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

ولی فیضی اصل[*1]

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 آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی، 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 (۸۱ـ۱۳۷۷) به اجرا در آمد. نتایج این پژوهش پس از آزمون یکنواختی داده‌های به دست آمده از مکان‌های اجرای آزمایش، با استفاده از روش‌های تصویری کیت‌ـنلسون، مدل‌های دو و سه کلاسه تجزیه واریانس کیت ـ 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 ـ 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

تأمین مقادیر مناسب عناصر غذایی یکی از مهم ترین 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 پرمصرف نیست (۱۹، ۲۵ و ۳۳). با توجه به این‌که گیاهان، این عناصر 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

۱- پژوهشگر مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم

* - نویسنده مسئول: Email: v_feiziasl@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

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 ـ نلسون[1] (۱۶)، تجزیه واریانس کیت ـ نلسون[2] (۱۵)، معادله میچرلیخ ـ بری[3] (۱۳)، روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه[4]، مربع کای اثرات متقابل[5] (۲۲ و ۲۳) و سایر روش‌های آماری استفاده می‌نمایند که تمامی این روش‌ها به غیر از روش تجزیه واریانس کیت ـ نلسون (۱۵) تنها قادر به گروه‌بندی مقادیر عناصر غذایی خاک به دو کلاس کم و متوسط می‌باشند، در حالی که روش تجزیه واریانس کیت‌ـنلسون (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 آذربایجان‌شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و به مدت ۴ سال زراعی (۱۳۸۱ـ۱۳۷۷) 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 میلی‌گرم 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 ۲۵ـ۰ سانتیمتری از زمین‌های زراعی زیر کشت غلات دیم در چهار استان آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی، 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 قارچ‌کش ویتاواکس[6] به نسبت ۲ در هزار در عمق ۷-۵ سانتی‌متری با دستگاه آزمایشی (وینتراشتایگر) 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 علف‌کش 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.

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
6- Vitavax

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۱) - محدوده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در آزمایش‌های واسنجی روی در شمال‌غرب ایران

خصوصیات	حدود	انحراف معیار (SD)
شن (درصد)	۱۸-۲۵	۶/۳
سیلت (درصد)	۳۰-۴۰	۷/۱
رس (درصد)	۴۰-۵۰	۷/۵
رطوبت اشباع (درصد)	۵۰-۶۰	۱۶/۵
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۵-۰/۷	۰/۳
واکنش گل اشباع	۷/۵-۸/۱	۱/۳
مواد خنثی شونده (درصد)	۳-۱۰	۳/۰
کربن آلی (درصد)	۰/۴۵-۰/۶۴	۰/۳۱
ازت کل (درصد)	۰/۰۲-۰/۰۶	۰/۰۱۵
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم ـ بیکربنات سدیم)	۵-۱۵	۵/۵
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم ـ استات آمونیوم)	۲۸۰-۶۰۰	۸۶
آهن قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم-DTPA)	۰/۷-۱۹	۲/۸
منگنز قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم-DTPA)	۱/۴-۴۲/۰	۷/۱
روی قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم-DTPA)	۰/۱-۹/۵	۰/۰۴
مس قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم-DTPA)	۰/۶-۶/۸	۰/۵۱
بور قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم- روش آب داغ)	۰/۰۲-۴/۴	۰/۳۳

نتایج به‌دست 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.

تصویری کیت ـ نلسون

مراحل انجام روش تصویری کیت ـ نلسون به ترتیب زیر بود (۷ و ۱۶):

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

$$\text{عملکرد نسبی (درصد)} = \frac{\text{عملکرد در سطح صفر یا سایر سطوح عنصر غذایی مورد مطالعه}}{\text{بالاترین عملکرد یا عملکرد آخرین سطح کودی}} \times ۱۰۰$$

۲- در نمودار، محل تلاقی درصد عملکرد نسبی با نتایج تجزیه‌های خاک و یا گیاه، نقطه‌گذاری 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 X ها حد بحرانی روی در خاک در نظر گرفته شد.

