ارزیابی سینتیک آزادسازی فسفر در خاک‌های ریزوسفری گندم

طاهره رئیسی [۱]، علیرضا حسین پور [۲]
۱- دانش‌آموخته دکتری خاکشناسی دانشگاه شهرکرد و پژوهشگر مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران، ۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد

چکیده
شرایط شیمیایی و زیستی خاک‌های ریزوسفری متفاوت از خاک غیرریزوسفری می‌باشد. اطلاعات در مورد مقدار آزادسازی فسفر در خاک‌های ریزوسفری تیمار شده با لجن فاضلاب شهری محدود می‌باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثرهای ریزوسفر گندم (*Triticum aestivum*. L) بر سینتیک آزادسازی فسفر در ده خاک آهکی تیمار شده با لجن فاضلاب شهری از استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از ریزوباکس تحت شرایط گلخانه اجرا شد. سینتیک آزادسازی فسفر از خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری گندم بوسیله عصاره‌گیری متوالی با بی‌کربنات سدیم در یک دوره از ۲ تا ۸۴۰ ساعت در دمای ۱± ۲۵ درجه سلسیوس بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین مقدار فسفر استخراج شده بعد از ۸۴۰ ساعت از خاک‌های ریزوسفری (۳۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاکهای غیرریزوسفری (۳۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. همچنین، نتایج نشان داد که تابع نمایی و معادله‌های الوویچ ساده می‌توانند روند آزاد شدن فسفر از خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری را به‌خوبی تشریح کنند.

واژه های کلیدی: بی‌کربنات سدیم، لجن فاضلاب شهری، عصاره‌گیری متوالی

مقدمه
فسفر یکی از مهمترین عناصر غذایی است که در غلظتهای خیلی کم در محلول خاک وجود دارد و جذب آن توسط گیاه منجر به کاهش بیشتر این عنصر در ناحیه نزدیک به ریشه میشود (بتاچاریا و ۲۰۰۳ ،.et al). غلظت یون‌های فسفر در فاز محلول توسط گونه‌بندی فسفر و یک دامنه واکنش با فاز جامد خاک (جذب-واجذبی یا انحلال-رسوب) تعیین می‌شود. همه‌ی عوامل فوق وابسته به عوامل مهمی از قبیل پ-هاش، غلظت کاتیون‌های فلزی نظیر کلسیم، آهن و آلومینیوم، و غلظت لیگاندهای آلی و معدنی رقابت کننده با یون‌های فسفر می‌باشد (هینسینگر، ۲۰۰۱). ریشه گیاهان از طریق تغییر سه عامل ذکر شده (پ-هاش، غلظت کاتیون-های فلزی و غلظت لیگاندهای آلی و معدنی) در نتیجه‌ی جذب و یا تراوش آنها منجر به ایجاد تغییراتی در تعادلات شیمیایی فسفر در خاک می‌شود و از این طریق تحرک و قابلیت دسترسی فسفر معدنی خاک را تحتتأثیر قرار می‌دهد (هینسینگر، ۲۰۰۱).
یکی از منابع آلی حاوی مقادیر ارزشمند فسفر، پسماندهای آلی نظیر لجن فاضلاب میباشند (اسمیت، ۱۹۹۶). استفاده از لجن فاضلاب به عنوان یکی از راه‌ها مؤثر افزایش باروری خاک‌ها مناطق خشک نیمه‌خشک شناخته شده است (حجازی مهریزی و همکاران، ۲۰۱۳). در تعدادی از تحقیقات، سینتیک آزادسازی فسفر از خاک در غیاب ریشه گیاه در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب شهری مطالعه و با استفاده از چندین رابطه شامل معادله مرتبه صفر؛ معادله مرتبه اول؛ معادله پخشیدگی پارابولیک؛ الوویچ ساده و معادله تابع توانی توصیف شده است (تور و باهل، ۱۹۹۹؛ حسین‌پور و پاشامختاری، ۲۰۰۸ و گرگین و ۲۰۱۱ ،.et al). اما اطلاعات کمی در مورد اثر لجن فاضلاب بر ویژگی‌های آزادسازی فسفر در خاک‌های ریزوسفری وجود دارد. بررسی و درک اثر متقابل میان ریشه گیاه، کودهای آلی حاوی فسفر و مقدار آزادسازی فسفر از جمله مسائلی است که کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته و به بررسی آن پرداخته شده است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر ریزوسفری گندم بر مقدار آزادسازی فسفر در ریزوباکس اجرا شد.

