"مجله علوم زراعی ایران"
جلد پنجم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٢

تعیین حد بحرانی عناصر کم مصرف در خاک‌های گندم دیم در شمال غرب ایران

Determination of critical levels of soil micronutrionts for dryland wheat in the North West of Iran

ولی فیضی اصل[1]، غلامرضا ولی‌زاده[2]، وفا توشیح[3]، علی اشرف طلیعی[4] و ولیس بلسون[5]

چکیده

به منظور تعیین حد بحرانی عناصر غذایی کم مصرف آهن، منگنز، روی، مس و بُر در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار (با احتساب شاهد) برای هر عنصر غذایی مورد مطالعه، در سه تکرار و به مدت چهار سال زراعی (۸۱-۱۳۷۷) به اجرا در آمد. در مجموع تعداد مکان‌های اجرای آزمایش برای آهن ٢٦، منگنز ٢٥، روی ٢٧، مس ٢٦ و بُر ١٧ مکان در تمامی مناطق مورد مطالعه بود. سطوح کودی برای آهن ۰ ، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم سکوسترین آهن در هکتار، برای منگنز و روی ۰ ، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم منگنز یا روی خالص در هکتار به ترتیب از منابع سولفات منگنز و سولفات روی، برای مس ۰ ، ۲/۵ ، ۵ و ۷/۵ کیلوگرم مس خالص در هکتار از منبع سولفات مس و برای بُر ۰ ، ۱/۵ ، ۳ و ٤/٥ کیلوگرم بُر خالص در هکتار از منبع اسید بوریک بود. پس از مطالعه آزمون یکنواختی بین مکان‌های آزمایشی، مناسب ترین رابطه بین مقادیر آزمون خاک مربوط به عناصر غذایی کم مصرف مورد مطالعه و عملکرد نسبی دانه تعیین گردید که در مورد عناصر کم مصرف کاتیونی مناسب‌ترین مدل، معادله میچرلیش بود. حد بحرانی عناصر غذایی آهن، منگنز، روی و مس برای دستیابی به ۹۰ درصد حد اکثر عملکرد دانه با استفاده از معادله میچرلیش به ترتیب ۸/۸، ۱۱/۳ ، ۰/۸۸ و ۱/۸ میلیگرم بر کیلوگرم برای کل مناطق مورد مطالعه تعیین گردید. حد بحرانی بُر از طریق معادله دُیگری شبیه معادله میچرلیش (پایه لگاریتم طبیعی یا نپرین) ۰/٦٥ میلیگرم بر کیلوگرم در این مناطق تعیین گردید. در مجموع می‌توان چنین استنباط نمود که تعیین حد بحرانی عناصر غذایی کم مصرف از اولویت‌های تحقیقاتی برای کاربرد و توصیه کودهای آهن، منگنز، روی، مس و بُر در گندم دیم می‌باشد، زیرا این حدود بحرانی می‌تواند اساسی در تشخیص نیاز و یا عدم نیاز به کاربرد این عناصر غذایی در خاک‌های مناطق مورد مطالعه بوده باشد.

واژه‌های کلیدی: حد بحرانی، عناصر کم مصرف، گندم دیم.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۳/۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۱۱/۲

۱- به ترتیب عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه)
۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه)
۳- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان
٤- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم (کرمانشاه)
٥- کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

مقدمه

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمّی و کیفی محصول به شمار می‌آید . در تغذیه صحیح گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار بگیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا که در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای، با اضافه نمودن مقداری از عناصر غذایی نه تنها افزایش عملکردی رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی در رشد گیاه و نهایتاً کاهش در عملکرد نیز مطرح می‌شود (ملکوتی، ١٣٧٢). با آگاهی به این که عوامل متعددی در عملکرد نقش دارند، گمان می‌رود تخمین نیاز کودی گیاهان زراعی، پس از رفع کمبود آب، سر منشاء تنگناها باشد. روش‌های مختلفی برای تعیین میزان عناصر غذایی قابل استفاده گیاه در خاک یا تشخیص اختلال عناصر غذایی وجود دارد که متداول‌ترین آن‌ها روش‌های علایم ظاهری کمبود، آزمون خاک، آزمون گیاه، آزمایش‌های کودی در گلخانه و مزرعه می باشد (ملکوتی و همایی، ١٣٧٣). البته هر کدام از روش‌های یاد شده مزایا و معایب خاص خود را دارند و توصیه این که کدام یک از این روش‌ها بهترین می‌باشد، کار بسیار مشکلی است. برای تشخیص اختلالات عناصر غذایی در سیستم خاک- گیاه می‌توان تنها از یک و یا تعدادی از روش‌های یاد شده استفاده نمود. معمولاً آزمون خاک در گیاهان زراعی ردیفی و یک ساله کاربرد بیشتری دارد. اما برای گیاهان چند ساله باغی، روش آزمون گیاه از اهمیت بیشتری برخوردار است (Fageria et al., 1991).

استفاده از آزمون خاک یکی از رایج‌ترین روش‌هایی است که در کشاورزی پیشرفته از آن به‌عنوان ابزاری برای توصیه‌های کودی استفاده می‌شود. آزمون خاک عبارت است از: انجام تجزیه‌های شیمیایی سریع خاک به منظور ارزیابی قابلیت استفاده عناصر ضروری گیاه در خاک و تعیین مقدار کود لازم برای دستیابی به عملکرد بهینه (کریمیان، ١٣٧٣). بنابراین آزمون خاک ابزار مناسبی برای انجام توصیه‌های لازم برای کاربرد کودها در محصولات کشاورزی است. آزمون خاک بخش قابل استفاده عناصر غذایی در خاک را برای محصولات نشان می‌دهد. در تجزیه خاک معمولاً دامنه محدودیت‌های ناشی از عوامل خاکی در ارتباط با توسعه کشاورزی یک کشور مشخص می گردد. اغلب در سطوح پایین تولید (عملکرد اقتصادی گیاه)، دامنهٔ محدودیت‌ها اهمیت کمتری را در مقایسه با تولیدات بالا از خود نشان می‌دهد. به عبارت دیگر در تولیدات بالا دانستن حداقل عوامل مورد نیاز برای تولید، از ابزارهای مهم تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود (Kumar Das , 1997).

