ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گندم دیم با استفاده از روش DRIS در جنوب استان آذربایجان‌غربی

ناصر میران[۱]، میرحسن رسولی صدقیانی[۲*]، ولی فیضی اصل[۳]، ابراهیم سپهر[۴]، مهدی رحمتی[۵]، سلمان میرزایی[۶]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۱/۰۸)

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گندم دیم با استفاده از روش DRIS بود. به منظور تعیین نُرم‌ها و شاخص‌های DRIS در گندم دیم، ۵۴ نمونه از اندام‌های هوایی گیاه جمع‌آوری و غلظت عناصر غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مس (Cu) و روی (Zn) در آنها تعیین گردید. برای تعیین نُرم‌ها، ابتدا مزارع بر اساس میزان عملکرد دانه به دو گروه مزارع با عملکرد بالا و مزارع با عملکرد پایین تقسیم شدند. مزارع با عملکرد بالا برای تعیین نُرم‌ها و مزارع با عملکرد پایین برای تعیین شاخص‌های DRIS مورد استفاده قرار گرفتند. حد بهینه غلظت عناصر غذایی برای عناصر پرمصرف N، P و K به ترتیب ۱/۳۵ – ۰/۸۷ ، ۰/۱۰۴ – ۰/۰۳۶، ۲/۱۸ -۱/۰۲ (درصد) و برای عناصر کم‌مصرف Fe، Mn، Cu و Zn به ترتیب، ۴۳۰-۱۷۰، ۵۱ - ۲۹، ۸/۴ – ۳/۶، ۲۷ - ۱۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیز غلظت بهینه عناصر غذایی برای N، P و K به ترتیب ۱/۱۱، ۰/۰۷ و ۱/۶ (درصد) و برای عناصر Fe، Mn، Cu و Zn به ترتیب ۳۰۰ ،۴۰، ۶ و ۲۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) تعیین شد. ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به صورت P > K> Fe > N > Mn > Zn > Cu می‌باشد که در برنامه تغذیه‌ای باید به عناصر P، K، Fe و N توجه بیشتری گردد. شاخص تعادل تغذیه‌ای در اکثر مزارعی که دارای عملکرد پایین بودند خیلی بیشتر از صفر بود که این نشان‌دهنده عدم تعادل بیشتر عناصر غذایی در این مزارع می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حد بهینه، شاخص تعادل تغذیه‌ای، عملکرد مزارع، عناصر غذایی

میران ن.، رسولی صدقیانی م ح.، فیضی اصل و.، سپهر ا.، رحمتی م.، میرزایی س. ۱۴۰۲. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گندم دیم با استفاده از روش DRIS در جنوب استان آذربایجان‌غربی. تحقیقات کاربردی خاک. جلد شماره . صفحه : ۱۸-۲۹.

۱- دانش آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)
۳- استادیار مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور
۴- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۵- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
۶- دانش آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
* پست الکترونیک: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir

مقدمه

افزایش تولید در واحد سطح در کنار استفاده از ارقام مناسب به شرایط منطقه‌ای، نیازمند دسترسی مناسب گیاهان به عناصر غذایی است (Nayak *et al*., 2022). بدیهی است تولیدکنندگان موفق باید مدیریت عناصر غذایی مزارع خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که دچار کمبود یا سمیت عناصر غذایی در مزارع نشوند (O'Connell & Osmond, 2022). این امر باعث می‌شود که درصد پروتئین و غلظت عناصر کم‌مصرف در محصولات تولیدی بیشتر شود؛ تا علاوه بر تأمین امنیت غذایی، سلامت جوامع بشری به ویژه در کشورهای در حال توسعه افزایش یابد (Ijarotimi *et al*. 2021).

در این راستا، در کشورهایی مانند ایران که بخش اعظم آن، اقلیم شکننده خشک و نیمه خشک دارد، نیاز به مدیریت درست تغذیه گیاه به شدت احساس می‌شود. بنابراین، تعیین یک روش ارزیابی تغذیه‌ای مناسب برای گیاهان زراعی، هدف بسیاری از محقیق تغذیه گیاهی است (Sadeghi *et al*. 2022). روش‌های رایج تغذیه‌ای، نتایج آزمایشگاهی را تفسیر می‌کنند و با استفاده از حد تعادل و بحرانی موجود، نتایج را تفسیر و روش مناسب تغذیه گیاهی را ارائه می‌دهند. تغذیه درست گیاهی وابسته به شرایط محیطی هر منطقه است و باید بسته به شرایط موجود در منطقه تعیین شود. در این حالت باید به این نکته توجه کرد که شرایط محیطی (مانند اقلیم، توپوگرافی، خاک و ...) است که تعیین کننده حدود بهینه برای تغذیه گیاه است (Brække & Salih, 2002; Sumner, 1990; Xu *et al*. 2022).

