قابلیت استفاده روی موجود در ضایعات صنعتی پلیمری تیمار شده برای ذرت در یک خاک آهکی

امیر حسین خوشگفتارمنش و آزاده سنایی استوار[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۵/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۹)

چکیده

هدف پژوهش حاضر، امکان سنجی استفاده از ضایعات صنعتی پلیمری تیمار شده (IUT-UT) به عنوان کود روی و مقایسه قابلیت استفاده و کارایی روی آن با سولفات روی بود. به این منظور یک آزمایش گلخانه‌ای فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار با گیاه ذرت (*Zea mays* L.) اجرا شد. تیمارها شامل سه منبع روی [سولفات روی، ضایعات صنعتی تیمار شده در اندازه ۳-۲ میلی‌متر (IUT-UT2) و ضایعات صنعتی تیمار شده در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر(IUT-UT1)] در سه سطح (صفر،۲۰ ،۴۰ کیلوگرم روی در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد روی هم به شکل سولفات روی و هم ضایعات صنعتی تیمار شده، رشد و عملکرد وزن خشک اندام هوایی ذرت را به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) افزایش داد. عملکرد وزن خشک اندام هوایی ذرت در گلدان‌هایی که IUT-UT دریافت کرده بودند از گلدان‌هایی که سولفات روی دریافت کرده بودند بیشتر بود. بیشترین عملکرد وزن خشک اندام هوایی در تیمار IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر (UT1) حاصل شد. صرف‌نظر از منبع روی، غلظت روی در اندام هوایی و ریشه ذرت با افزایش سطح کودی به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) افزایش یافت اگرچه این افزایش در تیمار سولفات روی بیشتر از IUT-UT بود. کاربرد IUT-UT سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن اندام هوایی ذرت شد. غلظت کادمیم اندام هوایی و ریشه در همه تیمارهای مورد آزمایش کمتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که می‌توان از IUT-UT به ویژه در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر به عنوان یک کود روی کندرها با ناخالصی کم استفاده کرد، اگرچه انجام مطالعات تکمیلی در این زمینه ضروری است.

واژه‌های کلیدی: ضایعات پلیمری فراوری شده (IUT-UT)، سولفات روی، ذرت

مقدمه

روی جزء اولین عناصر کم‌نیاز بوده که ضرورت آن برای گیاهان، حیوانات و انسان شناخته شد (۱۷ و ۳۳). کمبود روی در بسیاری از اراضی زراعی دنیا، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک رایج می‌باشد (۲ و ۹). ذرت یکی از گیاهان بسیار حساس به کمبود روی بوده و به همین دلیل، در بسیاری از مزارع ذرت، کمبود روی به عنوان یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد و عملکرد گیاه، مورد توجه می‌باشد (۲ و ۲۴). کوددهی یک روش مؤثر و کم‌هزینه برای برطرف کردن کمبود روی می‌باشد اما پاسخ گیاه به منابع مختلف کودی یکسان

۱. به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sanaeiazadeh@yahoo.com

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

نیست (۸). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که در شرایط گلخانه، کارایی ترکیبات کلاته کننده روی در برطرف کردن کمبود این عنصر، کمتر از ترکیباتی است که با روی کلات تشکیل نمی‌دهند (۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۳۰). برخی منابع آلی طبیعی و مصنوعی و نیز منابع معدنی روی از لحاظ قابلیت استفاده این عنصر و تأثیر بر رشد و نمو گیاه مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (۳ و ۱۵). برخی از ترکیبات آلی مصنوعی (نظیر ضایعات آلی صنعتی و کشاورزی) حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای روی بوده و ممکن است بتوانند نیاز گیاه به این عنصر را تأمین کنند. ولی نتایج تعدادی از پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد این ضایعات علاوه بر روی، حاوی برخی فلزات سنگین سمی (مانند سرب و کادمیم) در غلظت‌های به نسبت بالا بوده که ممکن است کاربرد آنها به ویژه در مقادیر زیاد و یا در طولانی‌مدت را محدود کند (۱).

قابلیت استفاده روی در خاک‌های آهکی کم است (۱۸). پ‌هاش، نوع و غلظت آنیون‌های محلول (۱۹)، غلظت کادمیم (۱۹، ۲۰ و ۲۱) و مقدار کربنات کلسیم (۱۸) بر قابلیت استفاده روی برای گیاه تأثیر دارند. در این شرایط، کمبود روی به راحتی از طریق مصرف کودهای دانه‌ای بسیار محلول در آب برطرف می‌شود (۴ و ۵).

سولفات روی یکی از مهم‌ترین منابع کودی مورد استفاده برای برطرف کردن کمبود روی است. اگرچه تأثیر مثبت به کارگیری این کود معدنی در برطرف کردن کمبود روی توسط پژوهشگران متعدد گزارش شده است (۱۴، ۱۹ و ۳۴)، نتایج برخی گزارش‌ها (۱۰ و ۲۱) نشان‌دهنده وجود مقدار به نسبت زیاد ناخالصی کادمیم در برخی از این کودها بوده که سبب تجمع این فلز سمی در خاک‌ها می‌شود. سایر منابع کودی روی از ضایعات صنایع مختلف مانند کارخانجات کاغذسازی و صنایع پلاستیکی تولید می‌شوند (۱۴). قابلیت استفاده روی در این منابع، به فرایند ساخت، عوامل کمپلکس‌کننده یا کلات‌کننده و محصول اولیه مورد استفاده بستگی دارد (۱۴). نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان داده است برخی ضایعات صنعتی در تأمین روی مورد نیاز گیاه به اندازه سولفات روی مؤثر نیستند (۳۰). یکی از دلایل کارایی کمتر این ضایعات، حلالیت پایین آنها در مقایسه با سولفات روی است (۱۳). به کارگیری برخی تیمارهای شیمیایی، فیزیکی و حرارتی در افزایش حلالیت ضایعات صنعتی و در نتیجه، بهبود کارایی آنها در تأمین روی مورد نیاز گیاه مؤثر است.