روش آماری یا تجزیه واریانس کیت ـ نلسون

در روش تجزیه واریانس کیت – نلسون برای تفکیک

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های عملکرد نسبی (اختلاف حداکثر عمکلرد 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[1] استفاده شد (۷ و ۱۵). در تفسیر نتایج آزمون خاک با استفاده از مدل‌های دو و سه کلاسه 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 کلاسه 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[2] (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 کلاسه میزان روی قابل جذب بین دو کلاس کم و زیاد و در مدل سه کلاسه 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 برازش شد که در این معادله (۵):

$$Y = 100\ (1 - e^{-cX}) \qquad (۵)$$

Y = عملکرد نسبی دانه (درصد)

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

c = ضریب معادله میچرلیخ

e = پایه لگاریتم نپرین 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 analaysis or completely randomized design (CRD)
2 - Coefficient of Determination

Archive of SID

www.SID.ir

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 خاک‌هایی را شامل شد که گندم دیم در آن‌ها نه به مصرف کود روی پاسخ معنی‌داری نشان داد و نه این که گیاه بدون مصرف کود روی علایم کمبود آن را در اندام‌های 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 خاک‌هایی که گندم به کاربرد کود روی پاسخ معنی‌داری نشان داده بودند و بدون کاربرد این کود علایم کمبود روی نیز در اندام‌های گندم ظاهر شده بود، قبل از این حد قرار گرفتند.

مربع کای اثرات متقابل

مطالعه دقیق نمودار ترتیب ستونی پاسخ گیاه نشان می‌دهد که بخش دومی نیز بین دو بخش کمبود و کفایت وجود دارد. در این بخش (میانی) خاک‌هایی قرار دارند که گندم دیم در آن‌ها به مصرف کود روی پاسخ معنی‌داری نشان نداد، اما بدون مصرف کود روی علایم کمبود روی در گیاه ظاهر شد که این قسمت از نمودار ناحیه حاشیه‌ای[1] 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[2] (جدول توافقی یا تطابقی) استفاده شد. با فرض این که کمبود و کفایت گیاه از لحاظ عنصر غذایی مورد مطالعه، کاملاً مستقل از درستی و نادرستی تشخیص گروه‌بندی کمبود و کفایت می‌باشد، 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 ویژگی‌های خاک‌های کمبود (پاسخ معنی‌دار به کاربرد کود) بودند، شروع به گروه‌بندی فرضی داده‌ها و محاسبه مقدار مربع کای بر اساس تعداد مشاهدات مربوط به ناحیه کمبود (درست و نادرست) و کفایت (درست و نادرست) شد که برای هرکدام از وضعیت های گروه‌بندی فرضی، جدول توافقی تشکیل شد و مقدار مربع کای اثرات متقابل برای هرکدام 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:

χ^{2} = مقدار مربع کای

N_{11} = تعداد فراوانی‌های مشاهده شده برای کمبود درست

N_{22} = تعداد فراوانی‌های مشاهده شده برای کفایت نادرست

N_{12} = تعداد فراوانی‌های مشاهده شده برای کمبود نادرست

N_{21} = تعداد فراوانی‌های مشاهده شده برای کفایت درست

N_{00} = تعداد کل فراوانی‌های مشاهده شده برای هر دوی کمبود و کفایت

N_{10} = مجموع فراوانی‌های مشاهده شده برای کمبود

N_{20} = مجموع فراوانی‌های مشاهده شده برای کفایت

N_{01} = مجموع فراوانی‌های مشاهده شده درست

N_{02} = مجموع فراوانی‌های مشاهده شده نادرست می‌باشد.

سپس احتمال معنی‌داری مقادیر مربع کای محاسبه شده

1 - Marginal (no yield response – visual symptom)
2 - Interaction chi-square

Archive of SID

www.SID.ir

از طریق جدول مربع کای با درجه آزادی یک تعیین گردید که این مقادیر نشانگر احتمال استقلال (احتمال قابل پیش‌بینی[1]) 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 معنی‌داری مقادیر مربع کای محاسبه شده برای ناحیه انتقالی (در محور Yها) با استفاده از نرم افزار Curve expert برازش 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 محورxها 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 مختلف آزمایشی در (جدول ۲) آورده شده است که این نتایج پس از آزمون معنی‌داری برای تیمارهای آزمایشی در هر مکان و آزمون یکنواختی برای هر روش تفسیر، با استفاده از روش‌های تصویری کیت ـ نلسون (۱۶)، مدل‌های دو و سه کلاسه تجزیه واریانس کیت ـ 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 ـ 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 ($Ln(100-Y_0)=Ln100-2.6217b$) 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