همیشه تعادل تغذیه‌ای گیاهان، به عنوان یکی از مهم‌ترین اصول در علم تغذیه گیاه مطرح بوده ولی کمّی‌سازی آن در بسیاری از نقاط همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌ها بوده است که نیازمند توسعه روش‌های کمّی جهت تصمیم‌گیری می‌باشد (Chen *et al*. 2022; Sun *et al*. 2022; Zhou *et al*. 2022). بنابراین، نیاز به استفاده از روش‌هایی مانند روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS)[1] جهت کمّی‌سازی تغذیه گیاهی به وجود آمد. در این روش، ابتدا نسبت بین عناصر غذایی تعیین و اهمیت بین تعادل عناصر غذایی در روش تجزیه برگ مشخص می‌شود. به این صورت که شاخص DRIS برای مزارع با عملکرد پایین به حالت بیش‌بود، تعادل و کمبود تعیین می‌شود، در نهایت ترتیب عناصر غذایی هر مزرعه معین می‌گردد. در استفاده از این روش، نکته حائز اهمیت این است که شاخص تعادل عناصر غذایی به دست می‌آید. این شاخص، تعیین کننده تعادل و ناهنجاری‌های تغذیه‌ای است. از آنجا که میزان عملکرد همیشه تابع غلظت عنصری است که محدوده کننده است؛ بنابراین تشخیص تعادل عناصر غذایی و ترتیب نیاز آن نیز بسیار مهم است (Beaufils, 1973; Sumner, 1990). کارایی روش DRIS در تعیین حد بهینه و تشخیص تعادل عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی بالاست به‌طوری که فیضی اصل و همکاران (Feiziasl *et al*. 2010) برای اولین بار از این روش در تعیین حد و دامنه بهینه صفات گیاهی به عنوان الگویی برای به‌نژادگران در معرفی ارقام گندم دیم استفاده کردند که امروزه برای این منظور در محصولات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در اراضی کشاورزی مناطق نیمه خشک ایران به دلیل عدم توجه به مصرف بهینه کودهای شیمیایی و بازگشت ماده آلی به خاک، اکثر گیاهان با کمبود یا بیش‌بود عناصر غذایی روبرو هستند (Sadeghi *et al*. 2022). این مشکلات، موجب تهدید امنیت غذایی و تحمیل خسارت-های اقتصادی فراوان خواهد شد که شاید جبران آن بسیار سخت باشد (Jat *et al*. 2018; McBratney & Field, 2015; Olsson *et al*. 2019). همچنین، مشکلاتی مانند کمبود ماده آلی خاک، آهکی بودن خاک، بی‌کربناته بودن منابع آب، نابودی خواص بیولوژیکی خاک به دلیل سوزاندن مزارع و ...، سلامت خاک و فراهمی عناصر غذایی توسط خاک به گیاه را با معظلات بسیار زیادی روبرو کرده است. در نتیجه، کشاورزان برای جبران این مشکلات کود شیمیایی را به صورت بی‌رویه مصرف می‌کنند که این امر، موجب تهدید سلامت تغذیه‌ای گیاهان خواهد شد. جهت حل این معظل، باید از روش‌هایی استفاده شود تا حد بهینه عناصر غذایی گیاهان در زراعت‌های عمده مناطق نیمه خشک ایران به صورت دقیق و اصولی تعیین شود. به منظور افزایش کارآیی روش DRIS در تشخیص نیاز غذایی گیاهان، لازم است برای هر محصول در هر منطقه با نظام رطوبتی معین، نُرم مشخص تعیین شود

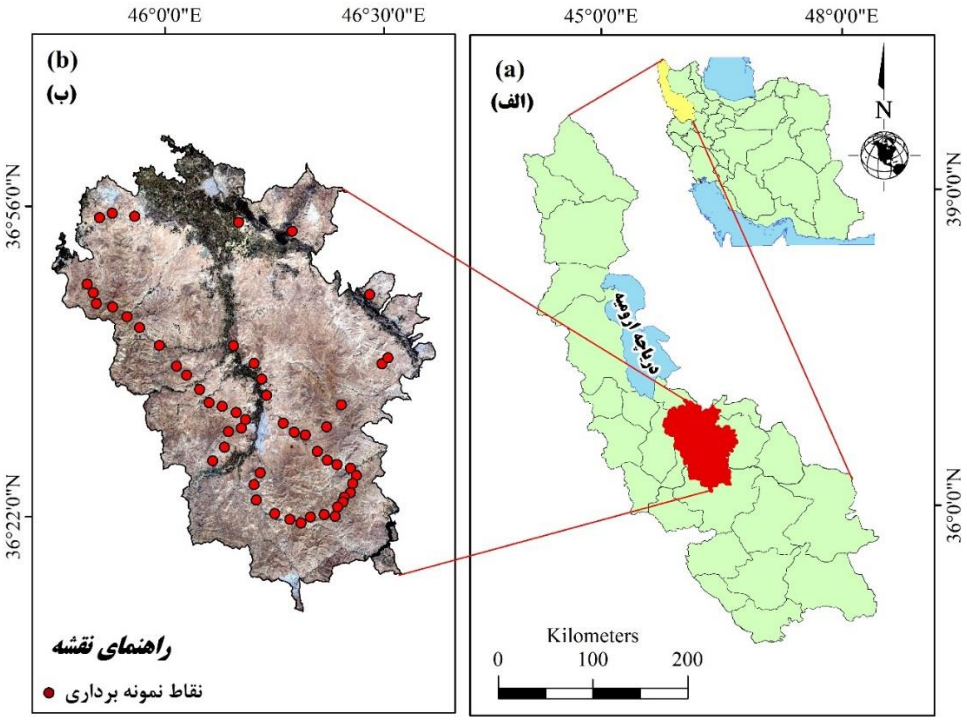
1- Diagnosis and Recommendation Integrated System

(Walworth *et al*. 1986). از آنجائیکه گندم دیم محصول اصلی کشاورزی در ایران به‌ویژه در استان آذربایجان‌غربی می‌باشد و نُرم‌های DRIS برای این محصول در منطقه مورد مطالعه تعیین نشده است لذا در پژوهش حاضر، نُرم‌ها و شاخص‌های DRIS، غلظت و حد بهینه عناصر غذایی تعیین و اولویت‌بندی عناصر غذایی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بخش‌هایی از جنوب استان آذربایجان‌غربی بین ´´۰۰´۴۹ °۴۵ تا ´´۰۰´۳۰ °۴۶ طول شرقی و ´´۰۰´۲۱ °۳۶ تا ´´۰۰´۵۵ °۳۶ عرض شمالی با متوسط ارتفاع ۱۵۳۸ متر از سطح دریا که بخشی از مناطق کوهستانی زاگرس و دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، انجام گرفت (شکل ۱).



شکل۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure1: Geographical location of the study area

نمونه‌برداری از گیاه

نمونه‌های گیاهی از ۵۴ مزرعه گندم دیم، در اوایل خرداد ماه در مرحله گلدهی گیاه (GS54) مطابق کدبندی زادکس و همکاران (Zadoks *et al*. ۱۹۷۴) از بخش هوایی گندم و به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده، برداشت شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها و تجزیه گیاه

نمونه‌های برداشت شده، ابتدا هوا خشک و سپس در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شده و جهت تهیه نمونه یکنواخت آسیاب گردیدند

تعیین عملکرد گندم دیم

(Land *et al*. 2003). برای تعیین مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاه از روش هضم‌تر به صورت هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه استفاده و سپس غلظت نیتروژن کل به روش کجلدال (Nagorny, 2013) اندازه‌گیری شد. هضم نمونه‌های گیاهی به روش اکسیداسیون خشک انجام و در عصاره صاف شده با DTPA غلظت P به روش آمونیوم مولیبدات (زرد وانادایت) توسط کالریمتر، غلظت پتاسیم توسط فلیم فتومتر و غلظت‌های آهن، منگنز، مس و روی توسط اسپکتروسکوپی جذب اتمی مدل شیماتزو تعیین شدند.

