

## تعیین و اعتبارسنجی نرم‌های تشخیص عناصر غذایی برای گندم در منطقه مغان

ابولفضل گیگلوئی، عادل ریحانی تبار<sup>1</sup> و نصرت‌اله نجفی

دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ abolfazl.geikloo@gmail.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ areyhani@tabrizu.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ nanajafi@yahoo.com

دریافت: 97/3/7 و پذیرش: 97/5/24

### چکیده

سیستم تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) و روش انحراف از درصد بهینه (DOP) برای تفسیر نتایج حاصل از تجزیه برگ استفاده می‌شود. در این تحقیق نمونه‌های برگ از 98 مزرعه گندم در منطقه مغان استان اردبیل در سال زراعی 93-94 جمع‌آوری شد. غلظت عناصر غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، روی (Zn)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مس (Cu) و بور (B) اندازه‌گیری شد. پس از گروه‌بندی مزارع نمونه‌برداری شده به دو گروه عملکردی بالا و پایین با استفاده از میانگین عملکرد، شاخص‌های DOP و DRIS محاسبه شدند. بر اساس میانگین شاخص‌ها، ترتیب نیاز عناصر غذایی برای مزارع با عملکرد پایین در روش DOP به صورت  $Zn > Cu > Fe > Mn > P > N > B > K > Mg > Ca$  و در روش DRIS به صورت  $Zn > Cu = Fe = Mn > P = N > B > K > Mg > Ca$  تعیین گردید. با توجه به منفی شدن شاخص‌های عناصر غذایی کم مصرف (Cu, Zn, Fe, Mn) در مزارع گندم، آزمون اعتبارسنجی مزرعه‌ای با محلول‌پاشی این عناصر در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در دو مزرعه با تعداد کل 96 کرت در سال زراعی 95-1394 اجرا گردید. نتایج آزمون نشان داد که شاخص‌های DRIS و DOP به طور چشم‌گیری کاهش پیدا کردند و عناصر غذایی کم مصرف از اولویت‌های اول نیازمندی به اولویت‌های انتهایی منتقل شدند که نشان دهنده افزایش غلظت این عناصر غذایی در بافت‌های گیاهی و متعادل‌تر شدن غلظت عناصر غذایی بود. بعد از محلول‌پاشی عناصر کم مصرف ترتیب نیاز به عناصر غذایی در روش DRIS به صورت  $Mg > N > Mn > P > K = Fe = Cu > B > Mn = Zn > Ca = Cu$  و در روش DOP ترتیب  $Mg > P > N = K > Fe = B > Mn = Zn > Ca = Cu$  حاصل گردید. تیمار عناصر غذایی کم مصرف در آزمون اعتبارسنجی با متعادل سازی عناصر غذایی منجر به افزایش 28 درصدی در عملکرد شد. چون در منطقه مغان عناصر غذایی کم مصرف به ویژه Zn در اولویت‌های نخست کمبود قرار دارند، بنابراین، برای گندم در این منطقه، همراه با مصرف کودهای فسفر و نیتروژن، عناصر غذایی کم مصرف نیز باید مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: دشت مغان، وضعیت تغذیه‌ای، عناصر غذایی کم مصرف

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک

## مقدمه

گندم مهمترین محصول غذایی برای بیش از یک سوم جمعیت جهان می‌باشد و بیشتر از بقیه غلات در تأمین کالری و پروتئین رژیم غذایی مردم جهان شرکت دارد (کومار و همکاران، 2011). گندم روزانه حدود 47 درصد از کالری مصرفی مردم کشور ما را تأمین می‌کند و با متوسط 8/2 میلیون هکتار سطح زیرکشت، تولید آن به حدود 14/5 میلیون تن در سال زراعی 94-95 رسید (احمدی و همکاران، 1396).

تغذیه متعادل گندم علاوه بر افزایش عملکرد، سبب مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری‌ها شده و غنی‌سازی دانه گندم را در پی دارد. ارائه یک روش بهینه برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای گیاه، هدف بسیاری از محققان تغذیه گیاهی است. روش‌های کنونی شامل آزمون خاک و تجزیه گیاه می‌باشند. تجزیه گیاه نسبت به آزمون خاک، روش مستقیم ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه است. به دلیل طبیعت دینامیک ترکیب بافت برگ، غلظت عناصر به شدت توسط سن برگ، مرحله بلوغ و اثر متقابل عناصر غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (هال مارک و بیورلی، 1991). از روش‌های رایج برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه، سیستم تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS)<sup>1</sup> (بیوفیلز، 1973) و روش انحراف از درصد بهینه (DOP)<sup>2</sup> (مونتانس و همکاران، 1993) هستند. در روش DRIS با در نظر گرفتن شکل‌های بیان دو عنصری مانند نسبت نیتروژن به فسفر (N/P)، نیتروژن به پتاسیم (N/K) و ... تا حدود زیادی اثرات متقابل عناصر غذایی منظور شده است. در واقع در این روش شاخص هر عنصر غذایی میانگینی از نسبت‌های دو عنصری می‌باشد که تعادل نسبی عناصر غذایی و هم چنین ترتیب نیازمندی عناصر غذایی را نشان می‌دهد (مئورائو، 2004). اما روش DRIS برای تعیین نرم‌های معتبر به اطلاعات وسیعی نیاز دارد و جمع‌آوری این اطلاعات در عمل هزینه بالایی دارد و به این دلیل روش ساده و کاربردی انحراف از درصد بهینه (DOP) پیشنهاد گردیده است (ملکوتی و همکاران، 1384). در این روش برای هر عنصر غذایی شاخص‌های مثبت، منفی یا صفر که به ترتیب بیانگر زیادی، کمبود یا غلظت مناسب عنصر غذایی در گیاه است محاسبه می‌شود. در این صورت عدد صفر بیانگر حالت تعادل و هرچه عدد بزرگتر شود، نشان‌دهنده انحراف بیشتر از حالت تعادل می‌باشد (دردی‌پورو

