Archive of SID

تأثیر روی باقیمانده و شکل‌های مختلف شیمیایی آن بر رشد و غلظت روی در گندم

آرش برزو[۱]*، محمد ابراهیم‌زاده[۲]، فریبرز عزیزی‌نژاد[۱]، محمدرضا ممیزی[۱]

چکیده

روی از عناصر غذایی ضروری گیاه می‌باشد که خاک‌های آهکی ایران با کمبود آن روبه‌رو است. بازیابی کودهای دارای روی بسیار کم بوده و بخش زیادی از کود مصرفی در کشت اول جذب گیاه نشده و سبب تجمع روی در خاک و تبدیل آن به شکل‌های مختلف شیمیایی می‌شود. این تحقیق برای بررسی تأثیر روی باقیمانده و شکل‌های مختلف شیمیایی آن بر رشد و جذب روی در گندم انجام شده است. آزمایش در۲۰ نمونه خاک سطحی از مناطق برنج‌کاری استان فارس در قالب بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل (۳×۲۰) با فاکتورهای اصلی سه سطح روی و فرعی ۲۰ نوع خاک در سه تکرار انجام شد. طی یک آزمایش گلخانه‌ای با گیاه برنج به هر نمونه هر کدام در سه تکرارسطوح ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کود روی از منبع سولفات‌روی به همراه سایر عناصر مورد نیاز گیاه اضافه شد. پس از برداشت به ترتیب در این خاک‌ها برنج و گندم کاشته شد. ۶۷ روز پس از کاشت گندم وزن خشک قسمت هوایی و غلظت عناصر غذایی در گیاه اندازه‌گیری شد. در نمونه‌های خاک برداشته شده قبل از کاشت گیاه نیز غلظت روی و هم‌چنین مقدار شکل‌های مختلف شیمیایی روی تعیین شد.

نتایج نشان داد که افزایش روی باقیمانده تفاوت محسوسی در رشد گندم ایجاد نکرد ولی سبب افزایش غلظت روی در گیاه و مقدار جذب کل روی در هر گلدان شد که روابط معنی‌داری بین روی عصاره‌گیری شده و غلظت و جذب کل روی توسط گیاه به‌دست آمد ($p<1$). از شکل‌های مختلف شیمیایی روی بین غلظت و جذب کل روی و روی کربناتی همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد به‌دست آمد. طبق نتایج به‌دست آمده ۳۳ تا ۴۴ درصد روی مصرفی به شکل کربناتی تبدیل می‌شود که علت اصلی اثر باقیمانده روی بر جذب و غلظت روی در گیاه تبدیل این عنصر به شکل کربناتی می‌باشد.

کلمه‌های کلیدی: روی باقیمانده - شکل‌های مختلف شیمیایی روی - غلظت روی - جذب روی - رشد گندم.

۱- مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا.

۲- استادیار دانشگاه آزاداسلامی واحدورامین- پیشوا.

* مقاله حاصل نتیجه پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد می‌باشد. (E.Mail:Arash_borzou@yahoo.com)

تاریخ دریافت: زمستان ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: پاییز ۱۳۸۷

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

روی یکی ازعناصر غذایی گیاه به حساب می‌آید و معمولاً درقسمت‌های فعال گیاه از قبیل برگ‌ها، شاخه‌های جوان، جوانه‌های برگ، گل و گیاه جمع می‌شود. روی بیش‌تر به صورت یون Zn^{++} جذب می‌شود و در pH بالا شاید به صورت $Zn(OH)_2$ نیز می‌تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). هم‌چنین غلظت زیاد کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم، آهن و منگنز نیز می‌تواند از جذب روی جلوگیری کند (Marshner, 1986). غلظت زیاد بی‌کربنات در شیره سلولی نیز سبب افزایش pH و در نهایت غیر فعال شدن روی دراندام گیاهی می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

روی در تعداد زیادی از آنزیم‌ها به عنوان یک کوفاکتور نقش دارد. برای نمونه روی در فعال‌سازی آنزیم‌های مختلفی از قبیل دی‌هیدروژناز، آلدولاز، ایزومراز، ترانس فسفراز و دی‌ان‌آپلیراز دخالت دارد (Marshner, 1986).