در زمان برداشت محصول (تیر ماه) با بازدید از هر مزرعه و به‌طور تصادفی از چند نقطه از مزارع از قطعات یک متر مربعی، وزن دانه تعیین و به صورت تن در هکتار به مزارع تعمیم داده شد. با توجه به میانگین وزن گندم در هکتار مقدار ۲ تن در هکتار به عنوان معیار گروه‌بندی مزارع با عملکرد بالا و پایین تعیین گردید. بدین ترتیب که مزارع با عملکرد بیش از ۲ تن در هکتار به عنوان مزارع با عملکرد بالا جهت تعیین نُرم‌ها و مزارع با عملکرد کمتر از ۲ تن در هکتار به‌عنوان مزارع با عملکرد پایین و جهت تعیین شاخص‌های DRIS مورد استفاده قرار گرفتند.

تعیین دامنه غلظت عناصر غذایی

دامنه غلظت عناصر غذایی با استفاده از انحراف معیار (SD) و میانگین غلظت عناصر غذایی در جامعه با عملکرد بالا برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف تعیین شد. حدود بهینه مقادیری است که از ۴/۳ انحراف معیار- میانگین تا ۴/۳ انحراف معیار+ میانگین، ارقام کمتر از ۴/۳ انحراف معیار- میانگین به عنوان کمبود و ارقام بین ۴/۳ انحراف معیار+ میانگین تا ۸/۳ انحراف معیار+ میانگین برای حدود زیاد و ارقام بالاتر ۸/۳ انحراف معیار+ میانگین به عنوان حدود خیلی زیاد در نظر گرفته می‌شود (Hundal *et al.* 2005)

تعیین نُرم‌های DRIS

بر طبق نظر بیوفیل (Beaufils, 1973)، میانگین، واریانس و ضریب تغییرات (CV) برای هر نسبت ممکن (فرم بیان) برای کلیه جفت عناصر غذایی (مانند N/P و P/N) برای هر دو گروه عملکرد زیاد و کم تعیین گردید. برای انتخاب نُرم‌ها از واریانس نسبت دو عنصر غذایی مانند N و P در گروه با عملکرد زیاد (گروه مرجع با نُرم که به طور قرارداد عناصر در آن با حروف کوچک نشان داده می‌شوند) $S^2(n/p)r$ و در گروه با عملکرد کم $S^2(N/P)b$ استفاده شد (Letzsch and Sumner, 1984; Walworth and Sumner, 1987). اگر شرایط به صورت $[S^2(P/N)b/S^2(P/N)r]<[S^2(N/P)b/S^2(N/P)r]$ باشد فرم بیان N/P و اگر به صورت $[S^2(P/N)b/ S^2(P/N)r]>[S^2 (N/P)b/S^2(N/P)r]$ باشد، فرم بیان P/N به عنوان نُرم انتخاب می‌شوند (Silvia *et al.* 2005).

تعیین شاخص‌های DRIS

پس از مشخص شدن نُرم‌ها، مقایسه نتایج تجزیه برگی مزارع با عملکرد پایین با نُرم‌ها انجام گرفت. مقدار کمّی انحراف هر عنصر غذایی از رقم مرجع تعیین شد. به عبارت دیگر، ترتیب نیاز غذایی با استفاده از شاخص‌های DRIS محاسبه شد. شاخص‌های DRIS بر اساس فرمولی که توسط بیوفیل (Beaufils, 1973) پیشنهاد شده است، محاسبه گردید، که به‌عنوان مثال برای نیتروژن به صورت زیر می‌باشد.

$$I(N) = [-f(P/N) + f(N/K) + f(N/Ca) + f(N/Mg) - f(Fe/N) + f(N/Mn) + f(N/Cu) + f(N/Zn)]/Z \quad (۱)$$

روابط شاخص‌های DRIS به صورت زیر محاسبه می‌شود.

وقتی $N/P>n/p$ باشد:
$$f(N/P) = \left[\frac{N/P}{n/p} - 1\right] 1000/CV$$

وقتی $N/P<n/p$ باشد:
$$f(N/P) = \left[1 - \frac{n/p}{N/P}\right] 1000/CV$$

وقتی $N/P=n/p$ باشد:
$$f(N/P) = 0$$

در روابط بالا N/P نسبت دو عنصر N و P در نمونه‌های مورد مطالعه، n/p نُرم یا حد بهینه این دو عنصر برای محصول مورد نظر، CV ضریب تغییرات نُرم عناصر غذایی در مزارع با عملکرد بالا و Z تعداد توابع می‌باشد. سایر توابع نیز مانند توابع بالا محاسبه می‌شوند. این شاخص‌ها، تعادل نسبی عناصر غذایی در گیاه را مشخص می کنند که پرنیازترین عنصر غذایی به‌صورت منفی‌ترین شاخص (بیشترین نیاز) و کم نیازترین آنها با مثبت‌ترین شاخص بیان شده است. هر چه شاخص به صفر نزدیک شود تعادل عناصر غذایی بهتر است.

شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI[1])

شاخص تعادل غذایی (NBI) که از مجموع قدر مطلق شاخص‌های DRIS بر اساس نتایج تجزیه برگی به‌دست می‌آید می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه بدون اشاره به علل آن استفاده شود. مقادیر بیشتر این شاخص، بیان‌گر عدم تعادل تغذیه‌ای است (Mourao Filho, 2004). شاخص تعادل تغذیه‌ای برای هر مزرعه از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$NBI = |I(N)| + |I(P)| + \cdots + |I(B)| \quad (۲)$$

