

# تعیین نرم‌های استاندارد دریس (DRIS) برای چغندر قند پائیزه در استان خوزستان

## Determination of DRIS reference norms for autumn sugar beet in Khuzestan province

عبدالمحمد دریا شناس<sup>۱\*</sup> و حامد رضایی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۲۷

ع.م. دریا شناس و ح. رضایی. ۱۳۸۹. تعیین نرم‌های استاندارد دریس (DRIS) برای چغندر قند پائیزه در استان خوزستان. مجله چغندر قند.

۱۸۵-۲۰۴:(۲)۲۶

### چکیده

روش تجزیه گیاه به طور موفقیت آمیزی برای ارزیابی تغذیه آن، توصیه کودی و افزایش کارایی کودها در زراعت چغندر قند استفاده می‌شود. روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) سیستم جامع تفسیر نتایج تجزیه گیاه است و تا حدود زیادی نارسایی‌های روش حد بحرانی و دامنه کفایت را مرتفع ساخته است. مصرف بیش از حد کودها باعث افزایش عملکرد ریشه می‌شود ولی کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. لذا ضروری است کودهای شیمیایی به صورت بهینه در زراعت چغندر قند استفاده شود. در تحقیق حاضر از ۳۸۳ مزرعه پراکنده در استان خوزستان طی مدت سه سال نمونه برداری گیاه انجام و بانک اطلاعاتی حاوی ۵۵۰۰ داده شامل ترکیبات شیمیایی گیاه، عملکرد ریشه و قند ایجاد گردید. براساس روش دریس مزارع به ترتیب برمبنای ۵۳ و ۶/۳ تن در هکتار عملکرد ریشه و قند به دو جامعه عملکرد کم و زیاد تقسیم شد. سپس کلیه فرم‌های بیان متشکل از نسبت و حاصل ضرب دو عنصری غلظت عناصر در دو جامعه مذکور تعیین گردید. واریانس کلیه فرم‌های بیان در دو جامعه برآورد شد و متعاقب آن نسبت واریانس فرم‌های بیان جامعه عملکرد کم به زیاد تعیین گردید ( $S_B/S_A$ ). در نهایت دو سری ۵۵ تایی فرم بیان برای عملکرد ریشه و قند به عنوان مناسب ترین نرم‌های استاندارد دریس گزینش شد. میانگین غلظت عناصر غذایی پرنیاز و کم‌نیاز در گیاه چغندر قند به عنوان ارقام مرجع برای عناصر  $N$ ،  $P$ ،  $K$ ،  $S$ ،  $NO_3-N$ ،  $Ca$ ،  $Mg$ ،  $Fe$ ،  $Zn$ ،  $Mn$ ،  $B$  و  $Cu$   $109$ ،  $34$ ،  $361$ ،  $16/5$  و  $40$  میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. هم چنین شاخص دریس برای عناصر غذایی  $N$ ،  $P$ ،  $K$ ،  $Mn$ ،  $Zn$ ،  $Fe$ ،  $B$  و  $S$  محاسبه گردید. به منظور صحت، دقت و ارزشمندی نرم‌ها و شاخص‌ها نتایج دو سری آزمایش کودی مورد آزمون قرار گرفت نتایج آزمون‌ها نشان داد نرم‌ها و شاخص‌ها دارای دقت کافی برای ارزیابی و تشخیص اختلالات تغذیه‌ای چغندر قند هستند.

واژه‌های کلیدی: ارقام مرجع، چغندر قند (*Beta vulgaris* L.)، دریس، غلظت عناصر غذایی

## مقدمه

چغندر قند گیاهی صنعتی است که فرایند تکامل آن در دو عرصه مزرعه و کارخانه اتفاق می‌افتد. برخلاف حوزه کارخانه، مزرعه محیطی حیاتی متأثر از عوامل پویاست. تغذیه گیاه به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار، تابعی از اثرات متقابل عناصر غذایی و شرایط محیطی است، لذا تعیین دقیق عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیازمند روش علمی مبتنی بر اندازه‌گیری است تا بتوان میزان کمبود عناصر غذایی را تعیین نمود (Tisdale et al. 1993). برای انجام این امر لازم است معیار و شاخص مناسبی در مزارع چغندر قند ارائه گردد. بدین منظور روش آزمون خاک، تجزیه گیاه، تشخیص علائم ظاهری یا تلفیقی از آنها استفاده می‌شود که هر کدام دارای معایب و محاسنی است (سجادی ۱۳۷۵). روش تجزیه گیاه بر پایه این منطق استوار است که مقدار یک عنصر معین در گیاه نشانه‌ای از تأمین آن عنصر از خاک است (Fageria et al. 1991). روش تجزیه گیاه برای ارزیابی تغذیه گیاهانی نظیر چغندر قند مفید است مشروط بر این که به روش مناسبی برای تشخیص و تفسیر نتایج بهره گرفته شود (سجادی ۱۳۷۵). اولریچ و جکسون (Ulrich and Jackson 1991) با استفاده از روش تجزیه گیاه به‌طور موفقیت‌آمیزی، اختلالات تغذیه‌ای چغندر قند را شناسایی و برنامه کودی چغندر قند را طراحی و بهبود دادند. آنان اعداد مرجع ارزشمندی برای بیان وضعیت تغذیه چغندر قند ارائه نمودند که بیان‌گر محدوده‌های بحرانی و کفایت غلظت عناصر در گیاه است. ولی این

ارقام می‌تواند تحت تأثیر عواملی نظیر زمان و محل نمونه‌برداری گیاه، شرایط محیطی مؤثر در رشد و یا اثرات زودرسی و دیررسی واریته‌ها و اثرات متقابل عناصر تغییر یابد. یکی دیگر از محدودیت‌های این روش‌ها این است که این ارقام مرجع (نرم‌ها) در شرایط کنترل شده و خاص (گلدان و آبکشت) و با تغییر دادن یک عنصر غذایی (آزمایشات تک عاملی) به‌دست آمده و فرض بر این است که سایر فاکتورها در حد مطلوب هستند در حالی که در شرایط مزرعه، گیاه در محیط دینامیکی واقع است که متأثر از تقابل عناصر مختلف در خاک، تغییرات دما، نور و مدیریت‌های زراعی است و این عوامل در تعیین ارقام مرجع به‌طور کامل در نظر گرفته نشده‌اند (Sumner 1990). به منظور رفع این نارسائی‌ها از روش دریس (DRIS= Diagnosis and Recommendation Intergrated System) و دریس اصلاح شده (M-DRIS) در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی به‌طور موفقیت‌آمیزی استفاده شد. این نارسائی‌ها در روش دریس تا حدود زیادی رفع شده است زیرا نرم‌های دریس از یک بانک اطلاعاتی بزرگ متشکل و متأثر از شرایط مختلف محیطی، خاک متنوع، انواع مدیریت‌های زراعی و واریته‌های گوناگون حاصل شده است و جامعیت منحصر به فردی را داراست (سجادی ۱۳۷۵).

در دهه هشتاد میلادی نرم‌های دریس برای گیاهان زراعی و باغی به‌طور گسترده استفاده شد و نرم‌های اولیه دریس برای گیاهان زراعی نظیر گندم، سویا، یونجه، ذرت و تعدادی از درختان مثمر و غیر

غلظت بحرانی به دست آوردند (۰/۹۸ تا  $r=0/۹۵$ ) و اظهار داشتند تفسیر و توصیه کود با روش غلظت بحرانی در ۶۶/۷ درصد موارد و با روش ۱ CND در ۸۷/۵ درصد موارد صحیح ارزیابی شده است.

سجادی توانست با استفاده از روش خط مرزی (Bundray line) که اولین بار توسط والورث و همکاران ابداع شد (Walworth et al. 1986) نرم‌هایی را برای عناصر N و P و K در چغندرقد استان مرکزی معرفی کند که با نرم‌های حاصله از روش دریس در منطقه استان مرکزی در بیشتر موارد مطابقت داشت (سجادی ۱۳۷۵).

بورلی (Beverly 1993) دقت و سودمندی و ضعف‌های دو روش دریس و حد کفایت را در گیاهان گندم، ذرت و یونجه ارزیابی کرد و نتیجه گرفت که روش دریس و روش حد کفایت برای گندم سودمند بوده ولی روش دریس قادر به ارزیابی دقیق نیاز گوگردی گندم نبوده است و در مورد یونجه دریافت که هیچکدام از دو روش تشخیص خوبی را ارائه نداده‌اند.

خیاری و همکاران (Khiari et al. 2001a) روش دریس را از طریق اصلاح و بسط ریاضی و آماری توابع و شاخص‌ها ی دریس به یک مدل جدید به نام «تشخیص ترکیبی عناصر غذایی = CND Compositional Nnutrient Diagnosis» تبدیل نمودند و برای عناصر N، P، K، Ca و Mg، ۲۰۰ نمونه گیاه ذرت حاصله از ۲۰۰ مزرعه به کار بردند. ایشان توانستند با کاربرد دقیق متغیر ماده خشک در معادلات، کارایی روش دریس را افزایش دهند. آنان در

مثمر تعیین شد (Letzsch and Sumner 1983; Elwali et al. 1985; Szucs and Kallay 1990). سپس در دهه نود میلادی تعدادی از نرم‌های دریس اصلاح شد (M-DRIS) و کارایی آن با روش‌های غلظت بحرانی و دامنه کفایت مقایسه شد که در اکثر موارد روش دریس ارزشمندی بیشتری را نشان داد (Parent et al. 1994; Schaller et al. 1995; Moreno et al. 1996; Raghupathi and Bhargava 1998). هم‌چنین تعدادی از محققین ایرانی نرم‌های دریس را برای محصولات سیب، انگور، مرکبات و ذرت تعیین نمودند (اسماعیلی و همکاران ۱۳۷۹؛ ملکوتی ۱۳۷۹؛ گودرزی ۱۳۸۱؛ دریا شناس و رستگار ۱۳۸۱).