تاکنون در کشورهای مختلفی کمبود روی گزارش شده است (Frono Rahmatollah Khan & All, 2007 ; & All, 1975 ; Yoshida & All, 1971 ; Zdenko & All, 1995 ; پهلوان و همکاران ۱۳۸۴). کمبود روی در خاک‌های زراعی دنیا به ویژه خاک‌های آهکی بسیار است. کمبود روی در خاک‌ها و گیاهان زراعی ایران به دلایل زیادی از جمله آهکی بودن خاک‌های زارعی، pH بالا، وجود بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، شوری خاک، پایین بودن مواد آلی خاک, مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاتی و در نهایت نبود مصرف کودهای دارای روی رواج دارد. از آن‌جا که تقریباً تمام خاک‌های استان فارس دارای مقادیر قابل توجه کربنات و بی‌کربنات‌کلسیم هستند بنابراین کمبود روی در این خاک‌ها بسیار متحمل می‌باشد. از طرف دیگر برخی گزارش‌ها نشان دهنده‌ی این واقعیت است که اثر باقیمانده‌ی روی تا چند سال در خاک‌ها باقی می‌ماند و مقدار آن به نوع گیاه، خاک و نیز به مقدار کود مصرفی بستگی دارد. Prasad & All (۱۹۹۳) اثر باقیمانده روی را در سه رقم گندم مطالعه کردند و مشاهده کردند که جذب روی با افزایش مقدار روی باقیمانده زیاد شده اما روی باقیمانده بر عملکرد کاه و دانه تأثیر معنی‌داری نداشته است. Takkar & All (۱۹۷۵) نیز اثر مستقیم و باقیمانده سولفات‌روی را در یک خاک قلیایی در یک تناوب سه ساله گندم، بادام‌زمینی، گندم بررسی و مشاهده کردند که قابلیت استفاده روی باقیمانده بعد از کشت دوم وسوم کافی می‌باشد. به عبارت دیگری بازیابی کودهای دارای روی بسیار کم می‌باشد و بخش قابل توجه‌ای از کود روی مصرفی در کشت اول جذب گیاه نشده و در خاک باقی می‌ماند که سبب تجمع روی در خاک و تبدیل آن به شکل‌های مختلف شیمیایی می‌شود. Chandi & All (۱۹۸۲) نشان دادند که افزایش سطوح مختلف روی سبب بیش‌ترین بقای روی درعمق صفر تا ۳۰سانتی‌متر شده است. آن‌ها مشاهده کردند که در تناوب گندم برنج و گندم ذرت روی متصل به کربنات‌کلسیم زیاد می‌شود. در ایران نیز مطالعاتی در

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه با جداسازی شکل‌های مختلف شیمیایی روی صورت گرفته است (حسینی و حاج‌رسولیها، ۱۳۷۴ ؛ یثربی،۱۳۷۰ ؛ Yasrebi & All, 1994) که این محققین مشاهده کردند ۵۸ تا ۶۰ درصد سولفات‌روی به‌شکل کربنات‌روی در آمده و بین میانگین غلظت و جذب کل روی توسط ذرت و وزن ماده خشک با میانگین روی‌کربناتی ارتباط معنی‌داری به دست آوردند و این تحقیق برای کسب اطلاع در مورد تأثیر روی باقیمانده از مصارف قبلی بر رشد گیاه، تعیین مقدار روی و شکل‌های مختلف شیمیایی آن و هم‌چنین اثر این شکل‌ها بر رشد و عملکرد گیاه گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق برای تعیین اثر باقیمانده روی در گیاه گندم در یک تناوب برنج-برنج-گندم در ۲۰ نوع خاک مناطق مختلف برنج‌کاری استان فارس با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت در نمونه‌هایی از افق سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) انجام شد (جدول ۱).

در کشت اول (حقیقت‌نیا، ۱۳۷۵) طی یک آزمایش گلخانه‌ای در گلدان‌های ۳ کیلوگرمی ۲۵۰۰ گرم خاک ریخته و به هر نمونه خاک هر کدام در سه تکرار سطوح صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک به‌صورت سولفات‌روی همراه با سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه اضافه کرد پس از پایان کشت اول نگارنده‌ی مقدار خاک کافی برای تجزیه‌های آزمایشگاهی برداشته و دوباره در باقیمانده خاک (۱۹۰۰ گرم) پس از اضافه کردن تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به جز روی به صورت محلول، برنج کشت کرد. بعد از پایان کشت دوم خاک گلدان‌ها را پس از جدا کردن ریشه‌های برنج به خوبی مخلوط کرده و مقدار کافی برای تجزیه‌های آزمایشگاهی برداشته شده و بقیه (۱۷۰۰ گرم) را داخل کیسه‌های پلاستیکی ۴ کیلوگرمی ریخته به این خاک‌ها ازت به مقدار ۱۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات‌آمونیوم (۱۰۰ میلی‌گرم قبل از کشت و بقیه به صورت سرک در هفته پنجم)، فسفر به میزان ۲۵ میلی‌گرم در کیلو گرم از پتاسیم‌دی‌هیدروژن‌فسفات، ۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک به صورت سولفات‌مس، ۵ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از سکسترین ۱۳۸ آهن (Fe-EDDHA) و ۲/۵ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک از سولفات‌منگنز به طور یکنواخت و به صورت محلول اضافه شد. پس از اضافه کردن عناصر غذایی بالا به خاک و رساندن رطوبت آن به حد ظرفیت مزرعه خاک موجود در هر پلاستیک را پس از چند روز به خوبی مخلوط کرده سپس خاک‌ها داخل گلدان‌های ۲ کیلوگرمی ریخته شد.آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۲۰ در ۳ تکرار در قالب بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در هر گلدان تعداد ۲۰ عدد بذر گندم رقم فلات در