نتایج و بحث

بررسی وضعیت عناصر غذایی گندم دیم در مزارع مورد بررسی

قبل از تعیین نُرم‌های DRIS، دیم‌زارهای مورد بررسی بر اساس میانگین ۲ تن در هکتار به دو گروه مزارع با عملکرد بالا و پایین تقسیم شدند. بر این اساس ۱۵ مزرعه در گروه عملکرد بالا قرار گرفتند که برای تعیین نُرم‌ها و ۳۹ مزرعه در گروه عملکرد پایین برای تعیین شاخص‌های DRIS استفاده شدند. داده‌های مربوط به مقادیر عناصر غذایی در جامعه دارای عملکرد بالا توزیع نرمال نشان دادند (جدول ۱). بررسی میانگین‌ها با آزمون t نشان داد که تفاوت بین میانگین غلظت عناصر غذایی معنی‌دار نبود. میانگین عملکرد دانه در مزارع با عملکرد بالا ۲۳۹۲ کیلوگرم در هکتار و در مزارع با عملکرد پایین ۱۴۴۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱). میانگین غلظت عناصر غذایی، انحراف معیار، ضریب تغییرات (CV) و حدود بهینه عناصر غذایی در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر به دست آمده برای نیتروژن با مقادیر به‌دست آمده توسط آببه و همکاران (Abebe *et al*. 2018) تا حدودی مطابقت داشت (۱/۱-۱۹/۷۸ درصد) ولی با مقادیر گزارش شده توسط محققان مختلف از جمله ۳/۶ درصد (Engel & Zubriski, 1982) ، ۳/۴-۷/۲ درصد برای گندم آبی (Robinson, 1997& Akhter, 2011; Reuter) و ۲/۴۶ درصد برای گندم آبی در برگ پرچم (Feiziasl & Baybordi, 2006) متفاوت بود. همچنین مقدار فسفر به دست آمده نیز همانند نیتروژن کمتر از غلظت بهینه گزارش شده توسط محققین مختلف از جمله ۰/۲۵ توسط فیضی اصل و بایبوردی (Feiziasl & Baybordi, 2006) برای گندم آبی در برگ پرچم می‌باشد که این تفاوت امکان دارد به دلیل نوع اقلیم، نوع خاک، نوع واریته گندم، آبی یا دیم بودن و اختلاف در نوع اندام نمونه‌برداری باشد.

جدول ۱- آماره‌های مربوط به عناصر غذایی برای جامعه گیاهی با عملکرد بالا در گندم دیم

Table 1. Statistical parameters of nutrients for high yield population in dry land wheat

Parameter	Mean ± SD		CV (%)		S^2L/S^2H	Normality test (Jarque-Bera)
	High yield	Low yield	High yield	Low yield		
Yield (kg ha^{-1})	2392 ± 449.6	1448.9 ± 371.5	18	25	0.68^{ns}	0.16^{ns}
N (%)	1.11 ± 0.24	1.08 ± 0.19	21	17	0.64^{ns}	0.25^{ns}
P (%)	0.07 ± 0.034	0.09 ± 0.04	44	46	1.24^{ns}	0.89^{ns}
K (%)	1.6 ± 0.58	1.68 ± 0.75	35	44	1.66^{ns}	0.77^{ns}
Ca (%)	2.16 ± 0.75	1.91 ± 0.71	33	36	0.89^{ns}	0.47^{ns}
Mg (%)	1.52 ± 0.71	1.69 ± 0.77	45	45	1.16^{ns}	0.42^{ns}
Fe (%)	0.03 ± 0.013	0.032 ± 0.01	41	33	0.65^{ns}	0.47^{ns}
Mn (%)	0.004 ± 0.0011	0.0037 ± 0.001	29	25	0.71^{ns}	0.61^{ns}
Cu (%)	0.0006 ± 0.00024	0.001 ± 0.0003	36	41	1.81^{ns}	0.85^{ns}
Zn (%)	0.002 ± .0007	0.002 ± 0.0007	35	35	0.99^{ns}	0.82^{ns}

^{ns}: not significant

1- Nutrient Balance Index

دامنه غلظت عناصر غذایی با استفاده از انحراف معیار (SD) و میانگین غلظت عناصر غذایی در جامعه با عملکرد برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف تعیین شد. بر این اساس دامنه کفایت برای عناصر غذایی پرمصرف N، P و K به ترتیب ۱/۴ – ۰/۸، ۰/۱۲ – ۰/۰۳، ۲/۴-۰/۸۵ (درصد) و برای عناصر کم‌مصرف Fe، Mn، Cu و Zn به ترتیب، ۱۳۰-۴۸۱، ۵۱ - ۲۲، ۹/۵ - ۳، ۲۸/۵ - ۱۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به دست آمد (جدول ۲) که بر اساس اطلاعات موجود در این دامنه‌ها امکان دستیابی به عملکرد بالای ۲ تن در هکتار وجود دارد. همچنین غلظت بهینه عناصر غذایی برای N، P و K به ترتیب ۱/۱۱، ۰/۰۷و ۱/۶ (درصد) و برای عناصر Fe، Mn، Cu و Zn به ترتیب ۳۰۰، ۴۰، ۶ و ۲۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) تعیین شدند.

جدول ۲- دامنه غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف در اندام هوایی گندم دیم

Table 2. The range of macro and micronutrient concentrations in dryland wheat shoot

Nutrient	Low	Sufficient range	High	Very high
N (%)	< 0.8	0.8 - 1.4	1.4-1.7	> 1.74
P (%)	< 0.03	0.03 - 0.12	0.12 - 0.16	> 0.16
K (%)	< 0.85	0.85 - 2.4	2.4 - 3.17	> 3.17
Fe (mg kg^{-1})	< 130	130 - 481	481 - 657	> 657
Mn (mg kg^{-1})	< 22	22 - 51	51 - 66	> 66
Cu (mg kg^{-1})	< 3	3 - 9.5	9.5 - 13	> 13
Zn (mg kg^{-1})	< 10	10 - 28.5	28.5 - 38	> 38

بیوفیل (Beaufils, 1973) وجود اختلاف معنی‌دار در نسبت واریانس بین دو جامعه گیاهی با عملکرد پایین و بالا را برای انتخاب نُرم پیشنهاد کرد. در حالی که سایر محققین نسبتی را که بیشترین مقدار عددی را داشته باشد، برای انتخاب نُرم پیشنهاد کردند (Hartz *et al.* 1998). بر اساس بیشترین نسبت واریانس، ۲۲ نسبت عنصر غذایی به عنوان نُرم انتخاب شدند (جدول ۳). بزرگ بودن نسبت واریانس‌ها بیانگر آن است که کدام یک از فرم‌های بیان دو عنصری آثار قابل توجهی در گیاه مورد نظر دارد (Meldal & Sumner, 1980). نُرم‌های DRIS با نسبت S^2L/S^2H بالا و ضریب تغییرات کم بیانگر آن است که تعادل بین این جفت عناصر غذایی به‌ویژه می‌تواند از لحاظ کمی و کیفی در تولید محصولات کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار باشد (Sumner, 1971). هر چه ضریب تغییرات در نسبت‌های عنصر غذایی کمتر باشد، استفاده از نُرم تعیین شده برای رسیدن به عملکردهای بهینه مناسب‌تر است. تمایز بین گیاهان سالم و غیرسالم از نظر تغذیه‌ای زمانی به حداکثر می‌رسد که نسبت واریانس‌های جامعه گیاهی با عملکرد پایین به جامعه گیاهی با عملکرد بالا نیز حداکثر شود (Walworth *et al.* 1988) که در این تحقیق از ۲۲ نسبت عنصر غذایی ۱۵ نسبت دارای مقادیر بالای ۲ بودند که این امر اهمیت بیشتر این عناصر را تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گیاه را نشان می‌دهد.