1- Predictability of value

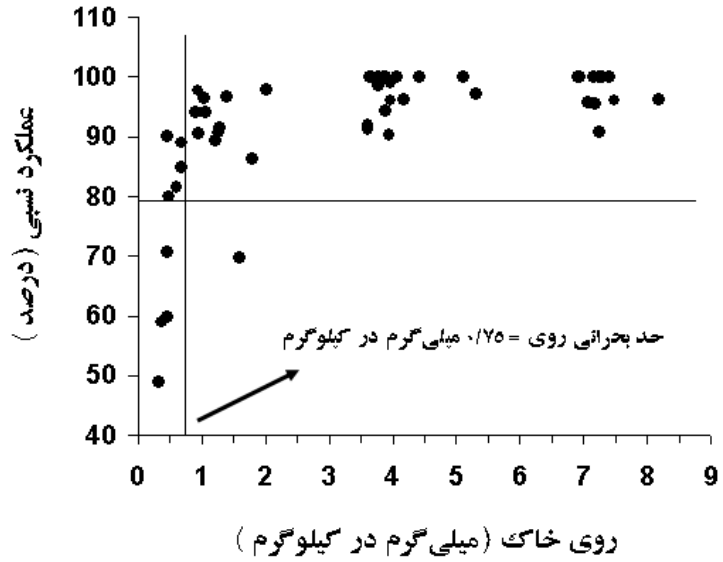
Archive of SID

www.SID.ir

کیلـوگرم بـه ترتیـب بـه ۰/۷۲، ۰/۸۸ و ۱/۲ میلـی‌گـرم در کیلوگرم افزایش می‌یابد.

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

شماره مکان آزمایشی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای آزمایشی:				میزان روی خاک
	Zn_0	Zn_5	Zn_{10}	Zn_{15}	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۱	۶۱۳	۴۸۷	۴۹۳	۵۶۷	۰/۲۸
۲	۱۱۹۹	۱۱۷۵	۱۰۹۸	۱۲۸۹	۰/۳۱
۳	۴۱۸	۴۷۰	۵۱۲	۵۱۲	۰/۳۲
۴	۹۱۷	۱۳۱۷	۱۳۷۷	۱۴۱۰	۰/۳۴
۵	۱۰۵۳	۱۱۸۰	۷۶۰	۹۸۳	۰/۳۸
۶	۱۰۴۳	۱۳۱۷	۱۳۵۳	۱۴۷۷	۰/۴۴
۷	۱۲۵۹	۱۳۷۹	۱۳۳۷	۱۳۹۹	۰/۴۸
۸	۱۱۴۲	۱۲۹۹	۱۳۲۰	۱۴۲۹	۰/۵۰
۹	۱۵۶۵	۱۶۵۲	۱۶۵۱	۱۵۳۱	۰/۵۸
۱۰	۳۰۰۷	۳۰۲۱	۳۵۴۳	۲۴۸۴	۰/۵۸
۱۱	۱۳۶۶	۱۳۳۰	۱۵۰۲	۱۵۳۶	۰/۵۹
۱۲	۸۸۳	۹۸۳	۸۲۳	۱۰۸۳	۰/۶۰
۱۳	۱۶۶۴	۱۵۳۸	۱۷۰۳	۱۴۸۱	۰/۶۵
۱۴	۱۵۹۵	۱۶۰۱	۱۶۱۷	۱۶۹۶	۰/۷۰
۱۵	۷۹۱	۸۰۸	۷۶۴	۸۴۱	۰/۷۰
۱۶	۲۷۲۱	۳۰۲۹	۳۸۸۳	۲۹۴۷	۰/۷۰
۱۷	۹۵۷	۱۰۴۷	۹۲۰	۱۰۵۹	۰/۷۱
۱۸	۷۲۴	۸۳۷	۸۶۵	۸۶۷	۰/۷۲
۱۹	۹۷۶	۱۰۷۷	۱۰۵۶	۱۰۲۷	۰/۷۸
۲۰	۱۱۱۱	۱۰۳۴	۱۲۱۵	۱۱۲۷	۰/۸۰
۲۱	۱۰۰۷	۱۰۰۳	۱۰۰۰	۱۰۴۲	۰/۸۹
۲۲	۱۱۸۲	۱۲۲۲	۱۲۰۱	۱۲۴۱	۱/۱۲
۲۳	۱۰۴۱	۹۸۱	۱۴۳۵	۱۴۹۰	۱/۶۰
۲۴	۱۵۵۳	۱۵۸۵	۱۴۱۹	۱۸۰۰	۱/۸۰
۲۵	۳۱۵۵	۲۸۱۷	۳۲۲۱	۲۶۱۰	۲/۰۲