www.SID.ir

Archive of SID

عمق ۱ سانتی‌متری کاشته شد. پس از ۱۲ روز، ۱۰ بوته‌ی سالم در هر گلدان نگهداشته شد و پس از ۶۷ روز گیاهان را کمی بالاتر از طوقه قطع کرده و بعد از شستشو با آب معمولی و آب مقطر، قسمت هوایی گیاه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد، وزن خشک قسمت هوایی تعیین شد. نمونه‌های گیاهی را با آسیاب پودر کرده و ۱ گرم از ماده خشک گیاهی در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شد. ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به خاکستر اضافه کرده تا حل شود. سپس از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد و حجم نهایی با استفاده از آب مقطر به ۵۰ سانتی‌متر مکعب رسانده شد. غلظت فسفر در گیاه به روش Murphy & All (۱۹۶۲)، غلظت آهن، مس، منگنز و روی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. وزن خشک قسمت هوایی گیاه، غلظت و جذب کل روی (حاصل ضرب وزن ماده خشک در غلظت روی) و عملکرد نسبی (نسبت ماده‌ی خشک تولیدی در سطح صفر میلی‌گرم روی در کیلوگرم به بیش‌ترین ماده‌ی خشک تولید شده در اثر کاربرد سطوح بالاتر روی) محاسبه و به عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. از نمونه‌های خاک برداشته شده قبل از کشت گندم به وسیله‌ی ۳ عصاره‌گیر ای‌دی‌تی‌آکربنات‌آمونیوم (EDTA-CA)، دی‌تی‌پی‌آ (DTPA) و دی‌تی‌پی‌آبیکربنات‌آمونیوم (DTPA-BA) عصاره‌گیری شد و در عصاره به دست آمده غلظت روی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای تعیین شکل‌های مختلف شیمیایی روی از روش پیشنهادی یثربی (۱۳۷۰) استفاده شد (جدول ۲) که در واقع روش عصاره‌گیری دنباله‌ای تغییر شکل یافته Lund & All (۱۹۸۰) است.

وزن خشک قسمت هوایی، عملکرد نسبی، غلظت و جذب کل روی توسط گیاه به عنوان پاسخ‌های گیاهی با روی عصاره‌گیری شده توسط سه عصاره‌گیر و شکل‌های مختلف شیمیایی روی ربط داده شد و ضرائب همبستگی و معادلات رگرسیون مناسب تعیین شد.

نتایج

میانگین وزن خشک قسمت هوایی، غلظت و جذب کل روی توسط گندم در جدول ۳ منعکس شده است و بیانگر این واقعیت است که با افزایش مقدار روی باقیمانده تفاوت محسوسی در رشد گندم مشاهده نمی‌شود.

با توجه به بالا بودن عملکردهای نسبی درهمه خاک‌ها جدول ۴ و این‌که گندم در طول رشد هیچ‌گونه علائم ظاهری کمبود روی نشان نداد می‌توان نتیجه گرفت که مقداراروی بومی خاک برای گندم کافی بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

این حقیقت با بررسی میانگین روی عصاره‌گیری شده توسط سه روش از خاک قبل از کشت گندم در جدول ۵ هماهنگی دارد. همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود مقدار روی عصاره‌گیری شده در سطح صفر برای ای‌دی‌تی‌آ کربنات‌آمونیوم، دی‌تی‌پی‌آ و دی‌تی‌پی‌آبیکربنات‌آمونیوم به ترتیب برابر ۲/۱۶، ۰/۹۸ و ۱/۶۶ میکروگرم در گرم خاک می‌باشد که از حد بحرانی روی برای گندم توسط این عصاره‌گیرها که توسط Lindsay & All (۱۹۷۸) ، درجه (۱۳۶۸) ، حقیقت‌نیا (۱۳۷۵) و Trierweiler & All (۱۹۶۹) گزارش شده است (جدول۶) بالاتر بوده بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عدم پاسخ مثبت گندم دور از انتظار نبوده است. لازم به یادآوری است در تعدادی از خاک‌های مورد آزمایش افزایش مقدار روی باقیمانده سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک قسمت هوایی گیاه شده است زیرا در این خاک‌ها مقدار روی عصاره‌گیری شده در سطح صفر کم‌تر از حد بحرانی این عنصر برای گندم بوده است.

طبق نتایج جدول ۳ میانگین غلظت روی در گندم از ۱۸/۴در سطح صفر به ۳۱/۳ میکروگرم در گرم وزن خشک گیاه در سطح ۱۰ میکروگرم روی در خاک رسیده است که افزایشی برابر با ۷۰ درصد نشان می‌دهد هم‌چنین میانگین جذب کل روی از ۱۱۳ در سطح صفر به ۱۹۳ میکروگرم در هر گلدان در سطح ۱۰ میکروگرم روی در گرم خاک رسیده است (۷۰/۸ درصد افزایش).

بر اساس نتایج تجزیه آماری (جدول۷) روی باقیمانده بر وزن خشک اثر معنی‌داری نداشته در حالی که بر غلظت و جذب کل روی توسط گیاه اثر معنی‌دار بوده است.

بین پاسخ‌های گندم و روی عصاره‌گیری شده از خاک قبل از کشت گندم رابطه‌های زیر به دست آمد (در معادلات زیر n=۱۸۰ می‌باشد).

$$ZnCon = 14.07 + 5.96\ Zn\text{-}DTPA \qquad r = 0.69^{**}$$

$$ZnUp = 72.62 + 21.51\ ZnAC\text{-}EDTA \qquad r = 0.69^{**}$$

در این معادلات ZnUp , ZnCon به ترتیب جذب کل و غلظت روی در گیاه بر حسب میکروگرم در گرم ماده خشک و Zn-DTPA , ZnAC-EDTA نیز به ترتیب روی عناصرگیری شده توسط دی‌تی‌پی‌آ و دی‌تی‌آ کربنات‌آمونیم (میکروگرم) در خاک می‌باشند. میزان همبستگی توسط برنامه رایانه SPSS و با استفاده از روش پیرسون مشخص شد.

