>Fe>N>K>Cu	-۱۸/۹۵	۲۳/۸۵	-۲/۲۶	-۳۹/۱۷	-۱/۱۰	-۲۵/۷۱	-۱۱/۱۱	۱/۴۹	-۳۲/۶۱	۱/۲۳	۵۲
۳۰۴/۵۱	P>Mg>Cu>Zn>Fe>K>N>Mn>S>B	۸۳/۲۹	-۱۲/۸۴	-۶/۰۲	۵۰/۰۴	-۱/۹۷	۷۱/۴۳	-۲۲/۲۲	۵/۰۷	-۳۲/۶۱	۱۹/۰۱	۵۲
۲۵۴/۳۸	Mn>Mg>P>B>Zn>N>S>Cu>Fe>K	-۳۸/۹۰	-۸/۲۶	-۲۸/۵۷	-۵۵/۳۹	-۳/۵۱	-۱۴/۲۹	-۴۴/۴۴	۱/۴۹	-۴۳/۴۸	-۱۶/۰۵	۵۲
۶۴۴/۸۰	Mg>Mn>Cu>S>Fe>N>S>B>K>P	۱۰۲/۳۱	۳۷/۶۱	۴۶/۶۲	۳۷/۴۷	۶۹/۷۴	۵۱/۴۳	-۲۲/۲۲	۱۰۲/۹۹	۱۰۶/۵۲	۶۷/۹۰	۵۱
۳۱۶/۲۳	P>Fe>Zn>B>N>Mg>Cu>S>K>Mn	-۳۵/۱۶	-۳۱/۱۹	-۳۹/۸۵	-۱۱/۱۹	-۴۷/۳۷	-۱۷/۱۴	-۳۳/۳۳	-۱۶/۴۲	-۵۰/۰۰	-۳۴/۵۷	۵۰
۳۹۳/۱۳	B>S>Mn>P>Zn>N>Fe>Mg>K>Cu	-۵۵/۰۲	۶۰/۵۵	-۲۸/۵۷	-۴۶/۸۸	-۱۳/۱۶	-۴۸/۵۷	۲۲/۲۲	۵۴/۹۳	-۴۳/۴۸	-۱۹/۷۵	۵۰
۲۵۳/۱۵	Fe>B>Mg>Mn>S>N>P>Zn>K>Cu	-۲۵/۱۹	۸۸/۰۷	۱۲/۷۸	-۲۰/۵۲	-۳۸/۱۶	-۱۵/۷۱	-۲۲/۲۲	۱۶/۷۲	۲/۱۷	-۱۱/۶۰	۴۸
۱۵۲/۵۲	P>Fe>Zn>Mg>B>Cu>K>N>Mn>S	-۵/۲۴	۰/۹۲	-۱۱/۶۵	۸/۶۸	-۴۲/۱۱	۲۱/۴۳	-۱۱/۱۱	۱/۴۹	-۴۳/۴۸	۶/۴۲	۴۷
۱۲۵/۵۸	P>K>Fe>N>S>Zn>Mg>B>Cu>Mn	۴/۷۴	۵/۵۰	-۰/۳۸	۴۳/۹۶	-۱۶/۴۵	-۲/۸۶	۰/۰۰	-۱۸/۲۱	-۲۶/۰۹	-۷/۴۱	۴۶
۲۳۱/۸۲	Fe>P>Cu>B>K>S>N>Zn>Mn>Mg	-۲۱/۴۵	-۲۶/۶۱	-۹/۷۷	۴/۲۲	-۵۳/۵۱	-۱۵/۷۱	۲۲/۲۲	-۱۸/۲۱	-۵۰/۰۰	-۱۰/۱۲	۴۵
۱۹۴/۲۷	Mn>P>B>Zn>S>Fe>N>K>Mg>Cu	-۱۱/۴۷	۳۳/۰۳	-۹/۷۷	-۵۹/۴۵	-۱/۳۲	-۱/۴۳	۱۱/۱۱	۷/۱۶	-۵۴/۳۵	۵/۱۹	۴۵
۱۸۴/۸۹	N>P>B>Cu>Mg>S>Fe>Zn>Mn>K	-۱۵/۲۱	-۳/۶۷	۱۴/۶۶	۲۰/۸۴	۶/۸۰	۵/۷۱	۰/۰۰	۲۶/۸۷	-۳۲/۶۱	-۵۸/۵۲	۴۵
۲۹۰/۶۳	Mn>B>Mg=Fe>N>Zn>K>S>P>Cu	-۳۸/۷۲	۲۳/۸۵	-۲۶/۶۹	-۵۶/۲۰	-۳۳/۳۳	-۱۷/۱۴	-۳۳/۳۳	-۲۱/۷۹	-۸/۷۰	-۳۰/۸۶	۴۴
۵۱۱/۶۳	Zn>Cu>Mg>N>K>Fe>Mn>S>P>B	۲۰۸/۸۵	-۲۶/۶۱	-۳۴/۲۱	۱۸/۸۲	۱۷/۹۸	۶۰/۰۰	-۱۱/۱	۸/۹۶	۱۱۵/۲۲	-۹/۸۸	۴۰
۲۲۵/۸۲	S>Mg>P>B>N>Mn>Fe>Cu>Zn>K	-۷/۶۷	۲۸/۴۴	۳۹/۱۰	۱۳/۱۴	۱۳/۶۰	-۳۱/۴۳	-۲۲/۲	۴۵/۹۷	-۱۹/۵۷	-۴/۶۹	۴۰
۲۴۳/۹۹	B>K>Mg>P>Cu>Zn>N>S>Fe>Mn	-۴۵/۱۴	-۳/۶۷	-۹/۷۷	۵۴/۱۰	۱۹/۵۲	۱۴/۲۹	-۲۲/۲	-۴۲/۳۹	-۱۹/۵۷	۱۳/۳۳	۳۷
۴۸۵/۷۴	Mn>Mg>Cu>N>Fe>K>Zn>B>S>P	۴۰/۹۶	-۸/۲۶	۱۷۲/۵۶	-۶۱/۴۸	۱۲/۵۰	۵۲/۸۶	-۱۱/۱	۱۲/۸۴	۱۰۶/۵۲	-۶/۶۷	۳۲
۳۳۳/۲۴	Mn>Mg>S>N>Cu>Fe>Zn>K>P>B	۶۰/۸۶	۲۳/۸۵	۲۷/۸۲	-۴۱/۶۱	۲۵/۴۴	۱۷/۱۴	۱۱/۱	۴۵/۹۷	۵۸/۷۰	۲۰/۷۴	۳۰