به کارگیری ضایعات فراوری شده صنایع پلیمری لاستیکی (IUT-UT) به عنوان یک منبع روی با کمترین مقدار ناخالصی فلزات سنگین به ویژه کادمیم، هم از جهت برطرف کردن نیاز گیاه به روی و هم بهبود برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک دارای اهمیت است. علاوه بر این، بازیافت این ضایعات در کاهش آلودگی محیط زیست بسیار مهم می‌باشد.

لذا پژوهش حاضر با هدف امکان‌سنجی استفاده از ضایعات صنعتی لاستیکی تیمار شده (IUT-UT) به عنوان کود روی و مقایسه کارایی روی آن با سولفات روی و نیز یافتن راهکاری برای استفاده مجدد و بازیافت ضایعات صنعتی بی خطر در اراضی کشاورزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای آزمایش، از خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی‌متری) ایستگاه تحقیقاتی رودشت اصفهان، Typic Calcigypsids، که غلظت روی قابل عصاره‌گیری با DTPA آن بسیار کم (۰/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود، نمونه‌برداری شد (جدول ۱).

پ- هاش خاک (نسبت ۱:۲ آب: خاک) و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شد. درصد کربنات کلسیم معادل خاک با روش خنثی‌سازی توسط اسید کلریدریک و تیترکردن برگشتی با هیدروکسید سدیم تعیین شد (۶). فسفر قابل استفاده خاک با محلول ۰/۵ مولار بیکربنات سدیم عصاره‌گیری و به روش رنگ سنجی اندازه‌گیری شد (۱۱). مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با محلول استات آمونیوم توسط شعله‌سنج تعیین شد (۱۱). درصد شن، رس و سیلت با روش هیدرومتر اندازه گیری شد.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک قبل از آزمایش

ویژگی	واحد	مقدار
پ- هاش	-	۷/۵
قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع	دسی زیمنس بر متر	۰/۹
کربنات کلسیم معادل	درصد	۲۲
رس	درصد	۴۶
سیلت	درصد	۳۴
شن	درصد	۲۰
فسفر قابل عصاره‌گیری با روش السن	میلی‌گرم در کیلوگرم	۱۵
پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم	میلی‌گرم در کیلوگرم	۲۱۰
روی قابل عصاره‌گیری باDTPA-TEA	میلی‌گرم در کیلوگرم	۰/۱۸
کادمیم قابل عصاره‌گیری با DTPA-TEA	میلی‌گرم در کیلوگرم	۰/۰۸

مقدار روی و کادمیم اصطلاحاً قابل استفاده با محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA-TEA در پ- هاش ۷/۳ (۲۲) عصاره‌گیری شد. غلظت روی و کادمیم در عصاره حاصل با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل پرلین- المر ۳۰۴۰) اندازه‌گیری شد.

دقت و اعتبار تجزیه‌های روی و کادمیم خاک با به کارگیری شاهد و استانداردهای تهیه شده از مؤسسه ملی استاندارد و فن‌آوری (NIST) (سن جواکوئین، شماره ۲۷۰۹) تعیین شد (جدول ۲).

این آزمایش فاکتوریل با سه منبع روی (سولفات روی، IUT-UT در اندازه ۳-۲ میلی‌متر و IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر) در سه سطح کوددهی (صفر، ۲۰، ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار) با سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. نتایج تجزیه شیمیایی ضایعات پلیمری مورد استفاده برای تولید کود روی در جدول ۳ آورده شده است. ضایعات پلیمری قبل از کاربرد، تحت تیمارهای فیزیکی ویژه قرار گرفتند.

حدود ۲۴۰ کیلوگرم خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی‌متر) به گلخانه منتقل شده و پس از هوا خشک شدن، از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد. مقدار ۲ کیلوگرم خاک همگن، توزین و داخل گلدان‌های پلی اتیلنی (با ارتفاع ۲۷ و قطر ۱۷ سانتی‌متر) قرار داده شد. قبل از آن، برای بهبود زه‌کشی، یک لایه ۵ سانتی‌متری شن شسته شده در کف گلدان‌ها ریخته شد. سپس براساس نتایج تجزیه خاک، ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ میلی‌گرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به طور یکسان به هر یک از گلدان‌ها اضافه شده و به طور کامل با خاک مخلوط گردید. با توجه به بالا بودن فسفر بومی خاک، کود فسفره توصیه نشد. تیمارهای روی همراه با سایر کودهای شیمیایی قبل از کاشت بذر در خاک اعمال شد. تعداد ۶ بذر ذرت، رقم سینگل کراس ۴۰۴ (*Zea mays* L.) داخل هر گلدان کاشته شده و بعد از ده روز، تعداد بوته‌ها به ۴ عدد کاهش یافت. آبیاری گلدان‌ها تا حد ظرفیت مزرعه با استفاده از روش وزنی انجام شد. گلدان‌ها در داخل گلخانه و در محیط کنترل شده از لحاظ دما و رطوبت نگه‌داری شدند. بعد از ۵۵ روز، گیاهان از سطح خاک برداشت شده، پس از شستشو با آب مقطر، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن قرار داده شدند. سپس وزن خشک ریشه و اندام هوایی تعیین شد. نمونه‌های گیاهی آسیاب شده و از هر نمونه یک گرم در داخل بوته چینی به مدت ۵ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس کوره الکتریکی خاکستر شد. با اضافه کردن ۱۰

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

جدول ۲. غلظت روی و کادمیم ($\mu g\, g^{-1}$) در نمونه مؤسسه ملی استاندارد و فن آوری (سن واکوئین، شماره ۲۷۰۹) و نمونه خاک مورد آزمایش

عنصر	غلظت در نمونه استاندارد	غلظت در نمونه خاک
روی	۱۰۶	۱۰۳
کادمیم	۰/۳۸	۰/۳۵

جدول ۳. غلظت برخی عناصر معدنی در ضایعات پلیمری فراوری نشده اندازه‌گیری شده به روش پراش پرتو ایکس (XRF)

