تأثیر شوری و کود گاوی بر غلظت و توزیع گونه‌های روی در محلول خاک

ابوالفضل دهقانی[۱]، امیر فتوت[۱]، غلامحسین حق‌نیا[۱] و پیمان کشاورز[۲]

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ماده آلی و شوری روی محلول خاک یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ سطح شوری و ۲ سطح ماده آلی و ۲ سطح روی از نمک سولفات روی در ۴ خاک در ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌ها به مدت ۶ ماه در دمای آزمایشگاه نگه‌داری شدند. مقادیر pH و EC و نیز غلظت یون‌های SO_4^{-2}, HCO_3^-,Cl^-, Zn^{+2}, Mg^{+2}, Ca^{+2}, Na^+, K^+, PO_4^{-3}, NO_3^- و کربن آلی محلول (DOC) در عصاره اشباع خاک در پایان ۲ و ۶ ماه اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از نرم افزار MINTEQA2 گونه‌های شیمیایی موجود در عصاره اشباع خاک بر آورد گردید. افزایش قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک باعث افزایش معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) غلظت کل روی عصاره اشباع تمام خاک‌های مورد مطالعه شد. با افزایش شوری در تمام خاک‌های مورد مطالعه غلظت کاتیون دو ظرفیتی روی افزایش و مقدار کربن آلی محلول کاهش یافت. در تمام خاک‌های مورد مطالعه اضافه کردن ماده آلی باعث افزایش معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) غلظت روی کل محلول شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد شوری، کاربرد کود سولفات روی و ماده آلی سبب افزایش غلظت روی محلول شود.

واژه‌های کلیدی: کاتیون دو ظرفیتی روی، کربن آلی محلول، شوری

مقدمه

با توجه به وسعت مناطق خشک در جهان (۳۶٪ کل اراضی دنیا) شناخت مشکلات و مسائل این مناطق ضروری به نظر می‌رسد (۱). باید توجه داشت که متوسط بارندگی در این مناطق بسیار کم (کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر) بوده و امکان شسته شدن املاح اضافی خاک وجود ندارد. از این رو، خاک‌های این مناطق می‌توانند دارای مشکلات زیادی از قبیل شوری و سمیت یون‌ها باشند. خاک‌های شور و شور شدن خاک‌های زراعی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی دنیا از جمله ایران می‌باشد (۲۷). در حدود نیمی‌از کل اراضی قابل کشت ایران متأثر از شوری است که تأثیر عمده ای در کاهش سطح زیر کشت و عملکرد محصولات کشاورزی دارد (۴). گیاهان زراعی برای رشد به عناصر غذایی مختلفی از جمله روی نیاز دارند. کمبود این عناصر در خاک، موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شود (۶). برخی مواقع با افزایش شوری خاک، جذب برخی عناصر غذایی ضروری گیاه کاهش یافته و کمبود آنها در گیاه

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]

ایجاد می‌شود(۲ و ۸). بنابراین حتی اگر وضعیت عناصر غذایی قابل استفاده خاک در حد کمبود نباشد، به‌کارگیری کودهای کم مصرف در شرایط شور می‌تواند کاهش جذب عناصر را که در نتیجه اثر ضدیتی یون‌ها به‌وجود آمده، جبران نماید (۵).

عنصر روی یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهان می‌باشد. گیاهان اغلب روی را به شکل کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌کنند (۷). روی هم به عنوان جزء فلزی و هم به عنوان یک گروه عامل و کوفاکتور تنظیمی در تعداد زیادی از آنزیم‌ها ایفای نقش می‌کند. فراهمی پایین عناصر کم مصرف خصوصاً عنصر روی در خاک‌های شور و آهکی سبب پدیدآمدن کمبود در گیاهان رشد کرده در این اراضی می‌شود (۳). کمبود روی یکی از متداول‌ترین کمبودهای عناصر کم مصرف در مناطق خشک ونیمه خشک جهان به شمار می‌رود (۶). در حدود ۳۰ درصد اراضی زیر کشت دنیا دارای کمبود عنصر روی هستند، که دلیل عمده این کمبود بیشتر به اندک بودن فراهمی‌عنصر روی در خاک مربوط می‌شود (۱۸). فقر ماده آلی، درصد بالای آهک، pH بالا، بی کربنات فراوان در آب‌های آبیاری و رایج نبودن مصرف کودهای کم مصرف علت اصلی کمبود روی در این خاک‌ها می‌باشد. در بیش از ۷۸ درصد از خاک‌های زراعی زیر کشت گندم در کشور، مقدار روی قابل استفاده کمتر از حد بحرانی (۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد (۶).