مواد و روش‌ها
ده نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری از خاک‌های دشت شهرکرد جمع آوری شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه هوا خشک شده و برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. خصوصیات خاک شامل بافت خاک با روش پیپت، پ-هاش در سوسپانسیون ۱:۲ آب مقطر به خاک، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۲ آب مقطر به خاک، ماده آلی با روش اکسایش تر، و کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی تعیین گردید. جهت انجام این پژوهش از لجن فاضلاب شهری از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرکرد استفاده شد. لجن فاضلاب، هوا خشک شد و از الک ۵/۰ میلیمتری عبور داده شد و پاره‌ای ویژگیهای لجن فاضلاب مورد استفاده ازجمله پ-هاش، قابلیت هدایت الکتریکی، کربن آلی، همچنین، فسفر قابل استفاده به روش اولسن، فسفر کل به روش هضم با اسیدنیتریک و پرکلریک، فسفرآلی به روش سوزاندن، نیتروژن کل به روش کجلدال ، روی، مس، کادمیوم، نیکل و سرب کل به روش اسید نیتریک ۴ مولار اندازه‌گیری شدند.
به منظور تهیه خاک ریزوسفری، یک آزمایش گلخانه‌ای در سه تکرار انجام شد. برای مطالعه ریزوسفر گندم از ریزوباکس استفاده شد. ریزوباکس به سه بخش، شامل بخش مرکزی یا قسمت ریزوسفری (طول ۳۲ میلیمتر) و قسمت‌های غیرریزوسفری (به طول ۵۰ میلی‌متر در دوطرف خاک ریزوسفری) تقسیم شد. دو قسمت خاک غیرریزوسفری از قسمت ریشه و خاک ریزوسفری توسط یک

پوشش نایلونی با قطر منافذ معیین جدا شد. به منظور تیمار خاک‌ها با لجن فاضلاب، معادل یک درصد وزنی (W/W) لجن فاضلاب عبور داده شده از الک نیم میلی‌متری به خاک‌ها اضافه و اختلاط لجن فاضلاب و خاک بوسیله مخلوط کردن با یک اسپاتولا انجام شد. رطوبت خاک‌ها به حد ظرفیت مزرعه رسانده و یک ماه پس از اعمال تیمارها، خاک‌ها به ریزوباکس‌ها منتقل شدند. برای کشت گیاه، بذرهای گندم (*Triticum aestivum*. L) رقم بکراس روشن به تعداد چهار بذر در قسمت مرکزی ریزوباکس‌ها کشت شدند. بخش هوایی گیاهان ۸ هفته بعد از کاشت برداشت شد. ریزوباکس‌ها در پایان فصل رشد باز شدند و از هر ریزوباکس دو نمونه خاک، یکی از قسمت ریشه و دیگری از بخش توده‌ی خاک (خاک غیرریزوسفری) برداشت شد.

بررسی آزاد شدن فسفر در نمونه خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری گندم با استفاده از روش عصاره‌گیری متوالی (successive extraction) با محلول بی‌کربنات سدیم انجام شد. بدین منظور، ۱ گرم خاک از نمونه‌ها، همراه با ۲۰ میلی‌لیتر بیکربنات سدیم ۰/۵ مولار با ۸/۵ =پ- هاش در لوله‌های سانتریفیوژ به صورت جداگانه ریخته شد. نمونه‌ها داخل انکوباتور در دمای ۱± ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. خاک‌ها در زمان‌های ۲ تا ۸۴۰ ساعت پس از افزودن محلول‌ها، عصاره‌گیری شدند. در فواصل زمانی مشخص سوسپانسیون صاف گردید. غلظت فسفر عصاره‌ها به روش رنگ‌سنجی تعیین شد. پس از پایان دوره آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها، معادله‌های مرتبه صفر، مرتبه اول، الوویچ ساده شده، تابع توانی و پخشیدگی پارابولیک (جدول ۱) بر مقدار تجمعی فسفر آزاد شده برازش و ثابت‌های معادله‌ها برآورد شد. سپس، بر اساس ضریب تعیین و خطای استاندارد تخمین، بهترین مدل یا مدل‌ها برای توصیف آزاد شدن فسفر انتخاب و ضرایب این معادله‌ها گزارش شد. خطای استاندارد تخمین از رابطه زیر محاسبه شد (حسین‌پور و پاشامختاری، ۲۰۰۸):

$$SE = \{ (P_i - P)^2 / n-2 \}^{0.5} \quad (1)$$

که در آن: P_i و P^* به‌ترتیب مقدار فسفر آزاد شده و برآورد شده به‌وسیله مدل در زمان t و n تعداد نقاط آزمایشی است. در نهایت اثر ریزوسفر بر مقدار فسفر آزاد شده با آزمون تی تست جفت شده بررسی شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرمافزار استاتیستیکا ۱۰ اجرا شد.