روش دریس، سامانه جامعی است که کلیه عوامل تغذیه‌ای محدودکننده تولید را شناسایی نموده و توصیه‌های کودی را بهبود می‌بخشد. این روش در مناطقی نظیر کشور ایران که مصرف کود در آن نامتعادل می‌باشد، اهمیت بیشتری دارد. (Soltanpour et al. 1995). هم‌اکنون از ارقام مرجع حاصله از روش دریس برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاهان زراعی و باغی استفاده می‌شود و تعدادی از محققین ضمن استفاده از نرم‌های دریس آن‌ها را با روش‌های «غلظت بحرانی» و «حد کفایت» مقایسه و ارزشمندی آن را مورد مقایسه قرار دادند. پرنه و همکاران (Parent et al. 1994) از روش CND برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه و عملکرد سیب‌زمینی استفاده کردند و همبستگی بسیار خوبی بین دو روش دریس و

نمونه‌های گیاه پس از خشک شدن با آسیاب برقی خرد و برای تجزیه‌های آزمایشگاهی آماده گردید. نیتروژن نیتراتی دمبرگ به روش کالریمتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و بقیه اندازه‌گیری‌ها بر روی پهنک برگ انجام شد. نیتروژن کل به روش میکروکلدال و با استفاده از دستگاه اتوآنالیزر کجلتک، فسفر به روش کالریمتری توسط اسپکتروفتومتر، پتاسیم به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عناصر روی، منگنز، آهن و مس ابتدا نمونه‌ها در کوره سوزانده شد و پس از عصاره‌گیری با DTPA توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. عنصر بور به روش آزومتین‌اچ و گوگرد به روش توربیدومتری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری مورد سنجش قرار گرفت (امامی ۱۳۷۵).

#### تعیین عملکرد ریشه و قند و گروه‌بندی مزارع چغندر قند

مزارع با در نظر گرفتن مرز ۵۳ تن در هکتار برای عملکرد ریشه و حد ۶/۳ تن در هکتار برای عملکرد قند به دو گروه عملکرد زیاد و عملکرد کم تقسیم شدند. مزارع با عملکرد زیاد ۱۲۳ مزرعه (۳۲ درصد) و مزارع با عملکرد کم تعداد ۲۵۹ مزرعه (۶۸ درصد) را به خود اختصاص دادند.

#### تعیین نرم‌های دریس

از نتایج تجزیه گیاه کلیه فرم‌های بیان متشکل از غلظت عناصر  $\text{N}$ ،  $\text{P}$ ،  $\text{K}$  و  $\text{S}$ ،  $\text{Mn}$ ،  $\text{Zn}$ ،  $\text{Fe}$ ،  $\text{Cu}$ ،  $\text{B}$  نسبت و حاصل‌ضرب دو عنصری تعیین

این تحقیق سه روش دریس، غلظت بحرانی و تشخیص ترکیبی عناصر غذایی (CND) را مورد مقایسه قرار دادند. همین محققین (Khairi, et al. 2000b) در تحقیق دیگر روش‌های فوق‌الذکر را نیز برای ارزیابی کوددهی فسفوری در سیب‌زمینی به کار بردند.

نتایج حاصله از تحقیق حاضر به دست آوردن اعداد مرجعی است که به کمک آن به توان از روش تجزیه گیاه برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاه چغندر قند استفاده کرد تا علاوه بر افزایش کارایی مصرف کود، کیفیت محصول چغندر قند را نیز بهبود داده و محیط زیست را از آلودگی‌های کودی حفاظت نمود.

### مواد و روش‌ها

#### نمونه‌برداری گیاه

تعداد ۷۶۴ نمونه گیاه از ۳۸۳ مزرعه چغندر قند کاری پراکنده در اطراف شهرستان‌های دزفول، شوش، اندیمشک و هفت‌تپه از واحدهای کشت و صنعت، زارعین و کرت‌های آزمایشی در مدت سه سال به منظور ایجاد یک بانک اطلاعاتی تهیه گردید. نمونه‌های برگ‌ها از مزارعی که ۹۰ تا ۱۲۰ روز از تاریخ کاشت آن‌ها گذشته بود و از بوته‌های بالغ کاملاً باز شده (بین جوان‌ترین برگ‌ها در مرکز بوته و برگ‌های مسن‌تر) جمع‌آوری گردید. از هر مزرعه دو نمونه مرکب طوری تهیه شد که از ۳۰ نقطه واقع در هر مزرعه، ۳۰ بوته انتخاب و اندام‌های برگ و دمبرگ تفکیک و به صورت دو نمونه جهت اندازه‌گیری آزمایشگاهی آماده گردید (Ulrich And Jackson 1991).

#### تجزیه آزمایشگاهی

در فرمول‌های فوق  $A/B$  نسبت دو عنصر  $A$  و  $B$  در گیاه مورد مطالعه و  $a/b$  نرم یا حد بهینه این دو عنصر است.  $CV$  ضریب تغییرات نرم مربوطه در گروه عملکرد زیاد و  $Z$  تعداد توابع یا نسبت‌های عناصری است که در محاسبه شاخص‌ها به کار می‌رود. سایر توابع نیز مانند  $f(A/B)$  تعیین می‌شوند. (Letzsch and Summer 1983).

### شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI: Nutrient Balance Index)

شاخص تعادل غذایی (NBI) پارامتری است که می‌تواند در تفسیر وضعیت تغذیه گیاهان ارزیابی شده با روش دریس به کار رود. این شاخص از جمع کلیه شاخص‌های محاسبه شده بدون توجه به علائم مثبت و یا منفی آن‌ها به دست می‌آید. هر چه NBI کوچکتر باشد، وضعیت تغذیه گیاه متعادل‌تر است (Elwali and Gascho 1983).

### نتایج و بحث

با ۷۶۴ نمونه گیاه شامل پهنک و دم‌برگ از ۳۸۳ مزرعه پراکنده در مناطق چغندرکاری استان خوزستان یک بانک اطلاعاتی حاوی ۵۵۰۰ داده آزمایشگاهی و صحرایی ایجاد گردید. با استفاده از متدولوژی تشریح شده در روش دریس ابتدا کل جامعه مورد مطالعه براساس وضعیت ظاهری رشد و عملکرد محصول به دو گروه عملکرد کم و عملکرد زیاد تقسیم شدند. حد انتخابی عملکرد محصول اختیاری است و عملکرد زارعین با مدیریت نسبتاً مناسب معیار قرار گرفت.

گردید. سپس پارامترهای آماری شامل میانگین، ضریب تغییرات و واریانس برای کلیه فرم‌های بیان عناصر در دو گروه عملکرد زیاد و کم محاسبه گردید. متعاقب آن نسبت واریانس هر فرم بیان از تقسیم واریانس آن فرم بیان در گروه عملکرد کم بر فرم بیان در گروه عملکرد زیاد محاسبه گردید ( $S_B/S_A$ ). سپس فرم بیان با بزرگترین نسبت واریانس به عنوان نرم مناسب برای محاسبه شاخص‌های دریس عناصر غذایی و ارزیابی وضعیت تغذیه گیاه چغندرقد گزینش شدند. انتخاب بزرگترین نسبت واریانس‌ها تا حد قابل اعتمادی بیان‌گر آن است که کدامیک از فرم‌های بیان دو عنصری در برگ چغندرقد اثرات فیزیولوژیکی قابل توجهی در گیاه را دارند (Meldal-Johnson and Sumner 1980).