جدول ۴- برآورد عملکرد حد واسط با روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی چغندرقند

عناصر غذایی	$F_i^c (V_X)=aY^3+bY^2+cY+d$	R^2	عملکرد تعیین‌شده
N	$y = -0.0003x^3 + 0.0874x^2 - 8.5289x + 298.36$	۰/۹۷**	۹۷/۱
P	$y = 0.0003x^3 - 0.0446x^2 - 0.3285x + 152.75$	۰/۹۵**	۴۹/۵
K	$y = -0.0002x^3 + 0.0492x^2 - 5.6842x + 245.19$	۰/۹۹**	۸۲
Mg	$y = -1E-04x^3 + 0.0305x^2 - 4.1261x + 218.8$	۰/۹۹**	۱۰۱/۷
S	$y = -0.0002x^3 + 0.0486x^2 - 5.3894x + 210.83$	۰/۹۷**	۹۷
Fe	$y = -0.0002x^3 + 0.0715x^2 - 8.3131x + 32$	۰/۹۹**	۱۱۹
Mn	$y = -9E-05x^3 + 0.0307x^2 - 4.4625x + 235.43$	۰/۹۹**	۱۱۳/۷
Zn	$y = 0.0002x^3 - 0.0244x^2 - 0.5891x + 127.99$	۰/۹۸**	۴۰/۷
Cu	$y = -0.0003x^3 + 0.0871x^2 - 8.0568x + 263.43$	۰/۸۸**	۹۶/۷
B	$y = -0.0003x^3 + 0.0889x^2 - 7.5439x + 213.81$	۰/۴۸**	۹۸/۷
R_d	$y = -0.0005x^3 + 0.1356x^2 - 11.286x + 308.89$	۰/۶۵**	۹۰/۴
میانگین			۸۹/۵



شکل ۴ – رابطه بین عملکرد ریشه و تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی ۹ عنصر غذایی

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد بالا به‌عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱a، b، c)

در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد ۱۰۰ تن در هکتار، مقادیر V^*_N، V^*_P، V^*_K، V^*_S، V^*_{Mg}، V^*_{Fe}، V^*_{Mn}، V^*_{Zn}، V^*_{Cu} و V^*_B به‌عنوان اعداد مرجع تعیین شدند که در جدول ۵، آورده شده است.

جدول ۵- نرم‌های CND و انحراف معیار آن برای ۱۰ عنصر غذایی در مزارع مورد مطالعه

نرم CND	میانگین نرم CND	انحراف معیار نرم CND	عنصر غذایی	میانگین غلظت در جامعه با عملکرد مطلوب	انحراف معیار
V^*_N	۳/۲۹	۰/۱۴	N	۴/۰۱	۰/۱۷
V^*_P	۰/۸۵	۰/۳۷	P	۰/۳۸	۰/۱۶
V^*_K	۲/۹۸	۰/۳۱	K	۳/۰۱	۰/۶۸
V^*_{Mg}	۱/۷۹	۰/۱۳	Mg	۰/۹	۱۱
V^*_S	۱/۴۳	۰/۲۴	S	۰/۶۴	۰/۱۳
V^*_{Fe}	-۱/۹۷	۰/۵۴	Fe	۲۳۷	۱۲۱
V^*_{Mn}	-۲/۵۰	۰/۱۹	Mn	۱۲۷/۲	۳۴/۸۰
V^*_{Zn}	-۴/۱۲	۰/۱۹	Zn	۲۵	۲/۹۱
V^*_{Cu}	-۴/۹۶	۰/۳۰	Cu	۱۱/۲	۴/۷۲
V^*_B	-۳/۱۹	۰/۱۶	B	۶۱/۴	۷/۸۰

برآورد شاخص عناصر غذایی و دامنه کفایت و بحرانی برای ۱۰ عنصر غذایی در مزارع چغندرقند