جدول ۱- معادلههای سینتیکی مورد استفاده در بررسی آزاد شدن فسفر

مدل سینتیکی	فرمول
مرتبه صفر	$a-k.t = (P_. - P_t)$
مرتبه اول	$\ln (P_. - P_t) = a-k_1 t$
پخشیدگی پارابولیک	$P_t = a + Rt^{0.5}$
تابع توانی	$P_t = a \times t^b$
الوویچ ساده شده	$P_t = 1/\ln(\ ) + 1/\ \ln t$

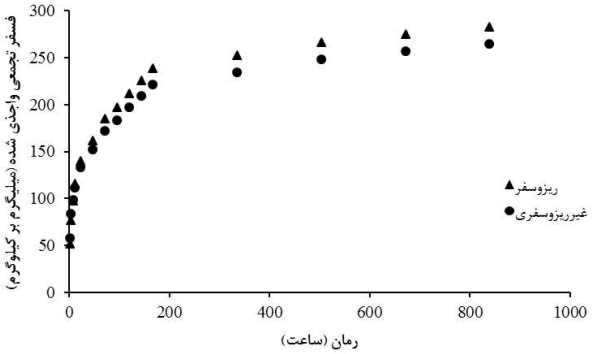
و b ،R ،k_1 ،k. مقدار فسفر آزادشده پس از ۸۴۰ ساعت (میلی‌گرم بر کیلوگرم)؛ P. : ؛(میلی‌گرم بر کیلوگرم) t مقدار فسفر آزاد شده در زمان Pt: در a در معادله الوویچ ساده شده معادل با ln( )/زمان (ساعت)؛ (۱ :t عرض از مبدأ معادلههای و :a ثابت‌های سرعت معادلههای سینتیکی؛ : ۱/ .نظر گرفته شده است

نتایج و بحث

دامنه مقدار رس و سیلت در خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب از ۳/۱۳ تا ۵۵ و از ۲۵ تا ۵۶ درصد، دامنه کربنات کلسیم معادل از ۱۶۲ تا ۴۷۵ گرم بر کیلوگرم خاک و مقدار کربن آلی از ۱/۳ تا ۹/۱۳ گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. خاک‌های مورد مطالعه قلیایی (دامنه پ. هاش از ۹/۷ تا ۱/۸) و غیرشور (دامنه هدایت الکتریکی از ۲۶/۰ تا ۶۱/۰ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. بنابراین، می‌توان گفت خاکهای بررسی شده دارای دامنه وسیعی از نظر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی مطالعه شده می‌باشند. لجن فاضلاب مورد استفاده داری پ- هاش کمی قلیایی و شوری نسبتاًزیادی بود. مقدار کربن آلی این ترکیب ۲۰ درصد بود که میتواند اثر مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد. مقدار نیتروژن کل، فسفرکل و فسفر قابل استفاده این منبع آلی به ترتیب ۷/۵، ۸۵/۱ و ۰۸/۰ درصد بود. همچنین مقدار روی و مس کل لجن فاضلاب به ترتیب ۱۳۷۰ و ۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بنابراین انتظار می‌رود این منبع آلی حداقل بخشی از نیاز گیاه به این عناصر کم نیاز را تامین کند. مقدار کل کادمیوم و سرب موجود در این منبع آلی به ترتیب ۹۷/۰ و ۲۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