عنصر	واحد	غلظت	عنصر	واحد	غلظت
روی	میکروگرم بر گرم	۹۷۳۵۰	آنتیمونی	میکروگرم بر گرم	۰/۳
آهن	میکروگرم بر گرم	۱۳۸۱	تلوریم	میکروگرم بر گرم	< ۰/۳
گوگرد	میکروگرم بر گرم	۳۹۳۱۰	ید	میکروگرم بر گرم	۲/۲
کادمیم	میکروگرم بر گرم	۶/۴	سزیم	میکروگرم بر گرم	< ۱/۳
مس	میکروگرم بر گرم	< ۸/۴	باریم	میکروگرم بر گرم	۱۱/۹
نیکل	میکروگرم بر گرم	۵/۸	لانتانیم	میکروگرم بر گرم	۲/۴
کبالت	میکروگرم بر گرم	< ۶/۱	توریم	میکروگرم بر گرم	< ۱/۶
کروم	میکروگرم بر گرم	۱۳/۶	اورانیم	میکروگرم بر گرم	< ۲/۱
مولیبدن	میکروگرم بر گرم	۳/۵	سدیم	درصد	< ۰/۳۱
گالیوم	میکروگرم بر گرم	< ۷/۲	منیزیم	درصد	۰/۱۷۳
آرسنیک	میکروگرم بر گرم	۳/۶	آلومینیم	درصد	۰/۰۸۳۶
استرانسیم	میکروگرم بر گرم	۲۳/۱	سیلیسیم	درصد	۰/۳۶۷۶
ییتریم	میکروگرم بر گرم	< ۱/۱	فسفر	درصد	۰/۱۴۰۴
زیرکونیم	میکروگرم بر گرم	< ۱/۱	پتاسیم	درصد	۰/۲۴۱۶
نیوبیم	میکروگرم بر گرم	< ۰/۸	کلسیم	درصد	۰/۵۳۱۷
نقره	میکروگرم بر گرم	< ۰/۲	تیتانیم	درصد	۰/۰۱۰۵۳
ایندیم	میکروگرم بر گرم	< ۰/۲	منگنز	درصد	۰/۰۰۳۴۷
قلع	میکروگرم بر گرم	۰/۷			

میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال و عبور محلول از کاغذ صافی، عصاره‌گیری انجام شده و غلظت عناصر روی، آهن و کادمیم گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. جذب کل عناصر از حاصل‌ضرب غلظت در وزن ماده خشک به دست آمده از هر گلدان محاسبه شد.

بعد از برداشت گیاه، جداکردن ریشه‌ها و هواخشک کردن خاک، قابلیت هدایت الکتریکی و پ- هاش نمونه‌های خاک هر تیمار مطابق روش‌های مورد اشاره در قبل، اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای SAS (۲۸) و EXCEL انجام شد.

نتایج

پ- هاش و قابلیت هدایت الکتریکی خاک

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت (جدول ۴). کاربرد سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر پ- هاش نداشت در حالی که با به کارگیری ضایعات صنعتی تیمارشده، پ- هاش خاک کاهش یافت. ضایعات صنعتی تیمارشده در اندازه کوچک‌تر از یک میلی‌متر بیش از ضایعات تیمار شده در اندازه ۳-۲ میلی‌متر پ- هاش خاک را کاهش دادند. غلظت روی قابل استخراج با DTPA خاک بعد از برداشت ذرت در گلدان‌های تیمارشده با UT1 بیش از سایر تیمارها بود. به طور کلی در بین تیمارهای کودی،

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

جدول ۴. تأثیر تیمارهای کودی روی بر پ- هاش، قابلیت هدایت الکتریکی و روی قابل استخراج با DTPA خاک بعد از برداشت ذرت

تیمار کودی	پ- هاش	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	روی قابل استخراج با DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
شاهد (بدون کود روی)	۷/۵[a]	۰/۹[a]	۰/۱۵[d]
ZnSul-20	۷/۵[a]	۱/۱[a]	۱/۸۰[b]
ZnSul-40	۷/۴[a]	۱/۰[a]	۲/۰۳[a]
UT1-20	۷/۲[b]	۰/۸[a]	۱/۷۳[b]
UT1-40	۷/۱[b]	۱/۲[a]	۲/۱۸[a]
UT2-20	۷/۴[a]	۱/۱[a]	۱/۱۵[c]
UT2-40	۷/۳[ab]	۰/۸[a]	۱/۵۲[b]

IUT-UT; UT1 در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر وIUT-UT;UT2 در اندازه ۳-۲ میلی‌متر

بیشترین غلظت روی قابل استخراج با DTPA خاک بعد از برداشت ذرت مربوط به تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع کندرها IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر حاصل شد. تأثیر ضایعات صنعتی تیمارشده در اندازه ۳-۲ میلی‌متر بر افزایش غلظت روی قابل استخراج با DTPA خاک بعد از برداشت ذرت در مقایسه با شاهد، کمتر از سولفات روی بود.

علائم ظاهری

علائم کمبود روی شامل رنگ پریدگی و ظاهر شدن نقاط نک روزه قهوه‌ای متمایل به سفید روی پهنک از هفته دوم پس از کاشت روی بوته‌های ذرت در تیمار شاهد (بدون کوددهی روی) و سطح ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار از هر سه منبع کودی مشاهده شد. زمان بروز و شدت این علائم در بین تیمارهای مختلف کوددهی متفاوت بود (جدول ۵). در بین تیمارهای کودی، علائم شدیدتر کمبود در تیمار شاهد و بعد از آن در تیمار ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع IUT-UT در اندازه ۳-۲ میلی‌متر مشاهده شد. در مقابل، کاربرد ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار هم به شکل سولفات روی و هم ضایعات صنعتی تیمارشده، سبب برطرف شدن علائم ظاهری کمبود روی شد.

وزن خشک اندام هوایی

کاربرد روی سبب افزایش عملکرد وزن خشک اندام هوایی ذرت شد اگرچه این تأثیر به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) تحت تأثیر منبع و سطح روی مصرفی قرار گرفت (شکل ۱). عملکرد وزن خشک اندام هوایی ذرت به طور معنی‌داری (در سطح پنج درصد) در بین منابع کودی مورد استفاده شامل سولفات روی محلول در آب و ترکیبات کندرها UT1 و UT2 متفاوت بود. تأثیر به کارگیری روی از منبع سولفات روی و UT1 یکسان و به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار UT2 بود.

