تأثیر آلودگی سرب و روی، غرقاب و کود فسفر بر سینتیک فسفر قابل‌استخراج از یک خاک آهکی

سنیه مردمی[۱*]، نصرت‌اله نجفی[۲]، عادل ریحانی‌تبار[۲]
به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
s.mardomi@tabrizu.ac.ir

چکیده

برای بررسی تأثیر آلودگی سرب (Pb)، غرقاب و مصرف کودهای فسفر (P) و روی (Zn) بر سینتیک P قابل‌استخراج از یک خاک آهکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با فاکتورهای مدت غرقاب در شش سطح ۰/۱، ۲، ۶، ۱۲، ۳۶ و ۷۲ روز، Zn در دو سطح ۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، P در دو سطح ۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و Pb در دو سطح ۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و با دو تکرار اجرا شد. در پایان هر یک از زمان‌های غرقاب، P قابل‌استخراج خاک با عصاره‌گیر سلطانپور و شواب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مصرف P، سبب افزایش P قابل‌استخراج خاک گردید. با افزایش مدت غرقاب شدن خاک، P قابل‌استخراج به‌طور معناداری افزایش یافت و بیشترین افزایش با کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم P بر کیلوگرم خاک پس از ۷۲ روز غرقاب به مقدار ۷۱ درصد بود. با افزودن Zn و Pb به خاک، P قابل‌استخراج کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: سرب، روی، غرقاب، فسفر قابل‌استخراج

مقدمه

امروزه آلودگی به فلزات سنگین و به دنبال آن تجمع این فلزات در گیاهان و حیوانات علاوه‌بر آسیب‌های جدی بر سلامت این جانداران، مصرف فرآورده‌های آنها را برای مصرف کننده نهایی یعنی انسان مخاطره‌آمیز کرده است. مدیریت تغذیه گیاه از طریق کاربرد کودها یک راهکار مناسب برای محدود کردن ورود فلزات سنگین در زنجیره غذایی و افزایش تحمل گیاه به سمیت Pb است. سازوکارهای مختلفی به اثرهای اصلاح‌کنندگی P در غیرمتحرک‌سازی Pb در خاک نسبت داده می‌شود که شامل رسوب Pb و فسفات، تشکیل کمپلکس سطحی و واکنش‌های تبادل یونی در سطح کانی‌های فسفات می‌باشد که انجام هر یک از واکنش‌های فوق به ویژگی‌های خاک و منبع P مورد استفاده بستگی دارد (Wang, et al., 2009). تغییرات P قابل‌استخراج خاک تحت تأثیر عامل‌های مختلفی از جمله دما، رطوبت خاک، زمان واکنش، pH، میزان آهک، مواد آلی، میزان و نوع رس، میزان P قابل‌جذب و افزوده شده به خاک و کاتیون‌های فلزی مانند Zn و Pb قرار می‌گیرد (Sathya, et al., 2009; Barrow, 1989). روی یک عنصر کم‌مصرف ضروری برای رشد طبیعی و تولید مناسب گیاهان زراعی است ولی در غلظت‌های زیاد برای گیاه سمی است و اختلال در جذب آن در خاک‌های غرقاب و آلی بیشتر محسوس است (Subrahmanyam, et al., 1991) غرقاب بودن خاک که برای کشت گیاهانی مانند برنج امری ضروری است می‌تواند شرایط فیزیکی‌شیمیایی خاک را تغییر دهد (Kirk, et al., 1989). همچنین، رطوبت خاک می‌تواند از طریق تأثیر بر فعالیت‌های آنزیمی ماند آنزیم فسفاتاز P قابل‌استخراج را تغییر دهد (Sardans and Penuelas, 2004). اطلاعات در زمینه شیمی P در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که ایران هم جزو این مناطق است، محدود می‌باشد. اطلاع از سرنوشت کود P مصرف شده در خاک می‌تواند در افزایش بازیابی کود و بهبود تغذیه گیاه مؤثر باشد. همچنین، اثر متقابل Zn و P و Pb و P بر P قابل‌استخراج خاک می‌تواند تحت تأثیر شرایط آزمایش قرار گیرد. با توجه به مطالب پیش گفته شده، تحقیق حاضر برای تأثیر آلودگی Pb، غرقاب و مصرف کودهای P و Zn بر سینتیک P قابل‌استخراج از یک خاک آهکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