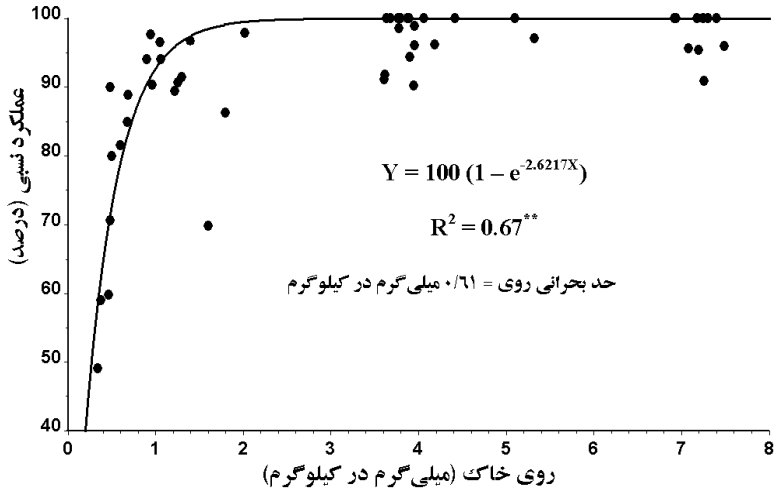


(شکل ۱) - حد بحرانی روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور با استفاده از روش تصویری کیت ـ نلسون

Archive of SID

www.SID.ir

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 و ۳۵). اما در پژوهش‌های مزرعه ای انجام گرفته در غرب آسیا و شمال آفریقا[1] این حد اقتصادی را مقدار کود مورد نیاز برای دستیابی به ۸۰ درصد حداکثر عملکرد توصیه نموده‌اند (۲۶، ۳۱ و ۳۲).



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

تجزیه واریانس کیت ـ نلسون

با استفاده از عوامل مدل دو کلاسه تجزیه واریانس گیت‌ـ 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 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. به عبارت دیگر در مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت ـ نلسون، حد بحرانی روی در خاک برای گندم دیم در شمال غرب کشور ۰/۵۵ میلی‌گرم 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 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 یکنواخت 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 ـ 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 میلی‌گرم در کیلوگرم و مرز بین کلاس متوسط و زیاد ۰/۶۵ میلی‌گرم 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 میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. در مدل سه کلاسه نیز از کل

Archive of SID

www.SID.ir

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 کلاس‌بندی داده‌ها در بین دامنه‌های بالایی عوامل مجموع مربعات بین گروه‌ها، آزمون F، ضریب تبیین و ضریب تغییرات محقق می‌گردد (۷). همانند مدل دو کلاسه شرط تفکیک کلاس‌ها، یکنواخت بودن واریانس‌های مربوط به مقادیر ΔY_{max} این سه گروه می‌باشد که این موضوع را غیر معنی دار بودن مقدار χ^2 تصحیح شده (۰/۴۱) در مناسب‌ترین محل تفکیک گروه‌ها تأیید می‌نماید (جدول ۴).