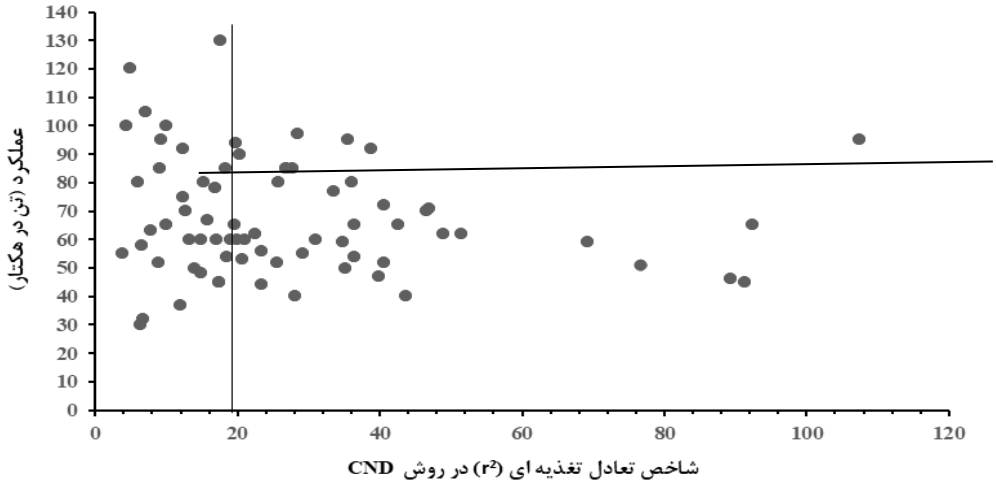
حدود بالا و پایین شاخص بحرانی عناصر غذایی در استان کرمانشاه در جدول ۷، ارائه شده است. دامنه‌های بحرانی ارائه‌شده در این جدول را می‌توان به‌عنوان یک "دامنه‌ی کفایت" برای شاخص‌های عناصر غذایی در نظر گرفت که اعداد خارج از این دامنه بیانگر وضعیت بحرانی و داخل دامنه، نشانه‌ی وضعیت خوب و بسنده است (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۷). عملاً سه حالت ممکن است حاصل شود ۱- کمتر از حد بحرانی (نامتعادل کمبود) ۲- بزرگ‌تر از حد بحرانی (نامتعادل زیادبود) و یا در فاصله میانی محدوده بحرانی نشانه وضعیت خوب و بسنده (متعادل کافی یا نرمال) قرار می‌گیرد. مربع شاخص‌های بحرانی (I^2x) برای عناصر غذایی I^2_N، I^2_P، I^2_K، I^2_S، I^2_{Mg}، I^2_{Fe}، I^2_{Mn}، I^2_{Zn}، I^2_{Cu} و I^2_B که به‌عنوان اعداد مرجع تعیین شدند، در جدول ۶ ارائه شده است.

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

این شاخص به‌عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تعادل تغذیه‌ای است و می‌تواند صفر و یا بزرگ‌تر از صفر باشد. در این شاخص تعادل تغذیه‌ای نیز هرچه مجموع توان دوم شاخص‌های CND بزرگ‌تر از صفر باشد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیشتر می‌شود. با توجه به اینکه r^2 از حاصل جمع مربع شاخص‌های کلیه عناصر (I_N، I_P، I_K،...)، به دست می‌آید. نتیجتاً می‌توان هر یک از مربع شاخص‌های عناصر را به‌صورت یک محدوده متقارن نسبت به عدد صفر بیان داشت (خیاری و همکاران،ab ۲۰۰۱). در واقع r^2 یک مجموعه متشکل از محدوده‌های شاخص غذایی است که به‌وسیله روش کیت- نلسون قابل تعریف است و می‌تواند به‌عنوان یک روش کنترل برای برآورد صحیح شاخص‌های عناصر غذایی محسوب شود (شکل ۵) و مقدار آن برای عملکرد ۸۹/۵ تن در هکتار، ۱۸/۶۰ به دست آمد. البته اگر بر اساس روش کیت- نلسون بخواهد این شاخص برای ۱۸/۶۰ برآورد گردد، می‌تواند در این محدوده قرار گیرد تا حداکثر نقاط در قطعات اول و سوم قرار گیرد. شکل ۵، نشان‌دهنده رابطه عملکرد در دو گروه عملکرد بالا و پایین با شاخص تعادل عناصر غذایی است و نشان می‌دهد که در عملکردهای کمتر از ۸۹/۵ تن در هکتار تعادل تغذیه‌ای دچار اختلال شده و شاخص تعادل تغذیه‌ای افزایش‌یافته است. در عملکردهای تقریباً بیشتر از ۸۹/۵ 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).

جدول ۶- شاخص عناصر غذایی، دامنه کفایت و بحرانی برای ۱۰ عنصر غذایی در مزارع چغندرقند

شاخص عناصر غذایی	عملکرد بحرانی	مربع شاخص عناصر غذایی (I^2x)	حد بحرانی پایین Ix	حد بحرانی بالا Ix
I^2_N	۶۴	۱/۴۲۲	−۱/۱۹۲	۱/۱۹۲
I^2_P	۸۲	۰/۱۴۵	−۰/۳۸۱	۰/۳۸۱
I^2_K	۴۸	۰/۵۷۹	−۰/۷۶۱	۰/۷۶۱
I^2_{Mg}	۶۸	۱/۳۱۴	−۱/۱۴۶	۱/۱۴۶
I^2_S	۷۴	۲/۵۵۵	−۱/۵۹۸	۱/۵۹۸
I^2_{Fe}	۵۶	۱/۸۱۱	−۱/۳۴۵	۱/۳۴۵
I^2_{Mn}	۸۲	۰/۸۰۸	−۰/۸۹۹	۰/۸۹۹
I^2_{Zn}	۹۰	۰/۰۱۲۴	−۰/۱۱۱	۰/۱۱۱
I^2_{Cu}	۵۶	۱/۴۱۲	−۱/۱۸۸	۱/۱۸۸
I^2_B	۷۳	۱/۳۰۷	−۱/۱۴۳	۱/۱۴۳
جمع (r^2)	۷۳	۰/۰۹۹	۰/۳۱۶	۰/۳۱۶



شکل ۵- رابطه بین عملکرد ($t\ ha^{-1}$) و شاخص تعادل تغذیه‌ای (r^2) در چغندرقند
(خط افقی عملکرد ۸۹/۵ تن در هکتار و خط عمودی شاخص ۱۸/۶ است

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 پرمصرف و کم‌مصرف به ترتیب به‌صورت Mg>P>N>K و Mn> Zn >Cu>B به دست آمد (جدول ۷). اولویت کمبود عناصر غذایی در کل مزارع بر اساس درصد از مزارعی است که داری کمبود یک عنصر خاص است. ولی در یک مزرعه بر اساس شدت کمبود است. شاخص منیزیم در ۵۴ درصد از مزارع با عملکرد پایین، منفی (زیادبود نامتعادل) بود. بعد از عنصر منیزیم، فسفر در ۲۸ درصد از مزارع دارای شاخص منفی (زیادبود نامتعادل) بود. بعد از فسفر، نیتروژن با ۱۹/۶ درصد از مزارع دارای شاخص منفی بود. به‌دلیل وجود شرایط آهکی و تثبیت فسفر توسط رس‌ها و کربنات کلسیم رسوب می‌کند. در بین عناصر پرمصرف پتاسیم دارای کمترین شاخص منفی با ۸ درصد از مزارع بود. در بین عناصر کم‌مصرف شاخص-های منگنز، روی، بور و مس به‌ترتیب در ۴۵، ۳۹، ۱۴ و

۱۱/۳ درصد از مزارع منفی (زیادبود نامتعادل) بودند. 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 به‌عنوان عامل ناشناخته در کاهش عملکرد چغندرقند در برخی از مناطق نقش ایفا کرده باشند.