محلول خاک متشکل از یون‌های آزاد و گونه‌های کمپلکس یافته با لیگاندهای معدنی و آلی می‌باشد(۲۴). فراهمی عنصر روی و هم‌چنین سمیت آن بستگی به غلظت یا فعالیت کاتیون آزاد روی در محلول خاک دارد (۲۳). ترکیبات آلی محلول خاک که تحت عنوان کربن آلی محلول (DOC) (Dissolved Organic Carbon) شناخته می‌شوند قادرند کمپلکس‌های نسبتاً قوی با کاتیون دو ظرفیتی روی در محلول برقرار کنند. حضور DOC سبب کاهش جذب سطحی این عنصر بر روی رس‌های خاک شده و غلظت کل روی در محلول خاک را افزایش می‌دهد (۱۱). در عصاره اشباع خاک‌های شور به علت حضور فراوان کاتیون‌های چون کلسیم، منیزیم و سدیم و جایگزینی این کاتیون‌ها روی سطوح کلوییدی رس‌های خاک، غلظت روی محلول افزایش می‌یابد و از طرفی با افزایش شوری خاک، قدرت یونی محلول خاک افزایش یافته در نتیجه DOC کاهش می‌یابد (۱۶) . عدم اطلاعات کافی در این بخش و برخی مشکلات موجود در تعیین شکل‌های آزاد عناصر کم مصرف سبب شده که تحقیقات زیادی در این زمینه صورت نگیرد. بدین منظور این تحقیق با هدف تأثیر شوری و ماده آلی بر غلظت و توزیع گونه‌های روی در محلول خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح شوری (۰، ۸ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر) با دو سطح ماده آلی (کود گاوی) (صفر و۴۰ تن در هکتار یا یک درصد) و دو سطح روی (۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از نمک سولفات روی) در ۴ خاک انجام شد. پس از انتخاب ۴ خاک سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) از مکان‌های مختلف در استان خراسان نمونه‌برداری شد (جدول۱). بعد از انتقال خاک‌ها به آزمایشگاه و هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این خاک‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

تیمارهای شوری با استفاده از نمک‌های کلرید سدیم، کلرید کلسیم و سولفات منیزیم به نسبت مولی ۱:۱:۲ تهیه شد. با توجه به وزن مولکولی نمک‌ها مخلوطی با نسبت مولی ذکر شده از سه نمک تهیه شد. این نمک‌ها با هم کاملاً مخلوط گردید و سپس به حجم مشخصی از آب مقطر به اندازه‌ای نمک مخلوط افزوده شد که قابلیت هدایت الکتریکی آب شور تهیه شده به ۸ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر برسد. برای شوری صفر نیز از آب مقطر استفاده گردید. بعد از الک شدن نمونه‌ها به میزان ۸۰۰ گرم از هر خاک درون ظروف پلاستیکی ریخته شد، در کل از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]

جدول ۱. محل نمونه برداری و رده بندی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	خاک ۱	خاک ۲	خاک ۳	خاک ۴
محل نمونه برداری	کنار گلخانه تحقیقاتی دانشگاه	مشهد- غرقه جاده رضوان	تربت جام خیر آباد	فاروج
رده بندی	Typic Haplocalcids	Typic Haplocalcids	Typic Haplocalcids	Typic Haplocambids

جدول ۲. بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

ویژگی	واحد	خاک ۱	خاک ۲	خاک ۳	خاک ۴
بافت	-	Loam	Clay loam	Sandy loam	Silty loam
رس	٪	۲۰	۳۱	۱۵	۲۲
pH	-	۷/۶	۸/۱	۸/۱	۸/۱
EC	dSm^{-1}	۱/۸	۱/۶	۱/۱	۰/۸
SAR	$(meq\ L^{-1})^{1/2}$	۵	۳/۷	۳/۷	۲/۴
Fe	$mg\ kg^{-1}$	۷/۴	۵/۱	۲/۷	۸/۶
Mn	$mg\ kg^{-1}$	۲۰	۸/۵	۵/۵	۴/۱
Zn	$mg\ kg^{-1}$	۰/۴۵	۰/۹۸	۰/۵۴	۰/۷۲
Cu	$mg\ kg^{-1}$	۰/۶۶	۱/۴	۰/۶۲	۱
$CaCO_3$	٪	۱۵/۵	۳۲/۱	۲۳/۱	۹/۲
O.M	٪	۰/۶	۰/۹	۰/۵	۰/۸