خاک لازم برای انجام این تحقیق از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر مزرعه‌ای واقع در روستای اسپیران در شمال غرب تبریز با طول جغرافیایی (″۵۳ ′۱۹ °۴۶ شرقی) و عرض جغرافیایی (″۵۷ ′۱۵ °۳۸ شمالی) تهیه و پس از هواخشک نمودن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با چهار فاکتور مدت غرقاب در شش

سطح (۰/۱، ۲، ۶، ۱۲، ۳۶ و ۷۲ روز)، Zn در دو سطح (۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم Zn بر کیلوگرم خاک)، P در دو سطح (۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم P بر کیلوگرم خاک خشک) و Pb در دو سطح (۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم Pb بر کیلوگرم خاک خشک) و با دو تکرار در سال ۱۳۹۴ در شرایط آزمایشگاهی انجام گردید. مقدار ۱۰ گرم خاک خشک با ترازوی ۰/۰۰۱± گرم توزین و پس از اعمال فاکتورها در داخل ظرف‌های پلی‌اتیلنی ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با ۵۰ میلی‌لیتر آب غرقاب شد. سطح آب در روی نمونه‌های خاک دو تا سه سانتی‌متر بود. درب ظرف‌ها بسته شد و برای تبادل هوا سوراخ کوچکی در آن ایجاد شد (نجفی و توفیقی ۱۳۹۰). در پایان ۰/۱، ۲، ۶، ۱۲، ۳۶ و ۷۲ روز پس از غرقاب، عصاره‌گیری با روش Soltanpour وSchwab (۱۹۷۷) انجام و غلظت P معدنی موجود در داخل عصاره‌ها به‌روش اسید آسکوربیک یا روش آبی مولیبدوفسفریک با دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectronic-100, Shimadzu, Japan) و در طول موج ۷۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Kuo, 1996). تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود خاک مذکور دارای بافت لوم رسی‌شنی و آهکی و بدون مشکل شوری یا قلیائیت بود. همچنین مقدار P و Zn قابل‌جذب آن کمتر از سطح بحرانی مورد نیاز برای بسیاری از گیاهان زراعی بود (P و Zn قابل‌جذب به‌ترتیب کمتر از ۱۰ و کمتر از ۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) (Jones, 2001). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود اثرهای اصلی مدت غرقاب، Pb، Zn و P و اثرهای متقابل هر چهار فاکتور بر P قابل‌استخراج معنادار بودند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

گروه بافت	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	CCE (٪)	کربن آلی (٪)	(٪)SP	(٪)FC	PWP (٪)	pH (۱:۱)	EC(۱:۱) (dS/m)
لوم رسی شنی	۴۷	۲۳	۳۰	۱۵/۲۵	۰/۵۸۵	۴۴/۴	۱۸/۵	۸/۵	۸	۰/۴۷