افزایش مصرف روی از ۲۰ به ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع UT1 عملکرد وزن خشک اندام هوایی ذرت را به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) افزایش داد در حالی که بین تیمارهای ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی و UT2 اختلاف معنی‌داری دیده نشد و حتی افزایش مصرف روی از ۲۰ به ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع UT2 سبب کاهش مختصر رشد اندام هوایی گیاه شد.

به طور کلی در بین تیمارهای کودی روی، بیشترین افزایش در مقدار ماده خشک اندام هوایی ذرت در مقایسه با شاهد (حدود ۹۳ درصد) با به کارگیری ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از

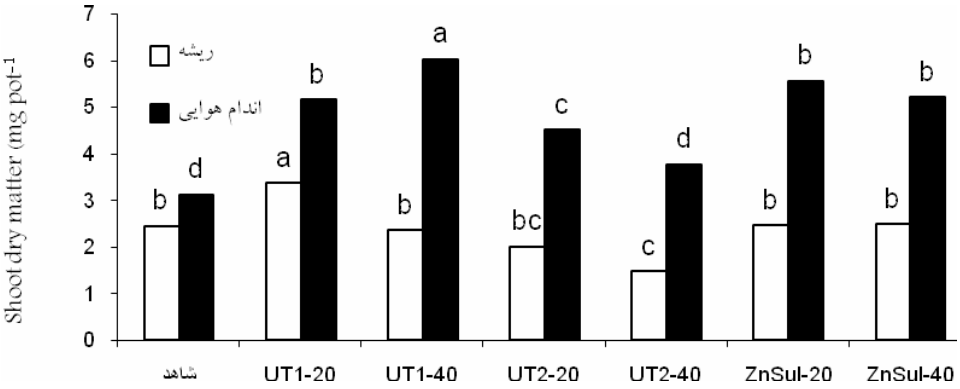
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

جدول ۵. شدت علائم ظاهری کمبود روی در تیمارهای مختلف کودی

منبع کوددهی	سطح روی مصرفی (کیلوگرم روی بر هکتار)		
	۰	۲۰	۴۰
سولفات روی	۴	۲	۱
در اندازه ۳-۲ میلی‌متر IUT-UT	۴	۳	۲
در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر IUT-UT	۴	۲	۱

علائم ظاهری کمبود روی: ۱- خفیف، ۲- متوسط، ۳- شدید، ۴- خیلی شدید.



شکل ۱. تأثیر تیمارهای کودی روی بر عملکرد وزن خشک ریشه و اندام هوایی ذرت(UT1-20 و UT1-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، UT2-20 و UT2-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی ۳-۲ میلی‌متری، ZnSul-20 و ZnSul-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی)

منبع کندرها IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر حاصل شد.

وزن خشک ریشه

تأثیر تیمارهای کودی روی بر وزن خشک ریشه ذرت متفاوت از تأثیر آنها بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی بود (شکل ۱). کاربرد روی (به جز تیمار ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع کندرها IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر) سبب کاهش وزن خشک ریشه ذرت شده و یا تأثیری بر رشد ریشه نداشت. وزن خشک ریشه در تیمار UT2 به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای سولفات روی و UT1 بود اگرچه بین تیمارهای سولفات روی وUT1 از لحاظ رشد ریشه اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

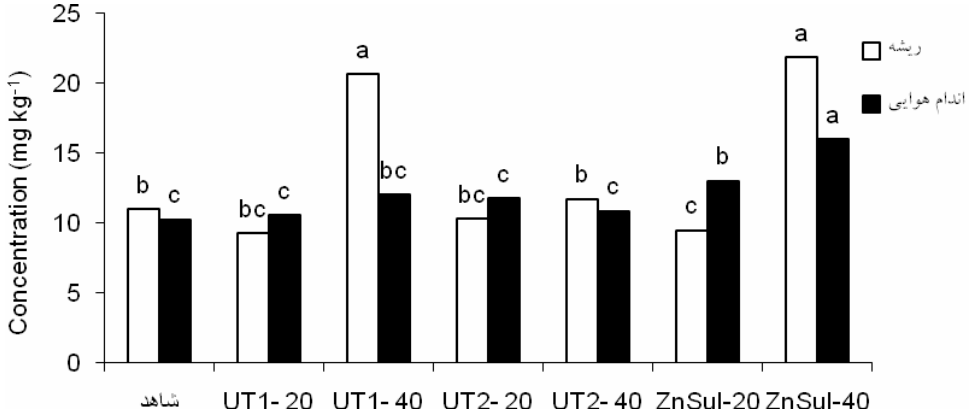
افزایش مصرف روی از ۲۰ به ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منابع کندرها روی (UT1 وUT2) سبب کاهش معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) وزن خشک ریشه ذرت شد.

به طور کلی در بین تیمارهای کودی روی، بیشترین مقدار ماده خشک ریشه با به کارگیری ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع کندرها IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر حاصل شد.

غلظت روی ریشه و اندام هوایی

غلظت روی در اندام هوایی و ریشه ذرت تحت تأثیر منبع و مقدار کود مصرفی قرار گرفت (شکل ۲). غلظت روی ریشه در تیمار UT2 به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای سولفات روی و UT1 بود اگرچه بین تیمارهای سولفات روی وUT1 از لحاظ

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]



شکل۲. تأثیر تیمارهای کودی روی بر غلظت روی ریشه و اندام هوایی ذرت (UT1-20 و UT1-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، UT2-20 و UT2-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی ۳-۲ میلی‌متری، ZnSul-20 و ZnSul-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلو گرم سولفات روی)

غلظت روی ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقابل، غلظت روی اندام هوایی در تیمارهایی که سولفات روی دریافت کرده بودند به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای UT1 و UT2 بود.

صرف‌نظر از منبع روی، با افزایش سطح کوددهی از ۲۰ کیلوگرم در هکتار به ۴۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت روی ریشه افزایش یافت. افزایش سطح کاربرد روی از منبع سولفات روی و کود کندرها IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر سبب افزایش غلظت روی اندام هوایی ذرت شد در حالی که در مورد کود UT2، غلظت روی اندام هوایی در تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار کمتر از تیمار ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار بود.

به طور کلی در بین تیمارهای کودی، بیشترین غلظت روی ریشه و اندام هوایی مربوط به تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی بود. با به کارگیری۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی، غلظت روی ریشه و اندام هوایی به ترتیب ۹۸ و۵۶ درصد در مقایسه با شاهد (بدون کاربرد کود) افزایش یافت.