همکاران، 1391 و مونتانس و همکاران، 1993). صمدی و مجیدی (1389) با استفاده از روش DRIS و DOP اعداد مرجع عناصر غذایی انگور سفید بیدانه استان آذربایجان غربی را تعیین کردند. نتایج آنان نشان داد که در هر دو روش عناصر غذایی منیزیم و روی دارای منفی‌ترین شاخص بودند. میران و صمدی (1391) نیز وضعیت تغذیه‌ای چغندرقد را با استفاده از دو روش DRIS و DOP در استان آذربایجان غربی بررسی و گزارش کردند که براساس شاخص‌های DRIS و DOP به ترتیب فسفر و مس منفی‌ترین شاخص‌ها را داشتند. فیضی‌زاده و صمدی (1395) برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای پیاز (*Allium cepa* L.) استان آذربایجان غربی شاخص‌های روش انحراف از درصد بهینه و روش تلفیقی تشخیص و توصیه را تعیین و مقایسه کردند. مقایسه شاخص‌های DRIS با شاخص‌های DOP توسط این محققان نشان داد که در هر دو شاخص عناصر کلسیم، پتاسیم و مس منفی‌ترین شاخص در مزارع با عملکرد کم بودند که حاکی از تشابه زیاد بین دو روش در تفسیر نتایج تجزیه برگ بود. دریاشناس و رضایی (1389) با انجام آزمایش کودی برای تعیین صحت و دقت شاخص‌های DRIS تعیین شده برای چغندرقد پاییزه در استان خوزستان دریافتند که با مصرف عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف عملکرد چغندرقد پاییزه و وضعیت عناصر غذایی متعادل‌تر گردید. قریشی و همکان (1396) با ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه با استفاده از روش DRIS در آذربایجان غربی نتیجه‌گیری کردند که در بین عناصر غذایی پرمصرف، نیتروژن و در بین عناصر غذایی کم‌مصرف، روی دارای منفی‌ترین شاخص بودند. باتوجه به شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، اقلیم و میزان و نوع مصرف کودهای شیمیایی اطلاعات منتشر شده‌ای در مورد استفاده از روش‌های DRIS و DOP برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گندم در منطقه مغان موجود نیست و لذا هدف این پژوهش تعیین شاخص‌های این دو روش و مقایسه آنها و تعیین اولویت نیاز عناصر غذایی در این منطقه بود.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزارع گندم شرکت کشت و صنعت مغان در استان اردبیل در سال زراعی 94-93 انجام گردید. اراضی مذکور در موقعیت جغرافیایی 39 درجه و 23 دقیقه تا 39 درجه و 42 دقیقه عرض شمالی و 47 درجه و 25 دقیقه تا 48 درجه و 23 دقیقه طول شرقی واقع شده است. نمونه‌برداری تصادفی و مرکب خاک از عمق 0-30 سانتی متری 96 مزرعه انجام و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی با روش‌های رایج استاندارد (علی‌احیایی و

<sup>1</sup> Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)

<sup>2</sup> Deviation from Optimum Percentage (DOP)

عناصر غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، مس (Cu) و بور (B) تعیین گردید (امامی، 1375). عملکرد دانه گندم برای مزارع از اداره زراعی شرکت کشت و صنعت مغان به دست آمد. برای تفکیک جامعه عملکردی به دو گروه عملکرد بالا و پایین از میانگین کل نمونه‌ها استفاده شد (والورث و سامنر، 1987).

بهبهانی‌زاده، 1372) تعیین شدند (جدول 1). توزیع کلاس بافت خاک در مزارع مورد مطالعه به صورت رسی (34%)، لوم رسی (31%)، رس سیلتی (14%)، لوم رس سیلتی (13%) و لوم (8%) بود. برای انجام تجزیه برگ تعداد 60-50 عدد برگ پرچم (GS 39) به طور تصادفی از هر مزرعه در طول فروردین ماه در سال زراعی 93-94 نمونه برداری شد و به روش‌های رایج آزمایشگاهی غلظت

جدول 1- برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک در مزارع گندم

Na <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Total N	CaCO <sub>3</sub>	OC	EC	pH	
(g/kg)							(dS/m)	
0/7±0/2	1/9±0/7	11/7±2/1	0/9±0/3	103/3±40	9/8±3/8	1/17±0/46	7/3±0/17	SD± میانگین
(mg/kg)								
	B <sup>+</sup>	Zn <sup>+</sup>	Fe <sup>+</sup>	Mn <sup>+</sup>	Cu <sup>+</sup>	P <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
	1/19±0/6	0/52±0/24	4/81±2/15	5/25±1/45	2/4±1	17±5/2	760±226	SD± میانگین

‡: قابل تبادل      †: قابل دسترس SD: انحراف استاندارد

فقط شاخص مربوط به آن عنصر تغییر می‌کند و در شاخص سایر عناصر تغییری ایجاد نمی‌شود (مونتانس و همکاران، 1993).

در این پژوهش محاسبه‌های مربوط به تعیین شاخص‌های DRIS و DOP با استفاده از نرم افزار EXCEL 2013 انجام شد. مدل رگرسیون بین DRIS و DOP با استفاده از نرم افزار SPSS V.23 انجام شد. (1)

$$\text{if } \frac{A}{B} > \frac{a}{b} \rightarrow f\left(\frac{A}{B}\right) = \left(\frac{\frac{A}{B}}{\frac{a}{b}} - 1\right) \cdot \frac{1000}{CV}$$

$$A \text{ index} = \left[ f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{A}{C}\right) + f\left(\frac{A}{D}\right) \dots + f\left(\frac{A}{N}\right) \right]$$

$$\text{; if } \frac{A}{B} < \frac{a}{b} \rightarrow f\left(\frac{A}{B}\right) = \left(1 - \frac{\frac{A}{B}}{\frac{a}{b}}\right) \cdot \frac{1000}{CV}$$

$$B \text{ index} = \left[ -f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{B}{C}\right) + f\left(\frac{B}{D}\right) \dots + f\left(\frac{B}{N}\right) \right]$$

Z

(2)

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

#### اعتبارسنجی مزرعه‌ای

بعد از محاسبه شاخص‌های تعادل عناصر غذایی و ترتیب نیازمندی عناصر غذایی در مزارع نمونه برداری شده، برای اعتبارسنجی شاخص‌های حاصل، در سال زراعی 94-95 آزمایش مزرعه‌ای با محلول پاشی عناصر غذایی کم مصرف روی، آهن، منگنز و مس انجام شد. دو آزمایش مزرعه‌ای جداگانه به صورت فاکتوریل (چهار فاکتور عناصر غذایی کم مصرف در دو سطح) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و تیمارهای روی (0 و 0/3 درصد)، آهن (0 و 0/3 درصد)، منگنز (0 و 0/1 درصد) و

#### تعیین نرم عناصر غذایی

برای انتخاب نرم‌ها یا نسبت عناصر غذایی مرجع از آزمون F استفاده شد که به صورت نسبت واریانس فرم-های بیان عناصر غذایی در جامعه گیاهی غیرمرجع  $\left(S^2\left(\frac{A}{B}\right)\right)$  به جامعه گیاهی مرجع  $\left(S^2\left(\frac{a}{b}\right)\right)$  تعریف و از بین دو نسبت  $\frac{A}{B}$  یا  $\frac{a}{b}$  نسبت‌های با حداکثر مقدار F  $\left(\frac{S^2\left(\frac{A}{B}\right)}{S^2\left(\frac{a}{b}\right)} > \frac{S^2\left(\frac{B}{A}\right)}{S^2\left(\frac{b}{a}\right)}\right)$  انتخاب می‌شوند (سیلوپرا و همکاران، 2005).

