محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

تأثیر سولفات آلومینیم و گوگرد به همراه تیوباسیلوس بر سنتیک آزادسازی روی درخاک آهکی

سمیرا رَوَن[۱]، ابراهیم سپهر[۲*]، رقیه حمزه نژاد[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[۳] فارغ‌التحصیل دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

به‌منظور بررسی سینتیک آزادسازی روی از خاک در حضور سولفات آلومینیم و گوگرد به همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس، آزمایش انکوباسیون به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ سطح تیمار (۰، ۳/۰، ۲/۱۶ و ۸ درصد وزنی) در مدت زمان ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ هفته در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس با ۳ تکرار انجام شد و مقدار روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش زمان انکوباسیون، میزان روی قابل استفاده گیاه افزایش یافت و در تیمار سولفات آلومنیوم و گوگرد با تیوباسیلوس به ترتیب در هفته‌های ششم و چهارم به حداکثر مقدار خود رسید. همچنین با افزایش مقدار سولفات آلومینیم، میزان روی قابل جذب گیاه افزایش یافت و بیشترین مقدار روی در تیمار ۸ درصد سولفات آلومینیم بدست آمد. در بین معادلات سینتیکی، معادلات تابع توانی و الوویچ با R^2 بالا و SE پایین برازش بهتری بر داده‌های آزمایشی داشتند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که میزان روی قابل استفاده گیاه علاوه بر نوع اصلاح کننده و میزان آن به مدت زمان انکوباسیون نیز بستگی دارد.

واژگان کلیدی: الوویچ، روی قابل عصاره‌گیری با DTPA، تابع توانی.

مقدمه

روی از ریز مغذی‌های ضروری برای موجودات زنده است که کمبود آن در خاک‌های زراعی ایران به دلیل ماهیت آهکی، pH بالا و مقدار کم ماده آلی بسیار معمول است (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). pH خاک بیشترین تأثیر را بر فراهمی و انحلال روی دارد و در خاک‌های آهکی با pH بالا، روی به صورت اکسید روی (zincite)، هیدروکسید روی ($Zn[OH]_2$) یا کربنات روی ($ZnCO_3$) رسوب می‌کند (Jacquat و همکاران ۲۰۰۸). از راهکارهای کاهش pH و درنتیجه افزایش فراهمی عناصر میکرو در خاک، استفاده از ترکیبات گوگردی از جمله اسید سولفوریک، گوگرد عنصری و همچنین ترکیبات سولفاتی مانند سولفات آهن و آلومنیوم می‌باشد (Tisdale و همکاران ۱۹۸۵).

توانایی خاک در آزادسازی عناصر، فاکتور مهمی در کنترل مقدار عناصر در محلول خاک و قابلیت استفاده آن‌ها برای گیاه است، به طوریکه میزان روی محلول، وابستگی شدیدی به سرعت آزاد سازی روی از ذرات جامد خاک به فاز محلول دارد. یکی از روش‌های شبیه سازی جذب ریشه استفاده از روش عصاره‌گیری DTPA می‌باشد و سرعت آزاد سازی روی از خاک توسط DTPA نشان‌دهنده سرعت عرضه روی به گیاه است (Reyhanitabar and Gilkes, 2010). غلظت روی محلول در خاک‌های آهکی ایران، با وجود بالا بودن میزان روی کل، بسیاراندک است، لذابررسی عوامل مهم کنترل‌کننده قابلیت دسترسی روی و مطالعه سینتیک آزادسازی روی بین فاز جامد و محلول خاک به منظور شناخت تحرّک، فراهمی، سرعت عرضه به گیاه و تحرّک در محیط زیست ضروری می‌باشد (Khaokaew و همکاران ۲۰۱۲). ریحانی تبار و کریمیان (۲۰۰۸) سینتیک آزادسازی روی در خاک آهکی را مورد مطالعه قرار داده و بیان کردند معادله مرتبه اول نمی‌تواند به صورت رضایت بخشی فرآیند سینتیک رهاسازی مس را توصیف کند، همچنین با بررسی رفتار وابسته به زمان روی در خاک‌ها دریافتند که معادله الوویچ بهترین معادله توصیف کننده رهاسازی روی از خاک است. Kuo و Mikkelsen