هر نمونه خاک به تعداد ۳۶ ظرف آماده شد. به ۱۸ ظرف از هر کدام از خاک‌ها میزان ۱ در صد یا ۴۰ تن در هکتار (برای هر ۸۰۰ گرم خاک موجود در هر ظرف مقدار ۸ گرم ماده آلی) کود گاوی کاملاً پوسیده به عنوان ماده آلی استفاده گردید. بعد از اعمال تیمار ماده آلی بلافاصله، سطوح شوری و روی با هم اعمال گردید. سطوح روی نیز با شوری و با حل کردن نمک سولفات روی در آب شور اعمال گردید. رطوبت هر یک از نمونه‌های خاک با استفاده از آب شور میزان ظرفیت زراعی نگه‌داری شد. بعد از اعمال تیمارهای موجود، وزن تمام نمونه‌ها تعیین شد و هر ۵ روز یکبار این عمل تکرار شد. در صورت کاهش وزن هر کدام از نمونه‌ها به مقدار لازم آب مقطر دوبار تقطیر شده (جهت حفظ رطوبت نمونه‌ها در حد ظرفیت زراعی و ثابت بودن شوری خاک) استفاده می‌گردید. به علت بسته بودن درب نمونه‌ها هر ۵ روز یکبار به مدت چند ساعت درب نمونه‌ها باز گذاشته می‌شد. پس از پایان ۶۰ روز نصف مقدار خاک از هر ظرف برای عصاره‌گیری برداشته شد. بقیه نمونه‌ها تا پایان دوره ۶ ماه نگه‌داری شدند.

نمونه‌ها در پایان هر دوره بدون این‌که خشک شوند، با آب مقطر به صورت اشباع درآمده، با استفاده از پمپ خلا و قیف بوخنر عصاره‌گیری شدند. مقادیر pH گل اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون ۰۱/ نرمال (۲۸)، سدیم و پتاسیم محلول با استفاده از دستگاه شعله سنج مدل (JENWAY-PFP7)، کلر با روش خنثی سازی با نیترات نقره ۰۱/ نرمال (۲۸)، سولفات به روش کدورت سنجی، (۲۶) بی‌کربنات به روش خنثی سازی ۰۱/ نرمال (۲۸)، نیترات به روش کلدال (۲۶)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (۲۵)، عنصر روی با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی بین غلظت روی بومی خاک با روی اضافه شده در خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک‌های مورد مطالعه	پایان دوره ۲ ماه		پایان دوره ۶ ماه	
	روی بومی خاک	روی اضافه شده	روی بومی خاک	روی اضافه شده
خاک ۱	۰/۶۸۴*	۰/۸۵۱*	۰/۶۷۶*	۰/۸۶۵*
خاک ۲	۰/۵۸۱ n.s	۰/۶۴۰*	۰/۳۳۴ n.s	۰/۷۵۹*
خاک ۳	۰/۱۴۳ n.s	۰/۸۵۸*	۰/۲۳۷ n.s	۰/۵۹۱ n.s
خاک ۴	۰/۳۷۴ n.s	۰/۷۵۳*	۰/۱۵۳ n.s	۰/۸۰۵*

* : معنی‌داری در سطح ۵ درصد این اعداد مقادیر r^2 می‌باشد.