### محاسبه شاخص‌های دریس

شاخص‌های دریس بیان‌گر انحراف نسبی ترکیبات شیمیایی گیاه مورد مطالعه از حد بهینه یا نرم مربوطه هستند. با در نظر گرفتن  $A$  تا  $N$  عنصر فرمول‌های کالیبراسیون برای تعیین شاخص عناصر به شرح ذیل قابل محاسبه است:

$$I_N = \frac{f(N/P) + f(N/K) + f(P/K)}{3}$$

$$I_B = \frac{-f(A/B) + f(B/C) + \dots + f(B/N)}{Z}$$

$$I_N = \frac{f(A/N) + f(B/N) + \dots + f(M/N)}{Z}$$

که در آن به‌طور مثال برای محاسبه تابع  $A/B$  اگر

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left(\frac{A/B}{a/b} - 1\right)(1000/CV) \quad \text{باشد } A/B > a/b \quad (1)$$

$$f(A/B) = \left(1 - \frac{a/b}{A/B}\right)(1000/CV) \quad \text{باشد } A/B \leq a/b \quad (2)$$

$$f(A/B) = 0 \quad \text{باشد } \frac{A}{B} = \frac{a}{b} \quad (3)$$

## تعیین نرم‌های استاندارد دریس برای چغندر قند

ابتدا ۱۶۵ فرم بیان متشکل از غلظت عناصر N-NO<sub>3</sub>، P، N، K و S، Mn، Zn، Fe، Cu و B، نسبت حاصل ضرب دو عنصری آن‌ها و کلیه پارامترهای آماری مربوط به هر فرم بیان شامل میانگین، واریانس و ضریب تغییرات تعیین شد. در مرحله بعد با مینا قرار دادن بزرگترین نسبت واریانس فرم ۵۵ (S<sub>B</sub>/S<sub>A</sub>) به‌عنوان مناسب‌ترین نرم‌های

استاندارد برای ارزیابی و تشخیص اختلالات تغذیه‌ای چغندر قند منطقه خوزستان با توجه به عملکرد ریشه انتخاب شد (جدول ۱). نرم‌های استاندارد مشابه برای ارزیابی گیاه چغندر قند با منظور نمودن عملکرد قند در جدول ۲ نیز ارائه شده است. نرم‌های حاصله از تحقیق می‌تواند بیان‌گر غلظت بهینه عناصر غذایی گیاه چغندر قند برای تولید با عملکرد زیاد محسوب شوند.

جدول ۱ نرم‌های استاندارد DRIS (سیستم تلفیقی تشخیص و توصیه) برای عملکرد ریشه چغندر قند پاییزه (۱)

فرم بیان	میانگین	C.V	نسبت واریانس	فرم بیان	میانگین	C. V	نسبت واریانس
NO <sub>3</sub> -N (۲)	۰/۸۹۱	۶۴	-/۶۰	100P/Mn	۰/۲۷۰	۴۲	۲
N	۳/۹۸۰	۱۰	-/۶۲	100P/Zn	۰/۹۱۰	۳۵	۰/۹
P	۰/۲۷۰	۱۲	۱/۳	100P/Fe	۰/۰۸۳	۳۰	۱۳۰
K	۳/۱۶۵	۲۱	-/۴۳	100P/Cu	۱/۷۸۰	۲۹	۱/۱۴
Mn	۱۰۹	۲۶	۱/۵۴	B/100P	۱/۴۹	۳۹	۱/۳۴
Zn	۳۴	۵۹	-/۴۲	P/S	۰/۵۸۶	۳۵	۱/۰۲
Fe	۳۶۱	۳۵	۱/۵۴	Mn/100K	۰/۳۶۲	۳۷	۱/۱۳
Cu	۱۶/۵۰۰	۲۶	-/۷۷	100K/Zn	۱۰/۱۸۰	۲۸	۱/۳۸
B	۴۰	۳۰	۱/۵۳	100K/Fe	۱۰/۹۷	۳۹	۱۴۰
S	۰/۵۲۰	۳۵	-/۸۶	100K/Cu	۱۶/۹۶۰	۲۴	۱/۶۱
NO <sub>3</sub> - N/N	۰/۲۱۶	۶۱	-/۶۴	B/100K	۰/۱۳۵	۴۲	۱/۱۱
NO <sub>3</sub> - N/P	۳/۲۵۰	۶۳	-/۶۰	S/K	۰/۱۶۸	۳۵	۱/۳۲
NO <sub>3</sub> - N/K	۰/۳۱۹	۷۲	-/۷۰	Mn/Zn	۳/۶۹۲	۴۶	۱/۵۹
100NO <sub>3</sub> - N/Mn	۰/۹۵۰	۹۴	-/۵۴	Mn/ Fe	۰/۳۴۱	۴۲	۱۱۵
100NO <sub>3</sub> - N/Zn	۳/۲۳۰	۸۳	-/۶۰	Mn/ Cu	۷/۱۶۵	۴۰	۱/۴
100NO <sub>3</sub> - N/Fe	۰/۲۵۰	۷۰	۲۰	B/Mn	۰/۳۸۵	۴۳	-/۷۳
100NO <sub>3</sub> - N/Cu	۶/۲۷۰	۷۶	-/۷۵	100S/Zn	۲/۲۶۰	۳۴	۱/۷
B/100NO <sub>3</sub> - N	۰/۷۳۰	۷۷	-/۹۷	Zn/Fe	۰/۱۰۶	۸۷	۳۶۳
NO <sub>3</sub> - N/S	۲/۱۰۶	۸۳	-/۵۷	Cu/Zn	۰/۵۲۰	۲۳	-/۹۲
P/N	۰/۰۶۹	۱۳	-/۹۸	B/Zn	۱/۳۸۴	۵۷	۱/۰۷
N/K	۱/۳۳۰	۲۸	-/۶۴	100S/Zn	۱/۷۰۰	۴۹	-/۹۷
Mn/100N	۰/۲۸۰	۳۰	۱/۴۲	Cu/Fe	۰/۰۵۰	۴۰	۴۷/۸
100N/Zn	۱۳/۴۰۰	۳۶	-/۸۷	B/Fe	۰/۱۲۳	۴۵	۴۱۸
100N/ Fe	۱/۲۱۰	۳۱	۲۳۸	100S/Fe	۰/۱۶۰	۵۱	۲۴۱
100N/Cu	۲۶/۲۰۰	۳۳	-/۹۳	B/Cu	۲/۶۸۵	۴۷	۱/۴۳
B/N	۰/۱۰۰	۳۱	۱/۶۵	100S/Cu	۳/۳۳۰	۴۲	۱/۵۳
N/S	۸/۵۶۰	۳۵	-/۹۰	B/100S	۰/۸۵۰	۴۱	۱/۵۲
P/K	۰/۰۹۰	۲۵	-/۷۹				

(۱) فرم بیان، میانگین ضریب تغییرات (C. V) و نسبت واریانس عملکرد کم به عملکرد زیاد از جامعه با عملکرد ریشه بیش از ۵۳ تن در هکتار  
(۲) غلظت عناصر برای N-NO<sub>3</sub>، P، N، K و S بر حسب درصد و برای عناصر Cu، Fe، Zn، Mn و B بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم در ماده خشک گیاهی

جدول ۲ نرم‌های استاندارد DRIS (سیستم تلفیقی تشخیص و توصیه) برای عملکرد قند چغندر قند پاییزه (۱)

فرم بیان	میانگین	C.V	نسبت واریانس	فرم بیان	میانگین	C. V	نسبت واریانس
NO <sub>3</sub> -N (۲)	۰/۸۷۳	۶۳	۰/۶۴	100P/Mn	۳/۸۰۰	۴۴	۰/۹۲
N	۳/۹۶۰	۱۰	۰/۵۹	100P/Zn	۱/۲۶۰	۲۵	۴/۸۹
P	۰/۲۷۰	۱۲	۱/۱۳	100P/Fe	۰/۰۸۰	۲۹	۴/۹۷
K	۳/۱۰۰	۲۰	۰/۴۵	100P/Cu	۱/۷۴۰	۲۷	۱/۴۸
Mn	۱۰۰	۳۱	۱/۰۵	B/100P	۱/۳۷	۴۵	۰/۹۸
Zn	۳۵	۲۷	۳/۱۷	P/S	۱/۸۷۰	۳۷	۰/۹۰
Fe	۳۷۷	۳۴	۱/۴۴	Mn/100K	۰/۳۳۰	۳۸	۱/۱۷
Cu	۱۷	۲۴	۰/۸۳	100K/Zn	۰/۱۱۳	۳۳	۳/۰۲
B	۳۷	۳۴	۱/۱۲	100K/Fe	۰/۹۵۰	۴۰	۱۲۸
S	۰/۵۱۱	۳۳	۱/۰۴	100K/Cu	۱۹/۴۷۰	۲۳	۱/۷۵
NO <sub>3</sub> - N/N	۰/۲۱۳	۶۰	۰/۶۸	B/100K	۰/۱۲۲	۴۴	۱/۰۴
NO <sub>3</sub> - N/P	۳/۱۱۰	۶۳	۰/۶۸	S/K	۰/۱۶۳	۳۰	۲/۰۴
NO <sub>3</sub> - N/K	۰/۳۰۸	۷۰	۰/۸۵	Mn/Zn	۳/۲۸۰	۵۶	۱/۱۸
100NO <sub>3</sub> - N/Mn	۱/۰۷۰	۹۳	۰/۳۵	Mn/ Fe	۰/۳۰۸	۴۸	۱۰۲
100NO <sub>3</sub> - N/Zn	۲/۹۱۰	۸۷	۰/۷۱	Mn/ Cu	۶/۴۰۰	۴۸	۱/۰۸
100NO <sub>3</sub> - N/Fe	۰/۲۴۰	۷۳	۲۰/۳۳	B/Mn	۰/۳۹۰	۴۴	۰/۶۶
100NO <sub>3</sub> - N/Cu	۵/۸۵۰	۷۶	۰/۹۲	100S/Zn	۲/۱۰۰	۳۸	۱/۴۶
B/100NO <sub>3</sub> - N	۰/۷۳۱	۸۶	۰/۶۹	Zn/Fe	۰/۱۰۱	۳۶	۲۲۱۵
NO <sub>3</sub> - N/S	۲/۰۹۰	۸۳	۰/۵۹	Cu/Zn	۲/۰۹۰	۲۰	۱۴/۷
P/N	۰/۰۷۰	۱۲	۰/۹۰	B/Zn	۱/۲۲۰	۶۷	۰/۸۳
N/K	۱/۳۱۰	۲۶	۰/۷۷	100S/Zn	۰/۷۴۴	۳۸	۱/۶۷
Mn/100N	۰/۲۶۱	۳۸	۰/۸۷	Cu/Fe	۰/۰۴۹	۳۸	۵۰/۲
100N/Zn	۱/۰۸۹	۳۰	۲/۶۹	B/Fe	۰/۱۱۰	۵۱	۴۰۳
100N/ Fe	۱/۱۶۰	۳۱	۲۵۲	100S/Fe	۰/۱۵۰	۵۲	۳۳۷
100N/Cu	۲۵/۱۴۰	۳۸	۱/۰۷	B/Cu	۲/۴۱۰	۵۴	۱/۱۹
B/N	۰/۰۹۴	۳۶	۱/۰۳	100S/Cu	۳/۱۶۰	۳۸	۲/۰۱
N/S	۸/۶۳۰	۳۶	۱/۸۳	B/100S	۰/۷۹۰	۴۵	۱/۲۹
P/K	۰/۰۹۱	۲۵	۰/۷۴				