جذب کل روی به وسیله ریشه و اندام هوایی

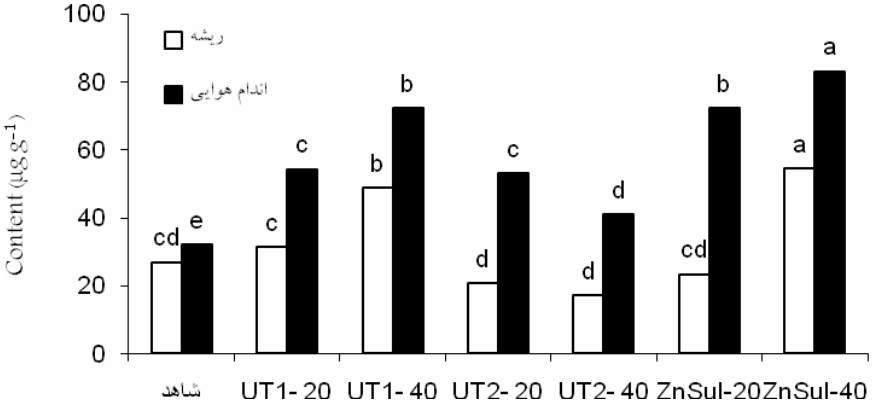
تأثیر منبع و مقدار کود مصرفی بر جذب کل روی به وسیله اندام هوایی و ریشه ذرت معنی‌دار بود (شکل ۳). جذب کل روی ریشه و اندام هوایی در تیمارهای سولفات روی و UT1 به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار UT2 بود اگرچه بین تیمارهای سولفات روی و UT1 از لحاظ جذب کل روی ریشه و اندام هوایی اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) مشاهده نشد.

با افزایش سطح روی از ۲۰ کیلوگرم در هکتار به ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات روی و IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، جذب کل روی ریشه و اندام هوایی ذرت افزایش یافت در حالی که افزایش سطح کاربرد روی از منبع کود کندرها IUT-UT در اندازه ۳-۲ میلی‌متر سبب کاهش جذب کل روی ریشه و اندام هوایی گیاه شد اگرچه این کاهش در مورد جذب کل ریشه معنی‌دار نبود.

به طور کلی در بین تیمارهای کودی، بیشترین جذب کل روی به وسیله ریشه و اندام هوایی مربوط به تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی بود. با به کارگیری۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی، جذب کل روی به وسیله ریشه و اندام هوایی به ترتیب ۱۰۲ و ۱۶۰ درصد در مقایسه با شاهد (بدون کاربرد کود) افزایش یافت.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]



شکل۳. تأثیر تیمارهای کودی روی بر جذب کل روی ریشه و اندام هوایی ذرت (UT1-20 و UT1-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، UT2-20 و UT2-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی ۳-۲ میلی‌متری، ZnSul-20 و ZnSul-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی)

غلظت آهن ریشه و اندام هوایی

غلظت آهن ریشه و اندام هوایی ذرت در تیمار UT1 به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای سولفات روی و UT2 بود اما بین تیمارهای سولفات روی و UT2 از لحاظ غلظت آهن ریشه اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۴).

با افزایش سطح کاربرد کود کندرها IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، غلظت آهن ریشه و اندام هوایی افزایش یافت در حالی که در مورد سولفات روی و UT2، غلظت آهن گیاه تحت تأثیر سطح کوددهی قرار نگرفت.

به طور کلی در بین تیمارهای کودی، بیشترین غلظت آهن ریشه و اندام هوایی مربوط به تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر بود. با به کارگیری۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع UT1، غلظت آهن ریشه و اندام هوایی به ترتیب ۳۶ و ۶۳ درصد در مقایسه با شاهد (بدون کاربرد کود) افزایش یافت.

جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی

تأثیر منبع و مقدار کود مصرفی بر جذب کل آهن اندام هوایی و ریشه ذرت معنی‌دار بود (شکل ۵). جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی در تیمار UT1 به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای سولفات روی و UT2 بود اگرچه بین تیمارهای سولفات روی و UT1 از لحاظ محتوای روی ریشه و اندام هوایی اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) دیده نشد.

با افزایش سطح روی از ۲۰ کیلوگرم در هکتار به ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی ذرت به طور معنی‌داری افزایش یافت در حالی که افزایش سطح کاربرد روی از منبع سولفات روی و کود کندرهاکننده IUT-UT در اندازه ۳-۲ میلی‌متر تأثیر معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بر جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی گیاه نداشت.

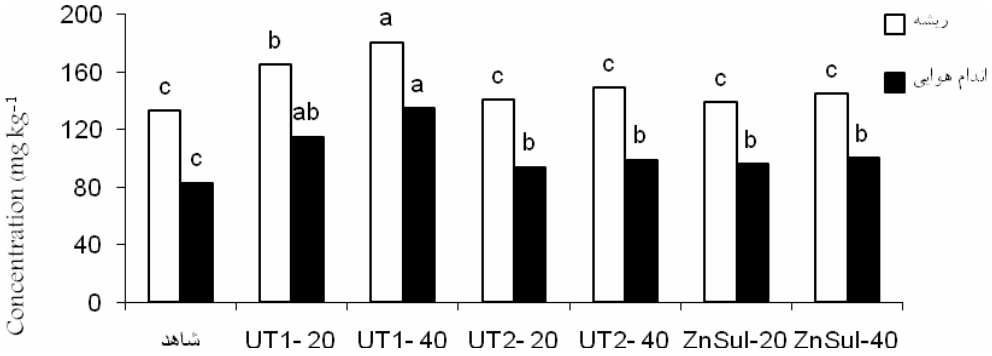
به طور کلی در بین تیمارهای کودی، بیشترین جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی مربوط به تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع UT1 بود. با به کارگیری۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع UT1، جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی به ترتیب ۳۲ و ۲۱۴ درصد در مقایسه با شاهد (بدون کاربرد کود) افزایش یافت.