شاخص‌های DRIS

شاخص‌های DRIS با استفاده از روابط موجود در جدول ۴ محاسبه شدند. این شاخص‌ها ترتیب نیاز غذایی و وضعیت تعادل یا عدم تعادل عناصر غذایی را در مزارع با عملکرد پایین نشان می‌دهد که برای کلیه عناصر غذایی در جدول ۴ آورده شده است.

شاخص‌هایی با علامت منفی نشان‌دهنده حالت کمبود، شاخص‌های با علامت مثبت نشان‌دهنده حالت بیش‌بود و شاخص‌هایی با عدد صفر نشان‌دهنده حالت تعادل عنصر غذایی مورد نظر در مزرعه با عملکرد پایین است. در اکثر مزارع شاخص‌ها یا مثبت و یا منفی بودند که نشان‌دهنده عدم تعادل عناصر غذایی در مزارع است. نیتروژن در حدود ۶۰ درصد مزارع دارای شاخص منفی بود که در حدود ۲۳ درصد مزارع دارای منفی‌ترین شاخص بود. عنصر فسفر در ۴۰ درصد مزارع دارای شاخص منفی که در ۲۰ درصد مزارع منفی‌ترین شاخص مربوط به این عنصر بود که نشان‌دهنده کمبود این عناصر در این مزارع است.

جدول ۳- نُرم‌های DRIS، میانگین نسبت عناصر غذایی و ضریب تغییرات (CV) و نسبت های واریانس (واریانس مزارع با عملکرد پایین به واریانس مزارع با عملکرد بالا)

Table 3. DRIS norms, Mean of nutrients ratio, Coefficient of variation (CV), Variance ratios (S^2L/S^2H)

Expression Form	Mean	CV (%)	S^2L/S^2H	Expression Form	Mean	CV (%)	S^2L/S^2H
P/N	0.07	37	2.3*	Mn/K	0.0025	46	60.38***
N/K	0.79	49	45.1***	Cu/K	0.00045	60	20.53***
Fe/N	0.03	39	0.67^{ns}	Zn/K	0.0014	63	23.13***
N/Mn	343.5	44	0.96^{ns}	Fe/Mn	8.99	46	0.83^{ns}
N/Cu	2082.7	52	5.7***	Fe/Cu	53.24	47	5.60***
N/Zn	681.8	50	1.2^{ns}	Fe/Zn	19.4	71	1.03^{ns}
P/K	0.05	72	11.7***	Mn/Cu	6.28	36	10.73***
Fe/P	0.56	96	2.25*	Mn/Zn	2.05	31	2.14*
P/Mn	22.9	59	1.5^{ns}	Cu/Zn	0.37	47	2.48**
P/Cu	137.3	60	6.2***	Fe/K	0.02	55	36.95**
P/Zn	45.3	56	1.7^{ns}				

^{ns}: not significant; *, ** and *** significant P= 0.05, 0.01 and 0.001 respectively

جدول ۴- محاسبه شاخص‌های DRIS برای عناصر غذایی در گندم دیم

Table 4. Calculations of DRIS Indices for nutrients in dryland wheat

I (N)=	[-f (P/N) + f(N/K) - f(Fe/N) + f(N/Mn) + f(N/Cu) + f(N/Zn)]/6
I (P)=	[f(P/N) + f(P/K) - f(Fe/P) + f(P/Mn) + f(P/Cu) + f(P/Zn)]/6
I (K)=	[-f(N/K) - f(P/K - f(Fe/K) - f(Mn/K) - f(Cu/K) - f(Zn/K)]/6
I (Fe)=	[f(Fe/N) + f(Fe/P) + f(Fe/K) + f(Fe/Mn) + f(Fe/Cu) + f(Fe/Zn)]/6
I (Mn)=	[-f(N/Mn) - f(P/Mn) + f(Mn/K) - f(Fe/Mn) + f(Mn/Cu) + f(Mn/Zn)]/6
I (Cu)=	[-f(N/Cu) - f(P/Cu) + f(Cu/K) - f(Fe/Cu) - f(Mn/Cu) + f(Cu/Zn)]/6
I (Zn)=	[-f(N/Zn) - f(P/Zn) + f(Zn/K) - f(Fe/Zn) -f(Mn/Zn) - f(Cu/Zn)]/6

پتاسیم در ۳۶ درصد مزارع دارای شاخص منفی بود که در مزرعه شماره ۳ مقدار این شاخص ۳۴۹- بود در حالیکه بقیه شاخص‌ها مثبت بودند که این امر نشان‌دهنده عدم تعادل شدید این عنصر نسبت به بقیه عناصر در این مزارع می‌باشد. در بین عناصر کم‌مصرف، آهن از لحاظ کمبود رتبه اول را به خود اختصاص داد. این عنصر همانند نیتروژن در حدود ۶۰ درصد مزارع دارای شاخص منفی بود. عناصر کم‌مصرف منگنز، مس و روی به ترتیب در ۳۸، ۳۰ و ۳۳ درصد مزارع دارای شاخص منفی و در بقیه مزارع دارای شاخص مثبت بودند (جدول ۵).

به طور کلی اولویت بندی عناصر غذایی پرمصرف به صورت P> K> N می‌باشد (جدول ۵). کمبود فسفر در این مزارع احتمالاً به pH خاک ارتباط داشته باشد. بدین معنی که هر چه pH خاک به سمت قلیائیت پیش برود یون‌های غالب فسفات به تدریج از مونو کلسیم فسفات به دی کلسیم و تری کلسیم فسفات تبدیل می‌شوند و به همین اندازه حل‌پذیری فسفات کلسیم نیز کاهش می‌یابد (Miran & Samadi, 2014) و موجب دسترسی کمتر گیاه به این عنصر می‌شود. با توجه به نتایج بلندمدت انجام گرفته در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم نیتروژن محدودکننده‌ترین عامل رشد گندم دیم پس از آب می‌باشد در نتیجه الگوی مصرف کود در دیم‌زارهای منطقه مورد بررسی اکثراً استفاده از کود اوره در پائیز می‌باشد (Feiziasl, 2020) لذا میزان نیتروژن به‌طور کلی در مزارع مذکور دارای حالت تعادل می‌باشد یعنی در بعضی از مزارع دارای شاخص مثبت و در برخی دیگر دارای شاخص منفی می‌باشد ولی به‌طور کلی مقدار این

عنصر در مزارع به حالت تعادل نزدیک می‌باشد ولی با توجه به اینکه کودهای فسفره به میزان کمتر و کودهای پتاسیمی اصلاً در این دیم‌زارها مصرف نمی‌شوند لذا به نظر می‌رسد با برداشت هر ساله محصول، میزان این عناصر در خاک کاهش پیدا کرده است. در حالی که نتایج پژوهش فیضی اصل (Feiziasl, 2020) نشان می‌دهد پتاسیم تنها عنصری است که مقدار آن در استان‌های شمال‌غرب کشور با میانگین ۴۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای گندم دیم بیش از حد بحرانی (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است و بر این اساس هرگز مصرف خاکی کودهای پتاسیمی برای گندم دیم در این مناطق توصیه نمی‌شود.