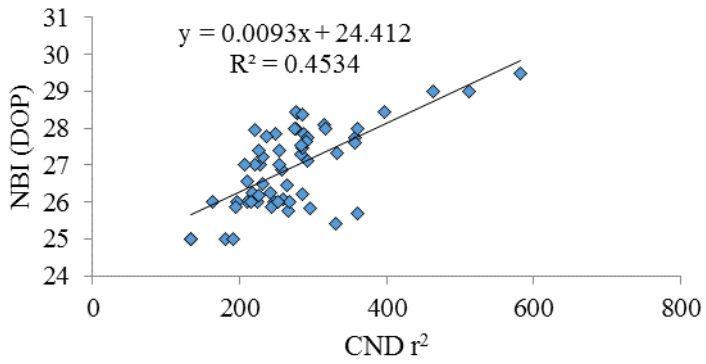
شکل ۶ نشان می‌دهد که بین شاخص‌های دو روش DOP و CND رابطه معنی‌دار مثبت در سطح احتمال یک درصد وجود دارد.

جدول ۷- شاخص‌های CND، عملکرد و اولویت نیاز عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در مزارع چغندرقند با عملکرد پایین

r^2	عناصر غذایی	I_B	I_{Cu}	I_{Zn}	I_{Mn}	I_{Fe}	I_S	I_{Mg}	I_k	I_P	I_N	عملکرد
۲۷/۶۳	Zn>P	۰/۹۶	۰/۲۳	-۳/۳۸	۰/۰۹	۰/۴۴	۰/۰۳	۰/۶۲	-۰/۲۲	۱/۲۱	-۰/۵۴	۹۰
۲۶/۵۰	Mg>S>Zn	۲/۴۲	-۱/۴۳	-۱/۴۳	۰/۵۹	۰/۹۲	-۱/۴۷	-۱/۹۸	۱/۰۲	۰/۱۱	-۰/۱۶	۸۵
۲۸/۵۵	Fe>Zn	۳/۴۱	-۰/۵۳	-۱/۱۶	۰/۲۷	-۱/۸۶	۳/۰۰	-۰/۳۹	۰/۶۵	-۰/۳۴	-۰/۱۴	۸۵
۲۶/۷۸	P	۲/۲۵	-۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۷۸	-۰/۴۷	-۰/۱۴	۰/۷۹	۰/۳۷	-۰/۸۷	-۰/۴۳	۸۵
۲۷/۳۰	Mn>Mg	۲/۱۰	۱/۴۹	۰/۸۲	-۳/۸۶	-۰/۶۱	۱/۲۴	-۱/۸۵	۰/۳۴	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۸۵
۲۸/۱۴	Mn>Cu	۱/۵۳	-۱/۶۷	۰/۳۶	-۰/۷۱	-۰/۳۲	۱/۱۲	-۳/۶۸	۰/۶۹	۱/۹۵	-۰/۹۷	۸۵
۲۶/۰۰	Mg	۱/۱۴	-۰/۲۸	۰/۱۷	۱/۳۹	۰/۲۸	-۰/۴۵	-۳/۲۵	۰/۳۷	۰/۰۷	-۰/۸۹	۸۰
۲۷/۱۴	Mg	-۰/۸۹	-۰/۸۶	۰/۵۷	۱/۱۳	۰/۰۰	۰/۱۱	-۱/۲۱	۰/۱۷	-۰/۱۰	۰/۷۶	۸۰
۲۸/۱۰	Mg>Mn>Zn	۲/۶۴	-۰/۴۴	-۰/۴۵	-۱/۷۰	-۰/۷۳	۱/۴۳	-۳/۲۰	۱/۴۰	۰/۶۱	-۰/۳۲	۸۰
۲۵/۶۸	B>P	-۱/۵۷	-۱/۱۰	۰/۷۷	۵/۱۶	۰/۲۰	-۱/۵۵	۰/۶۸	-۰/۱۷	-۱/۱۵	۰/۱۲	۸۰
۲۵/۹۰	Mg>Mn	۲/۹۶	۰/۸۳	۰/۵۵	-۱/۴۴	۰/۰۱	-۱/۵۱	-۱/۵۳	۰/۰۳	-۰/۲۱	۰/۱۴	۷۸
۲۸/۱۶	Mn	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۴۹	-۳/۷۹	۰/۰۹	-۱/۱۸	-۰/۶۱	۰/۳۸	۰/۵۷	۴/۰۸	۷۷
۲۶/۲۶	N>P>Zn	-۰/۵۶	-۰/۲۳	-۰/۳۵	۲/۴۵	۰/۲۶	-۰/۳۱	-۰/۵۴	۱/۱۱	-۱/۰۲	-۱/۷۲	۷۵
۲۸/۴۰	Mn>Cu	۳/۲۸	-۱/۹۸	۱/۵۱	-۳/۴۰	-۰/۷۱	۰/۹۲	۰/۱۳	۱/۱۷	-۰/۶۷	۱/۲۹	۷۲
۲۸/۴۳	Mn>Mg>Cu>N	۲/۰۵	-۲/۰۳	۰/۷۲	-۳/۵۹	۰/۴۶	۱/۶۰	-۳/۳۳	۰/۵۰	۲/۲۷	-۱/۰۷	۷۱
۲۶/۲۶	S>Mn	۱/۵۳	۱/۵۴	۱/۱۸	-۱/۴۷	-۰/۴۵	-۱/۷۶	۰/۷۳	۰/۴۷	-۰/۳۷	-۰/۵۸	۷۰
۲۷/۷۴	Mn>Mg	۱/۲۷	۰/۷۳	۱/۱۳	-۴/۴۴	۰/۰۰	۰/۲۸	-۳/۵۸	۱/۰۹	۱/۳۶	۰/۲۲	۷۰
۲۷/۰۰	Zn>Mg	۱/۴۲	۰/۷۰	-۲/۰۷	۲/۰۶	-۰/۷۶	-۰/۴۶	-۱/۸۳	۰/۵۳	۰/۵۰	-۰/۲۴	۶۷
۲۶/۸۴	P>Zn	۲/۷۴	-۰/۵۹	-۰/۲۴	-۰/۵۰	۰/۰۵	۰/۹۰	۰/۳۳	-۰/۴۴	-۰/۵۱	-۰/۰۵	۶۵
۲۸/۴۶	Mn	۰/۴۰	۰/۹۹	۰/۳۷	-۵/۵۱	-۰/۲۵	۲/۱۳	۲/۲۴	-۰/۶۵	۰/۱۶	-۰/۰۶	۶۵
۲۷/۱۵	N>Mn	-۰/۳۵	۱/۷۸	۲/۰۵	-۲/۵۹	-۰/۸۵	۲/۶۲	-۰/۴۲	۱/۰۴	۰/۷۶	-۸/۲۶	۶۵
۲۸/۰۳	Mn	-۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۶۹	-۳/۹۲	۰/۱۷	۰/۶۴	-۰/۳۲	۱/۵۵	-۰/۱۴	-۰/۶۴	۶۵
۲۵/۲۱	Mg>B>N>Mn	-۲/۸۳	۱/۳۸	۰/۵۹	-۱/۲۴	۲/۲۱	-۱/۱۳	-۳/۱۷	۰/۱۳	۰/۳۳	-۲/۲۷	۶۵
۲۶/۵۳	Mg>Zn>P	-۰/۴۳	۰/۵۱	-۱/۰۷	۲/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۰۸	-۱/۱۴	-۰/۱۵	-۰/۴۴	۰/۶۹	۶۳
۲۷/۹۴	Mn>Mg	۳/۰۴	۰/۳۰	۰/۳۹	-۴/۷۹	-۰/۳۸	۰/۶۹	-۲/۶۴	۰/۱۰	۰/۴۳	۲/۹۴	۶۲
۲۷/۸۵	Mn>Cu	۳/۷۲	-۱/۲۶	۰/۲۶	-۱/۷۱	-۰/۷۳	۰/۱۴	-۰/۰۱	۱/۲۶	-۰/۵۰	۰/۷۳	۶۲
۲۷/۲۹	Mg>Mn>N	۲/۶۹	۰/۱۷	۰/۴۶	-۲/۳۵	-۰/۳۳	۱/۲۶	-۵/۳۰	۰/۲۰	۲/۰۳	-۱/۷۵	۶۲