#### تعیین شاخص‌های عناصر غذایی سیستم تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS)

شاخص‌های DRIS برای عناصر غذایی به صورت ذیل محاسبه گردیدند (بیوفیلز، 1973). که  $\frac{A}{B}$  نسبت غلظت دو عنصر در نمونه مطالعاتی و  $\frac{a}{b}$  مقدار بهینه (نرم) آن نسبت در بافت مورد نظر می‌باشد. CV ضریب تغییرات مربوط به داده‌های جامعه مرجع (داده‌های نرم) و  $f\left(\frac{A}{B}\right)$  تابع نسبت دو عنصر غذایی A و B می‌باشد. شاخص‌های انحراف از درصد بهینه (DOP)

این شاخص‌ها به صورت درصد انحراف غلظت یک عنصر از غلظت بهینه (مقدار مرجع) تعریف می‌شوند (رابطه 2): که C و C<sub>ref</sub> به ترتیب غلظت عنصر مورد نظر در نمونه گیاهی و غلظت بهینه همان عنصر غذایی بر حسب درصد ماده خشک می‌باشد. در این مطالعه میانگین غلظت عناصر غذایی در جامعه گیاهی با عملکرد بالا به عنوان ارقام مرجع برای محاسبه شاخص‌های DOP استفاده شد. هر شاخص DOP وضعیت تغذیه‌ای یک عنصر غذایی معین را نشان می‌دهد و با تغییر یک عنصر

بیشترین نسبت واریانس (8/34) را داشتند. بنابراین در مورد فرم بیان K/Zn جامعه دارای عملکرد پایین، پراکنش داده‌های بیشتری نسبت به جامعه با عملکرد بالا دارد. از طرفی کمترین درصد ضریب تغییرات (3/33%) به نسبت P/K و بیشترین ضریب تغییرات (71/90%) به نسبت دوتایی Fe/B تعلق گرفت. با توجه به ضرایب تغییرات حاصله، در مطالعه تعادل عناصر غذایی گندم نرم‌های مربوط به Fe در مقایسه با نرم‌های سایر عناصر غذایی دقت کمتری داشتند.

در روش DRIS، پس از محاسبه توابع نسبت دو عنصر غذایی  $(f(\frac{A}{B}))$  با استفاده از رابطه (2) شاخص‌های 10 عنصر غذایی محاسبه و در جدول (4) گنجانده شده است. شاخص‌های DRIS برای نمونه‌های با عملکرد کم محاسبه می‌شود که این شاخص‌ها ترتیب نیاز مندی و میزان تعادل عناصر غذایی را نمایش می‌دهند. با توجه به میانگین شاخص‌های عناصر غذایی DRIS و DOP (شکل 1) ترتیب نیازمندی عناصر غذایی در منطقه مورد مطالعه برای دو روش DRIS و DOP به ترتیب به صورت زیر بود:  $Zn > Cu = Fe = Mn > P = N > B > K > Mg > Ca > Zn > Cu > Fe = Mn > P > N > K = Ca > Mg > B$ .

غلظت‌های تعادلی عناصر غذایی در نمونه‌های گیاهی زیرگروه با عملکرد پایین از طریق رابطه رگرسیونی بین غلظت

عناصر غذایی و شاخص DRIS و DOP هر عنصر غذایی تعیین گردید (جدول 5). با توجه به شیب مثبت معادلات رگرسیونی ایجاد شده، با افزایش غلظت عناصر غذایی، تمام شاخص‌های DRIS و DOP افزایش می‌یابند.

مس (0 و 0/1 درصد) (ملکوتی و طهرانی، 1378) در سه تکرار با تعداد کل 96 کرت اجرا گردید. در هر آزمایش برای 16 تیمار ایجاد شده محلول‌پاشی عناصر غذایی با کلات EDTA (اتیلن دی آمین تترا استیک اسید) آهن، روی، منگنز و مس در دو مرحله پنجه‌دهی و رشد طولی ساقه انجام شد. بعد از نمونه‌برداری از برگ پرچم، غلظت عناصر غذایی در آزمایشگاه با روش‌های شیمیایی رایج تجزیه گیاه اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). در انتهای فصل رشد نیز عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

## نتایج

### شاخص عناصر غذایی DRIS و DOP

میانگین عملکرد برای تمام مزارع مورد نظر 4042 کیلوگرم در هکتار به عنوان معیار تفکیک نمونه‌ها به دو گروه عملکردی بالا و پایین تعیین گردید که بر اساس آزمون تی این اختلاف از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین عملکرد و غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده بین دو گروه عملکردی بالا و پایین با استفاده از آزمون تی نشان داد که اختلاف میانگین غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف و عملکرد در بین دو گروه عملکردی ذکر شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). مطابق روش DRIS از 10 عنصر غذایی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های گیاهی، 90 نسبت دو گانه حاصل گردید که براساس نسبت حداکثر واریانس 45 نسبت انتخاب شد. میانگین، انحراف استاندارد، ضریب تغییرات و نسبت واریانس زیرگروه با عملکرد پایین به زیرگروه با عملکرد بالا در جدول (3) ارائه شده است. در بین فرم‌های بیان ارائه شده، کمترین نسبت واریانس (0/37) و K/Zn

جدول 2- مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی برگ بین دو عملکردی بالا و پایین با آزمون تی

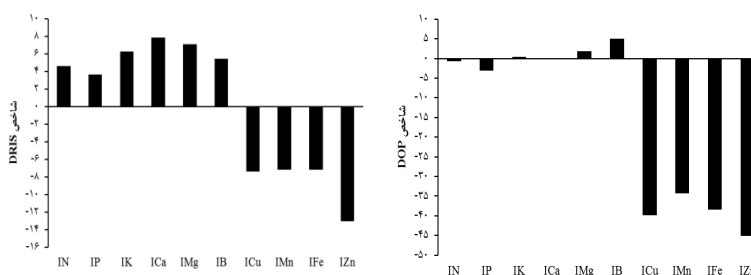
آزمون تی	گروه عملکردی پایین (n=76)		گروه عملکردی بالا (n=20)		
	CV%	SD ± میانگین	CV%	SD ± میانگین	
0/00**	26/5	3624±961	6/5	4042±366	عملکرد (kg/ha)
0/913 <sup>ns</sup>	19/2	2/44±0/47	31/4	2/42±0/76	نیترژن (%)
0/574 <sup>ns</sup>	21/6	0/37±0/08	23/2	0/39±0/09	فسفر (%)
0/961 <sup>ns</sup>	27/9	2/33±0/65	26/7	2/32±0/62	پتاسیم (%)
0/984 <sup>ns</sup>	22/9	0/61±0/14	26/2	0/61±0/16	کلسیم (%)
0/790 <sup>ns</sup>	27/5	0/58±0/16	21/0	0/57±0/12	منیزیم (%)
0/00**	32/3	5/99±1/94	46/0	9/86±4/54	مس (mg/kg)
0/00**	18/9	16/31±3/09	29/7	24/61±7/32	منگنز (mg/kg)
0/00**	35/3	70/38±24/89	48/1	113/54±54/71	آهن (mg/kg)
0/00**	36/3	6/66±2/42	48/3	12/01±5/81	روی (mg/kg)
0/617 <sup>ns</sup>	38/0	6/42±2/44	38/2	6/12±2/34	بور (mg/kg)