برای تفسیر نتایج آزمون خاک، کالیبراسیون (Calibration) نتایج حاصل از تجزیه‌های شیمیایی بر روی خاک با پاسخ گیاه در شرایط مزرعه‌ای برای هر گیاه و در اقلیم های مشخص ضروری است و با توجه به این که هدف از انجام کالیبراسیون آزمون خاک، تعیین مقدار عناصر غذایی مورد نیاز برای افزودن به خاک به منظور دستیابی به عملکرد بهینه می‌باشد، بنابر این برای رسیدن به این هدف، آزمایش باید درجه کمبود یا کافی بودن یک عنصر غذایی را در خاک برای گیاه مورد نظر مشخص نماید. سیستم موجود کالیبراسیون آزمون خاک بر اساس کم، متوسط و زیاد، باعث می‌شود تا مانع تفسیرهای مختلفی توسط پژوهشگران علم تغذیه گیاه در چنین مواردی گردد. (Melsted and Peck,1973; Craswell and Godwin, 1984; Fageria, 1992; Kumar Das , 1997).

پس از از انجام آزمایش‌های کالیبراسیون آزمون خاک، برای هر عنصر غذایی غلظتی به نام سطح یا حد بحرانی (Critical level) تعیین می گردد. چنان‌چه غلظت عنصر غذایی مربوطه در خاک‌های منطقه مورد آزمایش کمتر از حد بحرانی به دست آمده از طریق آزمایش‌های کالیبراسیون باشد، آن خاک از نظر کلاس‌بندی سطح عنصر غذایی در درجه کمبود قرار خواهد گرفت.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

بنابراین، بر اساس نتایج آزمایش‌های کالیبراسیون خاک با پاسخ گیاه می‌توان برای هر محصول توصیه کودی مناسب ارایه نمود . لازمه این کار تعیین حد بحرانی این عناصر برای گیاه مورد نظر است. حد بحرانی با استفاده از روش‌های مختلفی تعیین می‌گردد که سه روش عمده آن عبارتند از: روش تصویری کیت- نلسون، روش آماری یاتجزیه واریانس کیت- نلسون ومعادله میچرلیش (Bray, 1944; Bray, 1945; Cate, and Nelson, 1971; Nelson and Anderson, 1984). با توجه به این که در خصوص مصرف کودهای عناصر کم مصرف در کشور برای گندم دیم اساس علمی قابل استنادی وجود نداشت و گاهی نیز توصیه‌های بی رویه مصرف این عناصر برای گندم دیم در مناطق مورد مطالعه مشاهده می‌گردید، انجام این پژوهش برای تغذیه متعادل گندم دیم و رسیدن به عملکردهای اقتصادی ضروری به نظر می‌رسید.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین حد بحرانی پنج عنصر غذایی کم مصرف آهن، منگنز، روی، مس و بُر در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت چهار سال زراعی (۱۳۸۱-۱۳۷۷) با چهار سطح کودی (با احتساب شاهد) برای هر عنصر غذایی کم‌مصرف مورد مطالعه اجرا گردید. سطوح کودی برای آهن ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم سکوسترین آهن در هکتار، برای منگنز و روی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم منگنز یا روی خالص در هکتار به ترتیب از منابع سولفات منگنز و سولفات روی، برای مس ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ کیلوگرم مس خالص در هکتار از منبع سولفات مس و برای بُر ۰، ۱/۵، ۳ و ٤/۵ کیلوگرم بر خالص در هکتار از منبع اسید بوریک بود. کود ازت در هر منطقه بر اساس فرمول کودی آن منطقه از منبع اوره و فسفر بر اساس کمبود از حد بحرانی این عنصر غذایی از ۹ میلیگرم بر کیلوگرم خاک (روش بیکربنات سدیم) در تمامی مناطق مورد مطالعه به صورت یکنواخت برای تمامی تیمارهای آزمایشی از منبع سوپرفسفات تریپل تأمین گردید (فیضی اصل و همکاران،۱۳۸۲). با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه خاک محل‌های اجرای آزمایش، در هیچ یک از مناطق مورد مطالعه نیازی به کاربرد پتاسیم نبود. حد بحرانی این عنصر غذایی در خاک ۲۵۰ میلیگرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک (روش استات آمونیوم) در نظر گرفته شد که این مقدار ۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیز مازاد بر حد بحرانی ارائه شده توسط ملکوتی و غیبی (۱۳۷٦) برای گندم دیم بود. قبل از اجرای آزمایش، حدود ۲۰۰ نمونه خاک به روش مرکب از عمق ۲۵-۰ سانتیمتری از زمین‌های زراعی زیر کشت غلات دیم در چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه تهیه و مقادیر آهن ، منگنز ، روی ، مس و بُر در آن‌ها براساس روش‌های رایج در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد. عناصر غذایی کاتیونی آهن، منگنز، روی و مس در این پژوهش با استفاده از روش DTPA و بر بر اساس روش آب داغ عصاره‌گیری شدند (علی احیایی و بهبهانی‌زاده،۱۳۷۲).

قبل از انجام آزمایش‌های کالیبراسیون آزمون خاک با پاسخ گیاه، شرایطی برای انجام چنین آزمایش‌های گسترده و پر هزینه وجود دارد تا علاوه بر جلوگیری از اتلاف هزینه و وقت، نتیجه مطلوبی نیز از اجرای این آزمایش‌ها گرفته شود. بنابراین در انجام این پژوهش اصول ارایه شده توسط فاجریا و همکاران (Fageria et al., 1991) و سلطانپور و همکاران (Soltanpour et al., 1988) برای انجام آزمایش‌های کالیبراسیون خاک مد نظر قرار گرفت.

با توجه به این که اکثر زمین‌های زراعی زیر کشت گندم دیم در کشور در چهار استان یاد شده می‌باشد و هم‌چنین تشابه اقلیمی و خاکی زیادی در این چهار استان، آزمایش‌ها در این مناطق اجراء گردید. ذکر این

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

نکته نیز ضروری است که در هر چهار استان، ایستگاه‌های فعال تحقیقات کشاورزی دیم در زمان تدوین این طرح تحقیقاتی وجود داشت که این نیز دلیل دیگری برای انتخاب این چهار استان برای اجرای آزمایش بود. در مجموع تعداد مکان‌های اجرای آزمایش برای آهن ٢٦، منگنز ٢٥، روی ٢٧، مس ٢٦ و بُر ١٧ مکان در چهار استان از بین ٢٠٠ مکان مورد مطالعه بود. به عبارت دیگر محل اجرای آزمایش‌ها در هر چهار سال زراعی متفاوت بوده و آزمایش‌های کالیبراسیون عناصر کم مصرف در هیچ یک از استان‌ها در مکان‌های ثابتی اجرا نگردید. محدوده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در مناطق مختلف در این پژوهش، در جدول ١ آورده شده است.