غلظت سرب و کادمیم ریشه و اندام هوایی

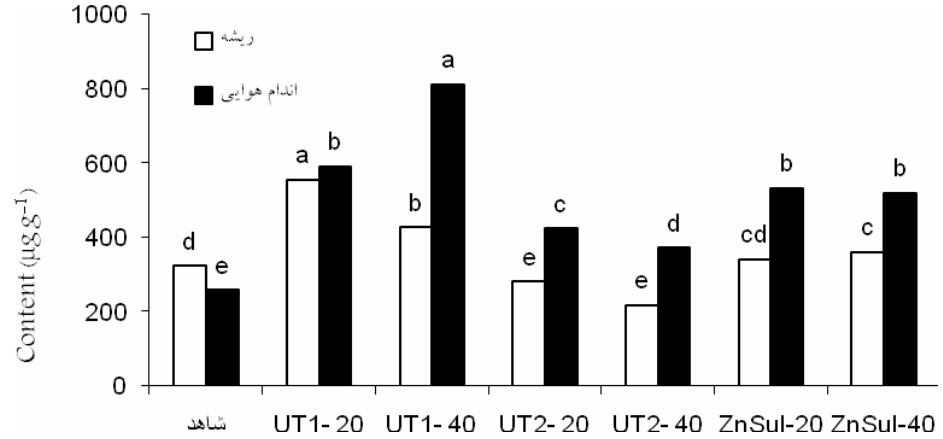
غلظت سرب ریشه ذرت در تیمار UT1 به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای سولفات روی و UT2 بود ولی بین تیمارهای

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]



شکل۴. تأثیر تیمارهای کودی روی بر غلظت آهن ریشه و اندام هوایی ذرت (UT1-20 و UT1-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، UT2-20 و UT2-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی ۳-۲ میلی‌متری، ZnSul-20 و ZnSul-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی)



شکل۵. تأثیر تیمارهای کودی روی بر جذب کل آهن ریشه و اندام هوایی ذرت (UT1-20 و UT1-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، UT2-20 و UT2-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی ۳-۲ میلی‌متری، ZnSul-20 و ZnSul-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی)

سولفات روی و UT2 از لحاظ غلظت سرب ریشه اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۶). غلظت سرب ریشه تحت تأثیر سطح کوددهی قرار نگرفت. غلظت سرب اندام هوایی ذرت نیز در کلیه تیمارهای کودی کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود.

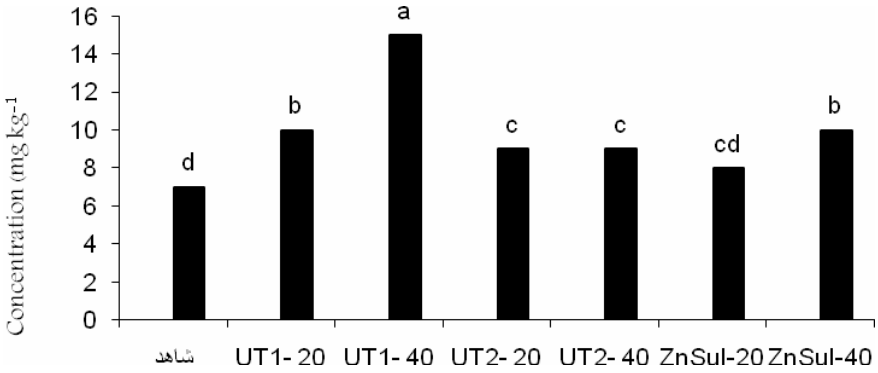
غلظت کادمیم ریشه و اندام هوایی ذرت نیز در کلیه تیمارهای کودی کمتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

بحث

نتایج نشان داد که کاربرد ضایعات صنعتی تیمار شده IUT-(UT) به عنوان کود روی باعث کاهش pH خاک شد. در صورتی که مصرف کود سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر pH خاک نداشت. اثر تیمار IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر در کاهش پ- هاش خاک بیشتر از تیمار IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر بود. کاهش pH در خاک‌های آهکی و قلیایی از جهت افزایش حلالیت موضعی سایر عناصر غذایی

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]



شکل۶. تأثیر تیمارهای کودی روی بر غلظت سرب اندام هوایی ذرت (UT1-20 و UT1-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، UT2-20 و UT2-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ضایعات صنعتی ۳-۲ میلی‌متری، ZnSul-20 و ZnSul-40 : به ترتیب ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی)

مانند فسفر و آهن که در پ- هاش‌های پایین حلالیت و قابلیت جذب بیشتری دارند حائز اهمیت می‌باشد. به نظر می‌رسد وجود گوگرد به مقدار زیاد در ترکیب ضایعات صنعتی (جدول ۳) باعث کاهش موضعیpH خاک پیرامون شده است. در خاک‌های آهکی، روی قابل دسترس برای گیاه نیز به مقدار زیادی تحت تأثیرpH خاک قرار می‌گیرد (۲۳، ۲۵، ۲۹، ۳۱ و۳۲).

بررسی غلظت روی قابل استخراج خاک با DTPA پس از برداشت گیاه نشان داد که بیشترین مقدار روی قابل استخراج با DTPA مربوط به تیمار IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر بود. این نتیجه توانایی ضایعات صنعتی در تأمین روی مورد نیاز گیاه را نشان می‌دهد. این منابع با داشتن درصد روی بیشتر نسبت به سولفات روی می‌توانند روی خود را طی دوره رشد به تدریج در اختیار گیاه قرار دهند که این نتیجه با نتایج شاور و همکاران متفاوت است (۳۰). این محققان نشان دادند که شکل‌های کم محلول روی در آب، در خاک تجزیه نشده و در نتیجه در طول زمان، قابلیت جذب روی در آنها افزایش نمی‌یابد. منبع IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر، روی کمتری در مقایسه با سولفات روی آزاد کرد. این نتیجه به احتمال زیاد ناشی از اندازه درشت منبع کودی IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر و زمان کوتاه دوره کشت در پژوهش حاضر است. در مورد ضایعات صنعتی و کودهای کند رها روی، هر چه اندازه ذرات ریزتر باشد، کارآیی جذب روی بیشتر است. به طوری که منبع پودری کود روی نسبت به منبع دانه‌ای آن، سطح ویژه بیشتری داشته که باعث افزایش حلالیت آن شده و در نتیجه، روی قابل دسترسی بیشتری طی دوره رشد خواهد داشت. کودهای روی به شکل دانه‌ای جهت تأمین نیاز گیاه به روی باید دارای حداقل ۴۰ تا ۵۰ درصد روی محلول در آب باشند (۴، ۵ و۲۶).

