

مقایسه روش‌های مختلف تعیین حد بحرانی روی در خاک‌های زیر کشت گندم دیم

ولی فیضی اصل^{۱*}

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۳۱

چکیده

به منظور تعیین حد بحرانی و کلاس‌بندی مقادیر روی 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 ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم روی خالص در هکتار از منبع سولفات روی، در ۳ تکرار و به مدت چهار سال زراعی (۸۱-۱۳۷۷) به اجرا در آمد. نتایج این پژوهش پس از آزمون یکنواختی داده‌های به دست آمده از مکان‌های اجرای آزمایش، با استفاده از روش‌های تصویری کیت-نلسون، مدل‌های دو و سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون، میچرلیخ، ترتیب ستونی پاسخ گیاه و مربع‌کای اثرات متقابل تفسیر و حد بحرانی روی در خاک با روش‌های یاد شده به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۵۵، ۰/۶۵، ۰/۶۱، ۰/۸۰ و ۰/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین گردید. با استفاده از جدول توافقی اعداد به دست آمده از روش‌های مختلف تفسیر نتایج آزمون روی در این پژوهش مورد مقایسه قرار گرفت و حد بحرانی به دست آمده از مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون (۰/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) با احتمال پیش‌بینی یا احتمال استقلال ۰/۴۷ به عنوان مناسب‌ترین روش مورد استفاده در تعیین حد بحرانی روی در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در شمال غرب کشور تشخیص داده شد. در مجموع می‌توان چنین استنباط نمود که با استفاده از روش‌های مختلف، مقادیر حد بحرانی روی در خاک تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند.

واژه‌های کلیدی: حد بحرانی روی، گندم دیم

مقدمه

را از طریق خاک جذب می‌نمایند، لذا می‌توان بین مواد غذایی خاک و میزان تولید محصول آن‌ها ارتباطی برقرار نمود. معمولاً این ارتباط از طریق آزمون خاک و انجام آزمایش‌های واسنجی صورت می‌گیرد که یکی از رایج‌ترین روش‌های توصیه کودی در سطح جهان برای گیاهان زراعی ردیفی و یک ساله همانند گندم به شمار می‌رود. با استفاده از آزمون خاک می‌توان مقدار کود مورد نیاز برای دستیابی به عملکرد بهینه را تعیین نمود، به شرطی که از روش‌های

تأمین مقادیر مناسب عناصر غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد گندم می‌باشد. از جمله این عناصر می‌توان به تأمین عناصر کم مصرف اشاره نمود که اهمیت آن‌ها در تغذیه گیاهان کمتر از عناصر پر مصرف نیست (۱۹، ۲۵ و ۳۳). با توجه به این که گیاهان، این عناصر

۱- پژوهشگر مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم

زراعی (۱۳۸۱-۱۳۷۷) با ۴ سطح کودی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی مورد مطالعه قرار گرفت. 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 میلی گرم در کیلوگرم خاک (روش بیکربنات سدیم) در تمامی مناطق مورد مطالعه به صورت یکنواخت برای تمامی تیمارهای آزمایشی از منبع سوپرفسفات تریپل تأمین گردید (۸). 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 (۹). قبل از اجرای آزمایش، حدود ۵۰ نمونه خاک به روش مرکب از عمق ۰-۲۵ سانتیمتری از زمین‌های زراعی زیر کشت غلات دیم در چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه تهیه و مقادیر روی در آن‌ها بر اساس روش DTPA و سایر خصوصیات خاک بر اساس روش‌های رایج در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (۴).

بذر گندم در این آزمایش از رقم رایج در تمامی مناطق مورد مطالعه (سرداری) و با تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع، پس از ضد عفونی با قارچ کش ویتاواکس^۶ به نسبت ۲ در هزار در عمق ۷-۵ سانتی‌متری با دستگاه آزمایشی (وینتراشتاگر) کشت گردید. عرض کرت‌ها ۲/۱ متر (۱۲) ردیف کشت با فاصله ردیف‌های ۱۷/۵ سانتیمتر) و طول آن‌ها ۷ متر در نظر گرفته شد. در مرحله GS21 براساس کد بندی زادوکس (۳۶) با علف‌های پهن برگ به کمک علف کش توفوردی به میزان ۲ لیتر در هکتار مبارزه گردید. در زمان برداشت محصول، ۲ ردیف کشت از طرفین و ۰/۵ متر از دو انتهای هر کرت برای از بین بردن اثرات حاشیه‌ای احتمالی، حذف و در مابقی کرت‌ها عملکرد دانه تعیین گردید.

مناسبی نیز برای تفسیر نتایج آن استفاده شود (۱۶، ۱۷ و ۲۴). پژوهشگران برای تفسیر و گروه‌بندی مقادیر آزمون خاک از روش‌های مختلفی از جمله روش‌های تصویری کیت - نلسون^۱ (۱۶)، تجزیه واریانس کیت - نلسون^۲ (۱۵)، معادله میچرلیخ - بری^۳ (۱۳)، روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه^۴، مربع کای اثرات متقابل^۵ (۲۲ و ۲۳) و سایر روش‌های آماری استفاده می‌نمایند که تمامی این روش‌ها به غیر از روش تجزیه واریانس کیت - نلسون (۱۵) تنها قادر به گروه‌بندی مقادیر عناصر غذایی خاک به دو کلاس کم و متوسط می‌باشند، در حالی که روش تجزیه واریانس کیت-نلسون (۱۵) می‌تواند مقادیر عنصر غذایی خاک را به دو و بیش از دو گروه تقسیم نماید. با توجه به این که در خصوص کاربرد عناصر کم مصرف به ویژه روی برای گندم دیم در غرب کشور اساس علمی قابل استنادی وجود نداشت، انجام این پژوهش برای تغذیه متعادل گندم دیم و رسیدن به عملکردهای کمی و کیفی مطلوب ضروری به نظر می‌رسید. همچنین در این مقاله تأثیر روش‌های مختلف تفسیر نتایج آزمون خاک در تعیین حد بحرانی روی در خاک مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته و مناسب‌ترین روش برای این منظور توصیه می‌گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین حد بحرانی روی در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و به مدت ۴ سال

- 1 - Cate - Nelson graphical method
- 2 - Cate - Nelson analysis of variance method
- 3 - Mistcherlich and Bray equation
- 4 - Plant response column order procedure
- 5 - interaction chi-square

جدول ۱) - محدوده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه در آزمایش‌های واسنجی روی در شمال غرب ایران		
انحراف معیار (SD)	حدود	خصوصیات
۶/۳	۱۸-۲۵	شن (درصد)
۷/۱	۳۰-۴۰	سیلت (درصد)
۷/۵	۴۰-۵۰	رس (درصد)
۱۶/۵	۵۰-۶۰	رطوبت اشباع (درصد)
۰/۳	۰/۵-۰/۷	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۱/۳	۷/۵-۸/۱	واکنش گل اشباع
۳/۰	۳-۱۰	مواد خنثی شونده (درصد)
۰/۳۱	۰/۴۵-۰/۶۴	کربن آلی (درصد)
۰/۰۱۵	۰/۰۲-۰/۰۶	ازت کل (درصد)
۵/۵	۵-۱۵	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم - بیکربنات سدیم)
۸۶	۲۸۰-۶۰۰	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم - استات آمونیوم)
۲/۸	۰/۷-۱/۹	آهن قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم-DTPA)
۷/۱	۱/۴-۴۲/۰	منگنز قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم-DTPA)
۰/۰۴	۰/۱-۹/۵	روی قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم-DTPA)
۰/۵۱	۰/۶-۶/۸	مس قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم-DTPA)
۰/۳۳	۰/۰۲-۴/۴	بور قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم- روش آب داغ)

نتایج به دست آمده از این پژوهش پس از بررسی‌های مقدماتی و گروهبندی داده‌ها، با استفاده از روش‌های زیر تفسیر و نتایج به دست آمده مورد مقایسه قرار گرفت.