*ایمیل نویسنده مسئول: e.sepehr@urmia.ac.ir

(۱۹۸۰) گزارش کردند که سینتیک آزادشدن روی بوسیله DTPA از خاک‌ها می‌تواند بوسیله معادله تابع توانی به خوبی توصیف شود. Havlin و همکاران (۱۹۸۵) انطباق داده‌های سینتیکی با معادله الوویچ را تأیید کننده کنترل فرآیند رهاسازی بوسیله دیفیوژن دانستند. با توجه به کمبود روی در خاک‌های آهکی و اهمیت مدیریت تغذیه روی در جهت افزایش و پایداری تولیدات، هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر سطوح مختلف سولفات آلومینیم و گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس بر میزان آزادسازی روی قابل استفاده گیاه و تعیین قابلیت کاربرد مدل‌های گوناگون سینتیکی در توصیف آزادسازی روی از خاک در شرایط انکوباسیون بود.

مواد و روش‌ها

به منظور اجرای آزمایش خاکی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری دانشگاه ارومیه در سال ۹۷ نمونه برداری شد و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری جهت بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نظیر بافت به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، pH در سوسپانسیون ۱:۵ خاک و آب، کربن آلی به روش والکلی و بلک (Walky and Black, 1934) و کربنات‌کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Higgison and Reyment, 1992) اندازه‌گیری شد.

به منظور مطالعه تأثیر ترکیبات سولفات آلومنیوم و گوگرد عنصری بر سینتیک آزاد سازی روی در خاک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. تیمارهایی از گوگرد عنصری با ۲ درصد تیوباسیلوس و سولفات آلومنیوم در مقادیر ۰، ۰/۱۶، ۳/۲ و ۸ در صد وزنی به خاک اعمال شد. پس از مخلوط شدن تیمار با خاک، نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی ریخته شده و رطوبت نمونه‌ها با افزودن آب مقطر به صورت اسپری در رطوبت ظرفیت زراعی تنظیم شد. نمونه‌ها به مدت ۸ هفته در انکوباتور با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در طول مدت انکوباسیون، در صد رطوبت نمونه ثابت نگه داشته شد. مقدار روی قابل استفاده گیاه با روش DTPA در زمان‌های ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ هفته اندازه‌گیری شد. برازش غیر خطی داده‌های سینتیکی با استفاده از نرم‌افزار SOLVER انجام گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- معادلات سینتیکی استفاده شده

شماره	مدل	معادله
رابطه ۱	شبه درجه اول	$q_t = q_e[1 - \exp K_1 t]$
رابطه ۲	شبه درجه دوم	$q_t = \frac{K_2 q_e^2 t}{1 + K_2 q_e t}$
رابطه ۳	الوویچ	$q_t = \beta \ln(\alpha\beta) + \beta \ln(t)$
رابطه ۴	تابع توانی	$q_t = at^b$

q_t: مقدار روی قابل استفاده گیاه در زمان t؛ q_0: مقدار روی قابل استفاده گیاه در زمان اولیه t_0؛ t: زمان؛ K_1، K_2، a، b، α، β: ثابت‌های معادلات.

برای برازش بهتر بین نتایج حاصل از آزمایش و نتایج تخمینی توسط مدل، از اشتباه استاندارد (SE) (رابطه ۱۶) استفاده شد:

$$SE=((qe-qm)^2/n-2)^{0.5} \quad (۱)$$

q_e و q_m به ترتیب مقدار روی قابل‌جذب گیاه (میلی‌گرم بر گرم) بر اساس داده‌های حاصل از آزمایش و داده‌های تخمینی حاصل از مدل و n تعداد زمان اندازه‌گیری می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SPSS، مقایسه میانگین با آزمون S-N-K در سطح ۵ درصد و رسم شکل‌ها توسط Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