CCE: کربنات کلسیم معادل

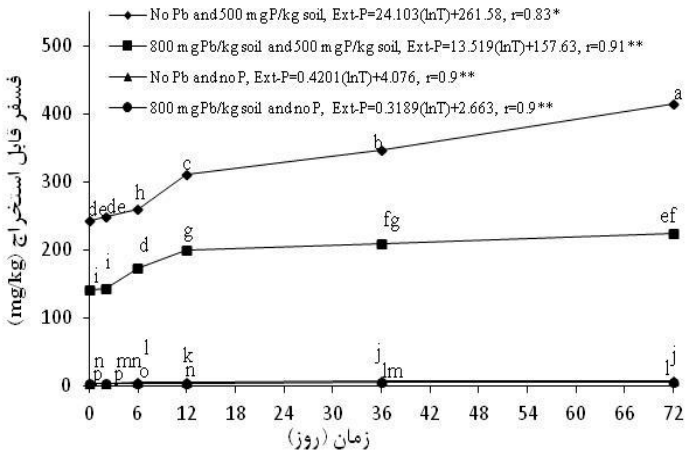
شکل‌های ۱ تا ۳ نشان می‌دهند که بیشترین میزان P قابل‌استخراج از تیمارهایی به‌دست آمد که P به‌میزان ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک مصرف شده بود. با افزایش مدت غرقاب شدن خاک P قابل‌استخراج افزایش یافت و این افزایش در هر دو شرایط با و بدون مصرف P مشاهده گردید. شکل‌های ۱ و ۳ نشان می‌دهند که افزایش P قابل‌استخراج در شرایط مصرف P قابل‌ملاحظه بود (بیش از ۶۰ درصد). نجفی و توفیقی (۱۳۹۰) گزارش دادند که پس از غرقاب شدن خاک‌های اسیدی و قلیایی مورد مطالعه، غلظت P قابل‌جذب آن‌ها به‌طور میانگین ۲/۳ برابر افزایش یافت. افزایش P قابل‌جذب خاک پس از غرقاب معمولاً به کاهش فسفات فریک به شکل فسفات فرو محلول‌تر و آبکافت ترکیبات فسفات نسبت داده شده است و همچنین، انحلال پوشش هیدروکسید آهن بر اثر ایجاد شرایط کاهشی در خاک و آزاد شدن P محبوس شده در زیر این پوشش‌ها باعث افزایش P قابل‌جذب خاک می‌گردد (Patrick and Reddy, 1978; Narteh and Sahrawat, 1999). در شرایط آلودگی خاک به Pb (۸۰۰ میلی‌گرم Pb بر کیلوگرم خاک) در هر دو حالت با و بدون افزودن P، P قابل‌استخراج به‌طور میانگین به‌ترتیب ۶۷ و ۴۹ درصد نسبت به خاک بدون Pb کمتر بود (شکل ۱). این کاهش به دلیل واکنش‌های رسوب P و Pb در خاک به‌ویژه در غلظت‌های بالا می‌باشد که این امر احتمالاً سبب کاهش Pb قابل‌استخراج در خاک شده و در کاهش آلودگی Pb خاک مؤثر می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر فسفر قابل‌استخراج خاک

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
مدت غرقاب	۵	۰/۱۵۵**
سرب	۱	۰/۹۶**
مدت غرقاب × سرب	۵	۰/۰۰۲**
روی	۱	۰/۰۰۸**
مدت غرقاب × روی	۵	۰/۰۰۳**
سرب × روی	۱	۰/۸۰۰۷**
مدت غرقاب × سرب × روی	۵	۰/۰۰۰**
فسفر	۱	۷۵/۹۸۱**
مدت غرقاب × فسفر	۵	۰/۰۰۳**
سرب × فسفر	۱	۰/۰۱۲**
مدت غرقاب × سرب × فسفر	۵	۰/۰۰۱**
روی × فسفر	۱	۰/۰۱۴**
مدت غرقاب × روی × فسفر	۵	۰/۰۰۵**
سرب × روی× فسفر	۱	۰/۰۰۵**
مدت غرقاب × سرب × روی × فسفر	۵	۰/۰۰۱**
خطای آزمایشی	۴۸	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۰/۱

** معنادار در سطح احتمال ۱٪

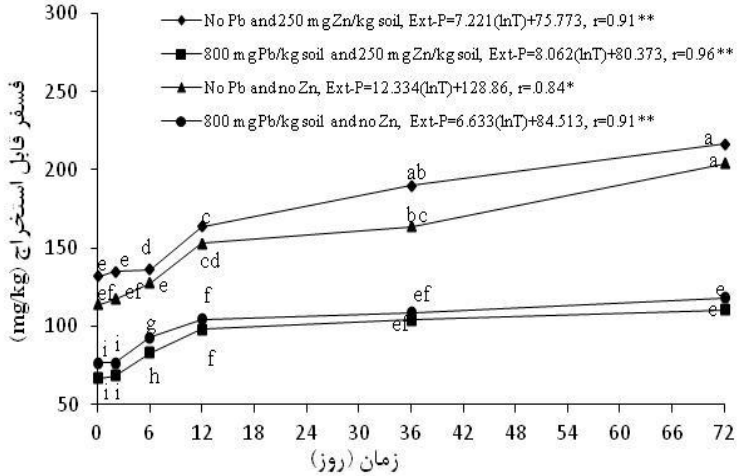
بسته به ویژگی‌های خاک (اسیدی یا آهکی) و منبع P مورد استفاده، سازوکارهای مختلفی به اثرهای اصلاح‌کنندگی P در غیرمتحرک‌سازی فلزات سنگین مانند Pb و Zn در خاک‌ها نسبت داده می‌شود. برخی از این سازوکارها شامل رسوب این فلزات سنگین با P، تشکیل کمپلکس سطحی و انحلال هیدروکسی آپاتیت و رسوب مجدد می‌باشد (Chen, et al., 2007). در شرایط مصرف P، P قابل‌استخراج با افزایش مدت غرقاب از ۲۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز اول غرقاب با ۶۶ درصد افزایش به ۴۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز آخر غرقاب در شرایط بدون Pb افزایش یافت (شکل ۱) و در شرایط آلودگی Pb (۸۰۰ میلی-گرم بر کیلوگرم) با ۵۷ درصد افزایش از ۱۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به ۲۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک رسید (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات فسفر قابل‌استخراج برای ترکیب‌های تیماری مدت غرقاب، سرب و فسفر.