(۱) فرم بیان، میانگین ضریب تغییرات (C.V) و نسبت واریانس عملکرد کم به عملکرد زیاد از جامعه با عملکرد قند بیش از ۶/۳ تن در هکتار (۲) غلظت عناصر برای NO<sub>3</sub>-N، P، K و S بر حسب درصد و برای عناصر Mn، Zn، Cu، Fe و B بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم در ماده خشک گیاهی

### تعیین شاخص‌های دریس برای چغندر قند

با استفاده از غلظت عناصر N، P، K و S، Mn، Zn، Fe، Cu و B به دست آمده از ۳۸۳ مزرعه و با در نظر گرفتن مناسب‌ترین فرم بیان متشکل از نسبت‌ها و حاصل ضرب دو عنصری عناصر مذکور و با احتساب فرمول‌های شاخص دریس تشریح شده در روش تحقیق و با کمک گرفتن از نرم‌افزار Excel

شاخص‌های دریس برای نه عنصر غذایی مذکور تعیین گردید که در جدول ۳ ارائه گردیده است. این شاخص‌ها میانگین انحراف نسبی ترکیبات شیمیایی برگ چغندر قند مورد مطالعه از حد بهینه می‌باشند و برای تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و اولویت‌بندی کمبودها و زیادبودهای عناصر غذایی چغندر قند قابل استفاده است.

## جدول ۳ روابط شاخص‌های دریس برای عناصر N, P, K, Mn, Zn, Fe, Cu, B, S در چغندر قند

$$I_N = 1/8[-f(P/N) + f(N/K) + f(N/S) - f(Mn/Zn) + f(N/Zn) + f(N/Fe) + f(N/Cu) - f(B/N)]$$

$$I_P = 1/8 [f(P/N) + f(P/K) + f(P/Mn) - f(P/Zn) + f(P/Fe) + f(P/Cu) - f(B/P) - f(P/S)]$$

$$I_K = 1/8 [-f(N/K) - f(P/K) - f(K/Zn) + f(K/Cu) + f(K/Fe) - f(B/K) - f(S/K)]$$

$$I_{Mn} = 1/8 [f(Mn/N) - f(P/Mn) + f(Mn/K) + f(Mn/Zn) + f(Mn/Fe) + f(Mn/Cu) - f(B/Mn) + f(Mn/S)]$$

$$I_{Zn} = 1/8[-f(N/Zn) - f(P/Zn) - f(K/Zn) + f(Mn/Zn) + f(Zn/Fe) - f(Cu/Zn) - f(B/Zn) + f(S/Zn)]$$

$$I_{Fe} = 1/8[f(N/Fe) + f(P/Fe) + f(K/Fe) + f(Zn/Fe) + f(Cu/Fe) + f(B/Fe) + f(S/Fe)]$$

$$I_{Cu} = 1/8[-f(N/Cu) - f(P/Cu) - f(Mn/Cu) + f(Cu/Zn) + f(Cu/Fe) + f(B/Cu) - f(S/Cu)]$$

$$I_B = 1/8[f(B/N) + f(B/P) + f(B/K) + f(B/Mn) + f(B/Zn) + f(B/Fe) + f(B/Cu) + f(B/S)]$$

$$I_S = 1/8[-f(N/S) + f(P/S) + f(S/K) - f(Mn/S) + f(S/Zn) + f(S/Fe) + f(S/Ca) - f(B/S)]$$

## آزمون نرم‌های دریس برای عناصر N, P و K

نرم‌های انتخاب شده علی‌الاصول باید به‌توانند افزایش عملکرد محصول را تحت تأثیر تیمار انتخاب شده بر اساس تشخیص دریس پیش‌بینی کنند. بدین منظور ترجیحاً از آزمایشات فاکتوریل که در آن تأثیر عناصر غذایی روی عملکرد محصول بررسی شده استفاده می‌گردد. روش کار بدین صورت است که نمونه‌هایی از گیاهان شاهد انتخاب شده و محدودکننده‌ترین یا پر نیازترین عنصر از طریق محاسبه شاخص‌ها تعیین می‌گردد. سپس این تیمار با تیمار دیگری حاوی مصرف بیشتری از عنصر محدودکننده از نظر عملکرد مقایسه می‌شود. افزایش عملکرد ناشی از اعمال تیمار دوم به مفهوم صحت تشخیص در سیستم دریس و طبعاً نرم‌های انتخاب شده می‌باشد. مجدداً بر اساس تجزیه شیمیایی گیاهان

تیمار دوم، شاخص‌های دریس محاسبه و نتیجه آن در

تیمار بعدی مقایسه می‌گردد.

در تحقیق حاضر مجموعاً دو سری نرم و هر کدام به تعداد ۵۵ نرم برای ارزیابی وضعیت تغذیه و پیش‌بینی عملکرد ریشه و قند چغندر قند پاییزه به‌دست آمد (جداول ۱ و ۲). صحت و دقت این نرم‌ها با استفاده از نتایج تجزیه گیاه و عملکردهای ریشه‌ی حاصله از آزمایش‌های با سطوح مختلف کودهای ازتی، فسفری و پتاسیمی آزمون گردید. مراحل آزمون بر روی نتایج دو آزمایش مزرعه‌ای به شرح ذیل انجام شد.

## آزمون نرم‌های دریس برای عناصر فسفر و

## پتاسیم (آزمایش اول)

نتایج آزمایش کودی فاکتوریل شامل سه سطح فسفر به مقادیر صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) و دو سطح کود پتاسیم به مقادیر صفر و



۶۹/۷۵۰ تن در هکتار افزایش یافته است. اگرچه انتظار می‌رفت که به دلیل فقدان مصرف کود پتاسیم باید شاخص آن کمترین مقدار را نشان دهد ولی نتایج تجزیه برگ نشان می‌دهد که جذب پتاسیم در برگ کافی بوده ( $K=۳/۰۴$ ) و می‌توان چنین استنباط نمود که مقدار پتاسیم قابل جذب خاک در کرت آزمایشی به اندازه کافی وجود داشته که جذب بالنسبه کافی در برگ را نشان داده است و به عبارت دیگر، تعادل نسبتاً مناسبی از عناصر N و P در شرایط کرت وجود داشته که به تبع آن NBI نیز بسیار کاهش داشته و عملکرد نیز افزایش نشان داده است (Elwali and Gascho 1983).

در تیمار  $N_{180}P_{60}K_{90}$  فسفر کمترین شاخص را داشته ( $-۴۰$ ) و عملکرد کمی نسبت به تیمار قبلی کاهش یافته و می‌توان چنین تفسیر نمود مصرف ۹۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و فسفر در تعادل مناسبی نبوده و به نظر می‌رسد مصرف پتاسیم نسبت به فسفر زیادتیر بوده باشد و در صورت مصرف بیشتر فسفر امکان افزایش عملکرد بیشتر خواهد بود.