اندازه‌گیری شدند. کربن آلی محلول نیز توسط دستگاه TOC (مدل Shimadzu TOC-V_{CPH}) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین گونه‌های شیمیایی عنصر روی، از جمله گونه آزاد روی از نرم افزار MINTEQA2 (۹) استفاده شد. این مدل برای پیش بینی گونه‌های مختلف فلزی در محلول خاک می‌باشد. ورودی این مدل شامل غلظت تمام یون‌های موجود در محلول خاک و مقدار کربن آلی محلول می‌باشد. خروجی این مدل نیز شامل برآورد تمام گونه‌های آزاد و کمپلکس یافته معدنی و آلی است. تمام عناصر اندازه‌گیری‌های شده (SO_4^{-2}, HCO_3^-,Cl^-, DOC, Zn^{+2}, Mg^{+2}, Ca^{+2}, Na^+, K^+, PO_4^{-3}, NO_3, EC, pH) به مدل داده شد. با توجه به داده‌های خروجی نرم افزار درصد روی آزاد برای تمام نمونه محاسبه گردید. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با یکدیگر با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

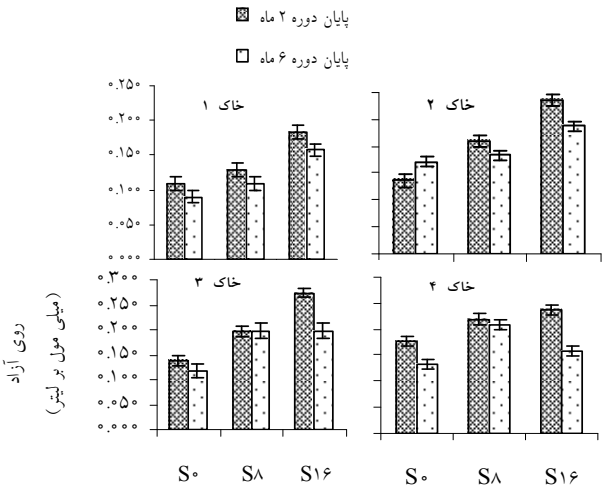
اثر شوری بر غلظت روی کل

افزایش شوری عصاره اشباع خاک باعث افزایش معنی‌داری در میزان عصاره پذیری عنصر روی با آب شد ($P<0/05$). تأثیر شوری در افزایش قابلیت عصاره‌گیری روی اضافه شده توسط، نسبت به روی بومی‌خاک بالاتر بود (جدول۳). نتایج برخی مطالعات نشان داده‌اند که غلظت روی در محلول خاک با افزایش شوری عصاره اشباع خاک افزایش می‌یابد (۱۹ و ۲۰). با توجه به مطالعات انجام شده، دلایل مختلفی برای افزایش غلظت عناصر کم مصرف در اثر شوری پیشنهاد شده است (۱۷). یکی از دلایل افزایش غلظت روی محلول با شوری جایگزینی روی قابل تبادل با یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم گزارش شده است (۷). افزایش غلظت نمک ممکن است تأثیر معنی‌داری بر فراهمی عناصر کم مصرف در محلول خاک ایجاد کند. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که غلظت روی در محلول و هم‌چنین پویایی عنصر روی در خاک با افزایش شوری خاک، افزایش پیدا می‌کند (۲۲).

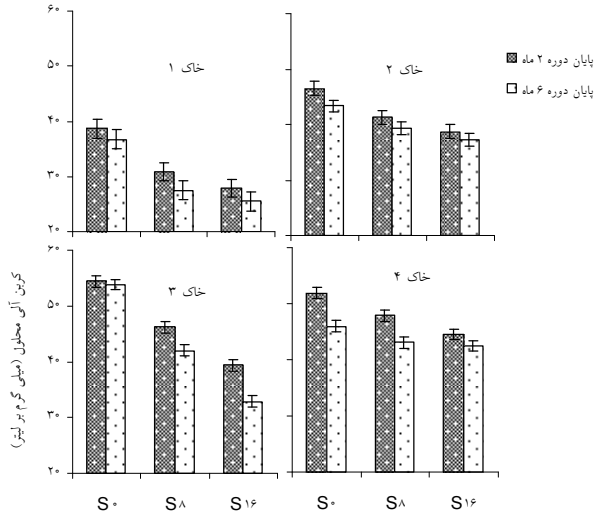
حسینی و کریمیان (۳) در آزمایشی که جهت بررسی اثر شوری در عصاره پذیری روی قابل استفاده برای گیاه با سطوح مختلف روی و شوری انجام دادند، دریافتند که افزایش شوری خاک موجب عصاره پذیری بیشتر روی بومی‌خاک می‌گردد. در شرایط شور، قابلیت استفاده عناصر غذایی به غلظت و ترکیب نمک بستگی دارد و هم‌چنین اثر شوری بر حلالیت عناصر غذایی بسته به واکنش خاک (pH) ، قدرت یونی و ضریب فعالیت نمک متفاوت است (۱۲).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]