ادامه جدول ۷

عملکرد	I_N	I_P	I_k	I_{Mg}	I_S	I_{Fe}	I_{Mn}	I_{Zn}	I_{Cu}	I_B	عناصر غذایی	r^2
۶۰	-۱/۰۰	-۰/۱۰	-۰/۱۹	-۲/۹۶	۰/۹۱	-۰/۴۸	۳/۸۴	-۰/۷۷	-۰/۰۷	۱/۶۰	Mg>Zn	۲۶/۰۹
۶۰	۱/۳۶	-۰/۸۴	-۱/۱۳	۱/۴۶	-۱/۳۷	۰/۲۶	۱/۹۶	۱/۷۵	۰/۳۷	-۲/۰۵	B	۲۵/۸۴
۶۰	-۰/۶۴	-۰/۶۲	۱/۰۲	-۱/۳۴	-۱/۹۴	۰/۶۷	۰/۵۰	۲/۰۴	۰/۲۰	-۲/۰۷	B>S>Mg	۲۵/۸۶
۶۰	-۱/۳۶	۰/۱۱	۰/۷۲	-۲/۹۳	-۱/۰۸	۰/۴۰	۱/۶۳	-۰/۷۴	۱/۴۰	-۰/۴۹	Mg>N>S>Zn	۲۵/۷۸
۶۰	-۰/۲۳	۰/۵۱	-۰/۸۴	-۱/۶۴	-۰/۶۳	-۰/۴۶	۱/۴۴	۱/۸۶	۱/۴۳	-۱/۴۲	Mg>B>S>K	۲۶/۰۲
۶۰	-۱/۵۷	۰/۶۲	۰/۷۱	-۲/۳۴	-۰/۴۵	۰/۴۱	-۰/۹۴	-۰/۶۶	۰/۳۵	۱/۴۶	Mg>N>Mn>Zn	۲۶/۶۳
۶۰	-۰/۳۰	۱/۳۶	-۰/۳۲	-۱/۶۷	۰/۲۸	۰/۵۶	-۱/۲۲	-۲/۰۲	۰/۰۶	۲/۰۳	Zn>Mg>Mn	۲۷/۲۴
۵۹	-۰/۵۶	۰/۸۴	۱/۶۴	۰/۲۱	-۰/۲۷	-۰/۳۲	-۵/۰۳	۰/۲۷	۱/۹۳	-۰/۶۸	Mn	۲۸/۳۷
۵۹	۱/۸۶	۲/۱۴	۱/۸۳	-۴/۱۵	۱/۳۶	-۰/۴۴	-۳/۸۷	۰/۳۰	۱/۰۴	-۲/۵۹	Mg>Mn>B	۲۹/۴۸
۵۸	-۰/۸۰	-۰/۶۸	۰/۸۳	-۱/۵۲	۰/۱۵	-۰/۰۳	-۰/۶۱	-۰/۳۲	۱/۳۲	۰/۱۳	Mg>P>Zn	۲۶/۵۷
۵۶	-۲/۰۶	-۱/۰۵	۰/۱۶	-۱/۱۹	۰/۴۸	۰/۷۵	۱/۰۱	-۰/۷۱	۰/۳۸	۲/۴۴	N>Mg>P>Zn	۲۵/۴۳
۵۵	-۰/۵۸	۰/۶۵	-۱/۱۹	۰/۱۵	۲/۴۴	-۱/۲۴	۱/۶۵	-۲/۳۵	-۰/۴۹	۳/۳۱	Zn	۲۷/۸۶
۵۵	۰/۳۴	۰/۴۶	-۰/۲۷	-۰/۹۴	-۰/۳۸	-۰/۴۱	-۰/۶۲	۱/۰۲	۰/۹۰	-۰/۲۳	-	۲۶/۹۰
۵۴	-۰/۳۵	۰/۵۰	-۰/۰۷	-۲/۶۹	-۰/۵۸	۰/۶۴	-۱/۶۱	۲/۱۰	۰/۸۰	-۱/۱۳	Mg>Mn	۲۶/۱۹
۵۴	-۳/۸۰	۱/۵۷	۰/۶۲	-۰/۸۷	۰/۶۳	۱/۳۵	۱/۸۰	-۲/۴۴	-۲/۵۲	-۰/۷۸	N>Cu>Zn	۲۷/۶۲
۵۳	-۱/۳۴	-۰/۰۴	-۰/۱۱	-۲/۳۲	-۱/۰۸	۱/۵۳	-۱/۵۰	۰/۰۵	۰/۵۲	۱/۸۶	Mg>Mn>N	۲۵/۲۷