در تیمار  $N_{180}P_{120}K_0$  پتاسیم کمترین شاخص را دارا بوده ( $-۴۵$ ) و محدودیت پتاسیم به وضوح مشاهده می‌شود و جذب پتاسیم نیز بسیار کاهش یافته و مقدار NBI نیز افزایش یافته و عملکرد ریشه کاهش چشمگیری را نشان داده است ( $K=۲/۶\%$ ) و می‌توان چنین تفسیر نمود که با توجه به مصرف کافی نیتروژن و فسفر و فقدان

۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم ( $K_2O$ ) با استفاده از شاخص‌های دریس مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقدار کود نیتروژنی به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم خالص در هکتار در کلیه کرت‌های آزمایش به‌طور یکنواخت مصرف شد. این نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که به دلیل استفاده کافی از کود نیتروژنی (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) هیچگاه کمبود نیتروژن مطرح نبوده و شاخص ازت ( $I_N$ ) در کلیه موارد مثبت بوده است. در تیمار شاهد ( $N_{180}P_0K_0$ ) فسفر کمترین شاخص را دارا بوده ( $-۳۹$ ) و طبعاً محدودکننده‌ترین عنصر از میان سه عنصر مورد بررسی شناخته شده است و مقدار عملکرد ریشه نیز به کمترین مقدار (۵۳/۱۹۰ تن در هکتار) تنزل یافته است. در تیمار  $N_{180}P_0K_{90}$  فسفر همچنان کمترین شاخص را داشته ( $-۳۷$ ) و محدودکننده‌ترین عنصر شناخته شده است و عملکرد نیز افزایش نداشته است و می‌توان چنین تفسیر نمود که علی‌رغم مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم تا زمانی که کود فسفر مصرف نشود، افزایش عملکردی به دست نخواهد آمد. در واقع با مصرف کود پتاسیم و فقدان کود فسفر، تعادل نسبی عناصر غذایی مناسب نبوده به‌طوری که NBI نیز به ۱۰۶ افزایش یافته است. در اکثر مواد NBI با عملکرد رابطه معکوس دارد.

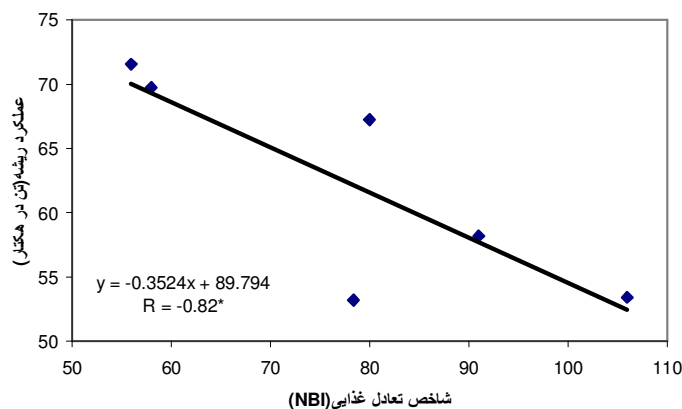
در تیمار  $N_{180}P_{60}K_0$  همچنان فسفر کمترین شاخص را دارا بوده ( $-۱۷$ ) و محدودکننده‌ترین عنصر شناخته شده است ولی NBI کاهش یافته و عملکرد به

مطلق شاخص‌های عناصر به‌دست می‌آید و برای تجزیه و تحلیل آماری اثرات تیمارهای کودی در تعادل غذایی به کار می‌رود. هر قدر شاخص تعادل عناصر غذایی بزرگ‌تر باشد، عدم تعادل بین عناصر در زمان نمونه‌برداری بیشتر است. در رابطه با تعادل بین عناصر، همیشه عدم کفایت (کمبود نسبی) بعضی از عناصر با زیادبود نسبی سایر عناصر (و بالعکس) همراه است. این امر به دلیل تناسبی است که در فرمول کالیبراسیون دریس (محاسبه شاخص‌ها) منظور شده است. لذا ترکیب متعادل عناصر در گیاه که منجر به حصول عملکرد بیشتر می‌گردد، صرفاً زمانی وجود خواهد داشت که کلیه عناصر افزایش یا کاهش متناسبی با یکدیگر داشته باشند. در اغلب موارد وقتی عناصر محدودکننده تأمین می‌شوند شاخص تعادل عناصر شدیداً کاهش یافته است. در آزمایش اول نیز رابطه معکوس بین این دو پارامتر مورد تأیید قرار گرفت. ضریب همبستگی بین آن‌ها  $0/88^*$  بود که در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (شکل ۱ آزمایش اول).

مصرف پتاسیم تعادل عناصر غذایی شدیداً به هم خورده به‌طوری که عملکرد کاهش زیادی را نشان داده است. و بالاخره در تیمار  $N_{180}P_{120}K_{90}$  تعادل نسبی خوبی از عناصر فراهم شده و NBI به کمترین مقدار خود رسید (۵۵/۵) و عملکرد ریشه به حداکثر ارتقاء یافته است (۷۱/۵۷۰ تن در هکتار) و می‌توان نتیجه گرفت در شرایط فعلی آزمایش این سطح کودی برای حصول حداکثر عملکرد ریشه مناسب‌ترین بوده و قابل توصیه است. نتیجه کلی این است که مزرعه مورد مطالعه نیاز به فسفردهی کافی داشته و لازمه مصرف پتاسیم و نیتروژن، کوددهی کافی فسفری می‌باشد.

### رابطه تعادل عناصر غذایی (NBI) با عملکرد ریشه (آزمایش اول)

یکی از ویژگی‌های سیستم دریس که توسط محققین دیگر گزارش شده رابطه معکوس بین شاخص تعادل غذایی (NBI) با عملکردها است. شاخص تعادل غذایی (NBI) پارامتر مناسبی است که از مجموع قدر



### شکل ۱ رابطه بین شاخص تعادل غذایی (NBI) با عملکرد ریشه در چغندر قند - آزمایش اول

#### آزمون نرم‌های دریس برای نیتروژن و نیترات (آزمایش دوم)

در تحقیق حاضر متوسط غلظت نیتروژن (N) و نیتروژن نیتراته ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) از مزارع با عملکرد زیاد به ترتیب ۳/۹۶ و ۰/۸۷۳ درصد به دست آمد (جدول ۱). برای آزمون صحت و دقت نرم‌های نیتروژن نتایج یک آزمایش کودی شامل چهار سطح کود نیتروژنه صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بر روی عملکرد ریشه چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج شامل سطوح تیمار کودی، ترکیبات شیمیایی گیاه، شاخص‌های دریس، شاخص تعادل غذایی، عملکرد ریشه و ترتیب نیاز غذایی در جدول ۴ ارائه گردیده است. با توجه به اهمیت نیترات در تفسیر نتایج در سه حالت مورد بحث قرار می‌گیرد. در حالت اول نیتروژن پهنک و در حالت دوم نیترات دم‌برگ و در حالت سوم نیتروژن پهنک و نیترات دم‌برگ تماماً در محاسبات منظور گردیده است. هر سه حالت به وضوح نشان داد هر چه مقدار نیتروژن بیشتر مصرف شود مقدار شاخص‌های نیتروژن کمتر خواهد شد و نرم‌های نیتروژن دارای دقت و صحت کافی برای ارزیابی وضعیت تغذیه از تی چغندر قند پائیزه هستند.

#### الف) تفسیر نتایج حالت اول

در این حالت با منظور نمودن نیتروژن پهنک تأثیر چهار سطح نیتروژن بر عملکرد ریشه مورد بحث قرار می‌گیرد (جدول ۴ آزمایش دوم - حالت اول).

در تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) نیتروژن کمترین شاخص را دارا بوده (۳۰-) و طبعاً محدودکننده‌ترین عنصر از میان سه عنصر مورد بررسی شناخته شده است. به دلیل مصرف کافی فسفر و پتاسیم شاخص مربوط به آن‌ها نیز هیچگاه معنی‌دار نبوده است، عملکرد محصول نیز کمترین مقدار و حدود ۷۰۸/۴۲ تن در هکتار بوده است.

در تیمار بعدی با مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص همچنان نیتروژن کمترین شاخص را داشته (۲۶-) ولی نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است. در این تیمار نیز شاخص‌های مربوط به فسفر و پتاسیم مثبت بوده است. عملکرد محصول نیز به ۶۱/۴۵۸ تن در هکتار افزایش یافته است.

در تیمار بعدی با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص همچنان کوچکترین شاخص را نیتروژن داشته (۱۷-) ولی نسبت به دو تیمار قبلی افزایش یافته است. مقدار NBI نیز به ۳۴ تنزل یافته و عملکرد نیز به ۷۲/۹۱۶ تن در هکتار افزایش یافته است.

در تیمار بعدی با مصرف ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص همچنان نیتروژن کوچکترین شاخص را داشته (۲۰-) و شاخص‌های فسفر و پتاسیم نیز مثبت بوده

۴۲/۷۰۸ تن در هکتار و NBI نیز ۱۰۶ و بیشترین مقدار را نشان داده است.

در تیمار با مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص شاخص نیترات کوچکترین مقدار را داشته (۲۹-) که نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است و عملکرد نیز به ۶۱/۴۵۸ تن در هکتار افزایش یافته و NBI نیز به ۷۹ کاهش یافته است.

در تیمار بعدی با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص شاخص نیترات ( $I_{NO_3}$ ) کوچکترین مقدار را داشته (۸-) و نسبت به دو تیمار قبلی افزایش زیادی را نشان داده است و عملکرد نیز به ۷۲/۹۱۶ تن در هکتار افزایش یافته و NBI نیز به ۳۴ تنزل یافته است.

در تیمار بعدی با مصرف ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص شاخص نیترات به صفر رسیده و عامل محدودکننده فسفر شناخته شده است. عملکرد نیز به بیشترین مقدار یعنی ۸۱ تن در هکتار و مقدار NBI نیز به کمترین حد خود یعنی ۱۱ تنزل یافته است.