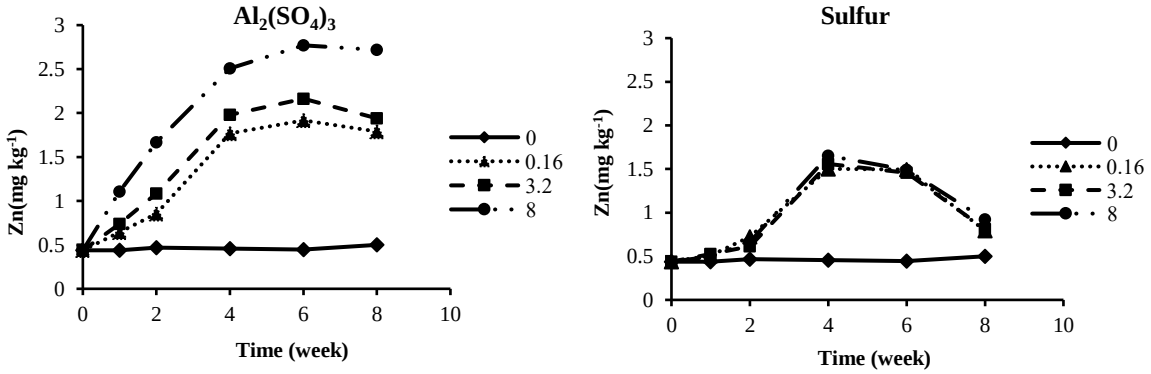
خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی شنی و pH قلیایی با مقدار کربنات کلسیم ۱۹/۵ درصد بود (جدول ۲). غلظت روی قابل جذب با DTPA قبل از اعمال تیمار به میزان ۰/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که کمتر از حد بهینه آن در خاک (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه.

بافت خاک	کربنات‌کلسیم معادل (٪)	کربن‌آلی (٪)	روی‌کل (mg kg-1)	روی قابل‌جذب (mg kg-1)	pH
لومی‌شنی	۱۹/۵	۰/۵۹	۹۳	۰/۵۹	۷/۶۹

با افزایش مقدار سولفات آلومنیوم، مقدار روی قابل استفاده گیاه افزایش یافت. بیشترین مقدار روی قابل استفاده گیاه در تیمار ۸ درصد و کمترین مربوط به تیمار ۰/۱۶ مشاهده شد (شکل ۱). به طوریکه مقدار روی قابل استفاده گیاه در تیمارهای ۰/۱۶، ۳/۲ و ۸ به ترتیب به میزان ۴۷، ۶۸ و ۱۵۲ در صد در هفته اول؛ ۸۲، ۱۳۱ و ۲۵۶ در صد در هفته دوم؛ ۲۸۷، ۳۳۳ و ۴۴۹ در صد در هفته چهارم، ۳۳۱، ۳۸۶ و ۵۲۳ درصد در هفته ششم و ۲۵۸، ۲۸۸ و ۴۴۴ درصد در هفته هشتم در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۳). مقدار Zn-DTPA در هفته ششم از انکوباسیون به حداکثر مقدار خود رسید، اما در برخی از تیمارها این افزایش در بازه هفته چهارم تا هشتم معنادار نبود (جدول ۳). دلیل افزایش روی قابل استفاده گیاه در نتیجه استفاده از تیمار سولفات آلومنیوم را می‌توان به رقابت یون‌های Al^{3+} با یون‌های Zn^{2+} بر سر مکان‌های تبادلی نسبت داد. Rupa و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که افزایش غلظت نمک میزان آزاد سازی روی را افزایش می‌دهد. افزایش غلظت نمک سبب کاهش قدرت نگهداری و جذب روی می شود که می‌تواند نا شی از رقابت یون‌ها برای اشغال سطوح تبادلی باشد.

در تیمار گوگرد به همراه تیوباسیلوس، مقادیر مختلف گوگرد تاثیر معناداری بر روی قابل استفاده گیاه نداشت، اما افزایش زمان انکوباسیون منجر به افزایش معنادار ($p<۰/۰۵$) روی قابل استفاده گیاه شد به طوریکه بیشترین مقدار در هفته چهارم مشاهده گردید (جدول۳). مقدار Zn-DTPA در تیمار ۰/۱۶، ۳/۲ و ۸ به ترتیب از ۱۶، ۲۰ و ۱۳ درصد در هفته اول به ۲۲۹، ۲۴۱ و ۲۶۲ درصد در هفته چهارم افزایش یافت. به غیر از تیمار ۸ درصد گوگرد، حداکثر روی قابل استفاده گیاه در هفته چهارم تا ششم معنادار نبود (جدول۳). Modaihsh و همکاران (۱۹۸۹) تأثیر گوگرد عنصری با نسبت ۰، ۰/۵، ۱/۵ و ۳ درصد را در مدت ۱۸ هفته از انکوباسیون در خاک آهکی مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که نسبت‌های مختلف گوگرد عنصری بر غلظت روی تأثیری نداشت اما غلظت روی عصاره‌گیری شده با DTPA در هفته ششم به بالاترین مقدار خود رسید.