شکل ۱. تغییرات روی دو ظرفیتی در سطوح مختلف شوری برای پایان دوره ۲ و ۶ ماه انکوباسیون (خواباندن) در خاک‌های مورد مطالعه



شکل ۲. اثر سطوح مختلف شوری بر مواد آلی محلول (DOC) در پایان دوره ۲ و ۶ ماه انکوباسیون

تأثیر شوری بر غلظت روی آزاد دو ظرفیتی در محلول خاک

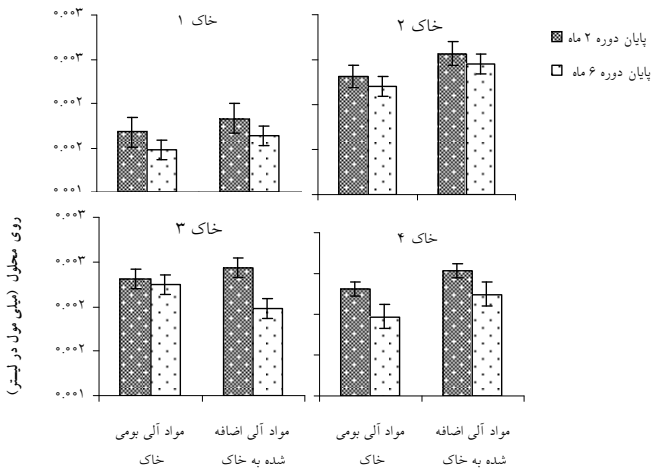
با استفاده از نرم افزار MINTEQA2 درصد روی آزاد در تمام نمونه‌ها پیش بینی شد (شکل ۱). افزایش سطوح شوری در تمام خاک‌های مورد مطالعه، به جز شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر در پایان دوره ۶ ماه برای خاک شماره ۴، افزایش معنی‌دار غلظت روی آزاد را در عصاره اشباع این خاک‌ها در پی داشت ($P<0/05$). غلظت روی آزاد در پایان دوره ۶ ماه نسبت به دوره ۲ ماه به جز سطح S. در خاک شماره ۲ و شوری ۸ دسی زیمنس بر متر در خاک شماره ۳ کاهش معنی‌داری ($P<0/05$) نشان داد. محققان نشان دادند که غلظت روی دو ظرفیتی در اثر افزایش شوری در حالتی که سولفات روی به خاک اضافه شده بود، افزایش داشته است (۱۰). خوشگفتارمنش و همکاران (۲۰) نیز دریافتند که با اضافه نمودن سولفات روی به خاک غلظت روی کل محلول خاک و نیز روی آزاد افزایش یافت. با افزایش غلظت یون‌های محلول خاک، قدرت یونی محلول افزایش می‌یابد. کاساگراند و همکاران (۱۳) در مطالعات خود دریافتند که با افزایش قدرت یونی در محلول خاک جذب روی در سطح تبادلی کانی‌های رسی کم شده و همین امر سبب افزایش غلظت روی دو ظرفیتی در فاز محلول خاک می‌شود. علت کاهش جذب سطحی روی، رقابت کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم با کاتیون دو ظرفیتی روی می‌باشد. مقدار روی دو ظرفیتی خاک به عواملی چون غلظت کل روی خاک و نوع نمک یا کود اضافه شده، سطح شوری و نیز وجود یا وجود نداشتن گیاه در خاک بستگی دارد (۲۱).