نمودار تجمعی مقدار فسفر واجذبی شده از خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری شماره ۱ توسط عصاره‌گیری متوالی با بیکربنات سدیم به عنوان تابعی از زمان عصاره‌گیری در شکل ۱ نشان داده شده است. بقیه خاک‌ها نیز روندی مشابه با خاک شماره ۱ را نشان دادند. روند آزاد شدن فسفر با زمان شامل دو بخش بود. بررسی نمودار واجذبی فسفر توسط عصاره‌گیر بیکربنات سدیم نشان داد که سرعت واجذبی فسفر از این خاک‌ها (چه ریزوسفری و چه غیرریزوسفری) در مراحل اولیه سریع و سپس کند بود. شارپلی و آهوجا (۱۹۸۳) گزارش کردند که واجذبی فسفر در طول دوره‌های کوتاه، فرایندی با انرژی فعالسازی پایین بود. این پژوهشگران پیشنهاد کردند که به دلیل پایین بودن انرژی فعالسازی در طول دوره‌های کوتاه، احتمالاً مرحله تعیین کننده سرعت واجذبی فسفر در این دوره‌ها، سرعت پخشیدگی فسفر آزاد شده از غشاءهای آبی احاطه کننده ذرات خاک به خارج است. در طول مراحل اولیه رهاسازی،

فسفر نگهداشت شده در مکانهای با انرژی فعالسازی پایین رها می‌شود. این در حالی است که در طول مراحل آخر، فسفر نگهداشت شده در مکان‌های با انرژی فعالسازی بالا واجذبی می‌شود.



شکل ۱- مقدار تجمعی فسفر واجذب شده با زمان از خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری گندم در خاک‌های تیمار شده

گرگین و (۲۰۱۱) .et al سرعت واجذبی فسفر در خاک‌های تیمار شده با کود آلی را با استفاده از عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم مطالعه کردند. آنها در بررسی منحنی واجذبی فسفر دو شیب (سرعت واکنش) مشاهده کردند. واجذبی سریع اولیه که تا ۲۴۰ دقیق اولیه ادامه داشت و سپس واجذبی کند ثانویه که تا ۴۳۲۰ دقیقه ادامه داشت.

مقدار فسفر تجمعی واجذبی شده از خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری توسط عصاره‌گیری متوالی با بیکربنات سدیم در جدول ۲ آورده شده است. صرف‌نظر از نوع خاک، نتایج مقایسه میانگین اثر ریزوسفر نشان داد که پس از گذشت ۱۶۸ و ۸۴۰ ساعت از شروع آزمایش و در بازه زمانی ۸۴۰-۱۶۸ ساعت مقدار فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیری متوالی با بیکربنات سدیم از خاکهای ریزوسفری بطور معنی‌داری (P ۰۱/۰) بیشتر از مقدار فسفر واجذب شده از خاکهای غیرریزوسفری بود. دامنه مقدار فسفر استخراج شده بعد از ۸۴۰ ساعت از خاکهای ریزوسفری از ۲۱۳ (خاک ۱۰) تا ۵۰۵ (خاک ۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم و از خاک‌های غیرریزوسفری از ۲۲۲ (خاک ۱۰) تا ۴۴۸ (خاک ۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

بررسی نتایج نشان داد که میانگین مقدار فسفر آزاد شده از خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری پس از ۸۴۰ ساعت همبستگی معنی‌داری با مقدار سیلت (r= ۰/۵۸*)، پ-هاش (r= ۵۵/۰*) و فسفر قابل استفاده اولیه خاک‌ها (r= ۷۶/۰**) داشت. همچنین، مقدار فسفر آزاد شده پس از ۸۴۰ ساعت همبستگی بالایی با هدایت الکتریکی (r = ۵۳/۰) داشت. کاهش غلظت فسفر در خاک مجاور ریشه، نیروی لازم برای پخشیدگی فسفر به سمت ریشه را تأمین نموده و علاوه‌براین تعادل جذب-واجذبی و رسوب- انحلال را بر هم زده و منجر به دسترسی بیشتر گیاه به منابع فسفر کمتر قابل دسترس گردیده است. همچنین، بررسی نتایج نشان داد که شرایط شیمیایی و بیولوژیکی ریزوسفر نیز متفاوت از محیط غیرریزوسفری بود. در آزمایش حاضر، مقادیر پ-هاش در خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری تفاوت چندانی نداشتند ولی مقدار فعالیت میکروبی در خاک‌های ریزوسفری بالاتر از خاک‌های غیرریزسفری بود. هم‌چنین جزءبندی فسفر در خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری متفاوت بود. مازاد بر این، مقدار کربن آلی محلول در خاک‌های ریزوسفری بالاتر از خاک‌های غیرریزوسفری بود (نتایج آورده نشده است). طبق تحقیقات گذشته اسیدهای آلی از رسوب هیدروکسی آپاتایت جلوگیری می‌کنند. در واقع یک مکانیسم برای ممانعت از رسوب هیدروکسی آپاتایت و پایداری کانیها کلسیم فسفات با سطح انرژی بالاتر، جذب اسیدهای آلی روی سطوح کریستال‌ها و بلوک کردن مکانهای فعال که به عنوان هسته برای رشد کریستال-های جدید عمل می‌کردند، می‌باشد (کوپرباند و گود، ۲۰۰۲ و گراسل و اینسکیپ، ۱۹۹۲). مازاد براین، در خاک ممکن است کلسیم توسط مادهآلی که وابستگی بالایی برای کاتیون‌ها دارد، کمپلکس شده و بنابراین برای تشکیل کانی‌های با درجه کریستاله خوب غیر قابل دسترس گردد (هانسن و استروان، ۲۰۰۳). هم‌چنین، رامکنز و (۱۹۹۶) .et al گزارش کردند که قسمت زیادی از کربن آلی محلول در خاک‌های با پ-هاش نزدیک خنثی در شکل کمپلکس شده با کلسیم می‌باشد.