شکل ۱- مقدار روی قابل جذب گیاه در نسبت‌های مختلف سولفات آلومینیم و گوگرد در زمان‌های مختلف

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیرتیمارها در روی قابل جذب گیاه(آزمون S-N-K در سطح ۵ درصد)

تیمار	درصد	میانگین روی قابل استفاده گیاه ($mg\ kg^{-1}$)				
		زمان انکوباسیون (هفته)				
		۱	۲	۴	۶	۸
سولفات آلومینیم	۰	۰/۴۴ eA	۰/۴۶ eA	۰/۴۶ fA	۰/۴۴ eA	۰/۵۰ dA
	۰/۱۶	۰/۶۴ cB	۰/۸۵ cB	۱/۷۷ cA	۱/۹۱ cA	۱/۷۹ bA
	۳/۲	۰/۷۴ bD	۱/۰۸ bC	۱/۹۸ bB	۲/۱۶ bA	۱/۹۴ bB
	۸	۱/۱۱ aD	۱/۶۶ aC	۲/۵ aB	۲/۷۷ aA	۲/۷۲ aA
گوگرد به همراه تیوباسیلوس	۰	۰/۴۴ eA	۰/۴۶ eA	۰/۴۶ fA	۰/۴۴ eA	۰/۵ dA
	۰/۱۶	۰/۵۱ dC	۰/۷۲ cdB	۱/۵ eA	۱/۴۹ dA	۰/۸ cB
	۳/۲	۰/۵۳ dC	۰/۶۲ dC	۱/۵۶ eA	۱/۴۵ dA	۰/۸۱ cB
	۸	۰/۴۹ dE	۰/۶۶ dD	۱/۶۵ dA	۱/۴۹ dB	۰/۹۲ cC

* میانگین‌های با حروف بزرگ مشابه در هر ردیف در طول زمان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* میانگین‌های با حروف کوچک مشابه در هر ستون (بین تیمارها) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

برازش غیرخطی داده‌های آزمایشی با معادلات سینتیکی در جدول ۴ آورده شده است. مقایسه ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد برآورد (SE) نشان داد که معادله‌های تابع توانی و الوویچ دارای بیشترین ضرایب تبیین و کمترین خطای استاندارد برآورد بودند و توانایی توصیف سرعت آزادسازی روی را داشتند. توانایی مدل تابع توانی در توصیف آزادشدن روی در مطالعات بسیاری گزارش شده است (Kuo and Mikkelsen, 1980; Reyhanitabar and Gilkes, 2010؛ Dang و همکاران ۱۹۹۴). Rupa و همکاران (۲۰۰۰) معادله‌های سینتیکی مختلفی چون مرتبه اول، پخشیدگی دوگانه، سهموی، الوویچ و تابع توانی را جهت توصیف آزادسازی روی به کار بردند و معادله الوویچ را با بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای استاندارد به عنوان بهترین معادله گزارش کردند. غلامی و همکاران (۱۳۹۰) سینتیک آزادسازی روی را در خاک‌های مختلف استان گلستان با استفاده از عصاره‌گیر مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که بهترین مدل جهت توصیف آزادسازی روی مدل تابع توانی و الوویچ ساده شده بود. Reyhanitabar و Gilkes (۲۰۱۰) انطباق داده‌های آزادسازی روی را به هر دو مدل پخشیدگی پارابولیک و الوویچ را بیانگر کنترل احتمالی آزادسازی روی از خاک توسط پدیده پخشیدگی یا دیفیوژن بیان کردند.