مصرف کود سولفات روی و IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر تأثیر بیشتری نسبت به تیمار IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی داشت. افزایش سطح منبع IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر از ۲۰ به ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار باعث افزایش عملکرد اندام هوایی گردید که این به دلیل افزایش روی قابل استفاده گیاه در سطح ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار بود. ولی در تیمارهای سولفات روی و IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر افزایش سطح کوددهی از ۲۰ به ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی ذرت نداشته و یا حتی سبب کاهش مختصر عملکرد گیاه شد. این مطلب نشان می‌دهد که مصرف ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

نیاز کمّی گیاه را برطرف نموده و افزایش سطح کود باعث انباشته شدن روی در گیاه شده که از جنبه بهبود کیفیت محصول دارای اهمیت است (۲۰). در مورد تیمار IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر افزایش سطح کود از ۲۰ به ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار به احتمال زیاد به دلیل درشت بودن کود و کم بودن سطح ویژه آن از یک سو نتوانسته روی بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و از سوی دیگر آثار نامطلوبی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک نظیر ظرفیت نگه‌داشت رطوبت داشته و از این طریق موجب کاهش عملکرد وزن خشک اندام هوایی گیاه شده است (۴، ۱۴، ۲۶ و ۳۰).

کاربرد کود روی از هر سه منبع در سطح ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار باعث افزایش غلظت روی در ریشه شد در صورتی که سطح ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار در مقایسه با شاهد تأثیر معنی‌داری در غلظت روی ریشه نداشت. ریشه گیاه در شرایط تنش کمبود روی سازوکار ویژه‌ای به کار گرفته و بیشترین میزان عنصر جذب شده را در خود نگه داشته و میزان کمتری از روی را به اندام هوایی منتقل می‌کند. بنابراین کاربرد کود روی در ابتدا (۲۰ کیلوگرم روی در هکتار) باعث افزایش انتقال عنصر به اندام هوایی شده و غلظت در ریشه تغییر چندانی نخواهد کرد و تنها غلظت روی در اندام هوایی افزایش نشان می‌دهد. با کاربرد سطح بالاتری از کود (۴۰ کیلوگرم روی در هکتار) و تامین غلظت‌های بالاتر عنصر در محیط، غلظت روی در ریشه نیز افزایش خواهد یافت.

کاربرد سطح ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار از منبع IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر باعث کاهش غلظت روی در اندام هوایی نسبت به سطح ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار شد که این احتمالاً در نتیجه کاهش عملکرد گیاه در سطح ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار نسبت به سطح ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار، در اثر نامطلوب شدن شرایط فیزیکی خاک است.

همان گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است غلظت روی اندام هوایی در تیمارهای ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر و ۲۰ کیلوگرم روی در هکتار IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر مشابه می‌باشد در صورتی که علائم کمبود ظاهری نشان داد که گیاهان در تیمار ۴۰ کیلوگرم روی در هکتارIUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر دارای علائم کمبود خفیف ولی گیاهان در تیمار ۲۰ کیلوگرم روی در هکتارIUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر دارای علائم کمبود شدید روی بودند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که غلظت عنصر در گیاه، معیار مناسبی جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه نمی‌باشد.

مقایسه جذب کل روی به وسیله ریشه و اندام هوایی نشان داد که مقدار جذب روی توسط ذرت در تیمارهای کودی سولفات روی و IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار IUT-UT در اندازه ۲-۳ میلی‌متر بود که این در نتیجه عملکرد بالا در این دو تیمار می‌باشد. با مقایسه نتایج علائم کمبود روی و محتوای روی در تیمارهای مختلف به نظر می‌رسد محتوای روی در گیاه شاخص مناسب‌تری نسبت به غلظت عنصر برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای روی گیاه است.

بررسی غلظت آهن و محتوای آن در تیمارهای مختلف نشان داد که گیاهان کشت شده در تیمار کودی IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر در هر دو سطح روی، بیشترین غلظت آهن را دارا بودند که این نتیجه از یک سو در اثر وجود آهن در این ضایعات و از سوی دیگر به دلیل کاهش pH خاک در اثر کاربرد این ضایعات و در نتیجه افزایش حلالیت و جذب آهن خاک بوده است.

غلظت سرب ریشه ذرت در تیمار IUT-UT در اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر در هر دو سطح ۲۰ و۴۰ کیلوگرم روی در هکتار بیشتر از دو تیمار دیگر بود اگرچه این غلظت کمتر از حد استاندارد مجاز سرب در گیاه بود.

نتیجه‌گیری

با بررسی عملکرد ذرت و غلظت روی در تیمارهای مختلف کودی به نظر می‌رسد بتوان از ضایعات صنعتی تیمار شده در

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

اندازه کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر به عنوان جایگزین مناسب سولفات روی جهت تأمین روی مورد نیاز گیاه استفاده نمود. برخی از مزیت‌های این ضایعات عبارت‌اند از:

- تأمین روی مورد نیاز گیاه مشابه کود سولفات روی
- افزایش حلالیت و قابلیت جذب سایر عناصر غذایی مانند فسفر در خاک‌های آهکی و قلیایی به دلیل کاهش pH
- بهبود تغذیه آهن به دلیل وجود این عنصر در ترکیب ضایعات پلیمری و افزایش موضعی حلالیت آهن خاک در اثر کاهش pH
- دسترسی راحت و قیمت مناسب این منابع
- کمک به بازیافت ضایعات صنعتی

با توجه به پایین بودن مقدار ناخالصی سایر عناصر سنگین مضر به ویژه کادمیم و سرب در این ضایعات و عدم تأثیر معنی‌دار بر غلظت این عناصر در گیاه، به نظر می‌رسد بتوان از این ضایعات به عنوان یک کود روی با ناخالصی کم و مؤثر در اراضی کشاورزی استفاده کرد. البته باید به این نکته توجه داشت وقتی پلیمرها به صورت ذرات ریز در محیطی همانند خاک پخش شوند، ممکن است اثرهای سوء دراز مدت داشته باشند که لازم است از لحاظ سلامت جامعه و محیط زیست بررسی شود و انجام تحقیقات تکمیلی در این زمینه لازم است.