۵۲	۰/۳۶	-۰/۲۵	۰/۵۵	-۰/۶۳	-۰/۶۷	۰/۲۰	-۲/۴۹	۰/۴۸	۰/۹۱	۰/۵۲	Mn	۲۶/۸۷
۵۲	۰/۰۹	-۰/۷۹	۰/۰۲	-۳/۱۶	۲/۰۲	-۰/۱۹	۱/۲۴	-۰/۸۰	-۰/۹۴	۴/۳۷	Mg>Zn>P	۲۶/۴۵
۵۲	۰/۲۶	-۰/۲۶	۱/۱۱	-۲/۸۸	۰/۶۷	۰/۴۸	-۳/۲۱	-۰/۲۷	۰/۴۹	-۰/۱۶	Mn>Mg>Zn	۲۷/۴۱
۵۱	۰/۳۴	۱/۳۹	۱/۱۴	-۵/۵۰	۰/۱۹	۰/۲۶	-۰/۸۶	-۰/۰۷	-۰/۴۴	۳/۰۶	Mg	۲۶/۹۸
۵۰	-۱/۰۴	-۰/۴۱	۰/۷۰	-۱/۰۰	۰/۸۰	-۰/۵۳	۰/۷۹	-۰/۸۳	-۰/۲۶	۰/۶۲	N>Zn	۲۷/۳۱
۵۰	-۰/۶۷	-۰/۴۹	۲/۱۸	۲/۴۴	-۱/۸۶	۰/۱۲	-۲/۷۵	-۰/۷۳	۲/۰۷	-۲/۶۲	Mn>B>S>Zn	۲۷/۷۴
۴۸	-۱/۰۵	۰/۷۰	۰/۸۰	-۲/۱۲	-۰/۴۰	-۰/۷۹	-۱/۴۰	۰/۹۰	۲/۱۰	-۰/۳۷	Mg>Mn>N	۲۷/۰۰
۴۷	-۰/۴۵	۱/۲۷	۰/۷۹	-۱/۱۴	۰/۰۳	۰/۱۱	-۴/۲۴	۰/۳۶	-۰/۰۶	۲/۹۹	Mn>Mg	۲۷/۷۹
۴۶	-۲/۰۲	۲/۰۷	۰/۰۸	-۲/۵۶	۱/۳۰	-۰/۰۳	-۶/۲۶	۴/۵۸	-۰/۹۵	۲/۳۹	Mn>Mg>N	۲۷/۷۸
۴۵	۰/۸۸	۰/۱۲	-۱/۳۸	-۱/۹۴	۰/۹۹	۰/۴۹	۲/۲۴	-۰/۱۶	-۰/۰۶	-۲/۱۶	B>Mg>K>Zn	۲۶/۴۹
۴۵	-۱/۰۵	-۰/۱۵	۱/۲۷	-۲/۷۰	-۱/۶۰	۰/۲۰	۰/۰۷	۱/۶۱	۰/۵۷	۰/۴۷	Mg>S	۲۵/۸۶
۴۵	-۲/۴۸	۲/۱۰	-۰/۱۳	-۲/۷۹	۱/۳۷	۰/۰۰	-۰/۴۵	-۳/۱۵	-۱/۷۹	۷/۱۰	Zn>Mg>N>Cu	۲۷/۴۹
۴۴	-۱/۱۹	۱/۰۰	۰/۲۴	-۱/۵۸	۰/۴۸	-۰/۲۳	-۳/۳۷	-۰/۱۹	۱/۴۵	-۰/۲۱	Mn>Mg>N>Zn	۲۷/۶۴
۴۰	-۶/۳۰	-۰/۳۸	۱/۱۱	-۰/۱۱	۰/۶۲	۰/۲۶	۰/۹۰	۱/۰۷	-۰/۰۹	۰/۵۰	N>P	۲۵/۹۵
۴۰	۰/۷۱	-۱/۲۷	۰/۷۶	۱/۱۵	۰/۵۷	۰/۲۲	-۴/۵۸	۰/۱۱	۱/۱۹	۱/۱۴	Mn>P	۲۷/۴۰
۳۷	۰/۱۸	-۰/۸۰	۰/۱۶	۲/۴۹	۰/۲۶	-۱/۰۴	۰/۸۷	۰/۵۵	-۰/۵۳	۰/۹۱	P	۲۷/۵۳
۳۲	-۰/۹۱	-۰/۲۴	-۰/۴۳	-۰/۴۲	۰/۰۸	-۰/۲۸	۱/۶۱	۰/۱۰	۰/۰۷	۱/۵۶	N	۲۶/۲۳
۳۰	۰/۵۵	-۰/۷۹	۰/۴۸	-۰/۸۱	۱/۳۱	-۰/۸۴	۰/۴۷	-۰/۱۸	۰/۱۵	۱/۳۵	P>Zn	۲۷/۳۴