مقدار شکل‌های شیمیایی مختلف روی در خاک قبل از کشت گندم نشان دهنده‌ی این است که مقدار روی تبادلی در همه خاک‌ها کم‌تر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بوده است روی کربناتی در تمام خاک‌ها با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش روی باقیمانده افزایش قابل توجه نشان می‌دهد و این روند در سایر شکل‌های روی به جـز تبـادلی فقـط در بیش‌ترخاک‌ها محسوس می‌باشد (جدول ۸).

بین غلظت و جذب کل روی گندم و شکل‌های شیمیایی روی معادلات رگرسیون زیر به دست آمد در معـادلات n =۱۸۰ می‌باشد.

$ZnCon = 10.91 + 2.80\ ZnSorb + 2.26\ ZnCa + 0.07\ ZnRes \qquad R^2 = 0.40$

$ZnUp = 47.26 + 10.99ZnSorb + 16.46ZnCa + 0.69ZnRes \qquad R^2 = 0.45$

در معادلات بالا ZnSorb ، ZnCa و ZnRes به ترتیب روی جذب سطحی شده، روی کربناتی و روی تتمه بـر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده و سایر اجزاء آن قـبلاً توضـیح داده شـده اسـت. اگـر در روابـط بـالا مقـدار شکل‌های مختلف روی بومی (سطح صفر) و خواص خاک را وارد کنیم روابط زیر به دست می‌آید (n=۲۰).

$DM = 5.22 + 0.17ZnCa + 0.02\ P \qquad R^2 = 0.52$

$RY = 101.24 - 15.93Zn\ Sorb \qquad r = 0.60^{**}$

$ZnUp = 78.31 + 3.97ZnCa \qquad r = 0.57^{**}$

$ZnCon = 12.9 + 0.62\ OM + 1.65\ EC + 0.42\ ZnCa \qquad R^2 = 0.62$

درمعادلات بالا RY درصد رشد نسبی، EC قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متـر)، OM درصد ماده آلی بومی خاک، P فسفر بومی خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، DM وزن ماده خشک تولیدی گیاه (گرم در گلدان) و بقیه اجزا قبلاً تعریف شده‌اند.

تأثیر سطوح مختلف روی باقیمانده بر مقدار میانگین شکل‌های مختلف شیمیایی روی در جدول ۹ آمـده اسـت. همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌شود بیش از ۹۰ درصد روی باقیمانده در خاک به شکل‌های کربناتی و تتمـه تبدیل شده است که با توجه به فرمول‌های ذکر شده مشاهده می‌شـود کـه شـکل کربنـاتی بـا پاسـخ‌هـای گیـاهی همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

نتایج نشان داد که افزاش روی باقیمانده بر رشد گندم تأثیر معنی‌داری نداشته است. با توجه به بالا بودن عملکردهای نسبی در همه خاک‌ها (جدول ۴) و این‌که گندم در طول رشد هیچ‌گونه علائم ظاهری کمبود روی نشان نداد می‌توان نتیجه گرفت که مقدار روی بومی خاک برای گندم کافی بوده است.

این حقیقت با بررسی میانگین روی عصاره‌گیری شده توسط سه روش از خاک قبل از کشت گندم در جدول ۵ هماهنگی دارد. همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود مقدار روی عصاره‌گیری شده در سطح صفر برای ای‌دی‌تی آ کربنات آمونیوم، دی‌تی‌پی‌آ و دی‌تی‌پی‌آ بیکربنات‌آمونیوم به ترتیب برابر ۲/۱۶، ۰/۹۸ و ۱/۶۶ میکروگرم در گرم خاک می‌باشد که از حد بحرانی روی برای گندم توسط این عصاره‌گیرها که توسط Lindsay & All (۱۹۷۸)، درجه (۱۳۶۸)، حقیقت‌نیا (۱۳۷۵) و Trierweiler & All (۱۹۶۹) گزارش شده است (جدول ۶) بالاتر بوده بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عدم پاسخ مثبت گندم دور از انتظار نبوده است. لازم به یادآوری است در تعدادی از خاک‌های مورد آزمایش افزایش مقدار روی باقیمانده سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک قسمت هوایی گیاه شده است زیرا در این خاک‌ها مقدار روی عصاره‌گیری شده در سطح صفر کم‌تر از حد بحرانی این عنصر برای گندم بوده است.

هم‌چنین بر اساس جدول ۳ مقدار غلظت روی در گندم با افزایش روی باقیمانده افزایش یافته است، تأثیر مثبت روی اضافه شده و باقیمانده بر غلظت و جذب روی توسط گیاه و رشد آن توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است. Rahmtollah Khan & All(۲۰۰۷)، Gupta & All(۱۹۸۵)، Singh & All(۱۹۸۶)، یثربی (۱۳۷۰) و پهلوانی و همکاران (۱۳۸۴) و Prasad & All(۱۹۹۳) نیز نتیجه گرفتند که مقدار جذب روی در گندم با افزایش مقدار روی باقیمانده افزایش نشان می‌دهد.

از طرف دیگر با توجه به این نکته که ۳۳ تا ۳۴ درصد روی مصرفی به شکل کربناتی تبدیل می‌شود (جدول۹) و با عنایت به همبستگی معنی‌دار بین روی کربناتی خاک و پاسخ گیاهی (فرمول‌های ذکر شده) می‌توان نتیجه گرفت که این شکل روی در تغذیه گیاه نقش مهمی ایفا می‌کند و شاید علت اصلی اثر باقیمانده روی در افزایش غلظت و جذب کل روی در گیاه تبدیل این عنصر به روی کربناتی می‌باشد.