بود (۷ و ۱۶):

۱- درصد عملکرد نسبی از مطالعات سطوح کودی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

تصویری کیت - نلسون

مراحل انجام روش تصویری کیت - نلسون به ترتیب زیر

$$\text{عملکرد در سطح صفر یا سایر سطوح غذایی مورد مطالعه} \times 100 = \frac{\text{عملکرد نسبی (درصد)}}{\text{بالاترین عملکرد یا عملکرد آخرین سطح کودی}}$$

- ۲- در نمودار، محل تلاقی درصد عملکرد نسبی با نتایج تجزیه‌های خاک و یا گیاه، نقطه گذاری شد.
 - ۳- خطی عمود بر محور Yها از ۸۰ درصد عملکرد با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شد. سپس خطی عمود بر محور Xها طوری ترسیم شد که نمودار پراکنش نقاط Y-X به چهار قسمت تقسیم و بیشترین نقاط در ربع‌های اول و سوم قرار گرفتند.
 - ۴- محل تلاقی خط عمود بر محور Xها حد بحرانی روی در خاک در نظر گرفته شد.
- روش آماری یا تجزیه واریانس کیت - نلسون
در روش تجزیه واریانس کیت - نلسون برای تفکیک

داده‌های عملکرد نسبی (اختلاف حداکثر عملکرد با عملکرد تیمار شاهد) به دو یا سه گروه بر اساس حداکثر کردن کلاس مجموع مربعات بین گروه‌ها، در یک تجزیه واریانس یک طرفه یا طرح کاملاً تصادفی^۱ استفاده شد (۷ و ۱۵). در تفسیر نتایج آزمون خاک با استفاده از مدل‌های دو و سه کلاس تجزیه واریانس کیت - نلسون (۱۵) به ترتیب زیر عمل شد:

۱- عملکرد شاهد و حداکثر عملکرد به دست آمده از کاربرد تیمار کودی مورد مطالعه در هر مکان همانند روش بری (۱۱ و ۱۲) تعیین گردید.

۲- اختلاف بین حداکثر عملکرد به دست آمده و عملکرد تیمار شاهد به عنوان تابع (ΔY_{max}) در هر مکان آزمایشی محاسبه گردید.

۳- غلظت روی در خاک با استفاده از روش عصاره‌گیری DTPA و دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۴).

۴- داده‌های مربوط به پاسخ گیاه (ΔY_{max}) بر اساس افزایش مقادیر روی خاک (X) مرتب گردید.

۵- تجزیه واریانس‌ها یک طرفه بر اساس الگوی مدل‌های دو و سه کلاس روی داده‌های مربوط به پاسخ گیاه (ΔY_{max}) با استفاده از نرم‌افزار Genstat انجام گرفت. برای شناسایی محل تفکیک کلاس‌های مختلف گروه روی خاک بر اساس حداکثر عوامل مجموع مربعات بین گروه‌ها یا مقدار آزمون F و یا مقدار ضریب تبیین^۲ (مجموع مربعات بین گروه‌ها تقسیم بر مجموع مربعات کل) پاسخ‌های گیاه (ΔY_{max}) استفاده شد.

۶- میانگین مقادیر روی قابل جذب خاک اولین عضو هر گروه با آخرین عضو گروه قبلی به عنوان حد و مرز بین

گروه‌ها در نظر گرفته شد.

۷- حد بحرانی روی در مدل دو کلاس میزان روی قابل جذب بین دو کلاس کم و زیاد و در مدل سه کلاس بین کلاس متوسط و زیاد در نظر گرفته شد.

معادله میچرلیخ

در این روش عملکرد دانه در تیمارهای شاهد مطابق روش پیشنهادی بری (۱۱ و ۱۲) همانند روش تصویری کیت - نلسون (۱۶) به درصد نسبی تبدیل شد. با استفاده از نرم افزار کامپیوتری Curve Expert، معادله میچرلیخ بین مقادیر روی قابل جذب در خاک قبل از مصرف کود روی و عملکردهای نسبی تیمارهای شاهد برآزش شد که در این معادله (۵):

$$Y = 100 (1 - e^{-cX})$$

Y = عملکرد نسبی دانه (درصد)

X = غلظت روی قابل جذب در خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)

c = ضریب معادله میچرلیخ

e = پایه لگاریتم نپیرین برابر با ۲/۷۱۸۲۸۲ می‌باشد.

ترتیب ستونی پاسخ گیاه

در این روش ابتدا رابطه بین شماره خاک‌ها در محور Xها با مقادیر روی موجود در خاک‌ها (قبل از اعمال تیمارهای کودی) در محور Yها بر اساس کاهشی بودن مقادیر پاسخ‌های گیاهی به کاربرد کود روی (در مقایسه با تیمار شاهد) و همچنین افزایشی بودن مقادیر روی خاک به صورت نمودار ستونی ترسیم شد. در کل این نمودار شامل دو بخش زیر بود (۵، ۲۳ و ۳۴):

۱- بخش اول نمودار: در این قسمت از نمودار که در ابتدای آن (قسمت شروع نمودار از محور X) قرار گرفت، گروهی از خاک‌ها قرار داشتند که گندم دیم به مصرف

1 - One way variance analysis or completely randomized design (CRD)

2 - Coefficient of Determination

از لحاظ عنصر غذایی مورد مطالعه، کاملاً مستقل از درستی و نادرستی تشخیص گروه بندی کمبود و کفایت می باشد، از طریق تکرار محاسبه مربع کای اثرات متقابل (جدول توافقی) در ناحیه مشکوک به کمبود و کفایت محل دقیق تفکیک دو گروه مشخص شد. برای این منظور از اواخر خاک های مربوط به ناحیه کمبود که به صورت پیوسته دارای ویژگی های خاک های کمبود (پاسخ معنی دار به کاربرد کود) بودند، شروع به گروه بندی فرضی داده ها و محاسبه مقدار مربع کای بر اساس تعداد مشاهدات مربوط به ناحیه کمبود (درست و نادرست) و کفایت (درست و نادرست) شد که برای هر کدام از وضعیت های گروه بندی فرضی، جدول توافقی تشکیل شد و مقدار مربع کای اثرات متقابل برای هر کدام از جداول توافقی تشکیل شده از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (۵، ۲۱، ۲۲ و ۲۳):

$$\chi^2 = \frac{(N_{11} \times N_{22} - N_{12} \times N_{21})^2 \times N_{00}}{N_{10} \times N_{20} \times N_{01} \times N_{02}}$$

در این رابطه:

$$\chi^2 = \text{مقدار مربع کای}$$

N_{11} = تعداد فراوانی های مشاهده شده برای کمبود درست
 N_{22} = تعداد فراوانی های مشاهده شده برای کفایت نادرست
 N_{12} = تعداد فراوانی های مشاهده شده برای کمبود نادرست
 N_{21} = تعداد فراوانی های مشاهده شده برای کفایت درست
 N_{00} = تعداد کل فراوانی های مشاهده شده برای هر دوی کمبود و کفایت
 N_{10} = مجموع فراوانی های مشاهده شده برای کمبود
 N_{20} = مجموع فراوانی های مشاهده شده برای کفایت
 N_{01} = مجموع فراوانی های مشاهده شده درست
 N_{02} = مجموع فراوانی های مشاهده شده نادرست می باشد.
 سپس احتمال معنی داری مقادیر مربع کای محاسبه شده

کود روی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد پاسخ مثبت نشان دادند و بدون مصرف کود روی علایم کمبود آن در گیاه ظاهر شد. این قسمت از نمودار ناحیه کمبود یا ناحیه پاسخ نامگذاری شد.