ترتیب ستونی پاسخ گیاه

با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه، مقادیر روی قابل استفاده در خاک‌های زیر کشت گندم دیم بر اساس پاسخ و عدم پاسخ معنی‌دار گیاه به کاربرد کود روی مرتب گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که گندم دیم تا ۰/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک به کاربرد کود روی از لحاظ افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد پاسخ معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد و در ۵ مورد از ۲۵ خاک مورد مطالعه در این پژوهش، گندم دیم در پائین‌تر از مقدار یاد شده، به کاربرد کود روی پاسخ معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳). البته وجود چنین نتایجی در آزمایش‌های مزرعه‌ای با عوامل محدود کننده رشد محیطی و تا حد کمتری در آزمایش‌های گلخانه‌ای دور از انتظار نیست (۲۱، ۲۹ و ۳۴)

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

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

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 می‌باشد. ۲) ردیفی که در زیر اعداد آن خط کشیده شده است، نشانگر مناسب ترین شرایط برای تشکیل دو گروه است.

پژوهشگران زیادی از جمله تریویلر و لیندسی (۳۴)، کیزیلینگ و مولینیکس (۲۳)، هاولین و سلطانپور (۲۱)، سینگ و تکر (۲۹) و هاولین (۲۰) در تعیین حد بحرانی و گروه‌بندی عناصر کم مصرف در خاک به ویژه روی از

Archive of SID

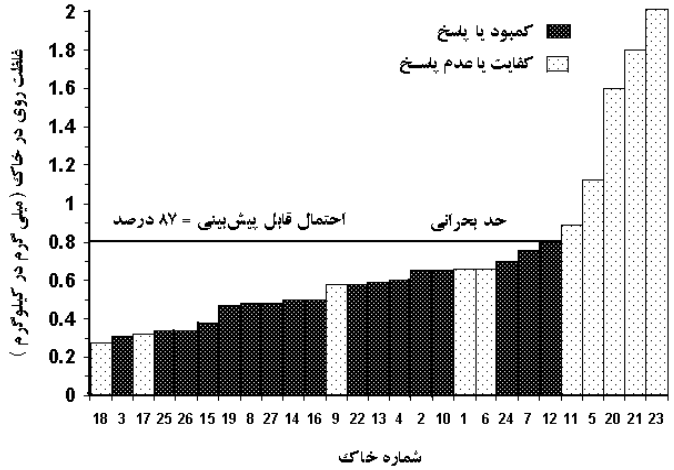
www.SID.ir

(جدول ۴) – کلاس بندی مقادیر روی قابل استفاده خاک برای گندم دیم با استفاده از مدل سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون

عملکرد تیمار شاهد (Y_0)	حداکثر عملکرد (Y_{max})	اختلاف عملکرد (ΔY_{max})	میزان روی خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	تعداد اعضای گروههای n_1 و n_2 برای دامنه بالا	تعداد اعضای گروههای n_1 و n_2 برای دامنه پائین	دامنه مجموع مربعات بین گروهها	دامنه مقدار آزمون F	دامنه ضریب تبیین (R^2)	دامنه مقدار کای اسکور (χ^2)
(کیلوگرم در هکتار)									
۹۱۷	۱۴۱۰	۴۹۳	۰/۳	–	–	–	–	–	–
۱۰۴۳	۱۴۷۷	۴۳۴	۰/۴	۸ و ۳ ،۲	۲ و ۹ ،۲	۲۲۰۸۵۴ – ۲۵۹۷۲۲	۱۸/۳*** – ۶۰/۵**	۰/۷۹* – ۰/۹۴**	۲/۰۷ ns – ۰/۴۱ ns
۱۱۴۲	۱۴۲۹	۲۸۷	۰/۵	۵ و ۵ ،۳	۲ و ۸ ،۳	۲۲۹۸۱۳ – ۲۵۰۰۹۵	۲۲/۴*** – ۴۰/۲**	۰/۸۲** – ۰/۸۹**	۲/۳۲ ns – ۷/۸۱ *
۸۸۳	۱۰۸۳	۲۰۰	۰/۶	۵ و ۴ ،۴	۲ و ۷ ،۴	۲۰۸۹۰۲ – ۲۲۲۷۱۱	۱۴/۵** – ۱۹/۰**	۰/۷۴* – ۰/۷۹*	۴/۶۶ ns – ۱۱/۹۶*
۱۳۶۶	۱۵۳۶	۱۷۰	۰/۶	۵ و ۳ ،۵	۲ و ۶ ،۵	۱۸۹۳۵۱ – ۱۹۸۰۱۵	۱۰/۳* – ۱۱/۹**	۰/۶۷ ns – ۰/۷۰*	۶/۲۰* – ۱۳/۲۴**
۱۵۹۵	۱۶۹۶	۱۰۱	۰/۷	۵ و ۲ ،۶	۲ و ۵ ،۶	۱۵۱۲۲۵ – ۱۵۹۵۱۵	۵/۸* – ۶/۶*	۰/۵۴ ns – ۰/۵۷ ns	۶/۰۰* – ۱۱/۶۳**
۷۲۴	۸۶۷	۱۴۳	۰/۷	۴ و ۲ ،۷	۲ و ۴ ،۷	۱۴۱۱۷۱ – ۱۴۲۷۹۵	۵/۰* – ۵/۴*	۰/۵۰ ns – ۰/۵۱ ns	۶/۶۷* – ۸/۳۶*
۹۵۷	۱۰۵۹	۱۰۲	۰/۷	۳ و ۲ ،۸	۲ و ۳ ،۸	۱۲۱۹۸۷ – ۱۲۲۱۴۰	۳/۸ ns – ۳/۸ ns	۰/۴۳ ns – ۰/۴۳ ns	۷/۱۲* – ۱۱/۹۲**
۷۹۱	۸۴۱	۵۰	۰/۷	۲ و ۲ ،۹		۸۹۶۵۶	۲/۳ ns	۰/۳۲ ns	۴/۴۱ ns
۹۷۶	۱۰۲۷	۵۱	۰/۸	–	–	–	–	–	–
۱۱۱۱	۱۱۲۷	۱۶	۰/۸	–	–	–	–	–	–
۱۰۰۷	۱۰۴۲	۳۵	۰/۹	–	–	–	–	–	–
۱۱۸۲	۱۲۴۱	۵۹	۱/۱	–	–	–	–	–	–