در معادله الوویچ β نشان‌دهنده سرعت آزادسازی روی ($mgZn\ kg^{-1}\ h^{-1}$) و ثابت αنشان‌دهنده میزان آزادسازی روی ($mgZn\ kg^{-1}$) است (Bedrossian and Singh, 2004). ضرایب β و α در تیمارهای سولفات آلومنیوم و گوگرد به همراه تیوبا سیلوس افزایش یافت، ولی این افزایش در تیمار گوگرد به همراه تیوباسیلوس معنادار نبود (جدول ۴). Bedrossian و Singh (۲۰۰۴) بیان کردند که ثابت α در معادله الوویچ مربوط به آزادسازی عنصر از سطوح خارجی و مکان‌های با انرژی جذب پایین و ثابت (β/۱) نشانگر آزادسازی عنصر از سطوح داخلی و مکان‌هایی با انرژی جذب بالا است که توسط پخشیدگی کنترل می‌شود.

ضریب a در معادله تابع توانی نشان دهنده تعداد سطوحی است که امکان آزاد شدن روی از آن‌ها وجود دارد و ضریب b نشان دهنده تمایل روی برای جذب شدن روی این سطوح است (Reyhanitabar and Gilkes, 2010). با اعمال تیمارهای ۰/۱۶، ۳/۲ و ۸سولفات آلومنیوم ضریب a به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۸۹ و ۱/۲۸ و ضریب b به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۴۴ و ۰/۴۰ بدست آمد که بیانگر افزایش ضریب a و کاهش ضریب b با اعمال تیمارهای فوق است (جدول۴). دانگ و همکاران (۱۹۹۴) گزارش‌کردند که احتمالاً افزایش در مقدار ضریب a و کاهش در مقدار ضریب b نشان دهنده افزایش در میزان آزاد شدن عناصر غذایی است. تغییرات قابل توجهی در ضرایب a و b در تیمار گوگردی مشاهده نشد.

جدول ۴- پارامترهای مورد بررسی در مدل‌های سینتیکی استفاده شده

معادله سینتیکی	پارامتر	شاهد	سولفاتآلومینیم			گوگرد به همراه تیوباسیلوس		
			۰/۱۶	۳/۲	۸	۰/۱۶	۳/۲	۸
شبه درجه اول	q_e	۰/۴۴	۲/۰۵	۲/۲۰	۲/۸۷	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۳۴
	K_1	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۶
	R^2	۰/۵۰	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۷
	SE	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۱
شبه درجه دوم	q_e	۰/۴۴	۲/۷۸	۲/۹	۳/۶۶	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۵۵
	K_2	۶۳۶	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۲
	R^2	۰/۵۰	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۵
	SE	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۴۳
الوویچ	α	۱۳	۳/۷۱	۴/۱۷	۴/۴۶	۱۶/۷	۱۶/۶۶	۱۷/۱۱
	β	۰/۰۳	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۸۵	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۹
	R^2	۰/۷۹	۰/۹۶	۰/۸۹	۰/۹۹	۰/۷۸	۰/۶۸	۰/۸۰
	SE	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۳۸
تابع توانی	a	۰/۴۵	۰/۷۴	۰/۸۹	۱/۲۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۹
	b	۰/۰۳	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۲
	R^2	۰/۵۲	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۸	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۸۳
	SE	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۱۹

نتیجه‌گیری

با افزایش مقدار سولفات آلومنیوم مقدار روی قابل ا ستفاده گیاه افزایش یافت و در هفته ش شم به بی شترین مقدار خود ر سید. اســـتفاده از نســـبت‌های مختلف تیمار گوگرد به همراه تیوباســـیلوس تأثیری بر روی قابل اســـتفاده نداشـــت اما با افزایش مدت زمان انکوباســـیون تاثیر گوگرد بر Zn-DTPA معنادار ($p<۰/۰۵$) شـــد و در هفته چهارم به حداکثر مقدار خود رســـید. داده‌ها با مدل‌های سینتیکی الوویچ و تابع توانی با بالاترین ضریب تبیین و کمترین SE برازش بهتری داشتند. اعمال تیمار سولفات آلومنیوم باعث افزایش ضرایب α و β معادله الوویچ و ضریب a معادله تابع توانی شد. ضرایب معادلات سنتیکی در تیمارهای مختلف گوگرد اختلاف معناداری را با یکدیگر نشان ندادند. تیمار حاوی ۸ درصد سولفات آلومینیم بهترین عملکرد را در آزادسازی روی قابل استفاده گیاه در خاک نشان داد.

فهرست منابع

شهبازی، ک. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. برر سی اجمالی و ضعیت حا صلخیزی خاکه‌ای کشاورزی ایران، مجله علمی ترویجی مدیریت اراضی، جلد۱ شماره۱.