یثربی (۱۳۷۰) و Yasrebi & All (۱۹۹۴) نیز مشاهده کردند که مقدار تبدیل روی باقیمانده به شکل کربناتی بعد از شکل تتمه بیش‌ترین مقدار بوده و بین مقدار روی کربناتی و غلظت روی در گیاه همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد پیدا کرده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی خصوصیات مختلف فیزیک و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

شماره خاک	درصد رس	درصد لای	درصد شن	pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک(ds/m)	درصد ماده آلی	ظرفیت تبادل کاتیونی meq/100g soil	کربنات کلسیم معادل (درصد)	غلظت فسفر (mg/kg)
۱	۱۶/۱	۳۴/۰	۴۹/۹	۷/۲	۰/۹۲	۰/۴۱	۱۹/۶	۵۷/۸	۱۳
۲	۳۰/۱	۴۵	۲۴/۹	۷/۱	۱/۱۵	۳/۱۰	۳۵	۲۷/۴	۵۶
۳	۴۲/۱	۳۹	۱۸/۹	۷/۳	۰/۷۴	۱/۱	۲۵/۸	۴۴/۵	۷۰
۴	۲۷/۱	۴۵	۲۷/۹	۶/۹	۲/۷	۲/۱	۲۶/۴	۴۹/۱	۳۴
۵	۳۲/۱	۳۲	۳۵/۹	۷/۲	۱/۳۷	۱/۴۳	۲۶/۴	۴۶/۸	۵۸
۶	۱۱/۲	۲۳/۹	۶۴/۹	۷/۲	۱/۹	۱/۵۷	۱۸/۵	۷۰/۳	۷
۷	۳۲/۲	۴۰/۷	۲۷/۱	۷/۲	۲/۶	۱/۵۷	۲۸/۸	۳۵/۴	۳۱
۸	۲۳/۲	۴۸/۷	۲۸/۱	۶/۹	۲/۹	۰/۸۵	۱۹/۶	۶۰	۱۳
۹	۳۶/۲	۴۵/۷	۱۸/۱	۷/۱	۱/۵۸	۱/۲۳	۲۳/۹	۴۴/۲	۱۷
۱۰	۲۴/۲	۴۹/۷	۲۶/۱	۷/۵	۰/۶۴	۰/۴۱	۲۱/۷	۴۵/۱	۱۲
۱۱	۲۹/۷	۴۷/۶	۲۲/۷	۷/۳	۰/۲۷	۰/۸۲	۲۰/۹	۴۷/۹	۳
۱۲	۲۳/۷	۴۴/۶	۳۱/۷	۷/۳	۰/۹۵	۰/۸۵	۲۰/۹	۵۰/۷	۱۵
۱۳	۲۳/۷	۴۸/۶	۷/۲۷	۷	۲/۳	۲/۶۳	۲۴/۷	۴۸/۶	۲۷
۱۴	۳۷/۷	۴۱/۶	۲۰/۷	۷	۱/۴۳	۳/۵۹	۲۶/۳	۴۵/۲	۳۳
۱۵	۶۴	۲۷/۷	۸/۳	۷/۲	۴/۹	۲/۴۷	۲۶/۳	۴۴/۲	۹
۱۶	۵۵	۳۳/۷	۱۱/۳	۷/۲	۳/۰۵	۳/۴۲	۲۶/۳	۴۶/۸	۱۳
۱۷	۵۰	۳۶/۷	۱۳/۳	۶/۹	۴/۶	۳/۹۵	۲۷/۴	۴۲/۷	۱۳
۱۸	۳۳	۴۵/۷	۳/۲۱	۷/۴	۱/۴۶	۲/۱	۲۰/۹	۴۸/۶	۱۱
۱۹	۵۲	۳۵/۷	۱۲/۳	۷/۳	۰/۴۸	۲/۸	۲۷/۴	۴۶/۳	۵۲
۲۰	۲۸	۴۹/۷	۲۲/۳	۸	۲/۷۷	۱/۶۴	۲۱/۲	۳۲/۴	۴۶

جدول ۲- روش عصاره‌گیری دنباله‌ای و اشکال روی استخراج شده (به روشی که در تحقیق حاضر به‌کار رفته است)

شکل روی استخراجی*	زمان به تعادل رسیدن روی تکان دهنده (ساعت)T	وزن مخصوص محلول (گرم به سانتی متر مکعب)	غلظت ماده عصاره‌گیر (مول در لیتر)	ماده عصاره‌گیر
تبادلی	۱۶	۱/۰۲	۰/۵	KNO_3
جذب سطحی شده**	۲	۰/۹۹	۵۵/۵	$X\text{-}H_2O$
آلی	۱۶	۱/۰۱	۰/۵	NaOH
کربناتی	۶	۱/۰۰	۰/۰۵	Na_2EDTA
باقیمانده	۱۶	۱/۱۲	۴/۰۰	HNO_3

* شکل شیمیایی استخراج شده لزوما بدین معنی نیست که روی تنها در این شکل‌ها می‌باشد بلکه شکلی است که تصور می‌رود به وسیله مواد عصاره‌گیر بالا استخراج می‌شود.