همچنین در تحقیقی دیگر که توسط میران و همکاران (Miran *et al.*, 2021) در دیم‌زارهای جنوب استان آذربایجان‌غربی انجام گرفت میزان پتاسیم قابل جذب در حد بالا گزارش شد. بنابراین دلایل کمبود پتاسیم در گندم دیم می‌تواند به دلیل اثر رقت و یا محدودیت‌های جذب این کاتیون از خاک در شرایط تنش‌های رطوبتی و گرمای آخر فصل باشد. در تحقیقی که توسط میران و صمدی (Miran & Samadi, 2014) در مزارع چغندرقند در جنوب استان آذربایجان غربی صورت گرفت اولویت-بندی عناصر پرمصرف به‌صورت P> N > K بود که در هر دو مورد عنصر فسفر در بین عناصر پرمصرف پرنیازترین عنصر بود ولی با توجه به نوع محصول کشت شده جای نیتروژن و پتاسیم در پژوهش حاضر عوض شده است. در خصوص کمبود فسفر افزایش قیمت کودهای فسفری در سال‌های اخیر و کاهش کیفت آنها می‌تواند دلیل این موضوع باشد.

در بین عناصر کم‌مصرف آهن و روی بیشترین خسارت را وارد می‌سازند (Miran & Samadi, 2012). آهن در ۵۴ درصد مزارع با عملکرد پایین دارای شاخص منفی بود و مقدار کلی این شاخص در مزارع مورد بررسی نسبت به سایر عناصر کم‌مصرف دارای مقادیر پایین‌تری بود. کمبود آهن در خاک‌هایی با حاکمیت شرایط آهکی امری طبیعی به شمار می‌رود. عناصر منگنز، روی و مس به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند، به‌طوری که اولویت بندی عناصر کم‌مصرف به‌صورت Fe > Mn > Zn > Cu بود (جدول ۵).

شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) که از مجموع قدر مطلق شاخص‌های DRIS محاسبه می‌شود می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه بدون اشاره به علل آن استفاده گردد. هر چه مجموع قدرمطلق شاخص‌های DRIS بیشتر باشد، عدم تعادل تغذیه‌ای بیشتر است (Maorao Filho, 2004) در اکثر مزارعی که شاخص تعادل تغذیه‌ای بالا بود میزان عملکرد پایین بود. به عنوان مثال در مزرعه شماره ۳ که میزان این شاخص ۶۹۸ بود میزان عملکرد به کمتر از ۱ تن در هکتار رسید که نشان‌دهنده عدم تعادل شدید پتاسیم نسبت به سایر عناصر غذایی می‌باشد. در مزرعه شماره ۱۲ عدم تعادل برخی از عناصر غذایی

به‌ویژه نیتروژن میزان عملکرد را به ۶۰۹ کیلوگرم در هکتار کاهش داده است که عملکرد بسیار پایینی است. در مزرعه شماره ۱۹ کمبود برخی از عناصر به‌ویژه آهن و منگنز عملکرد را به کمتر از ۷۹۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داده است. در مزرعه شماره ۲۳ میزان عملکرد پایین و کمتر از ۱ تن در هکتار بود که عدم تعادل و کمبود فسفر نسبت بقیه عناصر غذایی را نشان می‌دهد. در مزرعه شماره ۳۱ کمبود عناصر کم‌مصرف آهن، مس و روی و همچنین در مزرعه شماره ۳۰ عدم تعادل فسفر با بقیه عناصر عملکرد مزرعه را کاهش داده است. همچنین کمبود عنصر نیتروژن همراه با برخی از عناصر کم‌مصرف عملکرد را در مزارع به میزان قابل توجهی کاهش داده است (جدول ۵).

جدول ۵- تعیین شاخص‌های DRIS ، عملکرد دانه، اولویت‌بندی عناصر غذایی و شاخص تعادل تغذیه‌ای در مزارع گندم دیم

Table 5. Determining DRIS Indices, Grain Yield, Priority nutrients, and Nutrient Balance Index with low-yielding farms