اثر شوری بر کربن آلی محلول

مقدار DOC با افزایش شوری خاک در تمام خاک‌های مورد مطالعه به طور معنی داری (در سطح ۵ درصد) کاهش داشت (شکل۲). کاهش مقدار DOC خاک در اثر افزایش شوری خاک (قدرت یونی محلول خاک) در منابع نیز گزارش شده است (۱۶ و ۲۲). با افزایش شوری، pH خاک کاهش یافته، مکانسیم این عمل به این صورت می‌باشد که در اثر افزایش شوری خاک کاتیون‌های موجود در محلول خاک به شدت افزایش یافته، بنابراین H^+ که بر روی سطوح کلوییدی قرار گرفته با این کاتیون‌ها جایگزین گردیده و به همین علت pH محلول خاک و pH خاک کاهش می‌یابد. با کاهش pH از حلالیت DOC کاسته می‌گردد. مقدار کاهش DOC در خاک‌های مورد مطالعه نیز تفاوت داشت. با توجه به اختلاف قابلیت هدایت الکتریکی که در بین ۴ خاک وجود داشت، اثر شوری نیز بر DOC نیز در این خاک‌ها متفاوت بود. با توجه به کاهش مقدار DOC خاک به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]



شکل ۳. تغییرات غلظت روی محلول در تیمارهای صفر و یک درصد ماده آلی در خاک‌های مورد مطالعه برای پایان دوره ۲ و ۶ ماه انکوباسیون

علت کاهش ذخیره ماده آلی در خاک، اثر شوری (قدرت یونی) بر DOC خاک شدت بیشتری یافته است.

اثر ماده آلی (کود گاوی) بر غلظت روی کل در محلول خاک

غلظت روی کل محلول در تیمارهای صفر و یک درصد ماده آلی در خاک‌های مورد مطالعه در زمان انجام آزمایش در شکل۳ نشان داده شده است. در تمام خاک‌های مورد مطالعه کاربرد کود گاوی باعث افزایش روی محلول شد اما این افزایش تنها در بعضی از تیمارها معنی دار (در سطح ۵ درصد) بود. در هر دو تیمار صفر و یک درصد ماده آلی اثر زمان تقریباً مشابه بود. به این صورت که در هر دو تیمار در اثر گذشت زمان مقدار روی محلول کاهش داشت. بیشترین مقدار روی محلول در خاک شماره ۲ و در پایان دوره ۲ ماه برای سطح یک در صد کود گاوی به‌دست آمد و کمترین مقدار آن در خاک شماره ۱ در پایان دوره ۶ ماه و برای سطح صفر ماده آلی حاصل شد. مطالعات زیادی نقش ماده آلی را در غلظت عنصر روی در خاک بررسی نموده‌اند (۱۱، ۱۴ و ۲۳). این مطالعات نشان دهنده آثار مثبت کاربرد ماده آلی در خاک می‌باشد. با توجه به این‌که عوامل زیادی بر فراهمی عنصر روی در خاک مؤثر است (۲۴)، اختلاف بین خاک‌های مورد مطالعه در تغییر غلظت روی محلول در سطح یکسان ماده آلی (صفر یا یک درصد) احتمالاً وابسته به این عوامل باشد.

کربن آلی محلول (DOC) و روی آزاد

ضرایب هم‌بستگی بین DOC با غلظت روی دو ظرفیتی در خاک‌های مورد مطالعه در پایان دوره ۲ ماه و ۶ ماه برای سطوح صفر و یک درصد ماده آلی در جدول۴ نشان داده شده است. این هم‌بستگی برای سطح صفر ماده آلی در هر دو زمان آزمایش معنی دار نشد، اما مقدار این هم‌بستگی در خاک‌های مختلف متفاوت بود. کمترین مقدار این هم‌بستگی در خاک شماره ۱ و در پایان دوره ۲ ماه و بیشترین مقدار در خاک شماره ۲ و در پایان دوره ۲ ماه به‌دست آمد. با افزایش ماده آلی به خاک (سطح یک درصد) میزان هم‌بستگی بین DOC و روی آزاد در خاک افزایش یافت. این افزایش به جز خاک شماره ۲ در بقیه خاک‌ها معنی‌دار شد ($P<0/05$). با توجه به مقدار کم مواد آلی در خاک میزان DOC حاصل کم می‌باشد، بنابراین نقش کمتری در کنترل روی آزاد خواهد داشت. آنتونیادیس و آلووی (۱۱) دریافتند که با افزایش مواد آلی به خاک، مقدار DOC افزایش می‌یابد. این افزایش سبب کنترل بیشتر و هم‌بستگی بالاتر آن با عناصر سنگین در خاک می‌شود.