** سه مرتبه عصاره‌گیری شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تأثیر باقیمانده سطوح روی بر میانگین وزن خشک قسمت هوایی، غلظت وجذی کل روی توسط گندم (هر عدد میانگین ۶۰ گلدان است)

سطوح روی (میکروگرم در گرم خاک)	وزن خشک (گرم در گلدان)	غلظت روی (میکروگرم در گرم ماده خشک)	جذب کل روی (میکروگرم در گلدان)
۰	۶ /۱۸ a	۱۸/۴ c	۱۱۳ c
۵	۶/۱۹ a	۲۶/۱ b	۱۶۱ b
۱۰	۶/۱۸ a	۳۱/۳ a	۱۹۳ a

* میانگین‌هایی که برای هر پاسخ گیاهی در یک حرف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴- اثر باقیمانده روی بر وزن ماده خشک، عملکرد نسبی، غلظت و مقدار کل جذب روی توسط اندام هوایی گندم (هر عدد میانگین سه تکرار است)

شماره خاک	وزن ماده خشک (گرم در گلدان)			عملکرد نسبی (درصد) RY	غلظت روی (میکروگرم در گرم ماده خشک)			جذب کل روی (میکروگرم در گلدان)		
	سطوح روی				سطوح روی			سطوح روی		
	۰	۵	۱۰		۰	۵	۱۰	۰	۵	۱۰
۱	۵/۰۹a*	۵/۳۲ b	۴/۷۰ c	۱۱۰	۱۳/۵ b	۲۱/۸ a	۲۳/۷ a	۷۸/۷ b	۱۱۸/۰ a	۱۰۷/۰ a
۲	۷/۲۲ a	۶/۷۲ b	۷/۴۵ a	۹۶	۱۵/۷ c	۲۲/۵ b	۲۶/۳ a	۱۱۴/۰ c	۱۵۱/۰ b	۱۹۶/۰ a
۳	۷/۱۶ a	۷/۱۰ b	۶/۸۶ b	۱۰۰	۱۲/۶ c	۱۶/۹ b	۲۱/۲ a	۸۹/۵ c	۱۲۲/۰ b	۱۴۵/۰ a
۴	۶/۲۱ b	۶/۳۹ b	۶/۷۷ a	۹۱	۲۲/۳ b	۳۰/۸ a	۳۲/۱ a	۱۳۸/۰ c	۱۹۷/۰ b	۲۱۷/۰ a
۵	۵/۹۷ b	۵/۴۹ c	۷/۰۴ a	۸۴	۱۸/۳ b	۲۸/۹ a	۲۹/۸ a	۱۰۸/۰ c	۱۵۸/۰ b	۲۰۹/۰ a
۶	۵/۲۰ a	۵/۶۶ a	۵/۴۵ a	۹۱	۱۹/۲ c	۲۶/۴ b	۳۰/۰ a	۹۸/۰ c	۱۵۱/۰ b	۱۶۴/۰ a
۷	۷/۰۷ a	۶/۷۰ b	۷/۲۶ a	۹۷	۲۳/۳ c	۳۰/۰ b	۳۵/۰ a	۱۶۵/۰ c	۲۰۱/۰ b	۲۵۳/۰ a
۸	۵/۶۷ b	۶/۶۵ a	۴/۸۵ c	۸۵	۱۶/۳ c	۲۷/۲ b	۲۹/۷ a	۹۲/۳ c	۱۸۳/۰ b	۱۴۲/۰ a
۹	۶/۲۸ a	۶/۱۵ a	۶/۱۶ a	۱۰۱	۱۸/۳ b	۲۲/۵ a	۲۳/۱ a	۱۱۵/۰ b	۱۳۸/۰ a	۱۴۲/۰ a
۱۰	۶/۲۴ a	۵/۹۰ b	۶/۲۹ a	۹۹	۱۸/۴ b	۱۹/۰ b	۲۷/۰ a	۱۲۲/۰ b	۱۱۲/۰ b	۱۶۸/۰ a
۱۱	۵/۹۱ a	۵/۵۸ b	۵/۵۷ b	۱۰۵	۱۵/۳ c	۲٤/۰ b	۳۵/۰ a	۹۰/۳ c	۱۳۳/۰ b	۱۸۹/۰ a
۱۲	۵/۴۸ c	۶/۹۵ a	۶/۲۵ b	۷۸	۱۴/۱ c	۲۲/۰ b	۲۷/۱ a	۷۷/۱ c	۱۵۴/۰ b	۱۷۰/۰ a
۱۳	۶/۰۸ a	۶/۲۶ a	۶/۰۴ a	۹۷	۱۶/۴ c	۲۳/۵ b	۳۲/۶ a	۹۹/۲ c	۱۴۸/۰ b	۱۹۶/۰ a
۱۴	۷/۴۲ a	۶/۵۷ c	۷/۱۰ b	۱۰۴	۱۹/۴ c	۳۵/۶ b	۴۹/۲ a	۱۴۳/۰ c	۲۳۲/۰ b	۳۴۴/۰ a