CV: ضریب تغییرات، SD: انحراف معیار، ns و \*\*: به ترتیب فاقد معنی‌داری و معنی‌داری در سطح آماری 1%

جدول 3- مقادیر میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات و نسبت واریانس نسبت‌های دوگانه زیرگروه با عملکرد بالا و پایین

نسبت عناصر غذایی	SD±میانگین	CV%	$S^2_L/S^2_H$	نسبت عناصر غذایی	SD±میانگین	CV%	$S^2_L/S^2_H$
N/P	6/69±2/83	42/30	0/54	K/Mn	0/1±0/034	34/00	1/68
N/K	1/1±0/4	36/36	1/13	K/Fe	0/03±0/013	43/33	1/52
N/Ca	4/5±1/60	35/55	0/82	K/Zn	0/23±0/093	40/43	8/34
N/Mg	4/32±1/44	33/33	1/38	K/B	0/46±0/3	65/21	4/12
N/Cu	0/30±0/16	53/33	1/58	Mg/Ca	0/98±0/23	23/46	3/7
N/Mn	0/11±0/04	36/36	1/05	Ca/Cu	0/07±0/032	45/71	3/58
N/Fe	0/025±0/01	40/00	1/30	Ca/Mn	0/03±0/0094	31/33	1/75
N/Zn	0/23±0/09	39/13	4/33	Ca/Fe	0/0068±0/0038	55/88	1/77
N/B	0/47±0/28	59/57	3/55	Ca/Zn	0/06±0/02	33/33	1/67
P/K	0/18±0/06	3/33	0/96	B/Ca	10/85±5/11	47/09	1/52
P/Ca	0/70±0/31	44/28	0/64	Mg/Cu	0/07±0/03	42/85	4/30
P/Mg	0/69±0/22	31/88	1/23	Mg/Mn	0/03±0/0085	28/33	2/31
P/Cu	0/05±0/02	40/00	2/17	Mg/Fe	0/01±0/0037	37/00	1/83
P/Mn	0/017±0/0067	39/41	1/33	Mg/Zn	0/06±0/023	38/33	4/98
P/Fe	0/0044±0/0025	56/81	1/69	B/Mg	11/12±4/63	41/63	1/17
P/Zn	0/0376±0/017	45/94	4/68	Mn/Cu	2/87±1/25	43/55	0/98
P/B	0/07±0/04	57/14	6/56	Mn/B	4/93±2/93	59/43	1/73
K/Ca	4/00±1/27	31/75	1/84	Fe/Cu	13/19±7/64	57/92	1/32
Mg/K	0/26±0/081	35/50	2/07	Fe/B	22/35±16/07	71/90	1/61
K/Cu	0/27±0/11	40/74	4/28	Cu/Zn	0/98±0/63	64/28	1/37
Mn/Zn	2/29±0/78	34/06	3/58	B/Cu	0/77±0/54	70/13	1/31
Fe/Zn	11/26±7/25	64/38	0/8	Fe/Mn	5/07±2/95	58/18	0/37
B/Zn	0/61±0/36	59/01	3/30				

CV: ضریب تغییرات،  $S^2_L/S^2_H$ : نسبت واریانس گروه عملکردی بالا به گروه عملکردی پایین



عناصر غذایی برگ پرچم گیاه گندم DOP و DRIS شکل 1- میانگین شاخص

جدول 4- روابط شاخص‌های DRIS برای 10 عنصر غذایی در گیاه گندم

$$I_N = \frac{1}{9} \left[ f\left(\frac{N}{P}\right) + f\left(\frac{N}{K}\right) + f\left(\frac{N}{Ca}\right) + f\left(\frac{N}{Mg}\right) + f\left(\frac{N}{Cu}\right) + f\left(\frac{N}{Mn}\right) + f\left(\frac{N}{Fe}\right) + f\left(\frac{N}{Zn}\right) + f\left(\frac{N}{B}\right) \right]$$

$$I_P = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{P}\right) + f\left(\frac{P}{K}\right) + f\left(\frac{P}{Ca}\right) + f\left(\frac{P}{Mg}\right) + f\left(\frac{P}{Cu}\right) + f\left(\frac{P}{Mn}\right) + f\left(\frac{P}{Fe}\right) + f\left(\frac{P}{Zn}\right) + f\left(\frac{P}{B}\right) \right]$$

$$I_K = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{K}\right) - f\left(\frac{P}{K}\right) + f\left(\frac{K}{Ca}\right) - f\left(\frac{Mg}{K}\right) + f\left(\frac{K}{Cu}\right) + f\left(\frac{K}{Mn}\right) + f\left(\frac{K}{Fe}\right) + f\left(\frac{K}{Zn}\right) + f\left(\frac{K}{B}\right) \right]$$

$$I_{Ca} = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{Ca}\right) - f\left(\frac{P}{Ca}\right) - f\left(\frac{K}{Ca}\right) - f\left(\frac{Mg}{Ca}\right) + f\left(\frac{Ca}{Cu}\right) + f\left(\frac{Ca}{Mn}\right) + f\left(\frac{Ca}{Fe}\right) + f\left(\frac{Ca}{Zn}\right) - f\left(\frac{B}{Ca}\right) \right]$$

$$I_{Mg} = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{Mg}\right) - f\left(\frac{P}{Mg}\right) + f\left(\frac{Mg}{K}\right) + f\left(\frac{Mg}{Ca}\right) + f\left(\frac{Mg}{Cu}\right) + f\left(\frac{Mg}{Mn}\right) + f\left(\frac{Mg}{Fe}\right) + f\left(\frac{Mg}{Zn}\right) - f\left(\frac{B}{Mg}\right) \right]$$

$$I_{Zn} = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{Zn}\right) - f\left(\frac{P}{Zn}\right) - f\left(\frac{K}{Zn}\right) - f\left(\frac{Ca}{Zn}\right) - f\left(\frac{Mg}{Zn}\right) - f\left(\frac{Mn}{Zn}\right) - f\left(\frac{Fe}{Zn}\right) - f\left(\frac{Cu}{Zn}\right) - f\left(\frac{B}{Zn}\right) \right]$$