بررسی ارتباط بین NBI و عملکرد ریشه نشان داد که ضریب همبستگی بین این دو صفت زیاد ( $r^2=0/97^*$ ) و از نظر آماری معنی‌دار است. این نتایج مؤید این نظریه است که پارامتر نیترات دم‌برگ برای تفسیر و تشخیص وضعیت نیتروژن بسیار مناسب است (Ulrich and Jackson 1991) (شکل شماره ۲ - ب آزمایش دوم - حالت دوم).

مقایسه این دو حالت نشان می‌دهد که در حالت اول هر دو پارامتر شاخص نیتروژن ( $I_N$ ) و شاخص

است. عملکرد محصول به ۸۱ تن در هکتار افزایش یافته است.

در چنین مواقعی که با مصرف زیاد نیتروژن عملکرد ریشه افزایش می‌یابد، برای تفسیر نتایج بهتر است از نرم‌هایی استفاده کرد که تولید کیفی را ارزیابی نماید. در تحقیق حاضر نرم‌های دریس برای ارزیابی تأثیر عناصر کودی بر عملکرد قند تعیین شده و در جدول ۲ منعکس شده است.

همان طوری که قبلاً اشاره شد، در بسیاری از موارد شاخص تعادل غذایی (NBI) با عملکرد ریشه دارای همبستگی هستند. ضریب همبستگی بین این دو صفت در حالت اول حدود ۷۶٪ بود ولی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود (شکل ۲- الف - آزمایش دوم - حالت اول).

### ب) تفسیر نتایج حالت دوم

در این حالت با منظور نمودن نیترات دم‌برگ چهار سطح نیتروژن مورد بحث قرار می‌گیرد. بدیهی است در این حالت شاخص نیترات و برگ ( $I_{NO_3}$ ) نظر گرفته می‌شود (جدول ۴ آزمایش دوم - حالت دوم). در تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن) کوچکترین شاخص را نیترات داشته (۵۳-) و محدودیت نیتروژن به وضوح مشاهده می‌شود. به دلیل مصرف کافی فسفر و پتاسیم، شاخص‌های مربوط به آن‌ها نیز مثبت بوده است. عملکرد محصول نیز کمترین مقدار

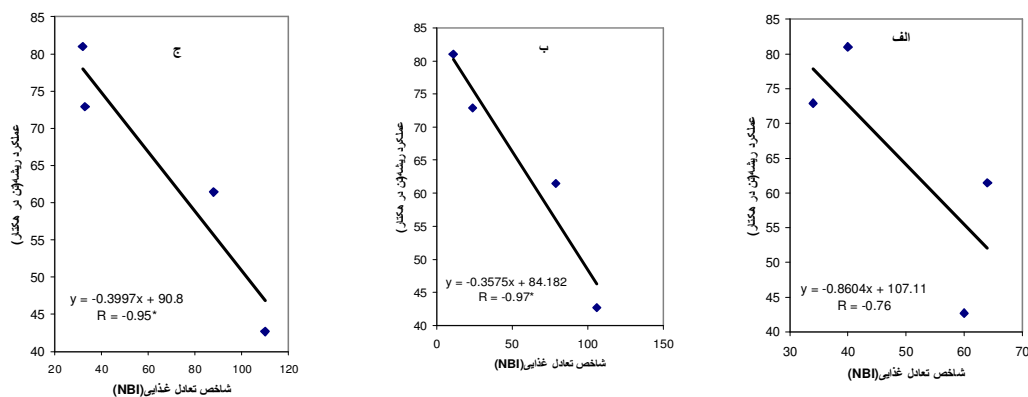
آمده است. مقایسه این دو نشان می‌دهد شاخص نیترات دمبرگ دارای روندی هماهنگ با افزایش کوددهی نیتروژنه است در صورتی که این هماهنگی در مورد شاخص‌های نیتروژن پهنک وجود ندارد. به عبارت دیگر پارامتر نیتروژن نیترات دمبرگ برای ارزیابی وضعیت تغذیه ازتی چغندرقد پاییزه مناسب‌تر است.

ضریب همبستگی بین NBI و عملکرد ریشه در این حالت خوب ( $r=0/95^*$ ) و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود که به نظر می‌رسد بخش زیادی از این همبستگی می‌تواند مربوط به منظور نمودن شاخص نیترات باشد. در شکل ۲- ج آزمایش دوم حالت سوم این همبستگی ارائه شده است.

تعادل غذایی (NBI) با سطوح کود نیتروژنی هماهنگی کاملی مشاهده نمی‌شود در صورتی که در حالت دوم هر دو پارامتر مذکور به‌طور کاملاً هماهنگ با سطوح کود نیتروژنی تغییر می‌یابد.

### تفسیر نتایج حالت سوم

در این حالت شاخص نیتروژن هم از طریق شاخص نیتروژن پهنک ( $I_N$ ) و هم به‌وسیله شاخص نیترات و برگ ( $I_{NO_3}$ ) به صورت توأم در نظر گرفته شد. این نتایج در انتهای جدول ۴ منعکس شده است. شاخص نیتروژن پهنک با مصرف نیتروژن از صفر تا ۲۷۰ کیلوگرم به ترتیب ۱۲-، ۱۲-، ۱۱- و ۱۶- و شاخص نیترات به ترتیب ۴۳-، ۳۱-، ۶- و ۲- به‌دست



شکل ۲ رابطه بین شاخص تعادل غذایی (NBI) با عملکرد ریشه چغندرقد: شکل الف- رابطه بین شاخص تعادل غذایی (NBI) با عملکرد ریشه چغندرقد- آزمایش دوم- حالت اول. شکل ب- رابطه بین شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) با عملکرد ریشه چغندرقد- آزمایش دوم- حالت دوم. شکل ج- رابطه بین شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) با عملکرد ریشه چغندرقد- آزمایش دوم- حالت سوم

جدول ۴ تشخیص نیاز غذایی چغندر قند مبتنی بر نرم‌های دریس

آزمایش	تیما	ترکیب شیمیایی گیاه (درصد)			شاخص‌های دریس			شاخص تعادل غذایی	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	ترتیب نیاز غذایی	
		K	P	N	I <sub>K</sub>	I <sub>P</sub>	I <sub>N</sub>				
آزمایش اول	P>K>N	۰	۰	۱۸۰	۰	-۳۹	۳۹	۷۸/۴	۵۳/۱۹۰	P>K>N	
	P>K>N	۹۰	۰	۱۸۰	-۱۶	-۳۷	۵۳	۱۰۶	۵۳/۴۲۰	P>K>N	
	P>K>N	۰	۰	۱۸۰	-۱۲	-۱۷	۲۹	۵۸	۶۹/۷۵۰	P>K>N	
	P>K>N	۹۰	۶۰	۱۸۰	۱۲	-۴۰	۲۸	۸۰	۶۷/۲۳۰	P>K>N	
	K>P>N	۰	۱۲۰	۱۸۰	-۴۵	۱۲	۳۴	۹۱	۵۸/۱۹۰	K>P>N	
	K>P>N	۹۰	۱۲۰	۱۸۰	-۱۹	-۹	۲۸	۵۶	۷۱/۷۵۰	K>P>N	
حالت اول	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۰	۲۶	۴	-۳۰	۶۰	۴۲/۷۰۸	N>P>K	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۹۰	۳۲	۶	-۲۶	۶۴	۶۱/۴۵۸	N>P>K	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۱۸۰	۱۷	۰	-۱۷	۳۴	۷۲/۹۱۶	N>P>K	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۲۷۰	۱۴	۰	-۲۰	۴۰	۸۱	N>P>K	
آزمایش دوم	تیما				I <sub>NO3</sub>	IP	IK	NBI	عملکرد ریشه	ترتیب نیاز	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۰	-۵۳	۱۱	۴۲	۱۰۶	۴۲/۷۰۸	NO3>P>K	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۹۰	-۳۹	۰	۴۰	۷۹	۶۱/۴۵۸	NO3>P>K	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۱۸۰	-۸	-۴	۱۲	۲۴	۷۲/۹۱۶	NO3>P>K	
P>NO3<K	۹۰	۱۵۰	۲۷۰	۰	-۵	۶	۱۱	۸۱/۰۰	P>NO3<K		
حالت سوم	تیما				I <sub>NO3</sub>	IP	IK	NBI	عملکرد ریشه	ترتیب نیاز	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۰	-۴۳	۵	۰/۳۱	۲/۳۶	-/۲۹	۱۱۰	
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۹۰	-۱۲	-۳۱	۵/۲۵	-/۲۸	۳/۳۶	-/۳۵	۸۸
	N>P>K	۹۰	۱۵۰	۱۸۰	-۱۱	-۶	۴/۲۵	-/۲۹	۳/۵۹	-/۳۴	۳۳
P>NO3<K	۹۰	۱۵۰	۲۷۰	-۱۶	۲	۴/۲۵	-/۳۲	۳/۶۴	۱/۳۲	۳۲	

## ارزیابی و کاربرد نرم‌های دریس برای عناصر

## کم‌مصرف

به‌منظور ارزیابی نرم‌ها و شاخص‌های دریس مرتبط با عناصر کم‌مصرف نتایج یک آزمایش کودی بر روی دو وارپته چغندر قند به شرح ذیل مورد آزمون قرار گرفت که نتایج آزمون صحت و دقت ارقام مرجع را تأیید می‌کند. تیمارهای آزمایش شامل: الف) تیمار کودی: ترکیب ۱۰+۲۰+۱۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب سولفات منگنز + سولفات روی + اسید بوریک؛ ب) تیمار شاهد: بدون استفاده از عناصر کم‌مصرف در آزمایش مذکور کودهای کم‌مصرف، نیتروژنی، فسفر و پتاسیم به‌صورت خاک کاربرد و

همزمان با کاشت مصرف شد. نتایج به‌طور کامل در جدول ۵ ارائه شده است. ذیلاً این نتایج بر کلیه عناصر مورد بحث قرار می‌گیرد.