شکل ۶ - رابطه بین شاخص DOP و $CND\ r^2$ در چغندرقند

نتیجه‌گیری

در روش انحراف از درصد بهینه به ترتیب عناصر منیزیم، فسفر، نیتروژن و آهن و روی بیشترین مقدار کمبود را دارا بودند و عنصر گوگرد در بیشتر مزارع دچار بیش‌بود بود. در روش CND، بیشترین کمبود مربوط به منیزیم و منگنز بود. بررسی‌های مزرعه‌ای هم نتایج حاصل از روش انحراف از درصد بهینه (DOP) را بیشتر تأیید می‌نماید. چراکه به دلیل عدم توجه به مصرف منیزیم و عدم وجود آیش، چغندرقند به‌عنوان یک محصول پرنیاز به منیزیم، کمبود آن در عمده مزارع منطقه بروز کرده است. اختلاف این دو روش در استان کرمانشاه تنها مربوط عناصری مانند نیتروژن، منگنز، مس و بور بود. مشاهده گردید که بین نتایج حاصل از دو روش انحراف از درصد بهینه و CND همخوانی زیادی وجود داشت و کمبودهای عناصر غذایی در این دو منطقه با واقعیت‌های میدانی در سطح مزارع هم‌خوانی داشت و به نظر می‌رسد هر دو روش قابل‌استفاده هستند. درمجموع نتایج نشان داد که مصرف کود در مزارع مورد آزمایش به‌شدت نامتعادل است. برای افزایش عملکرد حتماً باید مصرف کودهای پرمصرف حاوی منیزیم، نیتروژن، فسفر و کودهای کم‌مصرف (منگنز، روی) در اولویت قرار گیرد و با توجه به اینکه منیزیم در مزارع این منطقه معمول نیست، لازم است به‌ویژه‌ای مورد توجه قرار گیرد.

پیشنهادها

۱- نتایج به‌دست‌آمده در مزارع انتخابی، بیانگر اختلاف درروش مدیریت مزارع و عدم بهینه مصرف کودهای شیمیایی و آلی است. با توجه به اینکه این تحقیق کاربردی بوده و برای افزایش عملکرد و کیفیت چغندرقند، قابل تسری است. لذا پیشنهاد می‌نماید که در برنامهٔ کوددهی از عناصر دچار کمبود بسته به منطقه، استفاده و اولویت داده شود.

۲- نتایج حاصل از روش‌های DOP و CND، در این تحقیق در مناطق مورد مطالعه با استفاده از داده‌های منطقه‌ای و آزمایش‌های تحقیقاتی، مورد مقایسه بیشتری قرار گیرد.

۳- روش DOP، به‌دلیل مصرف نامتعادل کودهای شیمیائی به‌ویژه منیزیم و عناصر کم‌مصرف نسبت به روش CND برتری داشت. لذا این روش می‌تواند برای ارزیابی وضعیت عناصر غذایی، تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و بهبود توصیه-های کودی مورد استفاده قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. بصیرت، م.، حقیقت‌نیا، ح. ، موسوی، س. م. ۱۳۹۷. ارزیابی و تعیین وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال رقم والنسیا در جنوب استان فارس. نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۲، شماره۱، ص ۱۴۳ تا ۱۵۴.

۲. بی‌نام. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی، ۹۸-۱۳۷. وزارت جهاد کشاورزی . مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۹۷ ص.

۳. دردی پور، ا.، امامی، پ.، دریاشناس، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی تعادل تغذیه‌ای در باغ‌های هلو با روش انحراف از درصد بهینه. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، دوره ۲، شماره ۱، ص ۷۹ تا ۹۴.

۴. دریاشناس، ع.، ثقفی، ک. ۱۳۹۰. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. نشریه علمی پژوهش‌های خاک، جلد ۲۵، شماره ۱، ص ۱ تا ۱۲.

۵. شهبازی، ک.، بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی. جلد ۱، شماره ۱، ص ۱۵-۱.

۶. لکزیان، ا.، فیضی اصل، ع.،.تهرانی فر، ا.، حلاج نیا، ح.، رحمانی، پ.، پاکدل، س .، محسنی، ه.، طالبی، ا.۱۳۹۱.تعیین نرم‌های دریس و ارزیابی تغذیه‌ای درختان چنار(*platanus Sp.*) در مشهد. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع غذایی) ، جلد ۲۶، شماره ۱، ص ۴۴-۳۵.

۷. ملکوتی ، م. ج.، ریاضی همدانی، ع. ح. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک (نویسنده ، تسیدل و تلسون). انتشارات دانشگاه تهران، ۵۹۸ ص.