۲- بخش دوم نمودار: آخرین قسمت از نمودار خاک هایی را شامل شد که گندم در آن ها نه به مصرف کود روی پاسخ معنی داری نشان داد و نه این که گیاه بدون مصرف کود روی علایم کمبود آن را در اندام های خود نشان داد که این بخش از نمودار بدون کمبود یا کفایت نامیده شد.

در این روش، حد بحرانی روی در خاک بر روی محور Yها طوری ترسیم شد که با رسم عمود بر این محور تمامی خاک هایی که گندم به کاربرد کود روی پاسخ معنی داری نشان داده بودند و بدون کاربرد این کود علایم کمبود روی نیز در اندام های گندم ظاهر شده بود، قبل از این حد قرار گرفتند.

مربع کای اثرات متقابل

مطالعه دقیق نمودار ترتیب ستونی پاسخ گیاه نشان می دهد که بخش دومی نیز بین دو بخش کمبود و کفایت وجود دارد. در این بخش (میانی) خاک هایی قرار دارند که گندم در آن ها به مصرف کود روی پاسخ معنی داری نشان نداد، اما بدون مصرف کود روی علایم کمبود روی در گیاه ظاهر شد که این قسمت از نمودار ناحیه حاشیه ای^۱ نامیده شد. وجود این ناحیه موجب شد تا مرز بین دو گروه کمبود و کفایت مورد تردید واقع شود که برای حل این مشکل از روش مربع کای اثرات متقابل^۲ (جدول توافقی یا تطابقی) استفاده شد. با فرض این که کمبود و کفایت گیاه

1 - Marginal (no yield response – visual symptom)

2 - Interaction chi-square

مختلف آزمایشی در (جدول ۲) آورده شده است که این نتایج پس از آزمون معنی داری برای تیمارهای آزمایشی در هر مکان و آزمون یکنواختی برای هر روش تفسیر، با استفاده از روش‌های تصویری کیت - نلسون (۱۶)، مدل‌های دو و سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون (۱۵)، معادله میچرلیخ (۱۳)، ترتیب ستونی پاسخ گیاه و مربع کای اثرات متقابل (۲۲ و ۲۳) مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرند.

کیت - نلسون تصویری

نتایج واسنجی مقادیر روی قابل استفاده خاک با پاسخ گندم دیم با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون نشان داد که برای دستیابی به ۸۰ درصد حداکثر عملکرد دانه گندم دیم در مناطق مورد مطالعه، نباید میزان روی خاک کمتر از ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد. در این روش مقادیر روی قابل استفاده خاک به دو کلاس کم و زیاد تقسیم گردید که مرز بین دو کلاس یاد شده ۰/۷۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک است (شکل ۱).

میچرلیخ

نتایج واسنجی روی خاک با عملکرد نسبی دانه گندم دیم با استفاده از معادله میچرلیخ $(\text{Ln}(100 - Y_0) = \text{Ln}100 - 2.6217b)$ نشان داد که برای رسیدن به ۸۰ درصد حداکثر عملکرد دانه در این مناطق باید ۰/۶۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در عمق مورد مطالعه وجود داشته باشد (شکل ۲). با توجه به این که در روش میچرلیخ یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در میزان حد بحرانی، دستیابی به مقدار عملکرد مورد انتظار می‌باشد (۵)، لذا در این پژوهش با افزایش مقادیر عملکرد مورد انتظار از ۸۰ درصد به ۸۵، ۹۰ و ۹۵ درصد حداکثر عملکرد دانه، حد بحرانی روی در خاک نیز از ۰/۶۱ میلی‌گرم در

از طریق جدول مربع کای با درجه آزادی یک تعیین گردید که این مقادیر نشانگر احتمال استقلال (احتمال قابل پیش‌بینی^۱) گروه‌های روی خاک برای شرایط فرضی بود (۵). در نهایت منحنی بین مقادیر عنصر غذایی موجود در خاک‌های مورد آزمایش (در محور Xها) با سطح احتمال معنی داری مقادیر مربع کای محاسبه شده برای ناحیه انتقالی (در محور Yها) با استفاده از نرم افزار Curve expert برآزش و از مقدار حداکثر منحنی مربوطه که گویای حداکثر احتمال استقلال گروه‌های کمبود و کفایت بود، عمودی بر محور Xها (مقادیر روی خاک) ترسیم شد که محل تقاطع آن با محور Xها به عنوان حد بحرانی روی در خاک و محل تقاطع سطح احتمال ۵ درصد منحنی با محور Xها به عنوان ناحیه انتقالی تعیین شد (۵ و ۲۳).

در نهایت با استفاده از جدول توافقی حد بحرانی‌های به دست آمده از روش‌های مختلف مورد استفاده در این پژوهش به سه گروه کم، متوسط و زیاد تفکیک شد. در ستون درست جدول توافقی میانگین گروه‌های کم و زیاد و در ستون نادرست آن حد پائین گروه کم و حد بالای گروه زیاد و در ردیف‌های افقی به ترتیب گروه کم و زیاد قرار گرفت. سپس با استفاده از مربع کای، احتمال قابل پیش‌بینی یا احتمال استقلال گروه‌ها برای حد بحرانی‌های به دست آمده، محاسبه و مناسب‌ترین روش‌های تعیین حد بحرانی و مقدار مربوطه، به منظور توصیه‌های کودی روی در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در شمال غرب کشور معرفی گردید (۵).

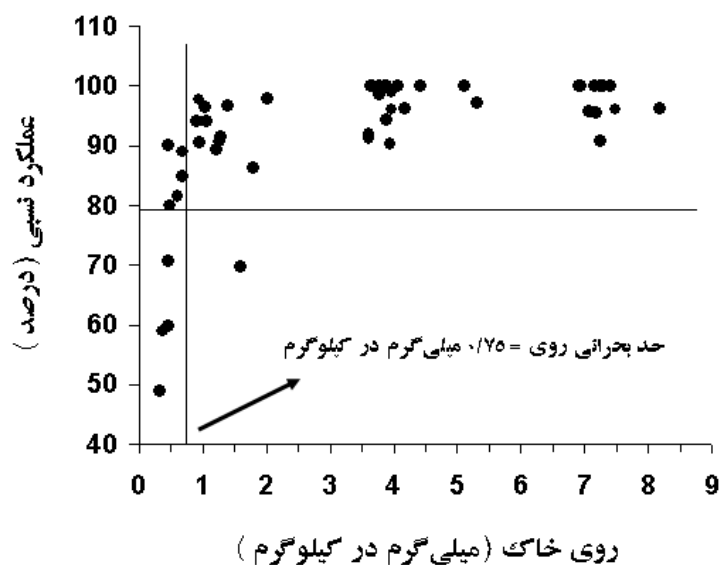
نتایج و بحث

خلاصه نتایج به دست آمده از این پژوهش در ۲۵ مکان

کیلوگرم به ترتیب به ۰/۷۲، ۰/۸۸ و ۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم افزایش می یابد.