## الف) رقم یک (رسول)

بررسی نتایج تجزیه برگ در تیمار شاهد وارپته یک نشان داد غلظت عناصر روی و بور به ترتیب ۴۹ و ۴۸/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است و از متوسط غلظت عناصر (نرم استاندارد) بیشتر بوده و به همین علت شاخص‌های آن‌ها یعنی I<sub>B</sub> و I<sub>Zn</sub> مثبت شده است می‌توان نتیجه گرفت نیازی به کوددهی عناصر روی و بور وجود ندارد در حالی که غلظت منگنز حدود ۴۹

گوگردی مصرف نشد ولی احتمال می‌رود وجود آنیون سولفات در کودهای سولفات روی و منگنز باعث افزایش غلظت گوگرد گردید و موجب افزایش شاخص آن شده باشد. از این نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که کودهای سولفات روی و منگنز می‌تواند تأمین‌کننده گوگرد مورد نیاز چغندر قند نیز باشد. اما نکته قابل توجه این است که اگرچه کود منگنز مصرف شد ولی شاخص آن همچنان کمترین بوده که به نظر می‌رسد با توجه به نیاز چغندر قند به عنصر منگنز مصرف خاکی ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز تأمین‌کننده این نیاز نبوده است و انتظار می‌رود با مصرف بیشتر منگنز، غلظت آن در گیاه افزایش بیشتری یابد و شاخص آن نیز مثبت‌تر شود و حتی عملکرد بیشتری به دست آید. نتایج کلی نشان می‌دهد با مصرف کودهای کم‌مصرف عملکرد از ۵۱ تن در هکتار با تیمار شاهد به ۵۴/۵ تن در هکتار با تیمار کودی افزایش یافته است. در واقع با مصرف کودهای کم‌مصرف تعادل عناصر غذایی (NBI) بهبود یافته و از ۹۸ در تیمار شاهد به ۷۰ در تیمار کودی کاهش یافت و به تبع آن عملکرد ریشه نیز افزایش نشان داد.

### رقم دو (شیرین)

بررسی نتایج تجزیه برگ در تیمار شاهد وارسته دو نشان داد (جدول ۵) غلظت روی و بور به ترتیب ۳۴ و ۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم است و تقریباً مساوی با متوسط غلظت این عناصر (نرم استاندارد) بود (جدول

میلی‌گرم در کیلوگرم بوده و نسبت به غلظت متوسط (نرم استاندارد) که حدود ۱۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم است خیلی کمتر بوده و به همین علت شاخص منگنز ( $I_{Mn}$ ) کمترین مقدار (۲۶-) شده است. انتظار می‌رود با کوددهی منگنز، عملکرد ریشه نیز افزایش یابد. بعد از منگنز، غلظت مس، گوگرد و آهن نیز از نرم استاندارد (به ترتیب ۱۶/۵، ۰/۵۲ و ۳۶۱) خیلی کمتر بوده است و شاخص‌های آن‌ها نیز به ترتیب ۹-، ۹- و ۵- شده است. بنابراین مزرعه نیاز به کوددهی مس و گوگرد و آهن هم دارد (جدول ۵).

شاخص پتاسیم ( $I_K$ ) بیشترین مقدار بوده (۱۷) و می‌توان نتیجه گرفت که نیاز بیشتری به کوددهی پتاسیم وجود ندارد. ترتیب نیاز غذایی، عملکرد ریشه و NBI در جدول ۵ ارائه گردیده است.

در تیمار کودی وارسته یک با مصرف کودهای کم‌مصرف (Mn + Zn + B) غلظت منگنز، روی و بور به ترتیب به ۶۱، ۳۲ و ۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافته است و شاخص روی و بور مثبت بود ولی شاخص منگنز ( $I_{Mn}$ ) همچنان کمترین بود (۱۹-) ولی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است. غلظت مس و آهن نیز از متوسط غلظت این عناصر (نرم استاندارد) کمتر بود و به همین علت شاخص‌های آن‌ها نیز منفی شده است (به ترتیب ۸- و ۶-) و انتظار می‌رود با مصرف کودهای حاوی این عناصر افزایش عملکرد بیشتری به دست آید. ولی غلظت گوگرد نیز به ۰/۴۷۸ درصد افزایش یافت و شاخص آن ۲+ شده است. اگرچه کود

به‌طور کلی عملکرد به‌دست آمده از تیمار شاهد ۴۶ تن در هکتار بود و انتظار می‌رود با مصرف کودهای حاوی فسفر، منگنز، مس و گوگرد افزایش یابد. مقدار NBI نیز ۹۶ شده است.

در تیمار کودی وارپته دو با مصرف کودهای کم‌مصرف (Mn +Zn +B) غلظت منگنز، روی و بور در گیاه به ترتیب ۹۴، ۲۹/۵ و ۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم شد که غلظت منگنز نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته و شاخص آن نیز به صفر رسیده است ولی غلظت روی و بور نسبت به شاهد افزایشی را نشان نداد. شاخص‌های آن‌ها به ترتیب +۵ و +۳ شد که بیان‌گر عدم نیاز کودهای حاوی این عناصر می‌باشد. اما عملکرد حاصله از تیمار کودی ۴۹ تن در هکتار بود که نسبت به تیمار شاهد با ۴۶ تن در هکتار افزایش داشته است بنابراین با توجه به این که غلظت روی و بور در تیمار شاهد وارپته دو در حد کفایت بوده پس افزایش عملکرد به‌دست آمده بیشتر مربوط به مصرف سولفات منگنز بوده است. در واقع این منبع کودی توانسته است هم غلظت منگنز و هم گوگرد موردنیاز چغندر قند را تأمین کند مضاف بر این که مقداری از گوگرد توسط سولفات روی نیز تأمین شده است و در نتیجه تعادل غذایی بهبود یافته و عملکرد افزایش یافته است، به‌طوریکه NBI در تیمار شاهد ۹۶ بوده و با مصرف کودهای کم‌مصرف به ۷۰ بهبود یافته است.

نکته قابل توجه در مورد فسفر این است که علی‌رغم مصرف یکنواخت فسفر در کل مزرعه کمبود

(۱). نرم استاندارد برای روی ۳۴ و بور ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. به همین علت شاخص‌های آن‌ها یعنی  $I_B$  و  $I_{Zn}$  نیز مثبت شد (به ترتیب +۱۱ و +۸) و می‌توان توصیه کرد که نیازی به کوددهی این عناصر وجود ندارد. غلظت منگنز ۶۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و نسبت به نرم استاندارد ۱۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم کمتر است و به همین علت شاخص منگنز بعد از فسفر کمترین شده (۱۳-) و انتظار می‌رود با مصرف کود منگنز عملکرد افزایش یابد. غلظت مس و گوگرد به ترتیب ۱۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۰/۳۳۷ درصد بود و از نرم استاندارد یعنی ۱۶/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۰/۵۲۰ درصد کمتر شده است و به همین دلیل شاخص‌های آن‌ها نیز منفی و به ترتیب -۱۱ و -۸ است و انتظار می‌رود با مصرف این عناصر کودی عملکرد بهبود یابد. اما نکته قابل توجه در تیمار شاهد این است که غلظت فسفر برگ ۰/۱۸ درصد و از نرم استاندارد ۰/۲۷ درصد فاصله زیادی دارد و به همین علت کمترین شاخص مربوط به فسفر بوده (۱۶-) و پرنیازترین عنصر برای افزایش عملکرد شناخته شده است. به عبارت دیگر برای افزایش عملکرد، کوددهی فسفوری نسبت به مصرف کم‌مصرف ارجحیت دارد.

غلظت پتاسیم در تیمار شاهد نیز در حد کافی بود ( $K=۳/۴۹\%$ ) و شاخص آن نیز بیشترین شد (۱۷) و می‌تواند نتیجه گرفت نیاز بیشتری به مصرف کود پتاسیم نیست.