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 می‌باشد. ۲) اعداد حد پائین 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 می‌باشند. ۳) ردیفی که در زیر اعداد آن خط کشیده شده است، نشانگر مناسب ترین شرایط برای تشکیل دو گروه است.

www.SID.ir



(شکل ۳) - رابطه بین مقدار روی قابل استفاده خاک (روش DTPA) و پاسخ گندم دیم به کاربرد سولفات روی در ۲۳ مزرعه شمال‌غرب کشور و تعیین حد بحرانی روی در خاک با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه

روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه استفاده کرده‌اند. متأسفانه این روش به دلیل داشتن مشکلات توصیه کودی در منطقه انتقالی[1] 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 دوگروه کمبود و کفایت در خاک (حد بحرانی)، مقدار عنصر موجود در شماره خاک دارای بیشترین مقدار احتمال معنی‌داری 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 میلی‌گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۶) خواهد بود (جدول ۵). این در حالی است که با در نظرگرفتن 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 میلی‌گرم در

1 - Transition zone

Archive of SID

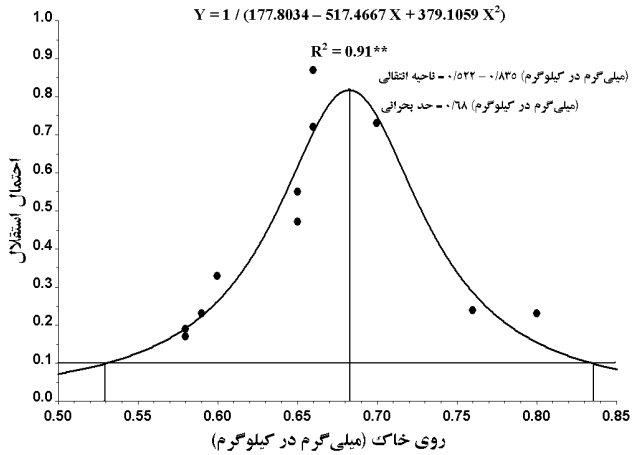
www.SID.ir

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 بر عکس 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.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که تنها در ۵ مورد از ۲۵ خاک مورد مطالعه در این آزمایش، گندم دیم 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).