فعالیت روی دو ظرفیتی و مقدار آن در خاک توسط عوامل مختلفی کنترل می‌شود. از جمله این عوامل، مقدار کل روی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]

جدول ۴. هم‌بستگی بین DOC و روی آزاد در خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	پایان دوره ۲ ماه		پایان دوره ۶ ماه	
	مواد آلی بومی خاک	مواد آلی اضافه شده	مواد آلی بومی خاک	مواد آلی اضافه شده
خاک ۱	۰/۰۳۲۱ n.s	۰/۷۰۷**	۰/۱۵۷ n.s	۰/۷۰۲**
خاک ۲	۰/۵۷۵ n.s	۰/۴۲۸ n.s	۰/۳۸۷ n.s	۰/۵۷۴ n.s
خاک ۳	۰/۱۷۱ n.s	۰/۶۴۴**	۰/۲۰۵ n.s	۰/۶۷۵**
خاک ۴	۰/۷۲۱۹**	۰/۷۱۴**	۰/۸۲۸*	۰/۸۳۷*

* : معنی‌داری در سطح ۵ درصد ** : معنی‌داری در سطح ۱ درصد این اعداد مقادیر r^2 می‌باشد.

خاک، pH خاک و DOC خاک می‌باشد (۲۹). یکی از عوامل دیگری که بر کنترل روی دو ظرفیتی در خاک مؤثر است قدرت یونی محلول خاک می‌باشد (۱۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کنترل فعالیت روی آزاد و مقدار آن در محلول خاک احتمالاً وابسته به بخش جامد خاک می‌باشد (۱۴و ۱۵).

نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش شوری خاک سبب افزایش غلظت روی محلول گردید. به نظر می‌رسد دلیل اصلی این افزایش جایگزینی روی قابل تبادل از سطوح کلوییدی خاک باشد. مقدار این افزایش در خاک‌های مختلف با توجه به خصوصیات شیمیایی هر خاک متفاوت بود. روی محلول خاک در اثر افزایش ماده آلی به خاک نیز افزایش یافت. حضور کود گاوی در خاک سبب افزایش غلظت روی در خاک‌های مورد مطالعه شد. روی دو ظرفیتی در خاک‌های مورد مطالعه در اثر افزایش شوری خاک افزایش یافت. دلیل اصلی این افزایش احتمالاً افزایش روی کل محلول خاک باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد استفاده از کود سولفات روی و ماده آلی در خاک‌های شور سبب افزایش غلظت روی محلول شود. بنابراین احتمالاً دسترسی گیاه به این عنصر افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

۱. افیونی، م.، ر. مجتبی پور و ف. نوربخش. ۱۳۷۶. *خاک‌های شور و سدیمی (و اصلاح آنها)*. نشر ارکان، اصفهان.

۲. بلالی، م. ر.، م. ج. ملکوتی، ع. ضیائیان، ز. خوگر، ا. فرج نیا، م.کلهر، م.ا. لطف الهی، ا. گلچین، ع. مجیدی، ج. قادری و م.کاظمی طاچی. ۱۳۸۰. مقایسه روش‌های مختلف کاربرد عناصر کم مصرف بر عملکرد کمّی و کیفی گندم آبی استان‌های مختلف کشور. مجله علوم خاک و آب ۱۵(۲):۱۴۰-۱۵۲.

۳. حسینی، س.م. و ن. کریمیان. ۱۳۷۸. تأثیر شوری خاک بر عصاره پذیری روی قابل استفاده گیاهی. ششمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴. عبدل زاده، ا. و ن. صفاری. ۱۳۸۱. بررسی اثرات شوری بر رشد رویشی در یازده رقم و لاین گندم با تکیه بر انباشتگی یون‌ها. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۹(۲)۹۱-۱۰۳.

۵. کشاورز، پ. ۱۳۸۰. اثر منابع و مقادیر ازت بر غلظت کلرو سدیم در گندم تحت شرایط شور. مجله علوم خاک و آب ۱۵(۲):۲۳۲-۲۴۲.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]

۶. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. روی عنصر حیاتی و فراموش شده در چرخه حیات گیاه دام و انسان. مجله خاک و آب (ویژه نامه مصرف بهینه کود). ۱۲(۱۴):۵-۹.

۷. ملکوتی، م. ج.، پ. کشاورز، س. سعادت و ب. خلدبرین. ۱۳۸۱. *تغذیه گیاهان در شرایط شور*. انتشارات سنا، تهران.