(جدول ۲) - عملکردهای دانه به دست آمده از تیمارهای آزمایشی در مکان های مختلف اجرای آزمایش

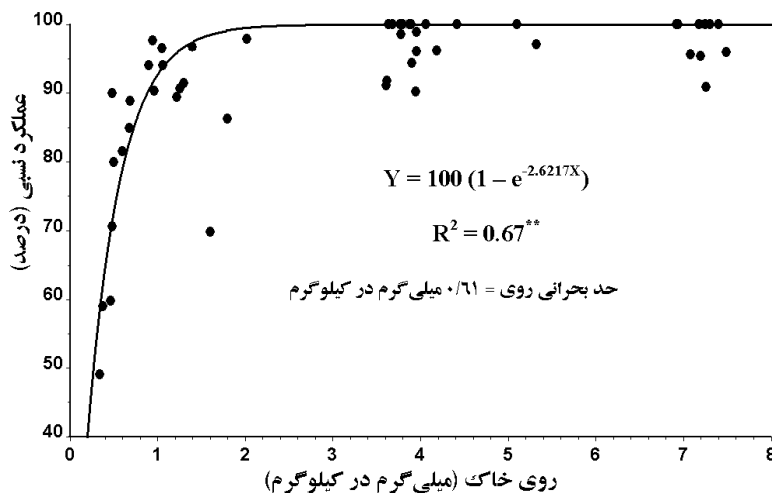
میزان روی خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای آزمایشی:				شماره مکان آزمایشی
	Zn ₁₅	Zn ₁₀	Zn ₅	Zn ₀	
۰/۲۸	۵۶۷	۴۹۳	۴۸۷	۶۱۳	۱
۰/۳۱	۱۲۸۹	۱۰۹۸	۱۱۷۵	۱۱۹۹	۲
۰/۳۲	۵۱۲	۵۱۲	۴۷۰	۴۱۸	۳
۰/۳۴	۱۴۱۰	۱۳۷۷	۱۳۱۷	۹۱۷	۴
۰/۳۸	۹۸۳	۷۶۰	۱۱۸۰	۱۰۵۳	۵
۰/۴۴	۱۴۷۷	۱۳۵۳	۱۳۱۷	۱۰۴۳	۶
۰/۴۸	۱۳۹۹	۱۳۳۷	۱۳۷۹	۱۲۵۹	۷
۰/۵۰	۱۴۲۹	۱۳۲۰	۱۲۹۹	۱۱۴۲	۸
۰/۵۸	۱۵۳۱	۱۶۵۱	۱۶۵۲	۱۵۶۵	۹
۰/۵۸	۲۴۸۴	۳۵۴۳	۳۰۲۱	۳۰۰۷	۱۰
۰/۵۹	۱۵۳۶	۱۵۰۲	۱۳۳۰	۱۳۶۶	۱۱
۰/۶۰	۱۰۸۳	۸۲۳	۹۸۳	۸۸۳	۱۲
۰/۶۵	۱۴۸۱	۱۷۰۳	۱۵۳۸	۱۶۶۴	۱۳
۰/۷۰	۱۶۹۶	۱۶۱۷	۱۶۰۱	۱۵۹۵	۱۴
۰/۷۰	۸۴۱	۷۶۴	۸۰۸	۷۹۱	۱۵
۰/۷۰	۲۹۴۷	۳۸۸۳	۳۰۲۹	۲۷۲۱	۱۶
۰/۷۱	۱۰۵۹	۹۲۰	۱۰۴۷	۹۵۷	۱۷
۰/۷۲	۸۶۷	۸۶۵	۸۳۷	۷۲۴	۱۸
۰/۷۸	۱۰۲۷	۱۰۵۶	۱۰۷۷	۹۷۶	۱۹
۰/۸۰	۱۱۲۷	۱۲۱۵	۱۰۳۴	۱۱۱۱	۲۰
۰/۸۹	۱۰۴۲	۱۰۰۰	۱۰۰۳	۱۰۰۷	۲۱
۱/۱۲	۱۲۴۱	۱۲۰۱	۱۲۲۲	۱۱۸۲	۲۲
۱/۶۰	۱۴۹۰	۱۴۳۵	۹۸۱	۱۰۴۱	۲۳
۱/۸۰	۱۸۰۰	۱۴۱۹	۱۵۸۵	۱۵۵۳	۲۴
۲/۰۲	۲۶۱۰	۳۲۲۱	۲۸۱۷	۳۱۵۵	۲۵



(شکل ۱) - حد بحرانی روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون

و ۳۵). اما در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام گرفته در غرب آسیا و شمال آفریقا این حد اقتصادی را مقدار کود مورد نیاز برای دستیابی به ۸۰ درصد حداکثر عملکرد توصیه نموده‌اند (۲۶، ۳۱ و ۳۲).

اگر چه در اغلب موارد به منظور توجیه اقتصادی حد بحرانی به دست آمده، عملکرد مورد انتظار را در حد معینی از حداکثر عملکرد ثابت نگه می‌دارند و معمولاً این حد بین ۹۰ تا ۹۵ درصد حداکثر عملکرد در نظر گرفته می‌شود (۲۷).



(شکل ۲) - حد بحرانی روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از معادله میچرلیخ

مربعات بین دو گروه، آزمون F و ضریب تبیین (R^2) دارای حداکثر مقدار خود به ترتیب ۲۲۴۵۹۲، ۴۳/۷ و ۰/۸۰ و مقدار ضریب تغییرات حداقل (۴۳/۶ درصد) می‌باشد. البته این به شرطی است که واریانس‌های دو گروه تشکیل شده یکتواخت بوده باشد که غیر معنی‌دار بودن مقدار χ^2 تصحیح شده (۱/۰۲) نیز گواه این مطلب است (جدول ۳).

در مدل سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون بر مبنای شاخص‌های آماری مشخص شده در (جدول ۴)، مرز بین کلاس‌های کم و متوسط روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم ۰/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم و مرز بین کلاس متوسط و زیاد ۰/۶۵ میلی گرم در کیلوگرم تعیین گردید. به عبارت دیگر با استفاده از روش یاد شده، حد بحرانی روی در خاک برای گندم دیم در مناطق مورد مطالعه ۰/۶۵ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. در مدل سه کلاسه نیز از کل

تجزیه واریانس کیت - نلسون

با استفاده از عوامل مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون که شامل مجموع مربعات بین گروه‌ها، آزمون F، ضریب تبیین، مقدار مربع کای و ضریب تغییرات است (۷)، مقادیر روی خاک به دو کلاس کم و زیاد تقسیم گردید که حد فاصل این دو کلاس بین مقادیر ۰/۵ و ۰/۶ میلی گرم در کیلوگرم بود. به عبارت دیگر در مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون، حد بحرانی روی در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور ۰/۵۵ میلی گرم در کیلوگرم تعیین گردید (جدول ۳). در مدل دو کلاسه از کل ۱۳ مشاهده برای روی، تعداد ۳ مشاهده به کلاس اول و ۱۰ مشاهده به کلاس دوم تخصیص یافت. اگر به محل تقسیم دو کلاس کم و زیاد آزمون روی خاک در مدل دو کلاسه توجه شود، این مرز محلی است که مقادیر مجموع

قابل استفاده در خاک های زیر کشت گندم دیم بر اساس پاسخ و عدم پاسخ معنی دار گیاه به کاربرد کود روی مرتب گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که گندم دیم تا ۰/۸ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک به کاربرد کود روی از لحاظ افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد پاسخ معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد و در ۵ مورد از ۲۵ خاک مورد مطالعه در این پژوهش، گندم دیم در پائین تر از مقدار یاد شده، به کاربرد کود روی پاسخ معنی داری نشان نداد (شکل ۳). البته وجود چنین نتایجی در آزمایش های مزرعه ای با عوامل محدود کننده رشد محیطی و تا حد کمتری در آزمایش های گلخانه ای دور از انتظار نیست (۲۱، ۲۹ و ۳۴)

۱۳ مشاهده برای روی، تعداد ۲ مشاهده به کلاس اول، ۳ مشاهده به کلاس دوم و ۸ مشاهده به کلاس سوم اختصاص یافت. لازم به ذکر است که محل مناسب برای کلاس بندی داده ها در بین دامنه های بالایی عوامل مجموع مربعات بین گروه ها، آزمون F، ضریب تبیین و ضریب تغییرات محقق می گردد (۷). همانند مدل دو کلاسه شرط تفکیک کلاس ها، یکنواخت بودن واریانس های مربوط به مقادیر ΔY_{max} این سه گروه می باشد که این موضوع را غیر معنی دار بودن مقدار χ^2 تصحیح شده (۰/۴۱) در مناسب ترین محل تفکیک گروه ها تأیید می نماید (جدول ۴).