8. Bertrand, I., HollowayC, R. E., Armstrong, R. D., and McLaughlin, M. J. 2003. Chemical characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. Australian Journal of Soil Research. 41: 61–76.
9. Bingham, F.T. 1982. Boron. In: Page, A.L., Ed., Methods of soil Analysis Part-2 Chemical and Mineralogical Properties, American Society of Agronomy, Madison, 431-448.
10. Black, C. A., Evans, D. D., and Dinauer, R. C. 1965. Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. Madison, WI. Vol. 9, Pp. 653-708.
11. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal. l54(5): 464-465.
12. Brady, N. C., and Weil, R. R. 2002. The Nature and Properties of Soils. 14nd Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
13. Brakke, F.H., and Salih, N. 2002. Reliability of foliar analyses of Norway Spruce stands in a Nordic Gradient. Silva Fennica, 36: 489-504.
14. Buresh, R. J., Austin, E. R., and Craswell, E. T. 1982. Analytical methods in N-15 research. Fertilizer Research. 3: 37-62.
15. Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C. A. 1991. Growth and mineral nutrition of field crop. Marcel Dekker, New York.
16. Fox R. L., Alson, R. A., and Rhoades H. F. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. Soil Science Society of America Journa. Proc. 21: 287-292.
17. Jimenez, S.J., Pinochet, Y., Gogorcena, J.A., and Betran, M.A.M. 2007. Influence ofdifferent vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. Science of Horticulture. 112: 73-79.

18. Jones, J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA.
19. Khiari, L., Parent., L.E., and Tremblay, N. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agronomy Journal. 93: 809-814.
20. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001b. The Phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. Agronomy Journal. 93: 815-819.
21. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. Agronomy Journal. 93: 802-808.
22. Knudsen, D., Peterson, G.A., and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, and potassium. Pp. 225-246. In Page A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds). Method of Soil Analysis. Part2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
23. Hanway, J. J., and Heidel, H. 1952. Soil analysis methods as used in Iowa state college soil testing laboratory. Iowa Agric. 57:1-13.
24. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421-428.
25. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press. San Diago, USA, 880p.
26. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. Pp. 199-224. In Page A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
27. Montanes, L., Heras, L., Abadia, J., and Sanz, M.1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentag**e**. Journal of Plant Nutrition. 16: 1289-1308.
28. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939 US Gover. Prin. Office, Washington DC.
29. Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. Chemical and microbiological properties. In Methods of soil analysis, Part 2, No. 9, Second ed., 443–44. Madison, WI: American Society of Agronomy.
30. Parent, L.E., and Dafir, M. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. American Society for Horticultural Science. 117: 239-242.
31. Parent, L.E., and Khiari, L. 2003. The compositional nutrient diagnosis of onions. xxxvi international horticultural congress: Toward ecologically sound fertilization strategies for field vegetable production. http://www.actahort.org.
32. Parent, L.E., Cambouris, A.N., and Muhawenimana, A. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. Soil Science Society of America Journal. 58: 1432-1438.
33. Pereira, B.F., Stoffella, P.J., and Melfi, A.J. 2011. Reclaimed wastewater: Effects on citrus nutrition. Journal of Agricultural and Water Management. 98: 1828-1833.
34. Quin, B. F., and Wood, P. H. 1976. Rapid manual determination of sulfur and phosphorous in plant material. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 7(4): 415-425.
35. Ryan, J.R., Stefan, G., and Rashid, A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual (2nd ed). ICARDA. Aleppo, Syria, PP.172.
36. Salih, N., and Andderson, F. 1999. Nutritional status of a Norway spruce stand in SW Sweden in response to compensatory fertilization. Plant and Soil. 209: 85-100.
37. Sharma J., Shikhamany, S.D., Singh, R. K., and Raghupathi, H.B. 2005. Diagnosis of nutrient imbalance in Thompson seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS common. Soil Science and Plant Analysis. 36: 2823-2838.

38. Walkley, A., and Black, I. A. 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.
39. Walworth, J.L., and Sumner, M.E. 1987. The Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil Sci. 6:149-188.
40. Westerman, R. L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd edition. Soil Sci Soc. Am, Inc. Madison, Wisconsin, U. S. A.

Evaluation of Nutritional Balance in Sugar Beet Fields through Deviation from Optimum Percentage (DOP) and Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Methods

J. Ghaderi*, M. M. Tehrani, F. Hamadi, and K. Heydari

Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran.

Associate Professor, Soil and Water Research Institute, AREEO, Iran.

Scientific Staff, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran.

MSc, Soil Pedology, Agricultural Jihad Organization of Kermanshah Province

Received: September, 2022, and Accepted July, 2023

Abstract

Tissue analysis is a useful tool for evaluation and optimizing nutrients for sugar beet using Deviation from Optimum Percentage (DOP) and Compositional Nutrient Diagnosis (CND) methods. In order to evaluate the nutritional status of sugar beet farms in Kermanshah Province, this project was conducted in two cropping seasons (2018-21). In each year, 30 different farms with different ranges of soil properties were selected in each region. The project database for the first and second seasons was completed and analyzed and DOP and CND indices were calculated for each nutrient element. Compared with the critical nutrient concentration in Kermanshah Province, the results showed that 85%, 10%, 97.5%, 67%, 93%, 100%, and 5% of farms were deficient in phosphorus, potassium, iron, manganese, zinc, boron and copper, respectively. The average sugar beet yield in this region was about 67.6 t/ha. Selected sugar beet farms were divided into two groups of high and low yields. The results of CND and DOP indices in the Kermanshah province showed that Mg, P, N and K deficiencies were more prevalent among macro-elements and Fe, Mn and Zn deficiencies were observed among micro-elements. However, there was a difference between the two methods in terms of the content of N, Mn, and Fe among the deficient elements. There was a significant correlation (0.48) between nutritional balance index and yield at 1% probability level. The results obtained in this study can be used to increase the yield and improve the quality of sugar beet in each of the regions.

Keywords: Tissue analysis, Evaluation and optimization of nutrients, Critical nutrients concentration

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