Farm NO.	Grain Yield (kg ha^{-1})	DRIS Indices							Priority nutrients	NBI
		N	P	K	Fe	Mn	Cu	Zn		
1	1335	5	1	-1	-6	2	-4	2	Fe> Cu >K>P>Mn=Zn> >N	21
2	1973	-17	5	22	-36	4	14	8	Fe>N>Mn>P>Zn>Cu>K	108
3	924	72	29	-349	64	87	44	53	K>P>Cu>Zn>Fe>N>Mn	698
4	945	-7	12	11	0	-1	11	-26	Zn>N>Mn>Fe>K>Cu>P	67
5	1719	-8	5	-4	-3	-10	1	19	Mn>N>K>Fe>Cu>P>Zn	51
6	1542	-1	-15	-29	10	14	-1	23	K>P>N=Cu>Fe>Mn>Zn	93
7	1065	6	-5	3	1	0	-3	-3	P>Cu=Zn>Mn>Fe>K>N	22
8	1711	0	-23	-5	15	2	7	4	P>K>N>Mn>Zn>Cu>Fe	57
9	1984	-4	16	22	-26	-15	1	6	Fe>Mn>N>Cu>Zn>P>K	91
10	1994	14	-11	29	26	-6	-25	-28	Zn>Cu>P>Mn>N>Fe>K	139
11	1056	-11	7	8	-11	-4	10	2	N=Fe>Mn>Zn>P>K>Cu	53
12	609	-16	10	10	0	3	-4	-3	N>Cu>Zn>Fe>Mn>P=K	47
13	1284	-13	6	5	-1	-6	7	1	N>Mn>Fe>Zn>K>P>Cu	39
14	1514	18	-109	29	10	12	38	2	P>Zn>Fe>Mn>N>K>Cu	218
45	1969	-10	-1	8	1	7	-6	-1	N>Cu>P=Zn>Fe>Mn>K	34
46	1540	-19	-4	-2	-9	-2	18	18	N>Fe>P>K=Mn>Cu=Zn	72
47	1839	12	11	9	-4	-37	-6	15	Mn>Cu>Fe>K>P>N>Zn	95
18	1492	-4	-4	-3	0	3	10	-3	N=P>K>Fe>Mn>Cu	27
19	788	-4	7	5	-18	-14	9	14	Fe>Mn>N>K>P>Cu>Zn	72
20	1439	-3	7	2	12	5	-21	-2	Cu>N>Zn>K>Mn>P>Fe	52
21	1254	-7	-13	0	3	9	8	0	P>N>K=Zn>Fe>Cu>Mn	41
22	1652	3	-5	-12	-6	0	12	8	K>Fe>P>Mn>N>Zn>Cu	46
23	993	10	-129	13	15	23	59	8	P>Zn>N>K>Fe>Mn>Cu	258
24	1622	25	32	6	17	33	-134	21	Cu>K>Fe>Zn>N>P>Mn	269
25	1359	-19	3	11	-11	-8	11	13	N>Fe>Mn>P>Cu=K>Zn	76
26	1412	11	-13	43	-9	19	-52	2	Cu>P>Fe>Zn>N>Mn>K	149
27	1787	-3	-8	2	6	2	12	-11	Zn>P>N>K=Mn>Fe>Cu	44
28	1649	0	8	25	4	-4	23	-56	Zn>Mn>N>Fe>P>Cu>K	119
29	1404	-26	3	18	-24	3	20	7	N>Fe>P=Mn>Zn>K>Cu	100
30	1126	-27	7	8	-17	3	17	8	N>Fe>Mn>P>K=Zn>Cu	89
31	865	4	22	17	-10	9	-20	-22	Zn>Cu>Fe>N>Mn>K>P	104
32	1339	1	4	0	-7	2	14	-14	Zn>Fe>K>N>Mn>P>Cu	42
33	1944	21	-94	-26	-3	26	46	30	P>K>Fe>N>Mn>Zn>Cu	244
34	1095	-8	20	14	-4	-41	23	-2	Mn>N>Fe>Zn>K>P>Cu	113
35	1797	-2	-2	-2	-16	0	20	3	Fe>N=P=K>Mn>Zn>Cu	45
36	1848	-4	9	-5	-6	8	3	-6	Fe=Zn>K>N>Cu>Mn>P	41
37	1714	-10	9	-43	-6	5	30	15	K>N>Fe>Mn>P>Zn>Cu	118
38	1711	11	16	-39	6	-15	6	14	K>Mn>Fe=Cu>N>Zn>P	108
39	1214	2	-21	7	2	5	-1	6	P>Cu>N=Fe>Mn>Zn>K	45

نتیجه‌گیری کلی

در مزارع با عدم تعادل عناصر غذایی بالا عملکرد به شدت کاهش یافته که این مسئله اهمیت تعادل عناصر غذایی در گیاه را آشکار می‌سازد. در مجموع شاخص‌های به دست آمده برای عناصر غذایی N، P، K، Fe، Mn، Cu و Zn به ترتیب ۷-، ۲۰۹-، ۱۹۲-، ۴۱-، ۱۲۰، ۲۰۰، و ۱۲۹ به‌دست آمد که نشان می‌دهد که این مزارع بدون تعادل عناصر غذایی بوده با توجه به مقادیر به‌دست آمده اولویت-بندی کلی عناصر غذایی برای عناصر پرمصرف و کم-مصرف به صورت P > K > Fe > N > Mn > Zn > Cu می‌باشد که در برنامه تغذیه‌ای باید به عناصر P، K، Fe و N توجه بیشتری مبذول گردد. همچنین غلظت بهینه عناصر غذایی برای N، P و K به ترتیب ۱/۱۱، ۰/۰۷ و ۱/۶ (درصد) و برای عناصر Fe، Mn، Cu و Zn به ترتیب ۳۰۰، ۴۰، ۶ و ۲۰ (میلی گرم بر کیلوگرم) تعیین شدند.

References

Abebe A., Abera G., Beyene S. 2018. Assessment of the limiting nutrients for wheat (Triticum aestivum L.) growth using Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(21): 2653-2663.

Akhter N. 2012. Comparison of DRIS and critical level approach for evaluating nutrition status of wheat in district Hyderabad, Pakistan, Universitäts-und Landesbibliothek Bonn.

Bailey J., Beattie J., Kilpatrick D. 1997. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. *Plant and Soil*, 197(1): 127-135.

Beaufils E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS).

Brække F.H., Salih N. 2002. Reliability of foliar analyses of Norway spruce stands in a Nordic gradient. *Silva Fennica*, 36(2): 489-504.

Brennan R., Penrose B., Bell R. 2019. Micronutrients limiting pasture production in Australia. *Crop and Pasture Science*, 70(12): 1053-1064.

Chen Z., White J.F., Malik K., Chen H., Jin Y., Yao X., Wei X., Li C., Nan Z. 2022. Soil nutrient dynamics relate to Epichloë endophyte mutualism and nitrogen turnover in a low nitrogen environment. *Soil Biology and Biochemistry*, 174: 108832.

Engel R., Zubriski J. 1982. Nitrogen concentrations in spring wheat at several growth stages. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 13(7): 531-544.

Feiziasl V. 2020. Evaluation of soil fertility status in northwest of Iran drylands by Nutrient Index Value (NIV). *Water and Soil*, 34(4): 897-919.

Feiziasl V., Baybordi A. 2006. Determination of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms for diagnosis of nutrient situation and study of nutrients balance for irrigated wheat crop in East Azarbayjan. *Iranian Journal of Crop Science*, 7(4): 298-309. (In Persian)

Feiziasl V., Jafarzadeh J., Amri A., Ansari Y., Mousavi S. B., and Chenar M. A. 2010. Analysis of Yield Stability of Wheat Genotypes Using New Crop Properties Balance Index (CPBI) Method. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1): 228–233.

Hartz T., Miyao E., Valencia J. 1998. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. *HortScience*, 33(5): 830-832.

Hundal H., Singh D., Brar J. 2005. Diagnosis and recommendation integrated system for monitoring nutrient status of mango trees in submountainous area of Punjab, India. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(15-16): 2085-2099.

Ijarotimi O.S., Fakayejo D.A., Oluwajuyitan T.D. 2021. Nutritional characteristics, glycaemic index and blood glucose lowering property of gluten-free composite flour from wheat (Triticum aestivum), soybean (Glycine max), oat-bran (Avena sativa) and rice-bran (Oryza sativa). *Applied Food Research*, 1(2): 100022.