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۴

شماره خاک	وزن ماده خشک (گرم در گلدان)			عملکرد نسبی (درصد) RY	غلظت روی (میکروگرم در گرم ماده خشک)			جذب کل روی (میکروگرم در گلدان)		
	سطوح روی				سطوح روی			سطوح روی		
۱۵	۵/۱۷ b	۵/۲۰ b	۵/۴۸ a	۹۴	۲۳/۱ b	۱۷/۳ c	۳۰/۰ a	۱۱۸/۰ b	۱۶۷/۰ a	۱۶۵/۰ a
۱۶	۵/۹۵ a	۶/۲۲ a	۵/۵۱ b	۹۵	۲۰/۸ c	۲۸/۶ b	۳۵/۲ a	۱۲۳/۰ c	۱۸۰/۰ b	۱۹۳/۰ a
۱۷	۵/۵۹ b	۵/۷۳ ab	۵/۹۸ a	۹۳	۲۴/۹ c	۳۲/۹ b	۳۷/۸ a	۱۳۸/۰ c	۱۸۸/۰ b	۲۲۶/۰ a
۱۸	۵/۴۴ b	۶/۲۴ a	۶/۲۵ a	۸۷	۱۹/۰ c	۲۶/۸ b	۵۳/۳ a	۱۰۶/۰ c	۱۶۸/۰ b	۲۲۳/۰ a
۱۹	۶/۸۳ a	۶/۴۵ b	۶/۳۵ b	۱۰۵	۱۸/۰ c	۲۴/۴ b	۳۲/۳ a	۱۲۳/۰ c	۱۵۷/۰ b	۲۰۴/۰ a
۲۰	۶/۳۸ ab	۶/۵۷ a	۶/۱۹ b	۹۷	۱۸/۹ c	۲۵/۴ b	۳۳/۱ a	۱۲۰/۰ c	۱۶۷/۰ b	۲۰۸/۰ a

* هرپاسخ گیاهی که در ردیف دارای حرف مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۵- میانگین روی عصاره‌گیری شده از خاک (میکروگرم در گرم خاک) توسط سه عصاره‌گیر قبل از کشت گندم

سطوح روی (میکروگرم در گرم خاک)	عصاره‌گیر		
	ای‌دی‌تی‌آ- کربنات آمونیوم	دی‌تی‌پی‌آ	دی‌تی‌پی‌آ- بیکربنات‌آمونیوم
۰	۲/۶۱c*	۰/۹۸ c	۱/۶۶ c
۵	۳/۸۴b (۳۳/۶)**	۱/۸۷b (۱۷/۸)	۳/۰۵b (۲۷/۸)
۱۰	۵/۶۰a (۳۴/۴)	۲/۷۸a (۱۸/۰)	۴/۴۳a (۲۷/۷)

* اعدادی که در ستون در یک حرف مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

** اعداد داخل پرانتز برای هر عصاره‌گیر درصد روی عصاره‌گیری شده در سطوح ۵ و ۱۰ میکروگرم در گرم خاک را نشان می‌دهد.

جدول ۶- حدّ بحرانی روی عصاره‌گیری شده توسط سه عصاره‌گیر

نام محقق	حد بحرانی روی عصاره‌گیری شده (میکروگرم در گرم خاک)		
	ای‌دی‌تی‌آ- کربنات‌آمونیوم	دی‌تی‌پی‌آ	دی‌تی‌پی‌آ- بیکربنات‌آمونیوم
زهرا درجه	۰/۷	۰/۴	۰/۸
حسن حقیقت‌نیا	۰/۷	۰/۳	۰/۷۶
لیندسی	------	۰/۵	------
ترایلر وایلر و لیندسی	۱/٤	------	--------

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- تجزیه واریانس مربوط به وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل روی توسط گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن ماده خشک	غلظت روی در گیاه	جذب کل روی توسط گیاه
تکرار	۲	۰/۳۷^{ns}	۷/۸۴^{ns}	۱۰۵۲/۰^{ns}
سطوح روی	۲	۰/۰۰۴^{ns}	۲۵۲۲**	۹۸۴۲۶/۰**
خاک	۱۹	۲/۹**	۱۶۵**	۸۶۷۹/۰**
برهمکنش خاک و روی	۳۱۱۸	۰/۵۶۸^{ns}	۲۶/۳^{ns}	۱۵۱۰/۰*
خطا	۰	۰/۵۸۲	۱۹/۳	۹۵۰/۰

** و * به ترتیب در سطح آماری ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است.

ns معنی‌دار نیست.

جدول۸ – میانگین (میکروگرم در گرم خاک) و مقدار نسبی (درصد) شکل‌های مختلف روی در خاک توسط عصاره‌گیر دنباله‌ای قبل از کشت گندم (هر عدد میانگین ۶۰ گلدان است)**

سطوح روی (میکروگرم در گرم خاک)	شکل‌های روی								
	جذبی		آلی		کربناتی		تتمه		جمع شکل‌ها
	میانگین	نسبی	میانگین	نسبی	میانگین	نسبی	میانگین	نسبی	میانگین
۰	۰/۳۶c*	۰/۸ c	۰/۱۱ c	۰/۲ c	۲/۳۸ c	۴/۶ c	۴۹/۶ c	۹۹/۴a	۲۵/۵c
۵	۰/۴۵ b	۰/۹ b	۰/۲۱ b	۰/۴ b	۴/۱۱ b	۷/۳ b	۵۲/۸ b	۹۱/۴ b	۵۷/۸b
۱۰	۰/۷۵ a	۱/۰ a	۰/۳۵ a	۰/۶ a	۵/۷۰ a	۹/۴ a	۵۵/۶ a	۸۹/۰ c	۶۲/۲ a

* اعدادی که درهر ستون در یک حرف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

** به‌دلیل این‌که مقدار روی تبادلی در تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد دقت دستگاه جذب اتمی بود بنابراین در جدول آورده نشد.