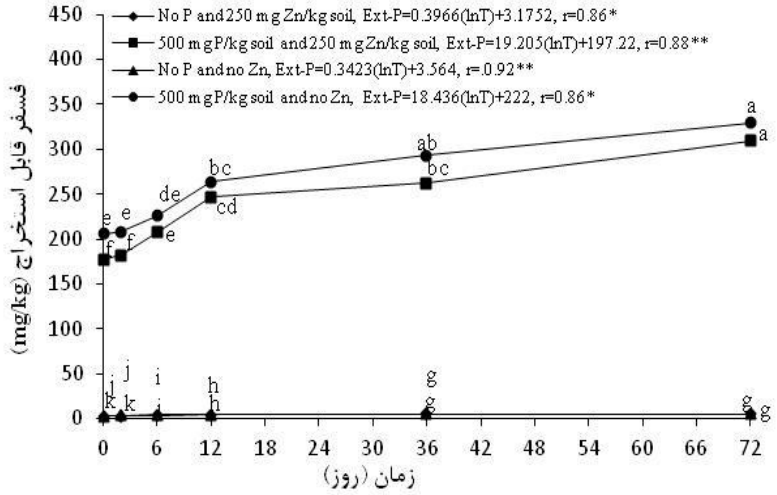
تحلیل رگرسیونی نشان داد که بین زمان (T) و P قابل‌استخراج (Ext-P) در تمام موارد یک رابطه لگاریتمی معنادار با ضریب همبستگی بالا وجود داشت (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). رابطه لگاریتمی بین زمان و P قابل‌استخراج نشان داد که اثر زمان بر P قابل-استخراج تجمعی نبوده و بعد از مدتی P مصرف شده با شرایط خاک به تعادل می‌رسد (Rimmer, et al., 1993). همراه شدن Zn و

Pb باعث کاهش در P قابل‌استخراج خاک گردید به‌طوری‌که P قابل‌استخراج با مصرف ۲۵۰ میلی‌گرم Zn بر کیلوگرم در خاک دارای آلودگی Pb (۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) نسبت به عدم مصرف Zn در این خاک، حدود ۸ درصد کمتر بود (شکل ۲) که احتمالاً ناشی از رسوب P با Zn و Pb بود. همچنین، شکل ۳ نشان می‌دهد که در شرایط عدم مصرف P، با مصرف یا عدم مصرف Zn به‌ترتیب ۸۵ و ۶۵ درصد کاهش در P قابل‌استخراج بعد از ۷۲ روز غرقاب در مقایسه با روز اول مشاهده گردید. پس از غرقاب، pH، EC، Eh، تشکیل رسوب‌های عناصر، غلظت عناصر مختلف در محلول خاک و قابلیت جذب آنها به‌طور معناداری تغییر می‌کند (نجفی و توفیقی، ۱۳۸۰؛ Ponnamperuma, 1972) که در نهایت منجر به افزایش P قابل‌استخراج خاک گردید. کاهش P قابل‌استخراج در شرایط حضور Zn و Pb در خاک احتمالاً به‌علت غیرمتحرک شدن P طی فرایندهای جذب سطحی و رسوب (Sathya, et al., 2009) می‌باشد که با نتایج Turner و Haygarth (۲۰۰۳) مطابقت داشت.



شکل ۲- تغییرات فسفر قابل‌استخراج برای ترکیب‌های تیماری مدت غرقاب، سرب و روی.