جدول ۲- مقدار فسفر آزاد شده (میلیگرم بر کیلوگرم) از خاکهای ریزوسفری و غیرریزوسفری گندم در خاکهای تیمار شده با لجن فاضلاب شهری

خاک	۸۴۰-۱۶۸ ساعت		ساعت ۲-۸۴۰		۲-۱۶۸ ساعت	
	غیرریزوسفر	ریزوسفر	غیرریزوسفر	ریزوسفر	غیرریزوسفر	ریزوسفر
۱	۴۱	۴۷	۲۶۲	۲۸۶	۲۲۱	۲۳۹
۲	۴۴	۴۵	۲۴۴	۲۶۴	۲۰۰	۲۱۹
۳	۵۸	۶۱	۲۹۹	۳۱۵	۲۴۱	۲۵۴
۴	۳۷	۴۷	۲۷۲	۲۸۵	۲۳۵	۲۳۸

۵			۲۸۵	۲۹۳	۲۴۲	۲۴۲
۶	۴۰	۴۸	۲۵۸	۲۷۷	۲۱۸	۲۲۹
۷	۸۱	۹۳	۴۲۸	۴۳۵	۳۴۷	۳۴۲
۸	۴۲	۳۹	۳۴۸	۳۵۲	۳۰۶	۳۱۳
۹	۷۸	۹۰	۴۴۸	۵۰۵	۳۷۰	۴۱۵
۱۰	۲۸	۲۵	۲۲۲	۲۱۳	۱۹۴	۱۸۸
میانگین	۴۹B	۵۵A	۳۰۷B	۳۲۳A	۲۵۷B	۲۶۸A

.حروف متفاوت برای هر ویژگی نشاندهنده تفاوت معنیدار میانگینها در سطح احتمال ۹۵ درصد می‌باشند

در ادامه معادلههای سینتیکی بر داده‌های آزادسازی فسفر با زمان برازش شدند. دامنه تغییرات R^2 و SE معادلههای سینتیکی مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان دادند که در خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری، معادله‌های الوویچ ساده و تابع نمایی می‌توانند سرعت آزادشدن فسفر را به خوبی، تشریح کنند. تشریح موفقیت آمیز سینتیک آزادسازی فسفر به‌وسیله معادله الوویچ ساده (تور و باهل ۱۹۹۹، گرگین و et al., ۲۰۱۱) و تابع توانی (گرگین و et al., ۲۰۱۱) در گذشته گزارش شده است.

جدول ۳- ضرایب تشخیص و خطای استاندارد برآورد (میلی‌گرم بر کیلوگرم) معادلات استفاده شده در حاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری

خاک		مرتبه صفر		مرتبه اول		تابع توانی		پخشیدگی پارابولیک		الویچ ساده شده	
		میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه
ریزوسفر	R^2	۶۲/۰	۶۷/۰- ۵۳/۰	۹۰/۰	۹۲/۰- ۸۷/۰	۹۵/۰	۹۷/۰- ۹۲/۰	۸۴/۰	۸۷/۰- ۷۶/۰	۹۹/۰	۹۹/۰- ۹۸/۰
	SE	۵۶	۸۶-۳۸	۳۹	۴۶-۲۷	۲۰	۳۱-۱۴	۳۶	۵۷-۲۶	۹	۱۳-۶
غیرریزوسفر	R^2	۶۲/۰	۶۵/۰- ۵۲/۰	۸۹/۰	۹۲/۰- ۸۶/۰	۹۶/۰	۹۷/۰- ۹۱/۰	۸۳/۰	۸۶/۰- ۷۵/۰	۹۹/۰	۹۹/۰- ۹۸/۰
	SE	۵۱۷۲-۳۷		۳۷	۵۲-۲۷	۱۷	۲۸-۱۱	۳۳	۴۷-۲۴	۸	۱۴-۴