$$I_{Fe} = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{Fe}\right) - f\left(\frac{P}{Fe}\right) - f\left(\frac{K}{Fe}\right) - f\left(\frac{Ca}{Fe}\right) - f\left(\frac{Mg}{Fe}\right) + f\left(\frac{Fe}{Mn}\right) + f\left(\frac{Fe}{Zn}\right) + f\left(\frac{Fe}{Cu}\right) + f\left(\frac{Fe}{B}\right) \right]$$

$$I_{Cu} = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{Cu}\right) - f\left(\frac{P}{Cu}\right) - f\left(\frac{K}{Cu}\right) - f\left(\frac{Ca}{Cu}\right) - f\left(\frac{Mg}{Cu}\right) + f\left(\frac{Cu}{Zn}\right) - f\left(\frac{Fe}{Cu}\right) - f\left(\frac{Mn}{Cu}\right) - f\left(\frac{B}{Cu}\right) \right]$$

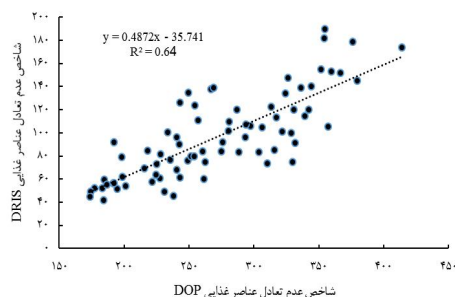
$$I_{Mn} = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{Mn}\right) - f\left(\frac{P}{Mn}\right) - f\left(\frac{K}{Mn}\right) - f\left(\frac{Ca}{Mn}\right) - f\left(\frac{Mg}{Mn}\right) + f\left(\frac{Mn}{Zn}\right) - f\left(\frac{Fe}{Mn}\right) + f\left(\frac{Mn}{Cu}\right) + f\left(\frac{Mn}{B}\right) \right]$$

$$I_B = \frac{1}{9} \left[ -f\left(\frac{N}{B}\right) - f\left(\frac{P}{B}\right) - f\left(\frac{K}{B}\right) + f\left(\frac{B}{Ca}\right) + f\left(\frac{B}{Mg}\right) + f\left(\frac{B}{Zn}\right) - f\left(\frac{B}{Fe}\right) + f\left(\frac{B}{Cu}\right) - f\left(\frac{B}{Mn}\right) \right]$$

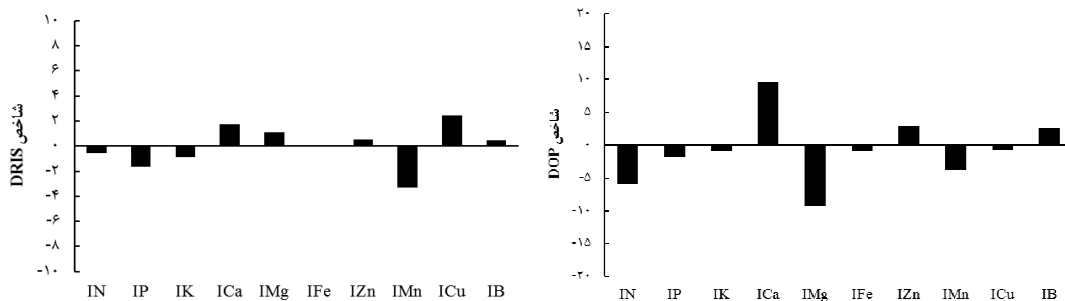
جدول 5- روابط رگرسیونی بین غلظت عناصر غذایی و شاخص‌های DRIS و DOP

شاخص DRIS			شاخص DOP		
معادله رگرسیون	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	غلظت تعادلی	معادله رگرسیون	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	غلظت تعادلی
$I_N = 31.324 \ln(N) - 94.368$	0/66	20/34	$I_N = 4.2352N - 102.38$	0/99	24/17
$I_P = 39.006 \ln(P) - 46.819$	0/75	3/32	$I_P = 26.467P - 101.89$	0/99	3/85
$I_K = 38.981 \ln(K) - 114.9$	0/84	19/06	$I_K = 4.3741K - 101.52$	0/99	23/21
$I_{Ca} = 39.785 \ln(Ca) - 62.827$	0/73	4/85	$I_{Ca} = 16.714Ca - 101.79$	0/99	6/09
$I_{Mg} = 37.259 \ln(Mg) - 57.319$	0/78	4/65	$I_{Mg} = 17.671Mg - 101.5$	0/99	5/74
$I_{Fe} = 30.007 \ln(Fe) - 132.99$	0/89	84/09	$I_{Fe} = 0.8918Fe - 101.15$	0/99	113/42
$I_{Zn} = 42.175 \ln(Zn) - 89.867$	0/87	8/42	$I_{Zn} = 8.3152Zn - 100.42$	0/99	12/07
$I_{Mn} = 32.694 \ln(Mn) - 97.88$	0/7	19/96	$I_{Mn} = 4.0604Mn - 100.45$	0/99	24/73
$I_{Cu} = 34.46 \ln(Cu) - 66.875$	0/9	6/96	$I_{Cu} = 10.148Cu - 100.54$	0/99	9/90
$I_B = 38.607 \ln(B) - 62.57$	0/84	5/05	$I_B = 16.355B - 100.01$	1	6/11

mg/kg بر حسب Cu and Mn Fe, Zn, و kg<sup>-1</sup> بر حسب N, P, K, Ca, Mg



شکل 2- رابطه بین شاخص‌های عدم تعادل عناصر غذایی دو روش DRIS و DOP



شکل 3- نتایج آزمون اعتبارسنجی نرم‌های عناصر غذایی در روش‌های DRIS و DOP

به تیمار شاهد کاربرد این عناصر غذایی دارای اثر مثبت بر کاهش شاخص‌های تعادل می‌باشد. بررسی ترتیب نیازمندی عناصر غذایی، جایجایی عناصر غذایی کم- مصرف از اولویت‌های اول نیازمندی در تیمار شاهد به اولویت‌های آخر در تیمار کاربرد توأم چند عنصر غذایی را نشان داد که حاکی از تأثیر مثبت مقادیر کاربردی است. نکته قابل توجه اینکه با کاربرد چند عنصر غذایی کم- مصرف در تیمارها، شاخص‌های عناصر غذایی پرمصرف منفی شدند. بنابراین در این مورد بایستی در مقادیر مصرف این عناصر غذایی تجدید نظر صورت گیرد تا از ایجاد کمبود آنها جلوگیری شود. رابطه معکوس بین شاخص تعادل عناصر غذایی<sup>1</sup> (NBI) روش DRIS در آزمون اعتبارسنجی و عملکرد گندم در شکل (4) نشان داده شده است. در واقع شاخص تعادل بالا به مفهوم عدم تعادل عناصر غذایی می‌باشد که این امر منجر به کاهش عملکرد گیاهان می‌گردد. البته بایستی خاطر نشان کرد که این رابطه تحت اثر سایر پارامترهای مؤثر بر رشد مانند نوع مدیریت، شرایط محیطی و غیره قرار می‌گیرد.