جدول ١ـ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در آزمایش‌های کالیبراسیون عناصر کم مصرف در شمال غرب ایران

Table 1. Soil physical and chemical properties used in micronutrients calibration experiments in the North West of Iran

Properties	خصوصیات	حدود Ranges
Sand(%)	شن(درصد)	18-25
Silt(%)	سیلت(درصد)	30-40
Clay(%)	رس(درصد)	40-50
Saturation content (%)	رطوبت اشباع(درصد)	50-60
E.C (ds/m)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	0.5-0.7
pH	واکنش گل اشباع	7.5-8.1
T.N.V (%)	مواد خنثی شونده (درصد)	3-10
O.C (%)	کربن آلی (درصد)	0.45-0.64
Total N (%)	ازت کل (درصد)	0.02-0.06
P (av.)	فسفر قابل جذب(میلیگرم در کیلوگرم-اولسن)	5-15
K (av.)	پتاسیم قابل جذب (میلیگرم در کیلوگرم-استات آمونیوم)	280-600
Fe	آهن قابل جذب (میلیگرم در کیلوگرم-DTPA)	0.7-19
Mn	منگنز قابل جذب (میلیگرم در کیلوگرم-DTPA)	1.4-42.0
Zn	روی قابل جذب (میلیگرم در کیلوگرم-DTPA)	0.1-9.5
Cu	مس قابل جذب (میلیگرم در کیلوگرم-DTPA)	0.6-6.8
B	بُر قابل جذب (میلیگرم در کیلوگرم- روش آب داغ)	0.02-4.4

نتایج به دست آمده از این پژوهش پس از بررسی‌های مقدماتی (گروه‌بندی داده‌ها) تفسیر گردید و توصیه‌های انجام گرفته نیز بر اساس این نتایج می‌تواند برای مناطق مورد مطالعه و مناطق مشابه با آن از نظر اقلیمی، خاکی و مدیریت کشت کاربرد داشته باشد.

بذر گندم در این آزمایش از رقم رایج در تمامی مناطق مورد مطالعه (سرداری) و با تراکم ٣٥٠ دانه در مترمربع، پس از ضد عفونی با قارچ‌کش ویتاواکس (Vitavax) به نسبت دو در هزار در عمق پنج تا هفت سانتیمتری با دستگاه آزمایشی (وینتراشتایگر) کشت گردید. عرض کرت‌ها ٢/١ متر (١٢ ردیف کشت با فاصله ردیف‌های ١٧/٥ سانتیمتر) و طول آنها هفت متر در نظر گرفته شد. در مرحله GS21 براساس کدبندی زادوکس (Roelfs et al., 1992) با علف‌های پهن برگ به کمک علفکش توفوردی به میزان دو لیتر در هکتار مبارزه گردید.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

در زمان برداشت محصول، دو ردیف کشت از طرفین و ۰/۵ متر از دو انتهای هر کرت برای از بین بردن اثرات حاشیه‌ای احتمالی، حذف و بقیه کرت‌ها برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیکی به صورت دستی برداشت گردید.

پس از جمع‌آوری اطلاعات به دست آمده از اجرای آزمایش، ابتدا یکنواختی مکان‌های اجرای آزمایش از نظر پاسخ گندم دیم به مصرف عناصر غذایی کم مصرف مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که ابتدا مکان‌هایی که در هر چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه نسبت به کاربرد عناصر کم مصرف پاسخ نداده بودند حذف و سپس با توجه به مقادیر کود عنصر کم مصرف به کار رفته و میزان عنصر غذایی مورد مطالعه در خاک، عملکردهای دانه به دست آمده در مناطق مختلف به صورت نقاط پراکنش در یک دیاگرام دو بعدی ترسیم گردید. نتایج این بررسی نشان داد که داده‌های چهار استان مورد مطالعه کاملاً همخوانی داشته و پاسخ گندم رقم سرداری به کاربرد هر پنج عنصر مورد مطالعه در این مکان‌ها یکنواخت بوده است (Kumar Das , 1997).

پس از بررسی یکنواختی داده‌های آزمایش، داده‌های مربوط به پاسخ گیاه (عملکرد دانه) در هر مکان آزمایشی با توجه به میزان عنصر غذایی مورد مطالعه در خاک و میزان عنصر کودی مصرف شده با استفاده از روش پیشنهادی بری (Bray, 1944; Bray, 1945) به درصد نسبی عملکرد دانه تبدیل گردید. با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Curve Expert ، مناسب‌ترین رابطه بین درصد عملکرد نسبی دانه با میزان عنصر غذایی کم‌مصرف در خاک انتخاب شد. در این انتخاب، مدلی که دارای بیشترین ضریب تبیین و کمترین اشتباه استاندارد بود، انتخاب و در صورت مشابه بودن عوامل یاد شده در چند مدل مناسب، از مدلی استفاده گردید که ساده و شناخته شده‌تر از سایر مدل‌ها بود (Baethgen and Alley, 1989). به منظور بررسی معادله میچرلیش و توان توجیه مقادیر آزمون خاک با پاسخ گیاه در مقایسه با سایر مدل‌ها، این معادله نیز به مدل‌های موجود در نرم افزار Curve Expert اضافه گردید (Melsted and Peck,1973; Ware et al., 1982; Yurtsever and Gedikoglu, 1992):

$$Y = A (1 - e^{-cX})$$

در این معادله:

Y = عملکرد نسبی دانه (٪) یا عملکرد مطلق دانه (کیلوگرم در هکتار)

A = حداکثر عملکرد (عملکرد آخرین سطح کودی) در عملکرد نسبی برابر ۱۰۰ در نظر گرفته می شود.

X = غلظت عنصر غذایی کم مصرف در خاک (میلیگرم بر کیلوگرم)

c = ضریب معادله میچرلیش

e = پایه لگاریتم نپرین برابر با ۲/۷۱۸۲۸۲ می باشد.