منابع

حجازی مهریزی، م.، شریعتمداری، ح. و افیونی، م. ۱۳۹۲. اثرات تجمعی و باقی‌مانده لجن فاضلاب شهری بر شکل‌های معدنی فسفر و ارتباط آنها با قابلیت دسترسی فسفر در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۱۷، شماره‌ی ۶۴، صفحه‌های ۳۳ تا ۴۳.

Bhattacharyya P., Datta S.C. and Dureja P. ۲۰۰۳. Interrelationship of pH organic acids and phosphorus concentration in soil solution of rhizosphere and non-rhizosphere of wheat and rice crops. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۳۴: ۲۳۱-۲۴۵.

Cooperband L.R. and Good L.W. ۲۰۰۲. Biogenic phosphate minerals in manure: mplications for phosphorus loss to surface waters. Environment Science and Technolgy, ۳۶:۵۰۷۵-۵۰۸۲.

Gorgin N., Fekri M. and Sadegh L. ۲۰۱۱. Impact of organic-matter application on phosphorus-desorption kinetics in two agricultural soils in southeastern Iran. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۴۲:۵۱۴-۵۲۷.

Grossl P. and Inskeep W. ۱۹۹۲. Kinetics of octacalcium phosphate crystal growth in the presence of organic acids. Journal of The Geochemical Society and The Meteoritical Society, ۵۶:۱۹۵۵-۱۹۶۱.

Hansen J.C. and Strawn D.G. ۲۰۰۳. Kinetics of phosphorus release from manure-amended alkaline. Soil Science, ۱۶۸:۸۶۹-۸۷۹.

Hinsinger P. ۲۰۰۱. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected *by* root-induced chemical changes:a review. Plant and Soil, ۲۳۷:۱۷۳-۱۹۵.

Hosseinpur A. and Pashamokhtari H. ۲۰۰۸. Impact of treated sewage sludge application on phosphorus release kinetics in some calcareous soils. Environmental Geology, ۵۵:۱۰۱۵-۱۰۲۱.

Hosseinpur A.R., Biabanaki F.S. and Alikhani H. ۲۰۱۱. Impact of poultry manure application on Phosphorus desorption in some calcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۴۲:۲۰۸-۲۱۹.

Riimkens P.F., Bril J. and Salomons W. ۱۹۹۶. Interaction between Ca^{2+} and dissolved organic carbon: implications for metal mobilization. Applied Geochemistry, ۱۱:۱۰۹-۱۱۵.

Sharpley A.N. and Ahuja L.R. ۱۹۸۳. A diffusion interpretation of soil phosphorus desorption. Journal of Soil Science, ۱۳۵ ۳۲۲-۳۲۶.

Smith S.R. ۱۹۹۶. Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. CAB International, Wallingford.
Toor G.S. and Bahl G.S. ۱۹۹۹. Kinetics of phosphate desorption from different soils as influenced by application of poultry manure and fertilizer phosphorus and its uptake by soybean. Bioresource Technology, ۶۹:۱۱۷-۱۲۱.

Abstract

Rhizosphere has different chemical and biological properties from bulk soils. Information about phosphorus (P) release in the rhizosphere soils of bean is limited. Therefore, the objective of this research was to evaluate the rhizospheric effects of bean (*Triticum aestivum*. L) on P release kinetics in ۱۰ calcareous soils amended with municipal sewage sludge (MSS) under greenhouse conditions in a rhizobox. The kinetics of P release in the bulk and the rhizosphere soils were determined by successive extraction with ۰.۵ M $NaHCO_3$ in a period of ۲ to ۸۴۰ h at ۲۵ ± ۱ ℃. The results of kinetics study showed that mean of released P after ۸۴۰ h of extraction period in the rhizosphere soils (۳۲۳ mg kg^{-1}) was significantly greater than the bulk soils (۳۰۷ mg kg^{-1}). Release kinetics of P from the rhizosphere and the bulk soils conformed fairly well to power function and simplified Elovich, models.