منابع مورد استفاده

۱. کرمی، م.، م. افیونی، ی. رضایی‌نژاد و ا. م. خوشگفتارمنش. ۱۳۸۷. اثرات تجمعی و باقی‌مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت روی و مس در خاک و گیاه گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۶: ۶۳۹-۶۵۴.

2. Alloway, B. J. 2005. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association, Istanbul, Turkey.
3. Alvarez, J. M., A. Obrador and M. I. Rico. 1996. Effects of chelated zinc, soluble and coated fertilizers, on soil zinc status and zinc nutrition of maize. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:7–19.
4. Amrani, M., D. G. Westfall and G. A. Peterson. 1999. Influence of water solubility of granular zinc fertilizers on plant uptake and growth. J. Plant Nutr. 22(12): 1815–1827.
5. Amrani, M., D. G. Westfall and G. A. Peterson. 1997. Zinc plant availability as influenced by zinc fertilizer sources and water solubility. Technical bulletin B97–4. Agricultural Experimental Station, Colorado State University, Fort Collins, CO.
6. Black, C. A. 1965. Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison, WI.
7. Boawn, L. C. 1973. Comparison of zinc sulphate and Zn EDTA as zinc fertilizer sources. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:111–115.
8. Bowen, J. E. 1973. Kinetics of zinc absorption by excised roots of two sugarcane clones. Plant Soil 39: 125-129.
9. Broadley, M. R. P., J. White, J. P. Hammond, I. Zelko and A. Lux. 2007. Zinc in plants. New Phytologist 173: 677–702.
10. Chaney, R. L., P. G. Reeves, J. A. Ryan, R.W. Simmons, R.M. Welch and J. S. Angle. 2004. An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to remediate soil Cd risks. Biometals 17: 549-553.
11. Chapman, H. D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soil. University of California, Division of Agriculture Science, Berkeley, CA.
12. Dhillon, K. S. and S. K. Dhillon. 1983. Relative efficiency of different chelates in the supply of applied zinc to maize and wheat. J. Nucl. Agric. Biol. 12:93–96.
13. Gangloff, W. J., D. G. Westfall, G. A. Peterson and J. J. Mortvedt. 2000. Availability of organic and inorganic Zn fertilizers. Colorado State University. Agricultural Experiment Station Fort Collin, CO. Technical Bulletin TB00-1.
14. Gangloff, W. J., D. G. Westfall, G. A. Peterson and J. J. Mortvedt. 2002. Relative availability coefficients of organic and inorganic Zn fertilizers. J. Plant Nutr. 25(2) : 259-273.
15. Goos, R. J., B. E. Johnson and M. Thiollet. 2000. A comparison of the availability of three zinc sources to maize (*Zea mays* L.) under greenhouse conditions. Biol. Fertil. Soils 31:343–347.
16. Hergert, G. W., G.W. Rehm and R.A. Wiese. 1984. Field evaluation of zinc sources band applied in ammonium polyphosphate suspension. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1190–1193.
17. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2000. Trace Elements in Soil and Plants. 3nd ed., CRC Press, Baton Rouge, FL.
18. Karimian, N. and G. R. Moafpouryan. 1999. Zinc adsorption characteristics of selected calcareous soils of Iran and their relationship with soil properties. Commun Soil Sci. Plant Anal. 30:1721-1731.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]

19. Khoshgoftarmanesh, A. H., H. Shariatmadari, M. Kalbasi, N. Karimian and M. R. Khajepour. 2004. Salinity and Zn applicatrion effect on phytoavailability of Cd and Zn. Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 1885-1889.
20. Khoshgoftarmanesh, A. H., H. Shariatmadari, N. Karimian and S. E. A. T. M. van der Zee. 2006. Cadmium and zinc in saline soil solutions and their concentrations in wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 582-588.
21. Khoshgoftar, A. H. and R.L. Channey. 2007. Preceding crop affects grain cadmium and zinc of wheat grown in saline soils of central Iran. J. Environ Qual. 36: 1132-1136.
22. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421- 428.
23. Lins, I. D. G. and F. R. Cox. 1988. Effect of soil pH and clay content on the zinc soil test interpretation for corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1681-1685.
24. Loue´, A. 1988. Los Microelementos En Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, Spain.
25. Maftoun, M. and N. Karimian. 1989. Relative efficiency of two zinc sources for maize (*Zea mays* L.) in two calcareous soils from an arid area of Iran. Agronomie 9:771-775.
26. Mortvedt. J. J. 1992. Crop response to level of water-soluble zinc in granular zinc fertil. Fertil. Res. 33:249-255.
27. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1990. Phosphorous, PP. 403-431. *In*: Page, A. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part2, 2th ed., Agron. Monogr. ASA, Madison, WI.
28. SAS Institute. 2000. SAS/STAT user's guide, release 8. SAS Institute, Cary, NC.
29. Sharpless, R. G., E. F. Walliham and F. F. Perterson. 1969. Retention of zinc by some arid-zone soil materials treated with zinc sulfate. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33:901-904.
30. Shaver, T. M. , D. G. Westfall and M. Ronaghi. 2007. Zinc fertilizer solubility and its effects on zinc bioailability over time. J. Plant Nutr. 30: 123-133.
31. Shuman, L. M.1975. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39:454-458.
32. Thind. S. S., P. N. Takkar and R. L. Bansal. 1990. Chemical pools of zinc and the critical deficiency level for predicting response of corn to zinc application in alluvium derived alkaline soils. Acta Agron. Hung. 39:219-226.
33. Welch, R.M. 1993. Zinc concentrations and forms in plants for humans and animals. PP.183–195. *In*: A.D. Robson (Ed.), Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, The Netherlands.
34. Yilmaz, A., H. Ekiz, B. Torun, I. Gulekin, S. Karanlink, S.A. Bagci and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. J. Plant Nutr. 20(4-5): 461-471.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.50.8.2]