(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 مربع‌کای	احتمال استقلال
	پاسخ (کمبود)		عدم پاسخ (کفایت)					
	تعداد درست	تعداد نادرست	تعداد درست	تعداد نادرست				
۲۲	۱۰	۳	۷	۷	۲۷	۰/۵۹	۰/۸۵۴۳	۰/۱۹
۱۳	۱۱	۳	۷	۶	۲۷	۰/۵۹	۱/۵۰۱۰	۰/۲۳
۴	۱۲	۳	۷	۵	۲۷	۰/۶۰	۱/۰۵۳۰	۰/۳۳
۱۰	۱۴	۳	۷	۳	۲۷	۰/۶۵	۰/۵۵۵۹	۰/۴۷
۶	۱۴	۵	۵	۳	۲۷	۰/۶۶	۰/۱۴۷۴	۰/۸۷
۲۴	۱۵	۵	۵	۲	۲۷	۰/۷۰	۰/۱۳۷۸	۰/۷۳
۷	۱۶	۵	۵	۱	۲۷	۰/۷۶	۱/۳۹۴۶	۰/۲۴
۱۲	۱۷	۵	۵	۰	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

مقایسه روش‌های مورد استفاده در تعیین حد بحرانی روی

مقایسه حد بحرانی‌های به دست آمده از روش‌های 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

Archive of SID

www.SID.ir

واریانس کیت ـ نلسون و بیشترین مقدار حد بحرانی به میزان ۰/۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه به دست آمد. این در حالی است که حد بحرانی‌های به دست آمده از طریق روش‌های تصویری کیت‌ـنلسون و ترتیب ستونی پاسخ گیاه تا حدوی نزدیک به هم بوده و حدود ۶/۵ درصد اختلاف دارند. از سوی دیگر حد بحرانی به دست آمده از طریق روش‌های مربع‌کای اثرات متقابل، مدل سه کلاسه تجزیه واریانس کیت‌ـنلسون و میچرلیخ نیز بسیار نزدیک به هم بوده و حداکثر ۸ درصد اختلاف دارند. مقایسه ضرایب تبیین مدل‌های دو (**۰/۸۰) و سه (**۰/۹۲) کلاسه تجزیه واریانس کیت ـ نلسون نشان داد که هر دو مدل در سطح احتمال ۱ درصد می‌توانند کلاس‌بندی پاسخ‌های گیاهی را توجیه نمایند (جدول ۳ و ۴). همچنین مقایسه ضرایب تبیین مدل‌های دو و سه کلاسه تجزیه واریانس کیت - نلسون با مدل میچرلیخ (**۰/۶۷) نشان می‌دهد که از بین سه روش یاد شده مدل سه کلاسه تجزیه واریانس کیت ـ نلسون به ترتیب ۱۸ و ۷ درصد بیشتر از مدل‌های دو کلاسه و میچرلیخ توانایی توجیه پاسخ گیاه (عملکرد دانه) را دارد. از سوی دیگر این روش تفسیر نتایج از پایه و اساس آماری مستحکم‌تری در مقایسه با برخی از روش‌های تفسیر نتایج آزمون خاک برخوردار است (۷). البته بر خلاف نظر نلسون و آندرسون (۲۷) مقایسه ضرایب تبیین (R^2) مدل‌های مختلف تجزیه واریانس کیت – نلسون و مدل‌های رگرسیونی همانند معادله میچرلیخ از لحاظ آماری صحیح نمی‌باشد، زیرا که ضرایب تبیین مدل‌های تجزیه واریانس کیت – نلسون آماره‌ای بیش نبوده و هرگز مفهوم واقعی ضریب تبیین را که در مدل‌های رگرسیونی از آن استنباط می‌شود، ندارد. بنابراین از این آماره تنها در شناسایی محل تفکیک کلاس‌های آزمون خاک می‌توان استفاده نمود و در توجیه تغییرات تابع از طریق تغییرات متغییرهای مستقل کارآیی لازم را ندارد (۵و۶). حد بحرانی به دست آمده از طریق مربع‌کای اثرات متقابل تنها روشی است که معادل با میانگین به دست آمده از روش‌های مورد مطالعه در این پژوهش (۰/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد. به منظور تعیین مناسب‌ترین مقدار حد بحرانی به دست آمده در این پژوهش، حد بحرانی‌های به دست آمده به سه گروه فرضی کم، متوسط و زیاد گروه‌بندی شد (جدول ۶).