نتایج و بحث

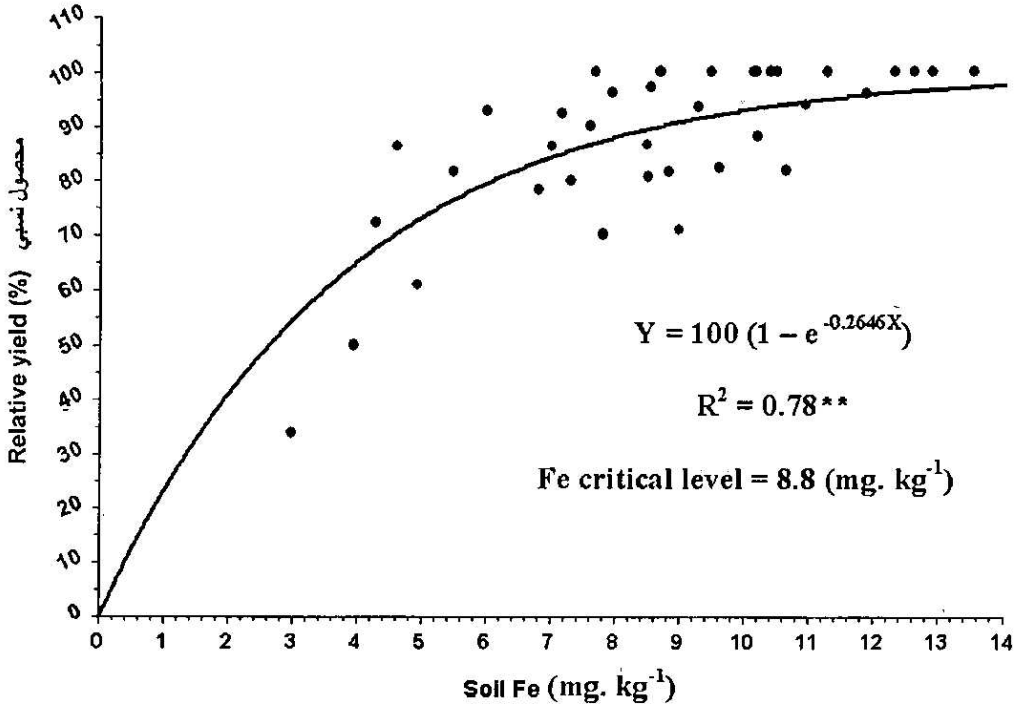
نتایج کالیبراسیون آزمون آهن خاک با عملکرد نسبی دانه گندم سرداری نشان داد که برای رسیدن به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه در این مناطق باید میزان ۸/۸ میلیگرم آهن بر کیلوگرم خاک وجود داشته باشد (شکل ۱). بلالی و همکاران (۱۳۷۹) با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون حد بحرانی آهن را در خاک برای گندم آبی در شمال غرب کشور در استان‌های مورد نظر در این پژوهش به طور متوسط ٤/۰۳ میلیگرم بر کیلوگرم (روش DTPA) تعیین کردند که در این میان بیشترین و کمترین آن به ترتیب ۷/۳ و ۲ مربوط به استان‌های کرمانشاه و آذربایجان غربی بود. بر اساس نتایج این پژوهشگران محدوده حد بحرانی آهن در کشور از دو تا هشت میلیگرم بر کیلوگرم متغیر داشت.

حد مناسب آهن در خاک برای گیاهان مختلف از جمله گندم ۱۱ الی ۱٦ میلیگرم آهن در کیلوگرم خاک (روش DTPA) گزارش شده

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

است (ملکوتی و همایی، ١٣٧٣؛ Fageria et al,1991; Snowball and Robson,1991). گزارش‌هایی مبنی بر کلروزهای ناشی از کمبود آهن در گندم، از ایالت اُکلاهمای آمریکا موجود است. وقتی که میزان آهن موجود در خاک کمتر از دو میلیگرم بر کیلوگرم (روش DTPA) باشد، احتمال ظهور علایم کمبود آهن در گندم و سایر محصولات زراعی افزایش می‌یابد (Miller et al., 1964).



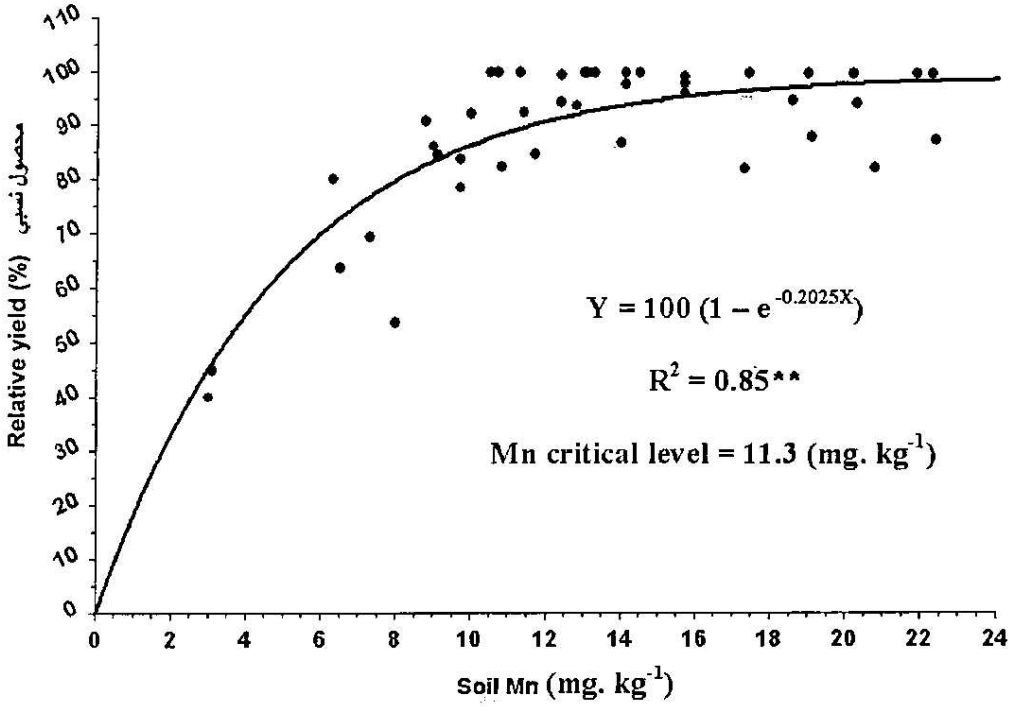
شکل ١- حد بحرانی آهن در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از معادله میچرلیش

Fig. 1. Soil Fe critical level for dryland wheat in the northwest of Iran using Mitshcherlich equation