ترتیب ستونی پاسخ گیاه

با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه، مقادیر روی

(جدول ۳) - کلاس بندی مقادیر روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم با استفاده از مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون

مقدار کای اسکور (χ^2)	ضریب تبیین (R^2)	مقدار آزمون F	مجموع مربعات بین گروه ها	تعداد اعضای گروه های n_2 و n_1	میزان روی خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	اختلاف عملکرد		عملکرد تیمار شاهد (Y_0)
						(ΔY_{max})	(Y_{max})	
(کیلوگرم در هکتار)								
-	-	-	-	-	۰/۳	۴۹۳	۱۴۱۰	۹۱۷
۰/۴۵ ^{ns}	۰/۷۵*	۳۳/۱**	۲۱۱۰۴۰	۱۱ و ۲	۰/۴	۴۳۴	۱۴۷۷	۱۰۴۳
۱/۰۲ ^{ns}	۰/۸۰**	۴۳/۷**	۲۲۴۵۹۲	۱۰ و ۳	۰/۵	۲۸۷	۱۴۲۹	۱۱۴۲
۴/۱۴*	۰/۷۳*	۳۰/۱**	۲۰۵۹۶۸	۹ و ۴	۰/۶	۲۰۰	۱۰۸۳	۸۸۳
۶/۸۳**	۰/۶۷ ^{ns}	۲۲/۲**	۱۸۷۹۸۶	۸ و ۵	۰/۶	۱۷۰	۱۵۳۶	۱۳۶۶
۶/۹۷**	۰/۵۳ ^{ns}	۱۲/۶**	۱۵۰۳۰۳	۷ و ۶	۰/۷	۱۰۱	۱۶۹۶	۱۵۹۵
۹/۳۵**	۰/۵۰ ^{ns}	۱۱/۱**	۱۴۱۰۹۱	۶ و ۷	۰/۷	۱۴۳	۸۶۷	۷۲۴
۱۱/۳۹**	۰/۴۳ ^{ns}	۸/۴*	۱۲۱۹۱۰	۵ و ۸	۰/۷	۱۰۲	۱۰۵۹	۹۵۷
۸/۱۳**	۰/۳۲ ^{ns}	۵/۱*	۸۹۴۷۴	۴ و ۹	۰/۷	۵۰	۸۴۱	۷۹۱
۴/۸۹*	۰/۲۳ ^{ns}	۳/۲ ^{ns}	۶۳۹۲۳	۳ و ۱۰	۰/۸	۵۱	۱۰۲۷	۹۷۶
۲/۵۶ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}	۳۲۷۴۰	۲ و ۱۱	۰/۸	۱۶	۱۱۲۷	۱۱۱۱
-	-	-	-	-	۰/۹	۳۵	۱۰۴۲	۱۰۰۷
-	-	-	-	-	۱/۱	۵۹	۱۲۴۱	۱۱۸۲

توجه: (۱) ns. * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و مجموع مربعات کل برابر با ۲۸۱۱۸۴/۷۶۹ می باشد. (۲) ردیفی که در زیر اعداد آن خط کشیده شده است، نشانگر مناسب ترین شرایط برای تشکیل دو گروه است.

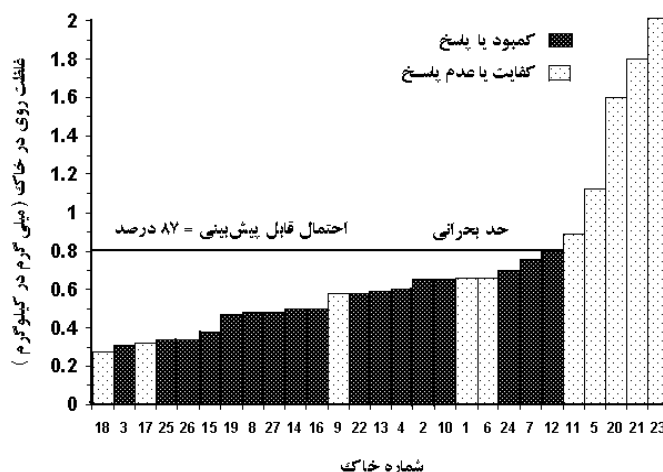
سینگ و تکر (۲۹) و هاو لین (۲۰) در تعیین حد بحرانی و گروه بندی عناصر کم مصرف در خاک به ویژه روی از

پژوهشگران زیادی از جمله تریویلر و لیندسی (۳۴)، کیزیلینگ و مولینکس (۲۳)، هاو لین و سلطانیپور (۲۱)،

(جدول ۴) - کلاس بندی مقادیر روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم یا استفاده از مدل سه کلاسه تجزیه و رانانس کیت - نلسون

دامنه مقدار کای اسکور (χ^2)	دامنه ضریب تبیین (R^2)	دامنه مقدار آزمون F	دامنه مجموع مربعات بین گروهها	تعداد اعضای گروههای پایین	تعداد اعضای گروههای بالا	میزان روی خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	اختلاف عملکرد (ΔY_{max})	حداکثر عملکرد (Y_{max})	عملکرد تیمار شاهد (Y_0)
-	-	-	-	-	-	۰٫۳	۴۹۳	۱۴۱۰	۹۱۷
$2/0.7^{ms} - 1/41^{ms}$	$0/79^* - 0/93^{**}$	$18/3^{**} - 6/05^{**}$	$22.084 - 25922$	2 و 9.2	8 و 3.2	۰٫۴	۴۳۴	۱۴۷۷	۱۰۴۳
$2/32^{ms} - 7/81^*$	$0/82^{**} - 0/89^{**}$	$22/3^{**} - 4/3^{**}$	$229813 - 250095$	2 و 8.3	5 و 5.3	۰٫۵	۲۸۷	۱۴۲۹	۱۱۴۲
$2/66^{ms} - 1/96^*$	$0/74^* - 0/79^*$	$14/5^{**} - 19/0^{**}$	$208920 - 222211$	2 و 7.4	5 و 4.4	۰٫۶	۲۰۰	۱۰۸۳	۸۸۳
$6/20^* - 12/34^{**}$	$0/67^{ms} - 0/70^*$	$10/3^* - 11/9^{**}$	$189251 - 198015$	2 و 6.5	5 و 3.5	۰٫۶	۱۷۰	۱۵۳۶	۱۳۶۶
$6/00^* - 11/63^{**}$	$0/54^{ms} - 0/57^{ms}$	$5/8^* - 6/6^*$	$151225 - 159515$	2 و 5.6	5 و 2.6	۰٫۷	۱۰۱	۱۶۹۶	۱۵۹۵
$6/67^* - 8/36^*$	$0/50^{ms} - 0/51^{ms}$	$5/0^* - 5/3^*$	$141171 - 142795$	2 و 4.7	4 و 2.7	۰٫۷	۱۴۳	۸۶۷	۷۲۴
$7/12^* - 11/92^{**}$	$0/43^{ms} - 0/43^{ms}$	$3/8^{ms} - 3/8^{ms}$	$131987 - 132140$	2 و 3.8	3 و 2.8	۰٫۷	۱۰۲	۱۰۵۹	۹۵۷
$4/41^{ms}$	$0/32^{ms}$	$2/3^{ms}$	89656	2 و 2.9	-	۰٫۷	۵۰	۸۴۱	۷۹۱
-	-	-	-	-	-	۰٫۸	۵۱	۱۰۲۷	۹۷۶
-	-	-	-	-	-	۰٫۸	۱۶	۱۱۲۷	۱۱۱۱
-	-	-	-	-	-	۰٫۹	۳۵	۱۰۴۲	۱۰۰۷
-	-	-	-	-	-	۱/۱	۵۹	۱۳۴۱	۱۱۸۲