Jat H., Datta A., Sharma P., Kumar V., Yadav A., Choudhary M., Choudhary V., Gathala M., Sharma D., Jat M. 2018. Assessing soil properties and nutrient availability under conservation agriculture practices in a reclaimed sodic soil in cereal-based systems of North-West India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(4): 531-545.

Letzsch W., Sumner M. 1984. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(9): 997-1006.

McBratney A., Field D. 2015. Securing our soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(4), 587-591.

Meldal-Johnsen A., Sumner M. 1980. Foliar diagnostic norms for potatoes. *Journal of plant nutrition*, 2(5), 569-576.

Miran N., Samadi A. 2012. Evaluation of nutritional status of sugar beet using Diagnostic and Recommendation Integrated System (DRIS) in comparison with Deviation from Optimum Percentage (DOP) in western Azerbaijan province. J*ournal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 16(61 (B)): 197-206. (In Persian)

Miran N., Samadi A. 2014. Determination and use of DRIS norms for evaluating nutritional status of sugar beet in Western Azerbaijan Province. *Water and Soil Science*, 24(1): 195-206. (In Persian)

Miran N., Rasouli-Sadaghiani M. H., Feiziasl V., Sepoehr E., Rahmati M. and Mirzaee S. 2021. The performance of Nutrient Index Value (NIV) in evaluation of dry land. *Applied Soil Research*, 9(1): 57-71. (In Persian)

Mourão Filho F.d.A.A., 2004. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Scientia Agricola*, 61: 550-560.

Nayak H.S., Silva J.V., Parihar C.M., Krupnik T.J., Sena D.R., Kakraliya S.K., Jat H.S., Sidhu H.S., Sharma P.C., Jat M.L. 2022. Interpretable machine learning methods to explain on-farm yield variability of high productivity wheat in Northwest India. *Field Crops Research*, 287: 108640.

O'Connell C., Osmond D. 2022. Why soil testing is not enough: A mixed methods study of farmer nutrient management decision-making among US producers. *Journal of Environmental Management*, 314: 115027.

Olsson L., Barbosa H., Bhadwal S., Cowie A., Delusca K., Flores-Renteria D., Hermans K., Jobbagy E., Kurz W., Li D. 2019. Land degradation: IPCC special report on climate change, desertification, land 5 degradation, sustainable land management, food security, and 6 greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land 5 Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and 6 Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), pp. 1.

Sadeghi S., Khazayi M., Mirnia S.K. 2022. Effect of soil surface disturbance on overland flow, sediment yield, and nutrient loss in a hyrcanian deciduous forest stand in Iran. *CATENA*, 218: 106546.

Silveira C.P., Nachtigall G.R., Monteiro F.A. 2005. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. *Scientia Agricola*, 62: 513-519.

Sumner M. E. 1971. Preliminary N, P and K foliar diagnostic norms for soybeans. *Agron. J*., 69: 226–230.

Sumner M. 1990. Advances in the use and application of plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21(13-16): 1409-1430.

Sun L., Sun R., Chen L., Sun T. 2022. Sensitive indicators of soil nutrients from reservoir effects in the hot-dry valleys of China. *CATENA*, 216: 106421.

Terra M.M., Guilherme M.A.S., Santos W.R.d., Paioli-Pires E.J., Pommer C.V., Botelho R.V. 2003. Evaluation of the nutritional condition of Italia grapevine in the region of Jales, SP, using the diagnosis and recommendation integrated system. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25: 309-314.

Walworth J., Sumner M. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS), Advances in soil science. *Springer*, pp. 149-188.

Walworth J., Woodard H., Sumner M. 1988. Generation of corn tissue norms from a small, high-yield data base. *Communications in soil science and plant analysis*, 19(5): 563-577.

Xu X., He P., Qiu S., Zhao S., Ding W., Zhou W. 2022. Nutrient management increases potato productivity and reduces environmental risk: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 369: 133357.

Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6): 415-421.

Zhou B., Chen Y., Zeng L., Cui Y., Li J., Tang H., Liu J., Tang J. 2022. Soil nutrient deficiency decreases the postharvest quality-related metabolite contents of tea (Camellia sinensis (L.) Kuntze) leaves. *Food Chemistry*, 377: 132003.

Evaluation of Nutritional Status of Dryland Wheat Using DRIS Method in South of West Azerbaijan Province

Naser Miran[1], MirHassan Rasouli-Sadaghiani[2*], Vali Feiziasl[3], Ebrahim Sepehr[3], Mehdi Rahmati[5], Salman Mirzaei [6]

(Received: December, 2022 Accepted: January, 2023)

Abstract

The aim of this study was to evaluate the nutritional status of dryland wheat using diagnosis, and recommendation integrated system (DRIS) method. To determine the DRIS indices, and norms in dryland wheat, 54 samples were collected from shoots, and concentrations of nutrients nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), and zinc (Zn) were determined. To determine the norms, the farms were divided into two groups of high and low-yielding farms based on yield. Optimum concentrations of nutrients for macronutrients N, P, and K were 0.87- 1.35, 0.0360 - 0.104, 2.18 - 1.02 (%), and for micronutrients including Fe, Mn, Cu, and Zn were 170-430, 29-51, 3.6 – 8.4, 13 – 27 (mg kg^{-1}), respectively, as well as optimum nutrient concentrations for N, P, and K were 1.11, 0.07 and 1.6 (%), and for Fe, Mn, Cu, and Zn 300, 40, 6, and 20 (mg kg^{-1}) respectively, were determined. In most low-yielding farms, the nutritional balance index (NBI) was much higher than zero, indicating more nutrient imbalance in these farms. The overall priority for macro and micronutrients is P > K > Fe > N > Mn > Zn > Cu, which should be paid attention to P, K, Fe, and N in the nutritional program.

Keywords: Optimum level, nutritional balance index, farm yield, nutrients

Miran N., Rasouli-Sadaghiani M. H., Feiziasl V., Sepehr E., Rahmati M., and Mirzaee S. 2024. Evaluation of Nutritional Status of Dryland Wheat Using DRIS method in South of West Azerbaijan Province. *Applied Soil Research*. 11(4): 18-29.

1. Former Ph.D Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University of Iran
3. Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
4. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University of Iran
5. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Maragheh University, Maragheh, Iran
6. Former Ph.D. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
*Corresponding Author Email: m.radaghianii@urmia.ac.ir