نتایج کالیبراسیون آزمون منگنز خاک با عملکرد نسبی دانه نشان داد که برای رسیدن به ٩٠ درصد حداکثر عملکرد دانه در این مناطق باید منگنز خاک در عمق مورد مطالعه ١١/٣ میلیگرم بر کیلوگرم خاک بوده باشد (شکل ٢). بلالی و همکاران (١٣٧٩) با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون حد بحرانی منگنز را در خاک برای گندم آبی در شمال غرب کشور در استان‌های مورد نظر در این پژوهش به طور متوسط ٤/٣ میلیگرم بر کیلوگرم (روش DTPA) تعیین کردند که در این میان بیشترین آن به میزان ٤/٦ میلیگرم بر کیلوگرم مربوط به استان کرمانشاه بود. با توجه به نتایج این پژوهشگران دامنه تغییر حد بحرانی منگنز در ایران ٦/٥-٢/٩ میلیگرم بر کیلوگرم بود. این در حالی است که ملکوتی و همایی (١٣٧٣) حدود متوسط منگنز در خاک را ١٢-٩ میلیگرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]



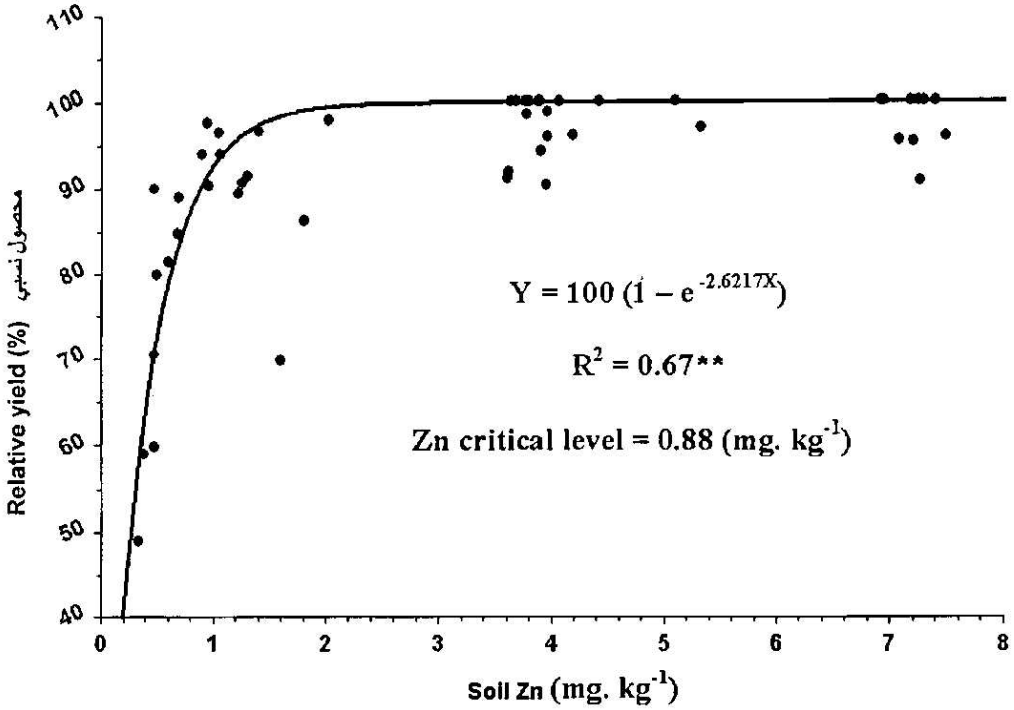
شکل ۲- حد بحرانی منگنز در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از معادله میچرلیش

Fig. 2. Soil Mn critical level for dryland wheat in the northwest of Iran using Mitshcherlich equation

بر اساس نتایج این پژوهش حد بحرانی روی در خاک برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه گندم دیم در استان‌های مورد مطالعه ۰/۸۸ میلیگرم بر کیلو گرم تعیین گردید (شکل ۳). فیضی اصل و همکاران (۱۳۸۲) طی پژوهشی بر روی گندم دیم رقم سرداری در مراغه نشان دادند که حد بحرانی روی در خاک با استفاده از روش تصویری کیت- نلسون و معادله میچرلی- بری $[\log(100 - Y) = \log 100 - 0.399b - 0.103X]$ به ترتیب ۲ و ۱/۲ میلیگرم بر کیلوگرم (روش DTPA) است. هم‌چنین آنان به این نتیجه رسیدند که گندم دیم به طور متوسط از ۳ تا ۱۲ درصد روی مصرفی در سال اول زارعی استفاده کرده و بقیه آن در خاک باقی مانده است. طلیعی و عابدی (۱۳۷۸) نیز حد بحرانی روی در خاک را برای گندم سرداری در استان کرمانشاه ۰/۷۵ میلیگرم بر کیلوگرم تعیین کردند. بلالی و همکاران (۱۳۷۹) با استفاده از روش تصویری کیت- نلسون حد بحرانی روی را در خاک برای گندم آبی در شمال غرب کشور در استان‌های مورد نظر در این پژوهش به طور متوسط ۰/۷٤ میلیگرم بر کیلوگرم (روش DTPA) تعیین کردند که در این میان بیشترین آن به میزان ۰/۸۹ میلیگرم بر کیلوگرم مربوط به استان کرمانشاه بود. با توجه به نتایج این پژوهشگران، دامنه تغییر حد بحرانی منگنز در ایران ۱-۰/٤بود. پژوهشگران زیادی معتقدند که حد بحرانی روی برای گندم در خاک‌های آهکی ۰/٦-۰/٤ میلیگرم بر کیلوگرم است(Sillanp,1982; Singh et al., 1987; Dwivedi and Tiwari, 1992 and Cakmak et al.,1996). لازم به ذکر است که آستانه سمیت این عنصر در خاک‌های آهکی برای گندم حدود هفت میلیگرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Takker and Mann, 1978).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]



شکل ٣- حد بحرانی روی در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از معادله میچرلیش