توجه: ۱) ns * و ** به ترتیب معنی دار معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و مجموع مربعات کل برابر با ۲۸۱۱۸۴۷۶۹ می باشد. ۲) اعداد حد پایین دامنه نشان دهنده نامناسب ترین شرایط تشکیل سه گروه در شرایط ثابت n_1 و اعداد حد بالای آن نشانگر مناسب ترین شرایط تشکیل سه گروه در شرایط ثابت n_1 می باشد. ۳) ردیفی که در زیر اعداد آن خط کشیده شده است، نشانگر مناسب ترین شرایط برای تشکیل دو گروه است.



(شکل ۳) - رابطه بین مقدار روی قابل استفاده خاک (روش DTPA) و پاسخ گندم به کاربرد سولفات روی در مزرعه شمال غرب کشور و تعیین حد بحرانی روی در خاک با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه

بیشترین مقدار احتمال معنی داری مربع کای (احتمال استقلال گروه‌های آزمون خاک) خواهد بود. بر اساس نظر این پژوهشگران محل تفکیک دو گروه کمبود و کفایت روی در خاک، مقدار روی موجود در نمونه دارای بیشترین مقدار احتمال استقلال کلاس‌ها (۰/۸۷) یا همان ۰/۶۶ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۶) خواهد بود (جدول ۵). این در حالی است که با در نظر گرفتن روند پراکنش نقاط در منحنی مقادیر آزمون خاک و احتمال استقلال کلاس‌ها در ناحیه انتقالی، همیشه حداکثر احتمال استقلال به دست آمده بر حداکثر موجود در منحنی مقادیر عنصر غذایی در خاک و احتمال استقلال گروه‌ها منطبق نخواهد بود (۵). به همین دلیل برای تعیین دقیق‌تر محل تفکیک گروه‌ها یا حد بحرانی روی در خاک و همچنین تشخیص ناحیه انتقالی از رابطه بین مقدار عنصر غذایی با احتمال استقلال گروه‌ها استفاده گردید (شکل ۴).

نتایج رابطه بین مقادیر عنصر غذایی و احتمال استقلال گروه‌ها $(Y=1/(177.80-517.47X+379.11X^2))$ نشان داد که حداکثر احتمال استقلال گروه‌های آزمون خاک در حداکثر مقدار این منحنی (حد بحرانی) یا همان ۰/۶۸ میلی گرم در

روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه استفاده کرده‌اند. متأسفانه این روش به دلیل داشتن مشکلات توصیه کودی در منطقه انتقالی^۱ و استفاده از برخی مسائل تا حدودی پیچیده آماری در رفع آن (۲۳)، چندان مورد توجه پژوهشگران علم تغذیه گیاهی در کشور قرار نگرفته است. به همین منظور برای رفع این مشکل، می‌توان از روش مربع کای اثرات متقابل استفاده نمود (۵).

مربع کای اثرات متقابل

به منظور تعیین محل دقیق تفکیک دو گروه کمبود و کفایت روی در خاک در شکل (۳)، از جدول توافقی و رابطه مربع کای اثرات متقابل یا به عبارت ساده‌تر از احتمال استقلال گروه‌ها از درستی و نادرستی روش تشخیص به کمک گروه بندی‌های فرضی در ناحیه حاشیه‌ای استفاده گردید (جدول ۵). مطابق نظر کیزیلینگ و مولینیکس (۲۳) محل تفکیک دو گروه کمبود و کفایت در خاک (حد بحرانی)، مقدار عنصر موجود در شماره خاک دارای

1 - Transition zone

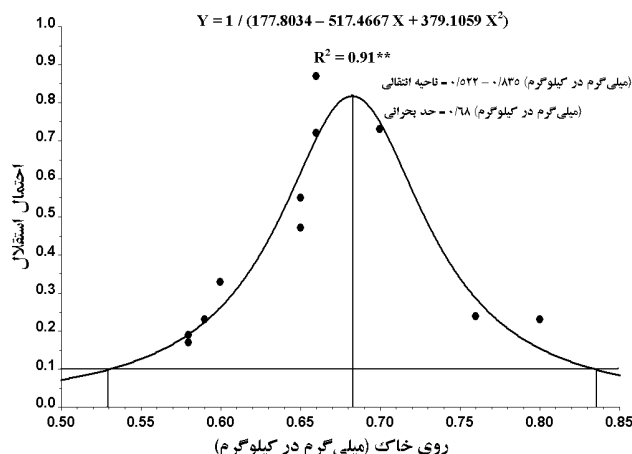
همچنین نتایج نشان می‌دهد که تنها در ۵ مورد از ۲۵ خاک مورد مطالعه در این آزمایش، گندم در پایین‌تر از حد بحرانی محاسبه شده، به کاربرد کود روی پاسخ معنی‌داری نشان نداده و در مقدار بالاتر از این حد نیز خاکی وجود نداشت که به کاربرد کود روی در سطح احتمال ۵ درصد پاسخ معنی‌داری نشان دهد (شکل ۳).

کیلوگرم و حدود ناحیه انتقالی در سطح احتمال ۵ درصد از ۰/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم تا ۰/۸۴ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که مطابق نظر کیزیلینگ و مولینیکس (۲۳) حد پائین آن نشانگر کمبود قطعی و برعکس حد بالای آن نشانگر زیاد بود قطعی روی در خاک می‌باشد (شکل ۴). مطابق نتایج به دست آمده، مقدار احتمال قابل پیش‌بینی برای حد بحرانی تعیین شده از این طریق ۸۷ درصد می‌باشد.

(جدول ۵) - فراوانی‌های مشاهده شده، مقدار روی خاک و سطح احتمال معنی‌داری مربع کای ناحیه حاشیه‌ای (احتمال استقلال کلاس‌ها) در کلاس‌بندی‌های

فرضی

شماره خاک	وضعیت گیاه				تعداد کل مشاهدات	مقدار روی خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)	مقدار مربع کای	احتمال استقلال
	پاسخ (کمبود)		عدم پاسخ (کفایت)					
	تعداد درست	تعداد نادرست	تعداد درست	تعداد نادرست				
۲۲	۱۰	۳	۷	۲۷	۰/۵۹	۰/۱۸۵۴۳	۰/۱۹	
۱۳	۱۱	۳	۷	۲۷	۰/۵۹	۱/۵۰۱۰	۰/۲۳	
۴	۱۲	۳	۷	۲۷	۰/۶۰	۱/۰۵۳۰	۰/۳۳	
۱۰	۱۴	۳	۷	۲۷	۰/۶۵	۰/۵۵۵۹	۰/۴۷	
۶	۱۴	۵	۵	۲۷	۰/۶۶	۰/۱۴۷۴	۰/۸۷	
۲۴	۱۵	۵	۵	۲۷	۰/۷۰	۰/۱۳۷۸	۰/۷۳	
۷	۱۶	۵	۵	۲۷	۰/۷۶	۱/۳۹۴۶	۰/۲۴	
۱۲	۱۷	۵	۵	۲۷	۰/۸۰	۱/۳۴۱۶	۰/۲۳	