آن به شدت ظهور کرده است. در این تیمار فسفر کمترین شاخص را دارا بوده (۱۱-) و محدودکننده ترین عنصر تشخیص داده شده است. در تیمار شاهد واریته ۲ نیز فسفر کمترین شاخص را داشت و محدودیت آن واضح تر از سایر عناصر بود. بنابراین اگرچه هدف از کوددهی عناصر کم مصرف افزایش عملکرد بود ولی محدودیت فسفر مانع از دست یافتن به افزایش قابل ملاحظه عملکرد شد. بهترین گواه مقدار عملکردهای به دست آمده از واریته دو می باشد. عملکردهای به دست آمده از واریته یک (شاهد و تیمار کودی) به ترتیب ۵۱ و ۵۴/۵ تن در هکتار بود ولی عملکردهای حاصله از واریته دو (شاهد و تیمار کودی) به ترتیب ۴۶ و ۴۹ تن در هکتار بود. مقایسه این دو سری عملکرد با مقدار غلظت فسفر گیاه و شاخص های مربوط به آنها نشان می دهد که به طور کلی برای واریته اول کمبود فسفر وجود نداشته و در نتیجه سطح عملکردها بیشتر شد در حالی که برای

واریته دوم کمبود فسفر وجود داشته و عملکرد به سطح کمتری تنزل یافت. کاهش جذب فسفر در واریته دو می تواند مربوط به عوامل متعددی باشد اما با توجه به این که کوددهی فسفر برای هر دو واریته یکسان بوده است به نظر می رسد واریته دو کارایی جذب فسفر کمتری داشته باشد و لازم است در مطالعاتی جداگانه این موضوع بررسی شود. در واقع اگرچه میزان فسفر قابل جذب خاک آزمایش برای هر دو واریته حدود ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم بوده ولی کارایی جذب واریته دوم کمتر است. نتیجه کلی این است که در برنامه کودی آتی واریته دوم؛ اولاً کوددهی فسفر افزایش یابد، ثانیاً مقدار مصرف سولفات منگنز تا سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یابد. ثالثاً با توجه به غلظت کم مس در گیاه کوددهی مس نیز مدنظر قرار گیرد. رابعاً نیاز به مصرف بیشتر کودهای حاوی بور، روی و پتاسیم وجود ندارد.

جدول ۵ تشخیص وضعیت تغذیه چغندر قند برای عناصر پرمصرف و کم مصرف

تیمار	ترکیبات شیمیایی برگ				شاخص های دریس										عملکرد ریشه (تن/هکتار)	شاخص تعادل غذایی (NBI)	ترتیب نیاز غذایی				
	N%	P%	K%	S%	منگنز	آهن	مس	بور	روی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	گوگرد	منگنز				آهن	مس	بور	روی
شاهد (واریته ۱)	۳/۸۵	۰/۲۸	۳/۴۹	۰/۳۱۴	۴۹	۲۳۷	۱۰/۵	۴۸/۵	۴۹	۸	۹	۱۷	-۹	-۲۶	-۵	-۹	۱۳	۲	۵۱	۹۸	Mn>S=Cu>Fe>Zn>N>P>B>K
Mn+Zn+B (واریته ۱)	۳/۴۷	۰/۲۵	۳/۴۹	۰/۴۷۸	۶۱	۲۳۳	۱۱/۵	۵۸	۳۲	-۲	۰	۱۱	۲	-۱۹	-۶	-۸	۱۶	۶	۵۴/۵	۷۰	Mn>Cu>Fe>N>P>S>Zn>K>B
شاهد (واریته ۲)	۳/۷۲	۰/۱۸	۳/۴۹	۰/۳۳۷	۶۷/۵	۳۵۵	۱۰/۵	۴۴	۳۴	۵	-۱۶	۱۴	-۸	-۱۳	۱۰	-۱۱	۸	۱۱	۴۶	۹۶	P>Mn>Cu>S>N>B>Fe>Zn>K
Mn+Zn+B (واریته ۲)	۳/۶۴	۰/۱۹	۳/۰۳	۰/۴۰۸	۹۴	۳۰۰	۱۰/۵	۳۹	۲۹/۵	۴	-۱۱	۷	-۱	۰	۳	-۱۰	۳	۵	۴۹	۴۴	P>Cu>S>Mn>Fe>B>N>Zn>K

## نتیجه گیری و پیشنهادات

نظر عملکرد ریشه و عملکرد قند تعیین گردید. این نرمها در جداول ۱ و ۲ ارائه گردیده اند. با توجه به این که این نرمها از یک بانک اطلاعاتی بزرگ حاوی

۱- دو سری نرم استاندارد دریس و هر کدام به تعداد ۵۵ نرم برای ارزیابی وضعیت تغذیه چغندر قند پاییزه از

تقریباً ۵۵۰۰ داده از ۳۸۳ مزرعه طی سه سال از مزارع مختلف با تنوع واریته، مدیریت‌های زراعی و شرایط متغیر آب و هوایی سالیانه تهیه شده‌اند. بنابراین دارای جامعیت منحصر به فردی است که می‌تواند در ارزیابی و کوددهی چغندر قند پاییزه با اطمینان مورد استفاده قرار گیرد.

۲- نرم‌های استاندارد دریس برای نه عنصر ازت، فسفر، پتاسیم، گوگرد، بور، منگنز، روی، آهن و مس تهیه شده است. نتایج نشان داد در مواقعی که ارزیابی وضعیت کوددهی نیتروژن مدنظر است بهتر است از نرم‌هایی که

نیتروژن نیتراتی دمبرگ ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) در آن منظور شده استفاده گردد.

۳- نتایج آزمون نرم‌های استاندارد دریس نشان داد که این نرم‌ها دارای صحت، دقت و ارزشمندی کافی برای بیان وضعیت تغذیه چغندر قند پاییزه هستند.

۴- هم چنین نتایج نشان داد شاخص تعادل غذایی (NBI) می‌تواند یک پارامتر مناسب برای ارزیابی وضعیت تغذیه چغندر قند پاییزه باشد و پیشنهاد می‌گردد در ارزیابی‌ها مدنظر قرار گیرد.

## References:

## منابع مورد استفاده:

- اسماعیلی، م. ا. گلچین و درودی م. س. ۱۳۷۹. تعیین حد متعادل عناصر غذایی در سیب به روش DRIS. مجله خاک و آب. جلد ۱۲، شماره ۸، صفحه ۲۲.
- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران.
- دریاشناس، ع. م. و رستگار ح. ۱۳۸۱. تعیین حد متعادل عناصر غذایی در مرکبات جنوب کشور با روش DRIS. نشریه فنی ۱۱۳۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- سجادی، ا. ا. ۱۳۷۵. گزارش نهایی طرح تعیین حد متعادل عناصر غذایی در چغندر قند با روش دریس. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه ۹۸۴.
- گودرزی، ک. ا. ۱۳۸۱. تعیین حد متعادل عناصر غذایی در انگور به روش دریس، گزارش نهایی شماره ۷۴۳/۸۱ مرکز اسناد و مدارک علمی و تحقیقاتی، سازمان تات.
- ملکوتی م. ج. ۱۳۷۹. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

Beverly RB. Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and sufficiency range diagnoses for wheat, corn, and alfalfa. Commn. In Soil Sci. and Plant Anal. 1993; 24: 5-6, 487-501.

- Elwali AMO, Gascho GJ. Sugarcane reponse to P, K, and DRIS corrective treatments on florida histosols. Agr. 1983; J. 75: 79-82.
- Elwali AMO, Gascho GJ, Sumner ME. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. Agron. J. 1985; 77: 506-508.
- Fageria NK, Baligar VC, Jones CA. Growth and mineral nutrition of field crop. Marcel Dekker, 1991, New York.
- Khiari L, Parent LE, Tremblay N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 2001a; 93: 809-814.
- Khiari L, Parent LE, Tremblay N. The phosphorus nutrient diagnosis range for potato. Agron. J. 2001b ; 93: 815-819.
- Letzsch WS, Sumner ME. Computer program for calculating DRIS indices. Comun. Soil Sci. Plant Anal. 1983; 14 (9): 811-815.
- Meldal-Johnsen A, Sumner ME. Foliar diagnostic norms for potatoes. J. Plant Nutr. 1980; 2 (25): 569-576.
- Moreno JJ, Lucena JJ, Carpena O. Effect of the iron supply on the nutrition of different citrus variety / root stock combination using DRIS. J. Plant Nutr. 1996; 19: 5, 689-704.
- Parent LE, Isfan D, Tremblay N, Karam A. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1994; 119: 3, 420-426.
- Raghupathi HB, Bhargava BS. Leaf and soil nutrient diagnostic norms for pomegranate (*Punica granantum* L.). J. Indian Soc. Soil SCI. 1998a ; 46: 412-416.
- Schaller K, Lohnertz O, Michel M, Taglivaini M, Neilsen GH, Millard P. Mineral nutrition of deciduous fruit plants, Acta-Horticulture, 1995; 383: 171-189.
- Soltanpour PN, Malakouti MJ, Ronaghi A. Comparison of diagnosis and recommendation in integrated system and nutrient sufficiency range for corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 1995; 59: 10. 133-139.

- Sumner ME. Advances in the use and application of plant analysis. Comm. in Soil Sci. and Plant Anal., 1990; 21: (13-16): 1409-1430.
- Szucs E, Kallay T. Determination, of fruiting capacity of apple trees (*Malus domestica*) by DRIS. Proceedings of the eleventh International Plant Nutrition Colloquium, Wageningen, Netherlands. 1990; 717-721.
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. Soil fertility and fertilizer. Macmillan USA. 1993; 648.
- Ulrich A, Hills J. Plant Analysis as an Aid in fertilizing Sugar beet. 1991; 430-446. in: R. L. Westerman (ed). Soil Testing and Plant Analysis SSSA Book Series: 3. Madison, WI.
- Walworth JL, Letsch WS, Sumner ME. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. Soil Sci. Soc. Am. J., 1986; 50 (1): 123-128.