رابطه رگرسیونی بین شاخص‌های عدم تعادل عناصر غذایی در دو روش DRIS و DOP در شکل (2) نشان داده شده است. این مدل رگرسیونی نشان می‌دهد که رابطه نسبتاً مناسبی ( $r^2=0/63$ ) بین دو روش ذکر شده وجود داشت. بنابراین روش DOP با اطمینان نسبتاً خوبی می‌تواند برای تعیین وضعیت نیازمندی عناصر غذایی مورد استفاده قرار بگیرد.

#### اعتبارسنجی شاخص‌های DRIS و DOP

عملکرد میانگین برای تمام تیمارهای کودی، 5199 کیلوگرم در هکتار به عنوان معیار تفکیک نمونه‌ها به دو گروه عملکردی بالا و پایین در آزمون اعتبارسنجی در نظر گرفته شد. مقایسه شکل (1) با شکل (3) نشان دهنده تأثیر مثبت تیمارهای اجرا شده بر غلظت عناصر غذایی اندازه-گیری شده به ویژه عناصر غذایی کم‌مصرف و کاهش شاخص‌های DRIS و DOP می‌باشد. میانگین شاخص عنصر غذایی روی (Zn) در مزارع گندم نمونه‌برداری شده در دو روش DRIS و DOP به ترتیب 13- و 45- گزارش گردید که با اعمال تیمارهای کودی در آزمون اعتبارسنجی، میانگین شاخص‌ها به ترتیب به مقادیر 1+ و 3+ رسیدند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت غلظت کاربردی این عنصر غذایی می‌باشد. شاخص‌های DRIS و DOP برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آزمون اعتبارسنجی منفی شدند که احتمالاً به دلیل افزایش رشد گیاه و اثر رقت ایجاد شده در بافت‌ها می‌باشد. با وجود کاهش شاخص منگنز در دو روش DRIS و DOP در آزمون اعتبارسنجی ولی به نظر می‌رسد به دلیل کافی نبودن غلظت انتخاب شده برای تیمارهای کودی میانگین شاخص آن منفی شده است.

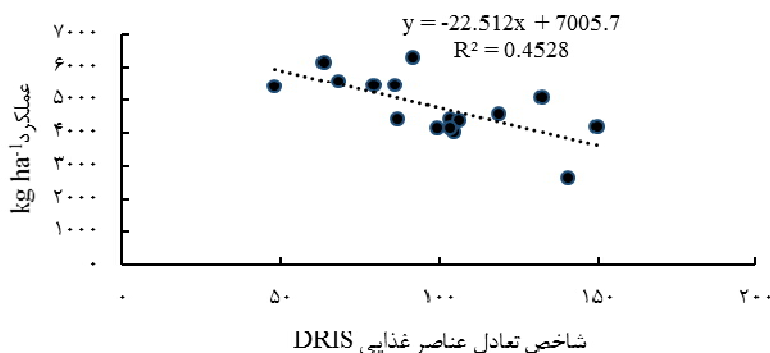
اعمال تیمار عناصر غذایی کم‌مصرف بر وضعیت شاخص‌های عناصر غذایی (جدول 6) نشان داد که نسبت

<sup>1</sup> Nutrient Balane Index

جدول 6- وضعیت تغذیه‌ای گیاه گندم برای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در آزمون اعتبارسنجی

تیمار	شاخص‌های عناصر غذایی DRIS										NBI	عملکرد	ترتیب نیاز عناصر غذایی
	I <sub>N</sub>	I <sub>P</sub>	I <sub>K</sub>	I <sub>Ca</sub>	I <sub>Mg</sub>	I <sub>Fe</sub>	I <sub>Zn</sub>	I <sub>Mn</sub>	I <sub>Cu</sub>	I <sub>B</sub>			
شاهد	14	10	11	23	13	-40	-10	-4	-6	18	150	4201	Fe>Zn>Cu>Mn>P>K>Mg>N>B>Ca
Mn	-10	-19	10	13	7	-12	21	4	5	4	104	4425	P>Fe>N>Mn=B>Cu>Mg>K>Ca>Zn
Cu	26	-49	-12	12	15	3	5	4	5	-9	141	2658	P>K>B>Fe>Mn>Cu=Zn>Ca>Mg>N
Zn	-43	10	3	10	6	2	-2	2	20	-8	105	4055	N>B>Zn>Fe=Mn>K>Mg>P=Ca>Cu
Fe	-8	16	11	-1	-21	2	-15	-8	20	4	106	4401	Mg>Zn>N=Mn>Ca>Fe>B>K>P>Cu
Fe-Mn	5	2	15	-1	-8	25	-48	8	-2	5	119	4563	Zn>Mg>Cu>Ca>P>N=B>Mn>K>Fe
Fe-Zn	13	3	-11	-4	-13	5	2	0	15	-13	80	5474	Mg=B>K>Ca>Mn>Zn>P>Fe>N>Cu
Fe-Cu	-32	-6	3	13	1	-1	9	16	1	-5	87	4413	N>P>B>Fe>Mg>Cu>K>Zn>Ca>Mn
Zn-Mn	14	15	6	-48	-7	-2	4	5	16	15	132	5056	Ca>Mg>Fe>Zn>Mn>K>N>P=B>Cu
Zn-Cu	-5	12	28	5	22	1	3	-3	10	-9	99	4158	B>N>Mn>Fe>Zn>Ca>Cu>P>Mg>K
Cu-Mn	7	13	-6	-6	1	28	12	11	4	15	103	4152	K=Ca>Mg>Cu>N>Mn>Zn>P>B>Fe
Fe-Zn-Cu	-10	10	13	16	8	12	6	0	0	10	86	5447	N>Mn=Cu>Zn>Mg>P=B>Fe>K>Ca
Fe-Zn-Mn	3	13	16	-3	-2	11	4	1	-2	-9	64	6145	B>Ca>Mg=Cu>Mn>N>Zn>Fe>P>K
Zn-Cu-Mn	4	3	1	2	3	8	18	5	3	-1	48	5412	B>K>Ca>P=Mg=Cu>N>Mn>Fe>Zn
Fe-Cu-Mn	-5	6	-5	-5	-11	6	13	5	8	-3	68	5589	Mg>N=K=Ca>B>Mn>P=Fe>Cu>Zn
Fe-Zn-Cu-Mn	-9	-12	-8	13	3	11	19	-1	-4	-12	92	6299	P=B>N>K>Cu>Mn>Mg>Fe>Ca>Zn