(شکل ۴) - تعیین حد بحرانی دقیق روی قابل استفاده خاک به کمک احتمال استقلال گروه‌های آزمون خاک با روش مربع‌کای اثرات متقابل

مختلف تفسیر نتایج آزمون خاک در این پژوهش نشان می‌دهد که کمترین مقدار حد بحرانی روی به میزان ۰/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم از طریق مدل دو کلاسه تجزیه

مقایسه روش‌های مورد استفاده در تعیین حد بحرانی روی

مقایسه حد بحرانی‌های به دست آمده از روش‌های

روش های تفسیر نتایج آزمون خاک برخوردار است (۷). البته بر خلاف نظر نلسون و آندرسون (۲۷) مقایسه ضرایب تبیین (R^2) مدل های مختلف تجزیه واریانس کیت - نلسون و مدل های رگرسیونی همانند معادله میچرلیخ از لحاظ آماری صحیح نمی باشد، زیرا که ضرایب تبیین مدل های تجزیه واریانس کیت - نلسون آماره ای بیش نبوده و هرگز مفهوم واقعی ضریب تبیین را که در مدل های رگرسیونی از آن استنباط می شود، ندارد. بنابراین از این آماره تنها در شناسایی محل تفکیک کلاس های آزمون خاک می توان استفاده نمود و در توجیه تغییرات تابع از طریق تغییرات متغیرهای مستقل کارآیی لازم را ندارد (۶و۵). حد بحرانی به دست آمده از طریق مربع کای اثرات متقابل تنها روشی است که معادل با میانگین به دست آمده از روش های مورد مطالعه در این پژوهش (۰/۶۷ میلی گرم در کیلوگرم) می باشد. به منظور تعیین مناسب ترین مقدار حد بحرانی به دست آمده در این پژوهش، حد بحرانی های به دست آمده به سه گروه فرضی کم، متوسط و زیاد گروه بندی شد (جدول ۶).

واریانس کیت - نلسون و بیشترین مقدار حد بحرانی به میزان ۰/۸۰ میلی گرم در کیلوگرم با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه به دست آمد. این در حالی است که حد بحرانی های به دست آمده از طریق روش های تصویری کیت-نلسون و ترتیب ستونی پاسخ گیاه تا حدودی نزدیک به هم بوده و حدود ۶/۵ درصد اختلاف دارند. از سوی دیگر حد بحرانی به دست آمده از طریق روش های مربع کای اثرات متقابل، مدل سه کلاسه تجزیه واریانس کیت-نلسون و میچرلیخ نیز بسیار نزدیک به هم بوده و حداکثر ۸ درصد اختلاف دارند. مقایسه ضرایب تبیین مدل های دو (**۰/۸۰) و سه (**۰/۹۲) کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون نشان داد که هر دو مدل در سطح احتمال ۱ درصد می توانند کلاس بندی پاسخ های گیاهی را توجیه نمایند (جدول ۳ و ۴). همچنین مقایسه ضرایب تبیین مدل های دو و سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون با مدل میچرلیخ (**۰/۶۷) نشان می دهد که از بین سه روش یاد شده مدل سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون به ترتیب ۱۸ و ۷ درصد بیشتر از مدل های دو کلاسه و میچرلیخ توانایی توجیه پاسخ گیاه (عملکرد دانه) را دارد. از سوی دیگر این روش تفسیر نتایج از پایه و اساس آماری مستحکم تری در مقایسه با برخی از

(جدول ۶) - گروه بندی فرضی حد بحرانی های به دست آمده از روش های مختلف

روش تفسیر	ترتیب ستونی پاسخ گیاه	تصویری کیت - نلسون	مربع کای اثرات متقابل	مدل سه کلاسه تجزیه واریانس	مدل دو کلاسه تجزیه واریانس
حد بحرانی	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۵۵
گروه	زیاد	متوسط	کم		

استقلال) ۰/۴۷ مربوط به مقدار روی ۰/۵۵ میلی گرم در کیلوگرم می باشد. البته در دو مورد از چهار مورد پیشنهادی از جدول توافقی، حد بحرانی ۰/۵۵ میلی گرم در کیلوگرم احتمال پیش بینی بیشتری را از لحاظ آماری داشته (احتمال

سپس با استفاده از داده های (جدول ۶)، از طریق روش جدول توافقی مقدار مربع کای اثرات متقابل برای گروه های فرضی محاسبه گردید (جدول ۷). نتایج حاصل از این جدول نشان می دهد که بیشترین احتمال پیش بینی (احتمال

استقلال ۰/۴۷ و ۰/۴۶) و مناسب‌ترین حد بحرانی در بین حد بحرانی‌های ارائه شده در این پژوهش می‌باشد (جدول ۷). بنابراین روش تفسیری مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت-نلسون که حد بحرانی ۰/۵۵ میلی گرم در کیلوگرم

روی را در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در شمال غرب کشور گزارش نموده است، احتمالاً مناسب‌ترین روش تفسیر نتایج آزمون خاک در بین تمامی روش‌های مورد مطالعه در این پژوهش برای تفسیر نتایج آزمون روی خاک می‌باشد.

(جدول ۷) - فراوانی‌های مشاهده شده و مورد انتظار برای حد بحرانی‌های گروه‌بندی فرضی

وضعیت	حد بحرانی روی (میلی گرم در کیلوگرم)	فراوانی مشاهده شده (O _i)	فراوانی مورد انتظار (E _i)	مربع کای ($\chi^2 = \sum (O_i - E_i)^2 / E_i$)	احتمال استقلال گروه‌های فرضی
درست کم	۰/۵۵	۰/۵۶۷	۱/۴۶۳	۰/۵۴۹	۰/۴۷
درست زیاد	۰/۷۵	۰/۶۵۹	۲/۱۰۱	۰/۹۹۰	۰/۳۴
نادرست کم	۰/۵۵	۰/۵۶۳	۱/۴۸۵	۰/۵۷۳	۰/۴۶
نادرست زیاد	۰/۸۰	۰/۵۶۳	۲/۱۳۳	۱/۱۵۶	۰/۲۵

فیضی اصل و همکاران (۸) 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 میچرلیخ - بری ($\text{Log}(100-Y) = \text{Log}100 - 0.399b - 0.103X$) به ترتیب ۲ و ۱/۲ میلی گرم در 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. طبعی و عابدی (۳) حد بحرانی روی در خاک را برای گندم سرداری در استان کرمانشاه ۰/۷۵ میلی گرم در کیلوگرم گزارش نمودند. بلالی و همکاران (۱) با استفاده از روش تصویری - نلسون حد بحرانی روی را در خاک برای گندم آبی در شمال غرب کشور در استان‌های مورد نظر در این پژوهش به طور متوسط ۰/۷۴ میلی گرم در کیلوگرم (روش DTPA) تعیین کردند که در این میان بیشترین آن به میزان ۰/۸۹ میلی گرم در کیلوگرم مربوط به استان کرمانشاه بود. با توجه به نتایج این پژوهشگران، دامنه تغییر حد بحرانی روی در ایران برای گندم ۱-۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. سدری (۲) این حد را برای عنصر غذایی روی در خاک‌های

استان کردستان برای گندم آبی ۰/۸۷ میلی گرم در کیلوگرم تعیین کرد. آگراوال (۱۰) نیز حد بحرانی روی را برای گندم ۰/۸ میلی گرم در کیلوگرم گزارش نمود. تاندون (۳۳) این حدود را برای گندم در خاک‌های هندوستان ۰/۷۵ - ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم گزارش نمودند. پژوهشگران زیادی معتقدند که حد بحرانی روی برای گندم در خاک‌های آهکی ۰/۶-۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم است (۱۴، ۱۸، ۲۸ و ۳۰). مقایسه نتایج به دست آمده از کار سایرین با نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که در تمامی روش‌های تفسیر نتایج آزمون روی، حد بحرانی به دست آمده کمتر از ۱ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات سایر پژوهشگران مطابقت دارد.