جدول ۹- تأثیر سطوح مختلف روی باقیمانده بر میانگین شکل‌های روی در خاک قبل از کشت گندم

سطوح روی (میکروگرم در گرم خاک)	شکل‌های روی				
	جذبی	آلی	کربناتی	تتمه	جمع شکل‌ها
	درصد				
۵	۱/۸	۲/۰	۳۴/۶	۶۱/۵	۰/۱
۱۰	½	۲/۴	۳۳/۲	۵۹/۸	۲/۵

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

برزوا. ۱۳۷۷، تأثیر روی باقیمانده و شکل‌های آن بر رشد و میزان روی در برنج و گندم در بعضی خاک‌های ماندابی آهکی استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

پهلوان، م.ر. کیخا،غ. نارویی‌راد، م.ر.، اکبری‌مقدم، ع.ر. ۱۳۸۴، مطالعه اثرات آهن، روی و منگنز بر عملکرد و اجزاء دانه در گندم، خلاصه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.

چراتی‌آرائی،ع. ۱۳۷۵ ، تأثیر فسفر و ماده آلی بر رشد و جذب روی به وسیله گیاه جو و شکل‌های شیمیایی روی در خاک‌های آهکی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

حسینی، س.م.ط. حاج‌رسولیها، ش. ۱۳۷۴ ، تعیین فرم‌های شیمیایی غالب عناصر سنگین در خاک اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان و رسوبات استخر تبخیری به روش عصاره‌گیری متوالی، خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان ص۱۶۹- ۱۶۸.

حقیقت‌نیا، ح. ۱۳۷۵ ، ارزیابی چندین عصاره گیر شیمیایی برای تعیین روی قابل استفاده در خاک‌های آهکی ماندابی استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

درجه، ز. ۱۳۶۸ ، ارزیابی روی قابل استفاده گیاهی به روش‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در خاک‌های منطقه زیر سد درود زن استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

معافپوریان، ع.ا. ۱۳۷۱، حاصل‌خیزی خاک چاپ چهارم، ص۳۸۶ - ۳۸۲ انتشارات دانشگاه تهران.

یثربی، ج. ۱۳۷۰، تأثیر سولفات روی باقیمانده بر شکل‌های روی در خاک‌های منطقه زیر سد درود زن استان فارس و رابطه این شکل‌ها با رشد و غلظت روی در ذرت، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد بخش خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

ملکوتی، م.ج. همایی،م. ۱۳۸۳، حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مشکلات و راه حل‌ها چاپ دوّم با بازنگری کامل ص۲۶۴-۲۵۲ انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

Chandi, K.S., and P.N. Takkar. 1982. Effect of agricultural cropping systems on micronutrients transformation. I. Zinc. Plant Soil 69: 423 – 436.

www.SID.ir

Archive of SID

Darjeh, Z., N. Karimian, M. Maftoun, A. Abtahi, and K. razmi. 1991. Crrelation of five Zn extractants with plant response on highly calcareous soils of Doroodzan Dam Area. Iran agric. Res. 10: 29 – 45.

Forno, D.A., S. Yoshida, and J. Asher. 1975. Zinc deficiency in rice. I. Soil factors associated with deficiency. Plant Soil 42: 537 – 550.

Gupta, V.K., and B. Singh. 1985. Residual effect of zinc and magnesium on maize crop. J. Indian Soc. Soil Sci. 33: 204- 207.

Lindsay, W.L., and W.S. Norvell. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421 – 428.

Lund, L.J., A.L. Page, and G. Sposito. 1980. Determination and prediction of chemical forms of trace metals in sewage sludge-amended soils. Final Technical Reports, U. S. Environmental protection Agency, Cincinnati, Ohio.

Marshner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

Murphy, J., and J.P. Riely. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27: 31- 36.

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 93, U. S. Gover. Prin. Office, Washigton, D. C.

Prasad, B., and S.M. Umar. 1993. Direct and residual effect of soil application zinc sulphate on yield and Zn uptake in a rice-wheat rotation. J. Indian Soc. Soil Sci. 41: 192-194.

Rahmatollah, Kh., A. Gurani, and M. Soheil Khan. 2007. Effect of zinc application on rice yield under wheat-rice system. Pakistan journal of biologic science. 235 -239.

www.SID.ir

Archive of SID

Singh, K., and I. p. Abrol. 1986. Transformation and movement of Zinc application in alkali soil and their influence on the yield and uptake of zinc by rice and wheat crops. Plant Soil 94: 445 – 449.

Takkar, P.N, L.E. Sommerrs, and N.S. Randhawa. 1975. Effect of direct and residual available zinc on yield, zinc concentration and its uptake by wheat and groundnut crops. J. Indian Soc. Soil Sci. 23: 91- 95.

Trierweiler, J.F,. and W.L. Lindsay. 1969. EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 49-53.15.

Yasrebi, J., N. Karimian, M. Maftoun, A. Abtahi, and A. M. Sameni. 1994. Distribution of zinc forms in highly calcareous soils as affected by soil physical and chemical properties and application of zinc sulphate. Commun. Soil Sci. Plant Annual.25: 2133 – 2145.

Yoshida, S., D.A. Forno, and A. Bhadrachalam. 1971. Zinc deficiency of the rice plant in calcareous and neutral soils in the Philippines. Soil Sci. Plant Nutr. 17: 83 – 87.

Zdenko, R., and R. D. Graham. 1995. Importance of seed Zn content for wheat grown on Zn deficient soil. I. Vegetative growth. Plant Soil 173: 265 – 266.

www.SID.ir