غیرمتحرک شدن P در خاک به رطوبت خاک، فعالیت میکروبی، درصد مواد آلی و نسبت کربن به P مواد آلی بستگی دارد (Havlin, et al., 2004). مصرف ۲۵۰ میلی‌گرم Zn بر کیلوگرم خاک P قابل‌استخراج را شدیداً کاهش داد و این کاهش در تمام زمان‌های غرقاب در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود (شکل‌های ۲ و ۳). کاهش P قابل‌استخراج خاک با مصرف Zn به‌وسیله مطلبی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش شده است. در تمام زمان‌های غرقاب، تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم Zn بر کیلوگرم خاک و بدون مصرف P کمترین و تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم P بر کیلوگرم خاک و بدون مصرف Zn بیشترین P قابل‌استخراج را داشتند (شکل ۳).



شکل ۳- تغییرات فسفر قابل‌استخراج برای ترکیب‌های تیماری مدت غرقاب، فسفر و روی.

رسوب P با Zn یکی از عامل‌هایی است که باعث کاهش قابلیت استخراج هر دو عنصر می‌شود (Mandal, and Haldar, 1980; Takkar, et al., 1985). نتایج متفاوت و گاهاً متناقضی در مورد اثر مصرف Zn و P بر قابلیت استخراج یکدیگر گزارش شده است که به منبع P و Zn و کاتیون‌های همراه آنها، pH و رطوبت بستگی دارد. تأثیر منفی Zn و P بر قابلیت جذب همدیگر توسط Trehan و Sharma (۲۰۰۰)، Barben و همکاران (۲۰۱۰) و عروجی و گلچین (۱۳۹۱) نیز گزارش شده است. در این تحقیق‌ها عواملی مانند افزایش رسوب Zn با P، افزایش جذب سطحی Zn به دلیل تغییرات بار سطحی سطوح بر اثر بار منفی P، تأثیر نوع کاتیون همراه P و pH بر برهمکنش Zn و P مؤثر دانسته شده‌اند. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که عامل‌های متعددی از جمله مقدار رطوبت خاک، میزان کود P و Zn مصرفی و وجود آلودگی Pb در خاک می‌توانند بر قابلیت استخراج P تأثیرگذار باشند و کاهش P قابل‌استخراج با افزودن Pb و غلظت بالای Zn در خاک را می‌توان به رسوب این عناصر با P نسبت داد و آن را به عنوان روشی برای محدود کردن ورود فلزات سنگین در زنجیره غذایی از طریق مدیریت تغذیه گیاه دانست.

منابع

عروجی، ه. و گلچین، ا. ۱۳۹۱. تأثیر روی، منگنز و مس بر عملکرد غده و فسفر و آهن در برگ و غده سیب‌زمینی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۱۶، شماره ۶۱، صفحه‌های ۲۲۱ تا ۲۲۹.

مطلبی‌فرد، ر.، نجفی، ن. و اوستان، ش. ۱۳۹۳. اثر شرایط مختلف رطوبت خاک و کودهای روی و فسفر بر فسفر قابل‌استخراج یک خاک آهکی. نشریه دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۲، صفحه‌های ۲۲۷ تا ۲۴۱.

نجفی، ن. و توفیقی، ح. ۱۳۸۰. تعیین شکلهای مختلف روی و رابطه آنها با روی قابل استفاده و تغییرات آنها پس از غرقاب در چند خاک شالیزاری شمال ایران. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

نجفی، ن و توفیقی، ح. ۱۳۹۰. اثر رژیم رطوبتی و کود فسفر بر فسفر قابل‌جذب و شکل‌های فسفر معدنی در برخی خاک‌های شالیزاری شمال ایران. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۲، شماره ۲، صفحه‌های ۱ تا ۱۴.

Barben, S.A., Hopkins, B.G., Jolley, V.D., Webb, B.L. and Nicholas, B.A. 2010. Phosphorus and zinc interactions in chelator- buffered solution grown russet Burbank potato. Journal of Plant Nutrition, 33: 587-601.

Barrow, N.J. 1989. Relating chemical processes to management systems. Pp. 199-211. Proceeding of a Symposium on Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania. 6-10 March, International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Philippines

Chen, S.B., Xu, M.G., Ma, Y.B. and Yang, J.C. 2007. Evaluation of different phosphate amendments on availability of metals in contaminated soil. Ecotoxicology and Environmental Safety, 67: 278–285.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. 2004. Soil fertility and fertilizers an introduction to nutrient management. 7th edition, Prentice Hall, USA.