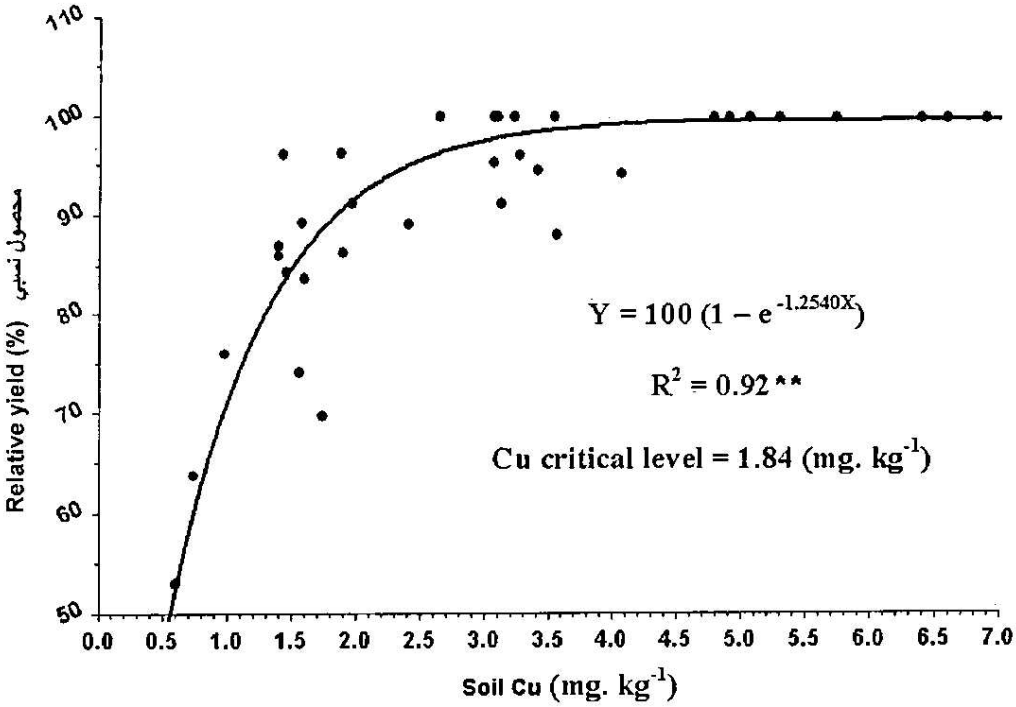
Fig. 3. Soil Zn critical level for dryland wheat in the northwest of Iran using Mitshcherlich equation

نتایج کالیبراسیون آزمون مس خاک با عملکرد نسبی دانه نشان داد که برای رسیدن به ٩٠ درصد حداکثر عملکرد دانه در این مناطق باید مس خاک در عمق مورد مطالعه ١/٨ میلیگرم در کیلوگرم خاک بوده باشد (شکل ٤). بلالی و همکاران (١٣٧٩) با استفاده از روش تصویری کیت- نلسون حد بحرانی مس را در خاک برای گندم آبی در شمال غرب کشور در استان‌های مورد نظر در این پژوهش به طور متوسط ١/١ میلیگرم بر کیلوگرم (روش DTPA) تعیین کردند که اختلاف چندانی بین چهار استان مورد مطالعه از نظر حد بحرانی به دست آمده، وجود نداشت.

در این پژوهش بُر تنها عنصری بود که از معادله کامل میچرلیش پیروی نکرد. مناسب‌ترین معادله‌ای که رابطه بین میزان بُر در خاک را با عملکرد نسبی دانه گندم دیم در حد قابل قبولی از نظر آماری توجیه نمود، معادله‌ای مشابه با معادله میچرلیش (پایه لگاریتم طبیعی یا نپرین) بود (جدول ٢). شاید علت این اختلاف، نوع رفتار این عنصر غذایی در خاک از نظر تحرک‌پذیری در مقایسه با عناصر کم مصرف کاتیونی باشد و یکی از شرایط لازم برای استفاده از معادله میچرلیش کم‌تحرک بودن عنصر غذایی در خاک است. بر در خاک از عناصر متحرک به شمار می‌رود و حتی برای مطالعه آن در خاک، در صورت زیاد بود این عنصر غذایی پیشنهاد می‌گردد تا بر عکس عناصر غذایی کم تحرک، عمق نمونه‌بردای تا ١-٠/٦متری انجام گیرد (Matar et al., 1992; Ryan et al., 1996; Ascher-Ellis et al., 2001). نتایج کالیبراسیون آزمون بر خاک با عملکرد نسبی دانه نشان داد که حد بحرانی این عنصر غذایی در خاک ٠/٦٥ میلیگرم بر کیلو گرم است (شکل ٥).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]



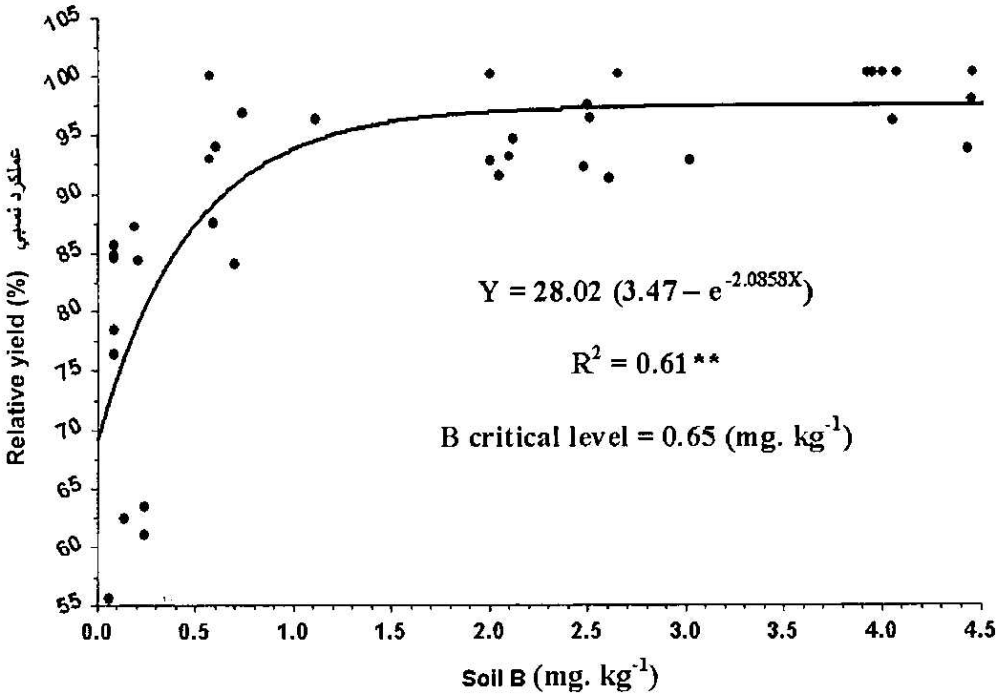
شکل ٤- حد بحرانی مس در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از معادله میچرلیش

Fig. 4. Soil Cu critical level for dryland wheat in the northwest of Iran using Mitshcherlich equation