شکل 4- رابطه شاخص تعادل عناصر غذایی DRIS(NBI) و عملکرد گندم در آزمون اعتبارسنجی

## بحث

ویژه غلظت بالای فسفات در خاک ممکن است جذب عنصر غذایی Zn و سایر عناصر غذایی کم‌مصرف را کاهش دهد (کیزیل گوز و ساکین، 2010). رشد بهینه گیاه و عملکرد گیاهان زراعی نه تنها به غلظت قابل دسترس عناصر غذایی موجود در خاک بلکه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند کلاس بافت، محتوای کربن آلی، درصد کربنات کلسیم، pH و هدایت الکتریکی خاک نیز وابسته است (فاجریا و همکاران، 2002؛ بل و دل، 2008). فیضی اصل و بایبوردی (1384) در بررسی نرم‌های DRIS برای تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گندم استان آذربایجان شرقی، گزارش کردند که در بین نسبت عناصر غذایی بیان شده، نسبت B/Zn دارای بالاترین ضریب تغییرات (76/9%) و N/P دارای کمترین ضریب تغییرات (10/4%) بودند. بیشترین مقدار F به فرم بیان N/P (5/7) و کمترین آن به فرم بیان B/N (1/1) تعلق گرفت.

در این تحقیق، میانگین عملکرد برای تمام تیمارهای کودی (5199 کیلوگرم در هکتار) در آزمون اعتبارسنجی نسبت به میانگین عملکرد (4042 کیلوگرم در هکتار) 96 مزرعه گندم انتخاب شده برای مطالعه وضعیت تعادل عناصر غذایی افزایش 28 درصدی را نشان داد. کاهش قابل ملاحظه شاخص‌های عناصر غذایی در آزمون اعتبارسنجی نشان دهنده تعادل نسبی عناصر غذایی پس از محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف است. دریاشناس و رضایی (1389) با انجام تیمار کودی عناصر غذایی کم‌مصرف شامل منگنز روی و بر و پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای چغندر قند پاییزی استان خوزستان گزارش کردند که شاخص تعادل عناصر غذایی کاهش و از طرف دیگر عملکرد گیاه نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. رابطه معکوس بین شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) و عملکرد توسط محققان متعددی گزارش شده

در منطقه مورد مطالعه غلظت عناصر غذایی در گروه با عملکرد بالا به دامنه کفایت غلظت عناصر غذایی گزارش شده در منابع نزدیک بود (وایرگی و آستن، 2011؛ ملکوتی و همکاران، 1387). نسبت واریانس‌های جامعه با عملکرد پایین به جامعه با عملکرد بالای مرتبط با عناصر غذایی کم‌مصرف بزرگتر از سایر نسبت‌ها بود (جدول 3). بزرگ بودن نسبت واریانس‌ها بیان‌گر آن است که کدام فرم بیان دو عنصری در برگ، آثار فیزیولوژیک قابل توجهی دارد. در نسبت‌های واریانس بالاتر تمایز عناصر غذایی متعادل و نامتعادل به حداکثر می‌رسد. از طرف دیگر محققان معتقدند که ضریب تغییرات پایین در نسبت‌های دوگانه نشان‌دهنده اهمیت این عناصر غذایی در تولیدات زراعی می‌باشد و می‌توان از این نرم‌ها برای نیل به عملکرد مناسب استفاده کرد (والورث و همکاران، 1988 و هارتز و همکاران، 1988 و ملکوتی و همکاران، 1384).

بررسی معادلات رگرسیونی ایجاد شده (جدول 5) نشان داد که غلظت‌های تعادلی حاصل با مقادیر ذکر شده در منابع مختلف برای غلظت‌های تعادلی مطابقت دارد (ملکوتی و طهرانی، 1378). جونپور و مونترات (2003) در بررسی نرم‌های DRIS برای محصول نیشکر مدل رگرسیون نمایی بین غلظت عناصر غذایی نیشکر و شاخص‌های متناظر DRIS برقرار کردند.

منفی شدن شاخص‌های عناصر غذایی کم‌مصرف به خصوص روی (Zn) در دو روش DRIS و DOP برای گندم در منطقه مورد مطالعه با توجه به ویژگی‌های خاک منطقه مورد مطالعه (جدول 1) مانند pH قلیایی، آهکی بودن و غلظت‌های پایین شکل قابل جذب عناصر غذایی کم‌مصرف، مصرف چندین دهه اوره و سوپر فسفات‌ها و عدم مصرف عناصر غذایی کم‌مصرف قابل انتظار بود. به

است (مونتانس و همکاران، 1993؛ والورث و همکاران، 1988)

### نتیجه‌گیری

ترتیب نیاز عناصر غذایی ارائه شده توسط دو روش DRIS و DOP در مزارع با عملکرد پایین نشان داد که بطور متوسط عناصر غذایی کم مصرف روی، آهن، مس و منگنز در اولویت قرار دارند و پرنیازترین عنصر غذایی در منطقه مورد مطالعه عنصر روی (Zn) بود. از طریق برقراری رابطه رگرسیونی بین غلظت و شاخص‌های متناظر عناصر غذایی، غلظت تعادلی عناصر غذایی برای منطقه مورد مطالعه حاصل شد. انجام آزمون اعتبارسنجی

با عناصر غذایی کم مصرف منجر به افزایش عملکرد و کاهش شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) گردید. با توجه به نتایج شاخص‌های عناصر غذایی حاصل از روش‌های DRIS و DOP و نتایج آزمون اعتبارسنجی مزرع‌ای پیشنهاد می‌شود مصرف عناصر غذایی کم مصرف در برنامه کوددهی مزارع منطقه مورد مطالعه قرار بگیرد.

### سپاس

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز، از مدیریت عامل و مدیریت محترم مجتمع زراعت شرکت کشت و صنعت مغان و سایر همکاران که در اجرای این پروژه مساعدت نموده‌اند سپاسگزاری به عمل می‌آید.