(جدول ۶) - گروه‌بندی فرضی حد بحرانی‌های به دست آمده از روش‌های مختلف

روش تفسیر	ترتیب ستونی پاسخ گیاه	تصویری کیت- نلسون	مربع‌کای اثرات متقابل	مدل سه کلاسه تجزیه واریانس	میچرلیخ	مدل دو کلاسه تجزیه واریانس
حد بحرانی	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۵۵
گروه	زیاد		متوسط		کم	

سپس با استفاده از داده‌های (جدول ۶)، از طریق روش جدول توافقی مقدار مربع‌کای اثرات متقابل برای گروه‌های فرضی محاسبه گردید (جدول ۷). نتایج حاصل از این جدول نشان می‌دهد که بیشترین احتمال پیش بینی (احتمال استقلال) ۰/۴۷ مربوط به مقدار روی ۰/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. البته در دو مورد از چهار مورد پیشنهادی از جدول توافقی، حد بحرانی ۰/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم احتمال پیش‌بینی بیشتری را از لحاظ آماری داشته (احتمال

Archive of SID

www.SID.ir

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 کیت‌ـنلسون که حد بحرانی ۰/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم روی را در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در شمال‌غرب 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 (میلی‌گرم در کیلوگرم)	فراوانی مشاهده شده (Oi)	فراوانی مورد انتظار (Ei)	مربع کای (χ^2 = (Oi-Ei)^2/Ei)	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 ـ نلسون و معادله میچرلیخ ـ بری (Log(100-Y)=Log100-0.399b-0.103X) به ترتیب ۲ و ۱/۲ میلی‌گرم 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. طلیعی و عابدی (۳) حد بحرانی روی در خاک را برای گندم سرداری در استان کرمانشاه ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمودند. بلالی و همکاران (۱) با استفاده از روش تصویری ـ 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 میلی‌گرم در کیلوگرم (روش DTPA) تعیین کردند که در این میان بیشترین آن به میزان ۰/۸۹ میلی‌گرم 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 میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. سدری (۲) این حد را برای عنصر غذایی روی در خاک‌های استان کردستان برای گندم آبی ۰/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین کرد. آگراوال (۱۰) نیز حد بحرانی روی را برای گندم ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمود. تاندون (۳۳) این حدود را برای گندم در خاک‌های هندوستان ۰/۷۵ – ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمودند. پژوهشگران زیادی معتقدند که حد بحرانی روی برای گندم در خاک‌های آهکی ۰/۶-۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۱۴، ۱۸، ۲۸و 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 میلی‌گرم 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 کیت‌ـنلسون، تجزیه واریانس کیت ـ نلسون، معادله میچرلیخ‌بری، روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه و مربع کای اثرات متقابل، مدل دو کلاسه تجزیه واریانس کیت ـ نلسون

Archive of SID

www.SID.ir

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

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- سدری، م. ح. ۱۳۷۸. تعیین حدبحرانی آهن، روی، مس، منگنز و بور بر اساس روش کیت ـ نلسون در خاک‌های تحت کشت گندم‌آبی کردستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۱۰۵.

۳- 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. ص ۱۴-۱.

۴- علی احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک (جلد اول). موسسه 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 ـ 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 شمال‌غرب کشور. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۸ (مصوب).

۷- فیضی اصل، و. و غ. ر. ولی‌زاده. ۱۳۸۳. آزمون خاک: تفسیر نتایج آزمون خاک با استفاده از روش‌های تصویری و تجزیه واریانس کیت ـ نلسون. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. نشریه فنی شماره ۱۶۵۸. ص ۱۲۳.

۸- فیضی‌اصل، ولی، رحیم کسرایی، محمد مقدم و غلامرضا ولی‌زاده. ۱۳۸۳. بررسی تشخیص کمبود و محدودیت‌های جذب عناصر غذایی با استفاده از روش های 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 Worshop, 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-Sillanpä, 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 Worshop, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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, Mitshcherlich 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.

Archive of SID

*- Corresponding author Email: v_feiziasl@yahoo.com
1- Scientific member of Dryland Agricultural Research Inistitute (Maragheh)

www.SID.ir