مقایسه نتایج حد بحرانی عناصر ریز مغذی به دست آمده برای گندم دیم در این پژوهش با حد بحرانی عناصر ریز مغذی ارائه شده برای گندم در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد که با وجود بالا بودن پتانسیل تولید گندم آبی در مقایسه با گندم دیم، مقادیر حد بحرانی گندم آبی اغلب کمتر از حد بحرانی به دست آمده برای گندم دیم است و این می‌تواند به دلیل محدودیت‌های جذب عناصر غذایی در شرایط دیم بوده باشد. زیرا حد بحرانی عناصرغذایی در خاک مقدار ثابت نبوده و در شرایط مختلف مانند: میزان و پراکنش بارندگی، نوع خاک (به ویژه مقدار کربنات کلسیم)، شرایط جوی (سرد و گرم بودن هوا)، نوع واریته و پتانسیل تولیدی، تغییر می‌نماید. معمولاً اعتقاد بر این است که با کاهش بارندگی و دمای خاک، سطح بحرانی عناصر غذایی در خاک افزایش می‌یابد و این شرایط اغلب در ارتفاعات مناطق دیم شمال غرب کشور وجود دارد (Amer, 1995; Harmsen et al., 1983; Krentos and Orphanos,1979; Matar et al., 1992; Soltanpour et al., 1986; Soltanpour et al., 1988; Yurtsever and Gedikoglu, 1992). با توجه به این که دستیابی به عملکرد مورد نظر در هر واریته گیاهی یکی از عوامل اصلی در میزان حد بحرانی به دست آمده می باشد، بنابر این با تغییر عملکرد مورد نظر، مقادیر حد بحرانی نیز تغییر خواهد نمود (جدول ۲). لازم به ذکر است که تعدادی از پژوهشگران در غرب آسیا و شمال آفریقا (Western Asia and North Africa) بر این باورند که حد بحرانی عناصر غذایی در خاک باید طوری محاسبه گردد که بتواند حدود ۸۰ درصد حداکثر عملکرد نسبی را تولید نماید (Soltanpour et al., 1988; Matar et al., 1988; Pala and Matar, 1988). این در حالی است که

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]



شکل ٥- حد بحرانی بُر در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از مناسب ترین مدل

Fig. 5. Soil B critical level for dryland wheat in the northwest of Iran using best model

ورمت (Vermaat, 1988) و اسمایلد (Smilde,1988) اعتقاد دارند که در تعیین حد بحرانی و کاربرد کودها به غیر از دستیابی به عملکرد مورد نظر، باید بازگشت سرمایه نیز به عنوان ابزار اصلی توصیه کود مد نظر پژوهشگر قرار گیرد. به طوری که حد بهینه اقتصادی کود باید طوری محاسبه گردد تا سود حاصل از مصرف آن دست کم دو برابر هزینه قیمت کود باشد.

جدول ٢- حد بحرانی عناصر عناصر کم مصرف برای دستیابی به عملکردهای نسبی دانه مختلف در گندم دیم

Table 2- Micronutrient critical levels for obtaining of different relative grain yield for dryland wheat

عنصر کم مصرف Micronutrient	رابطه بین میزان عنصر غذایی در خاک با عملکرد نسبی دانه Relationship between soil nutrient content and relative grain yield	حد بحرانی برای دستیابی به عملکردهای نسبی دانه مختلف Critical level for obtaining different relative grain yield (mg.kg^{-1})		
		80%	85%	90%
Fe	Y = 100 (1-Exp (-0.2646 X)	6.0	7.1	8.7
Mn	Y = 100 (1-Exp (-0.2025 X)	8.0	9.3	11.3
Zn	Y = 100 (1-Exp (-2.6217 X)	0.61	0.72	0.88
Cu	Y = 100 (1-Exp (-1.2540 X)	1.28	1.51	1.84
B	Y = 28.02 (3.47-Exp (-2.0858 X)	0.23	0.39	0.64

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

در مجموع می‌توان چنین استنباط نمود که کاربرد عناصر کم مصرف درخاک‌های دچار کمبود این عناصر غذایی، رشد و عملکرد دانه گندم دیم را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. هم‌چنین تعیین حد بحرانی عناصر غذایی کم مصرف از اولویت‌های اساسی در توصیه کودهای عناصر کم مصرف در مناطق دیم شمال غرب کشور بشمار می‌رود، زیرا بدون دسترسی به این اطلاعات نیاز به میزان کاربرد و یا عدم کاربرد کودهای عناصر کم مصرف برای گندم دیم در خاک‌های شمال غرب کشور توجیه علمی نخواهد داشت.

منابع مورد استفاده References

بلالی، م. ر.، م. ج. ملکوتی، ح. مشایخی و ز.خادمی.۱۳۷۹. اثر عناصر ریز مغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک‌های تحت کشت گندم آبی ایران. در: محمد جعفر، ملکوتی (گرد آورنده). تغذیه متعادل گندم. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.

طلیعی، ع. ا. و م. ج. عابدی. ۱۳۷۸. بررسی اثر مقادیر کود روی و تعیین حد بحرانی آن در زراعت گندم دیم استان کرمانشاه. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱، شماره ۳ .

علی احیائی، م و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳

فیضی اصل، و.، ر. کسرایی و م. مقدم. ۱۳۸۲. بررسی اثر کود روی و فسفر در تعادل غذایی و تشخیص کمبود در گندم دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان (در حال بررسی).

کریمیان، ن. ع. ۱۳۷۳. تفسیر نتایج آزمون خاک بر اساس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی. گزیده مقالات ارائه شده در سومین کنگره علوم خاک ایران (۱۵ تا ۱۸شهریور ماه ۱۳۷۱).

ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی . ۱۳۷٦. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.

ملکوتی، م. ج. و م. همایی . ۱۳۷۳. حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه‌حل‌ها». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۲. روش جامع تشخیص نیاز گیاهان و توصیه مصرف کودهای شیمیایی در اراضی زراعی ایران. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

Amer, F. M. 1995. Soil test modifiers for coarse - textured calcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. **26(17/18):** 3023-3032.

Ascher-Ellis, J. S., R. D. Graham, G. J. Hollamby, J. Paull, P. Davies, C. Huang, M. A. Pallotta, N. Howes, H. Khabaz-Saberi, S. P. Jefferies, and M. Moussavi-Nik. 2001. Micronutrients.p. 219-240. In: M.P. Reynold, J. I. Ortiz- Monasterio, and A. McNab (eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D. F: CIMYT.

Baethgen, W. E., and M. M. Alley. 1989. Optimizing soil and fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. II. Critical levels and optimum rates of nitrogen fertilizer. Agron. J. **81:** 120-125.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

Bray, R. H. 1944. Soil plant relationships: I. The quantitative relation of exchangeable K to crop response to potash additions. Soil Sci. **58:** 305-324.