### فهرست منابع:

1. احمدی، ک.، ح. قلیزاده، ح. عبادزاده، ر. حسین پور، ه. عبدشاه، آ. کاظمیان، م. رفیعی، 1396. آمارنامه کشاورزی جلد اول محصولات زراعی سال زراعی 94-95، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، 117 صفحه.
2. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره 98. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
3. دردی پور، ا.، پ. امامی، ع. دریاشناس. 1391. ارزیابی تعادل تغذیه‌ای در باغ‌های هلو با روش انحراف از درصد بهینه (DOP). مجله مدیریت خاک و تولید پایدار 2(1): 79-94
4. دریاشناس، ع.م.، و ح. رضایی. 1389. تعیین نرم‌های استاندارد DRIS برای چغندر قند پائیزه در استان خوزستان. مجله چغندر قند. 26 (2): 185-204
5. صمدی، ع.، و ع. مجیدی. 1389. تعیین اعداد مرجع روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) و مقایسه آن با روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در انگور سفید بیدانه. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، 24 (2): 89-105
6. علی‌احیایی، م.، و ع. بهبهانی‌زاده. 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، نشریه 893، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 127 صفحه.
7. فیضی اصل، و ا. بایوردی، 1384. تعیین نرم‌های نظام تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) برای تشخیص وضعیت تغذیه-ای و مطالعه تعادل عناصر غذایی گندم آبی در استان آذربایجان شرقی. مجله علوم زراعی ایران، 4(7): 298-309
8. فیضی زاده، م.، ع. صمدی. 1395. مقایسه روش انحراف از درصد بهینه (DOP) و روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) برای ارزیابی تعادل تغذیه‌ای پیاز در استان آذربایجان غربی. نشریه دانش آب و خاک 25(2): 271-286
9. قریشی، س.ج.، ا. سپهر، و ع. صمدی. 1396. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای هندوانه با استفاده از روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) در آذربایجان غربی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. 7(3): 167-180
10. ملکوتی، م.ج.، پ. کشاورز، ن. کریمیان. 1387. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ایران. 755 صفحه
11. ملکوتی، م.ج.، م.م. طهرانی. 1378. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، عناصر خرد با تاثیر کلان". انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ایران. 301 صفحه

12. ملکوتی، م.ج.، ن.ک. کریمیان و پ. کشاورز. 1384. روش تشخیص کمبود عناصر غذایی گیاهان و توصیه کودی و برآورد نیاز کودی گیاهان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ایران. 211 صفحه
13. میران، ن.، و.ع. صمدی. 1391. ارزیابی وضعیت تغذیه ای چغندر قند با استفاده از روش DRIS و مقایسه آن با روش DOP در استان آذربایجان غربی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، 61: 197-206
14. Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Pietermaritzburg: University of Natal., 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).
15. Bell, R.W., and B. Dell. 2008. Micronutrients for Sustainable Food, Feed, Fiber and Bioenergy Production. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France.
16. Fageria N.K., V.C. Baligar, and R.B. Clark. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, 77:185–268.
17. Hallmark, W.B., and R.B. Beverly. 1991. Review – An update in the use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. *Journal of Fertilizer Issues*, 8:74-88.
18. Hartz, T.K., E.M. Miyao, and J.G. Valencia. 1998. Evaluation of the nutritional status of processing tomato. *Horticulture Science Alexandrian*, 33: 830-832.
19. Junior, R.A.R., and P.H. Monnerat. 2003. DRIS norms validation for sugarcane crop. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(3):379-385
20. Kizilgoz, I., and E. Sakin. 2010. The effects of increased phosphorus application on shoot dry matter, shoot P and Zn concentrations in wheat (*Triticum durum* L.) and maize (*Zea mays* L.) grown in a calcareous soil. *African Journal of Biochemistry*, 9(36): 5893-5896.
21. Kumar, P., R.K. Yadava, B. Gollen, S. Kumar, R.K. Verma, and S. Yadav. 2011. Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat: A Review. *Life Sciences and Medicine Research*, Vol. 2011: LSMR-22.
22. Montañés, L., L. Heras, J. Abadía, and M. Sanz. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage (DOP). *Journal of Plant Nutrition*, 16: 1289-1308
23. Mourao Filho, F.A.A. 2004. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Scientia Agricola*, 61: 550-560.
24. Silveria, C.P., G.R. Nachtigall, and F.A. Monteiro. 2005. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. *Science of Food and Agriculture*, 62: 513-519.
25. Wairegi, L., and P. Asten. 2011. Norms for multivariate diagnosis of nutrient Imbalance in the East African and highland Bananas (MUSA SPP. AAA). *Journal of Plant Nutrition*, 34:1453–1472.
26. Walworth, J.L. and Sumner, M.E. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil Sci.* 6:149-188.
27. Walworth, J.L., H.J. Wooddard, and M.E. Sumner. 1988. Generation of corn tissue norms from a small, high-yield data base. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19: 563-577.

## Determination and Validation of Diagnosis Norms of Nutrients for Wheat in Moghan Region

A. Geiklooi, A. Reyhanitabar<sup>1</sup>, and N. Najafi

PhD. Student, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran; E-mail: abolfazl.geikloo@gmail.com

Associate Professor, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran; E-mail: areyhan@tabrizu.ac.ir

Associate Professor, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran; E-mail: nanajafi@yahoo.com

Received: May, 2018 and Accepted: August, 2018

### Abstract

The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and deviation of optimal percentage (DOP) methods are used for interpreting the results of leaf analysis. In the present study, leaf samples from 98 wheat fields were collected in Moghan region of Ardebil province in 2014-2015. The nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc (Zn), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu) and boron (B) concentrations were determined. The wheat fields were grouped into high- and low-yielding subpopulation by using mean  $\pm$  SD; then, the DOP and DRIS indexes were calculated. Based on the DOP and DRIS indices, the nutrient requirement order were determined as: Zn > Cu > Fe > Mn > P > N > K = Ca > Mg > B, and Zn > Mn = Fe = Cu > N = P > B > K > Mg > Ca, respectively. These results showed that there was a high degree of similarity between the two methods in interpreting the results of leaf analysis. After identifying the negative indices of some micronutrients (Zn, Fe, Mn, and Cu), a factorial field validation experiment was conducted with foliar application of Fe, Zn, Cu, and Mn using a randomized complete block design with three replications in two separate fields, with a total number of 96 plots, in 2015-2016. The results of the validation experiment showed marked decrease in the DRIS and DOP indices, indicating a more balanced concentration of nutrients. The order of the nutrients requirement in the DRIS method was Mg > P > N = K > Fe = B > Mn = Zn > Ca = Cu and in the DOP method Mg > N > Mn > P > K = Fe = Cu > Zn = B > Ca, which indicated the correct diagnosis of micronutrients deficiency by both studied methods. Micronutrients treatment in the validation test led to 28% increase in yield by balancing the nutrients. Since micronutrients, especially Zn, ranked the first priority of the deficiency for wheat in Moghan area, micronutrients should be used along with the phosphorus and nitrogen fertilizers.

**Keywords:** Moghan plain, Nutrient status, Micronutrients

<sup>1</sup> Corresponding author: Soil Science Department, Faculty of Agricultural, University of Tabriz