Kirk, G.J.D., Tian-ren, Y. and Choudhury, F.A. 1989. Phosphorus chemistry in relation to water regime. Pp. 211-225. Proceeding of a Symposium on Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania. 6-10 March, International Rice Research Institute, Philippines.

Kuo, S. 1996. Phosphorus. Pp. 869-919. In: Sparks, D. L. Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N,, Tabatabaei, M. A,, Johnson, C. T. and Sumner, M. E. (eds). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society of America Book Series, Madison, WI, USA

Jones, J. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press, LLC. USA.

Mandal, L.N. and Haldar, M. 1980. Influence of phosphorus and zinc application on the availability of zinc, copper, iron, manganese and phosphorus in waterlogged rice soil. Soil Science. 130: 251-257.

Narteh, L.T. and Sahrawat, K.L. 1999. Influence of flooding on electrochemical and chemical properties of West African soils. Geoderma, 87: 179-207.

Patrick, W.H, and Reddy, K.R. 1978. Chemical changes in rice soils. P. 361-379. In: IRRI. Soil and Rice. Los Banos, Laguna, Philippines.

Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, 24: 29-96.

Rimmer, D.L., Hamad, M.E. and Syers, J.K. 1993. Effect of wetting and drying on P availability in calcareous arid region soils. Arid Soil Research Rehab, 7(3): 265-273.

Sardans, J. and Penuelas, J. 2004. Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest. Plant Soil, 267: 367-377.

Sathya, S., Pitchai, G.J. and Indirani, R. 2009. Effect of soil properties on availability of nitrogen and phosphorus in submerged and upland soil- a review. Agricultural Review. 30(1): 71-79.

Soltanpour, P.N. and Schwab, A.P. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro and micronutrients in alkaline soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 8: 195-207.

Subrahmanyam, K., Nair, A.K. Chattopadhyay, A. and Singh D.V. 1991. Effect of zinc on yield, quality and nutrient composition of Japanese mint and availability of nutrients in soil. Indian Society of Soil Science, 39: 399-401.

Takkar, P.N., Chhibba, I.M. and Mehta, S.K. 1985. Eighteenth annual report of all India coordinated scheme of micronutrients in soil and plants for the year 1984-85. ICAR, New Delhi, India

Trehan, S.P. and Sharma, R.C. 2000. Phosphorus and zinc uptake efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) in comparison to wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). Indian Journal of Agricultural Science, 70: 840-845.

Turner, B.L. and Haygarth, P.M. 2003. Changes in bicarbonate-extractable inorganic and organic phosphorus by drying pasture soils. Soil Science Society of America Journal, 67: 344-350.

Wang, H., Wang, F. and Zhan, H. 2009. Use of phosphorus to alleviate stress induced by cadmium and zinc in two submerged macrophytes. African Journal of Biotechnology. 8:2176–2183.

Effects of Pb and Zn pollutions, soil submergence and phosphorous fertilizer on the kinetics of the extractable-P in a calcareous soil

S. Mardomi[1], N. Najafi[2*], R. Reyhanitabar[2]

[1] Ph.D student and [2] Associate professors, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. s.mardomi@tabrizu.ac.ir

Abstract – For evaluating effects of lead (Pb) and zinc (Zn) pollutions, soil submergence and phosphorus (P) fertilizer on the kinetics of the extractable-P in a calcareous soil, an experiment was conducted as factorial on the basis of completely randomized design with two replications under laboratory conditions in 2016 with four factors of submergence duration at levels of 0.1, 2, 6, 12, 36 and 72 days, Zn at levels of 0 and 250 mg kg^{-1} soil, P at levels of 0 and 500 mg kg^{-1} soil and Pb at levels of 0 and 800 mg kg^{-1} soil. The extractable - P values were measured at the end of each time by Soltanpour and Schwab method. The results showed that application of P increased the extractable P. The extractable P significantly increased with increasing duration of submergence and maximum increase was in 500 mg P kg^{-1} soil 72 days after submergence by 71%. Applications of Zn and Pb to soil decreased the extractable P.

Key words: Extractable Phosphorous, Lead, Submergence, Zinc