Bray, R. H. 1945. Soil- plant relationships: II. Balanced fertilizer use through soil tests for K and P. Soil Sci. **60:** 463-473.

Cakmak, I., A. Yilmaz, M., Kalayci, H. Ekiz, B. Torun, B. Erenoglu, and H. J. Braun. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. Plant and Soil **180:** 165-172.

Cate, R. B. Jr., and L. A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Soc. Am. Pro. **35:** 658-660.

Craswell, E. T., and D.C. Godwin. 1984. The deficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. p. 1-55. In: P. B. Tinker, and A. Lauchi (eds.). Advances in Plant Nutrition, Vol. 1. Praeger Scientific, New York.

Dwivedi, B. S., and K.N. Tiwari. 1992. Effect of native and fertilizer zinc on dry matter yield and zinc uptake by wheat (*Triticum aestivum*) in Udic Ustochrepts. Trop. Agric. **69:** 357-361.

Fageria, N. K. 1992. Maximizing crop yield. Marcel Dekker. Inc.

Fageria, N. K., V. C. Baligar, and C. A. Jones. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc.

Harmsen, K., K. D. Spepherd, and A. Y. Allan.1983. Crop response to nitrogen and phosphorus in rainfed agriculture. p. 223-248. In: Nutrient balances and the need for fertilizers in semi-arid and arid regions. Proc. 17th Colloquium. Int. Potash Inst., Bern, Switzerland.

Krentos, V. D., and P. I. Orphanos. 1979. Nitrogen and phosphorus fertilizers for wheat and barley in a semi-arid region. J. Agric. Sci: (Camb.). **93:** 711-717.

Kumar Das, D. 1997. Introductory Soil Science. Kalyani Publishers, India.

Matar, A. E., M. J. Jones and P. Cooper. 1988. Study on the phosphate status of major soils in Syria. p. 71-82.In: Farm Resource Management Program Annual Report for 1988.ICARDA, Aleppo, Syria.

Matar, A., J. Torrent and J. Ryan .1992. Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dryland Mediterranean zone. Soil Sci: **18:** 82 –146.

Melsted, S. W, and T. R. Peck. 1973. The principle of soil testing. p. 85-98. In: L. M. Walsh, and J. D. Beaton (eds.). Soil testing: correlating and interpreting the analytical results. SAS Special Publication No. 29. Amer. Soc. Agron., Madison, W. I.

Miller, W. J., R. E. Adams, R. Nussabaumer, R. A. Mccreey, and H. F. Parkins. 1964. Zinc content of coarstral Bermuda grass as influenced by frequency and season of harvest, location, and level of N and lime. Agron. J. 56: 198-201.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

Nelson, L. A., and R. L. Anderson. 1984. Partitioning of soil test crop response probability. p. 19-38. In: T. R. Peck, J. T. Cope, Jrand, D. A. Whitney. Soil testing and interpreting the analytical results. Soil Sci. Soc. Amer. Inc.

Pala, M., and A. Matar. 1988. Soil test calibration with N and P for wheat under dryland condition in Syria. p. 55-66. In: A. Matar, N. Soltanpour, and A. Chouinard (eds.). Soil Test Calibration in West Asia and North Africa. Proc. Second Regional Soil Test Calibration Worshop, 1-6 Sept. Turkey. ICARDA, Aleppo, Syria.

Roelfs, A. P., R. P. Singh, E. E. Saari and Hettel, G. P. 1992. Rust diseases of wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D. F.: CIMMYT.

Ryan, J., S. Garabet, K. Harmsen and A. Rashid. 1996. A Soil and plant analysis manual adapted for the West Asia and North Africa region. ICARDA, Aleppo, Syria.

Sillanp, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. FAO Soils Bulletin 48. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 75-82.

Singh, J.P., Karamanos, R. E., and Stewart, J. W. B. 1987. The zinc fertility of Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 67: 103-116.

Smilde, K. W. 1988. Establishment of fertilizer recommendation on the basis of soil tests. p. 1-11. In: A. Mara, P. N. Soltanpour and Amy Chouiard (eds.). Soil test calibration in West Asia and North Africa. Proceedings of The Second Regional Workshop Ankara, Turkey, 1-6 Sept. 1987. ICARDA, Aleppo, Syria.

Snowball, K., and A. D. Robson. 1991. Nutrient deficiencies and toxicities in wheat: a guide for field identification: Mexico, D. F: CIMMYT.

Soltanpour, P. N., M. El Gharous, A. Azzaoui, and M. Abdelmonen. 1987. Nitrogen and phosphorus soil-test calibration studies in the Chaouia Region of Morocco. p. 67-81. In: A. Matar, N. Soltanpour, and A. Chouinard (eds.). Soil Test Calibration in West Asia and North Africa. Proc. Second Regional Soil Test Calibration Worshop, 1-6 Sept. Turkey. ICARDA, Aleppo, Syria.

Soltanpour, P. N., M. El Gharous, and A. Azzaoui. 1986. Nitrogen and phosphorus soil test calibration studies in Morocco. p. 85-95. In: Proceeding of First Soil Test Calibration Workshop June 1986. ICARDA, Aleppo, Syria.

Soltanpour, P. N., A. Matar and K. Harmsen. 1988. Program of work for the regional network of soil test calibration study sites in limited rainfall areas. p. 111-116. In: A. Mara, P. N. Soltanpour and Amy Chouiard (eds.). Soil test calibration in West Asia and North Africa. Proc. of the Second Regional Workshop Ankara, Turkey, 1-6 Sept. 1987. ICARDA, Aleppo Syria.

Takker, P. N., and M. S. Mann. 1978. Toxic levels of soil and plant zinc for maize and wheat. Plant and Soil. 49: 667-669.

Vermaat, J. G. 1887. Soil fertility investigations. Report to the Government of Pakistan. FAO, Rome.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]

Ware, G. O., K. Ohki and L. C. Moon. 1982. The Mitscherlich plant model for determining critical nutrient deficiency level. Agron. J. 74: 88-91.

Yurtsever, N., and J.Gedikoglu.1992. Soil test calibration with phosphorus for three different wheat verities cropped under Turkish rain-fed condition. p. 124-138.In: J. Ryan and A. Matar (eds.). Fertilizer use efficiency under rain fed agricultural in West Asia and North Africa. Proceedings of the Fourth Regional Workshop 5-10 May, 1991. Agadir, Morocco. ICARDA, Aleppo, Syria..

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.4.1.5]