غلامی، ل. ۱۳۹۰. اثر همزیستی میکوریزا آربا سکولار، سطوح روی و ماده آلی بر شکلهای شیمیایی روی در یک خاک آهکی و پاسخ‌های گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد بخش علوم خاک،دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

Bedrossian, S. and Singh, B. 2004. Kinetics of potassium release from vertisoils from northern NSW. In: 3rdAustralianNew Zealand Soils Conference, December. University of Sydney, NSW. (The Regional Institute: Gosford, NSW).

Dang, Y.P., Dalal, R.C., Edwards, D.G. and Tiller, K.G. 1994. Kinetics of zinc desorption from Vertisols. Soil Science Society of America Journal, 58(5), 1392-1399.

Gee, G.W. and Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis 1(No. methodsofsoilan1, pp. 383-411). Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

Havlin, J.L., Westfall, D.G. and Olsen, S. R. 1985. Mathematical Models for Potassium Release Kinetics in Calcareous Soils 1. Soil Science Society of America Journal, 49(2), 371-376.

Jacquat, O., Voegelin, A., Villard, A., Marcus, M.A. and Kretzschmar, R. 2008. Formation of Zn-rich phyllosilicate, Zn-layered double hydroxide and hydrozincite in contaminated calcareous soils. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72(20), 5037-5054.

Khaokaew, S., Landrot, G., Chaney, R.L., Pandya, K. and Sparks, D. L. 2012. Speciation and release kinetics of zinc in contaminated paddy soils. Environmental science & technology, 46(7), 3957-3963.

Kuo, S. and Mikkelsen, D. S. 1980. Kinetics of zinc desorption from soils. Plant and Soil, 56(3), 355-364.

Modaihsh, A.S., Al-Mustafa, W.A. and Metwally, A. I. 1989. Effect of elemental sulphur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and soil, 116(1), 95-101.

Rayment, G.E. and Higginson, F. R. 1992. Australian laboratory handbook of soil and water chemical methods. Inkata Press Pty Ltd.

Reyhanitabar, A. and Gilkes, R. J. 2010. Kinetics of DTPA extraction of zinc from calcareous soils. Geoderma, 154(3-4), 289-293.

Reyhanitabar, A. and Karimian, N. 2008. Kinetics of copper desorption of selected calcareous soils from Iran. Am Eur J Agric Environ Sci, 4(3), 287-293.

Rupa, T.R., Tomar, K.P., Reddy, D.D. and Rao, A.S. 2000. Time-dependent zinc desorption in soils. Communications in soil science and plant analysis, 31(15-16), 2547-2563.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J. D. and Havlin, J.L. 1985. Soil and fertilizer potassium. Soil fertility and fertilizers, 4,249-291.

Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1), 29-38.

Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation

Effect of aluminum sulfate and sulfur with *tiobacillus* on kinetics of zinc release from a calcareous soil

Ravan[1], S., Sepehr[2*], E. and Hamzenejad[3], R.

1) MSc Student, Department of Soil Science, Urmia University, Urmia, Iran

2) Associate Professor, Department of Soil Science, Urmia University, Urmia, Iran

3) PhD Graduated, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract

In order to study the kinetics of zinc release from a calcareous soil treated with aluminum sulfate and sulfur with *tiobacillus* inoculum, an incubation experiment was carried out in a completely randomized design (CRD) with four levels (0, 0.16, 3.2 and 8 wt%) in three replications. The amount of zinc extracted by DTPA was measured at 1, 2, 4, 6 and 8 weeks. The results showed that the amount of Zn-DTPA increased with increasing incubation time, and the maximum Zn-DTPA was obtained at 6 and 4 weeks in the aluminum sulfate and sulfur with *tiobacillus* treatment, respectively. Also, the amount of Zn-DTPA increased with increasing the amount of aluminum sulfate, and the highest amount of Zn-DTPA was obtained at 8% aluminum sulfate. Among the kinetic equations, the fractional power and Elovich equations (with higher R^2 and lower SE) were better fitted to experimental data. Finally, it was conducted that the rate of Zn release from soil depends on the type and amount of the amendment, and incubation time.

Key words: Elovich, Zn-DTPA, fractional power.

* Corresponding author, Email: e.sepehr@urmia.ac.ir