۸. مهاجر میلانی، پ.، س. سعادت و ر. وکیل. ۱۳۷۹. *تغذیه گندم در شرایط شور استان قم*. مجموعه مقالات تغذیه متعادل گندم، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

9. Allison, J.D., D.S. Brown and K. J. Novo-Gradac. 1991. MINTEQA2/PRODEFA2: A Geochemical Assessment Model for Environmental Research Lab. USEPA, Athens.
10. Alvarez, J.M., J. Novillo and A. Obrador. 2004. Mobility and availability to plants of two zinc sources applied to a calcareous. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:564-572.
11. Antoniadis, V. and B. J. Alloway. 2002. The role of dissolved organic carbon in the mobility of Cd, Ni, and Zn in sewage sludge-amended soils. Environ. Pollut. 117:515-521.
12. Assadian, N.W. 2002. The chemistry of salinity on soils. Texas A & M research and extension. Available at http://riogrande.tamu.edu/2002_ElPasoWorkshop/Chemistry.pdf.
13. Casagrande, J.C.,L. R.F. Alleoni, O.A. Camargo and A.D. Arnone. 2004. Effects of pH and Ionic Strength on Zinc Sorption by a Variable Charge Soil. Commun in Soil Sci. and Plant Anal. 35: 2087-2095.
14. Cattlet, K.M., D.M. Heil, W.L. Lindsay and M.H. Ebinger. 2002. Chemical properties controlling Zn^{+2} activities in 18 Colorado soils. Soil Sci. Soci. of Am. J. 66:1182-1189.
15. Emmerich, W.E., L.J. Land, A.L. Page and A.C. Chang.1982. Predicted solution phase forms of heavy metals in sewage sludge-treated soils. J. Environ. Quality 11:182-186.
16. Fotovat, A. and R. Naidu. 1998. Changes in composition of soil aqueous phase influence the chemistry of indigenous heavy metals in alkaline sodic and acidic soils. Geoderma 84:213-234.
17. Hu, Y. and V. Schmidhalter. 2001. Effect of salinity and macronutrient levels on micronutrient in wheat. J. Plant Nutr. 24:273-281.
18. Kalayci, M. 1999. Grain yield zinc efficiency and zinc concentration of wheat cultivar grown in a zinc-deficient calcareous soil in field and green house. Field Crop Res. 63:87-98.
19. Khoshgoftarmanesh, A.H., B. Jaafari and H. Shariatmadari. 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. Seventeenth WCSS, Thailand.
20. Khoshgoftarmanesh, A.H., H. Shariatmadari, M. Kalbasi and L.Q. Ma. 2003. Effect of NaCl salinity and Zn-application on species of Cd and Zn in soil solution. Seventh International Conference on the Biogeochemistry of Trace Element, Uppsala, Sweden.
21. Khshogoftarmanesh, A.H., H. Shariatmadari, M. Kalbasi, N. Karimian and M.R. Khajehpour. 2003. Zinc efficiency of five different wheat cultivar in saline-calcareous soil. Seventh International Conference on the Biogeochemistry of Trace Element, Uppsala, Sweden.
22. Lores, E. and J. Pennock. 1998. The effect of salinity on binding of Cd, Cr, Cu and Zn to dissolved organic matter. Chemosphere 37:861-874.
23. McBride, M., S. Sauve and W. Hendershot. 1997. Solubility control of Cu, Zn, Cd and Pb in contaminated soils. European J. Soil Sci. 48:337-346.
24. Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch. 1991. Micronutrient in Agriculture. 2nd ed., Soil Science Society of America, INC. Madison, Wisconsin, USA.
25. Olsen, S.R., V. Cloe, F.S. Watnebe and L.A. Pean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA, 939, USA.
26. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1982. Method of Soils Analysis. part 2, Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed., America Society of Agronomy, Soil Science of America Publisher. Madison, Wisconsin, USA.
27. Rhoades, J.D., A. Kandiah and M. Mashali. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 48, Rome, Italy.
28. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agriculture Handbook, No: 60, Washington.
29. Stephan, C., F. Courchsne, W.H. Hendershot and S. Sauve. 2003. Speciation of zinc in soil solution. Seventh International Conference on the Biogeochemistry of Trace Element, Uppsala, Sweden.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.5.2]