نتیجه

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان چنین استنباط نمود که از بین روش‌های تصویری کیت-نلسون، تجزیه واریانس کیت - نلسون، معادله میچرلیخبری، روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه و مربع کای اثرات متقابل، مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون

مناسب ترین روش تفسیر نتایج آزمون روی خاک از لحاظ آماری شناخته شد و حد بحرانی به دست آمده از این روش (۰/۵۵ میلی گرم در کیلوگرم) به عنوان حد بحرانی روی در خاک برای گندم دیم رقم سرداری در شمال غرب کشور توصیه می گردد.

منابع

- ۱- 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 خاک های تحت کشت گندم آبی ایران. در: محمد جعفر، ملکوتی (گرد آورنده). تغذیه متعادل گندم. ص ۱۳۴-۱۲۱. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.
- ۲- سدري، م. ح. ۱۳۷۸. تعیین حد بحرانی آهن، روی، مس، منگنز و بور بر اساس روش کیت - نلسون در خاک‌های تحت کشت گندم آبی کردستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۱۰۵.
- ۳- طبعی، 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. ص ۱۴-۱.
- ۴- علی احيایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه خاک (جلد اول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳. ص ۱۲۹.
- ۵- فیضی اصل، و. ۱۳۸۷. آزمون خاک: تفسیر نتایج آزمایش‌های واسنجی با استفاده از روش‌های میچرلیخ - بری، ترتیب ستونی پاسخ گیاه (مربع کای اثرات متقابل) و تلفیقی. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. نشریه فنی شماره ۲۱۴. ص ۱۲۵.
- ۶- فیضی اصل، و. ۱۳۸۷. مقایسه روش‌های مختلف تفسیر نتایج آزمون خاک در تعیین حد بحرانی آهن در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در استان‌های شمال غرب کشور. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۸ (مصوب).
- ۷- فیضی اصل، و. و غ. ر. ولی زاده. ۱۳۸۳. آزمون خاک: تفسیر نتایج آزمون خاک با استفاده از روش‌های تصویری و تجزیه واریانس کیت - نلسون. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. نشریه فنی شماره ۱۶۵۸. ص ۱۲۳.
- ۸- فیضی اصل، ولی، رحیم کسرائی، محمد مقدم و غلامرضا ولی زاده. ۱۳۸۳. بررسی تشخیص کمبود و محدودیت‌های جذب عناصر غذایی با استفاده از روش‌های مختلف با مصرف کودهای فسفر و روی برای گندم دیم رقم سرداری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۱، شماره ۳. ص ۳۳-۲۳.
- ۹- ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ص ۵۶.
- 10-Agrawal, H. P. 1992. Assessing the micronutrient requirement of winter wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23: 2255-2568.
- 11-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.
- 12-Bray, R. H. 1945. Soil- plant relationship: II. Balanced fertilizer use through soil tests for K and P. Soil Sci. 60: 463-473.
- 13-Bray, R. H. 1958. The correlation of a phosphorus soil test with the response of wheat through a modified Mitscherlich equation. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 22: 314-317.
- 14-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.
- 15-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.
- 16-Cate, R. B., Jr., and L. A. Nelson. 1965. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. North Carolina Agric. Exp. Stn. International Soil Testing Series, Tech. Bull. No.1.
- 17-Dow, A.I., and S. Roberts. 1982. Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agron. J. 74: 401-403.
- 18-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.
- 19-Fageria, N. K., V. C. Baligar, and C. A. Jones. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc.
- 20-Havlin, J. L. 1986. Comparison of statistical methods for separating iron deficient from sufficient soils. J. Plant Nutr. 9: 241-249.
- 21-Havlin, J. L., and P. N. Soltanpour. 1981. Evaluation of the NH_4HCO_3 -DTPA soil test for iron and zinc. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 70-75.
- 22-Havlin, J. L., and P. N. Soltanpour. 1982. Greenhouse and field evaluation of the NH_4HCO_3 -DTPA soil test for Fe. J. Plant Nutr. 5: 769-783.
- 23-Keisling, T. C., and B. Mullinix. 1979. Statistical considerations for evaluation micronutrient tests. . Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 1181-1184.
- 24-Kumar Das, D. 1997. Introductory Soil Science. Kalyani Publishers, India. p. 501.
- 25-Marschner, H. 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier Science Ltd.
- 26-Matar, A.E., E. Jabbour, and K. El Hajj. 1987. Prediction of barley response to fertilizers by means of soil nitrogen and phosphorus tests. p. 12-22. In: A. Matar, N. Soltanpour, and A. Chouinard (eds.). Soil Test Calibration in West Asia and North Africa. Proc. Second Regional Soil Test Calibration Workshop, 1-6 Sept. Turkey. ICARDA, Aleppo, Syria.
- 27-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.
- 28-Sillanpää, 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.
- 29-Singh, H. G., and P. N. Takkar. 1981. Evaluation of efficient soil test methods for Zn and their critical values in salt-affected soils for rice. Comm. Soil Sci. and Plant Ana. 12: 383-406.
- 30-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.
- 31-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 Workshop, 1-6 Sept. Turkey. ICARDA, Aleppo, Syria.
- 32-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.
- 33-Tandon, H. 1995. Micronutrients in soils, crops, and fertilizers. Fertilizer Development and Consultation Organization. New Delhi, India.
- 34-Trieweiler, J. F., and W.L. Lindsay. 1969. EDTA-ammonium carbonate soils test for zinc. Soil Science Society of America Proceedings. 33: 49-54.
- 35-Yurtsever, N. 1987. *Two Soil tests for phosphorus calibrated with barley response to fertilizer in rainfed conditions Turkey*. p. 36-44. In: A. Matar, P. N. Soltanpour and A Chouinard (eds.). Soil Test Calibration in West Asia and North Africa. ICARDA, Aleppo, Syria.
- 36-Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.

Comparison of different methods for determining the Zn critical level of dryland wheat in the Northwest of Iran

V. Feiziasl^{*1}

Abstract

In order to determine the critical level and classify the soil Zn in Western Azerbaijan, Eastern Azerbaijan, Kurdistan and Kermanshah dryland areas, a study was conducted in a complete randomized block design having 4 treatments (0, 5, 10 and 15 kg.ha⁻¹ of zinc sulfate) with three replications for four years (1998-2002). When the experiment ended, the crop and soil data uniformity test were performed for all experimental sites. The results of these experiments were interpreted by different methods including: Cate-Nelson graphical method, Cate-Nelson two and three classes ANOVA models, Mitscherlich equation, plant response column order procedure and interaction chi-square methods. The results showed that the Zn critical levels using the mentioned methods were 0.75, 0.55, 0.65, 0.61, 0.80 and 0.66 mg.kg⁻¹, respectively. Different Zn critical levels calculated by different soil testing interpretation methods were compared by using contingency table. The results showed that Cate-Nelson two classes ANOVA model with 0.55 mg.kg⁻¹ Zn and 0.47 predictability value was a better model for determining the Zn critical level than all other models for Northwestern dryland region of Iran. Using different soil testing interpretation methods for determining the Zn critical levels it was concluded that all the values were to some extent similar; however, Cate-Nelson two classes ANOVA model seemed to be more suitable for this purpose.

Key words: Zn critical level, dryland wheat, Western Azerbaijan, Eastern Azerbaijan, Kurdistan, Kermanshah.

*- Corresponding author Email: v_feiziasl@yahoo.com

1- Scientific member of Dryland Agricultural Research Institute (Maragheh)