شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

سینتیک رهاسازی فسفر از خاک‌های آهکی تیمار شده با منابع مختلف آلی

زهره زرین کلاه[۱*]، محبوبه ضرابی[۲]، شهریار مهدوی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

[۳] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

چکیده

در این تحقیق سرعت رهاسازی فسفر از دو خاک آهکی با بافت لوم رسی شنی و لوم رسی تیمار شده به مدت ۳۰ روز با دو درصد از دو نوع ترکیب آلی شامل باگاس نیشکر و پوسته چوبی گردو و بیوچار آن‌ها بررسی شد. جهت مطالعات سینتیکی از روش عصاره‌گیری متوالی با عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار به مدت ۳۶۰ دقیقه (۱۲ بار) استفاده شد. مقدار فسفر تجمعی رها شده در خاک‌های آهکی تیمار شده با ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها بیش‌تر از خاک‌های شاهد به دست آمد. معادله تابع توانی به خوبی توانست سرعت رهاسازی فسفر از خاک‌ها را توصیف نماید. ثابت سرعت رهاسازی فسفر از خاک لوم رسی شنی شاهد (۰/۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم بر ساعت) بیشتر از خاک لوم رسی شاهد (۰/۸۴ میلی گرم بر کیلوگرم بر دقیقه) به‌دست آمد. ثابت سرعت رهاسازی فسفر در خاک لوم رسی شنی و لوم رسی تیمار شده با ترکیبات آلی (بین ۰/۸۸ تا ۰/۹۶ میلی گرم بر کیلوگرم بر دقیقه) بیش‌تر از خاک‌های تیمار شده با بیوچار آن‌ها (بین ۰/۸۴ تا ۰/۸۹ میلی گرم بر کیلوگرم بر دقیقه) به‌دست آمد. کاهش سرعت رهاسازی فسفر از خاک‌های تیمارشده با بیوچار در مقایسه با ترکیبات آلی نشان داد، تبدیل ترکیبات آلی به بیوچار می‌تواند موجب رهاسازی تدریجی فسفر و تامین کننده تدریجی فسفر مورد نیاز گیاه در خاک باشد.

کلمات کلیدی: مواد آلی، فسفر، سرعت رهاسازی

مقدمه

کمبود فسفر به طور گسترده در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه اراضی خشک و نیمه خشک به دلیل مقادیر بالای کربنات کلسیم گزارش شده است. در ظاهر سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین نیاز گیاه به فسفر، استفاده از کودهای شیمیایی فسفردار است. با توجه به کارایی اندک، افزایش قیمت جهانی و وارداتی بودن بخش عمده کودهای شیمیایی و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها (تجمع کادمیم در خاک)، استفاده از کودهای آلی نظیر کودهای دامی، لجن فاضلاب و بقایای گیاهی جهت تأمین فسفر مورد نیاز گیاه و افزایش ماده آلی خاک توصیه شده است (دلگادو و تورنت، ۲۰۰۰). بیوچار یک ترکیب کربنی آلی عمدتا پایدار و مقاوم است، که از حرارت دادن زیست‌توده معمولا در دماهای بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس تحت اکسیژن کم (ترجیحا نبود اکسیژن) تولید می‌شود (گردلیدانی، ۱۳۹۵). دامنه گسترده‌ای از مواد خام شامل: تراشه چوب، ضایعات آلی، بقایای گیاهی و کود مرغی برای تولید بیوچار استفاده می‌شود (ساهی،۲۰۱۰). تولید بیوچار علاوه بر اینکه استراتژی مؤثری برای تولید انرژی و حذف بقایا محسوب می‌شود، به عنوان منبعی امید بخش برای مدیریت حاصلخیزی خاک عمل می‌کند و می‌تواند با رها سازی آهسته یون‌های پتاسیم، نیترات، آمونیوم و فسفات به عنوان کودی در جهت افزایش حاصلخیزی خاک پیشنهاد شود (چنگ، ۲۰۱۶). فتحی گردلیدانی (۱۳۹۵) با کاربرد کمپوست قارچ مصرفی و بیوچار باگاس نیشکر در خاک آهکی مشاهده کرد که فسفر قابل جذب از ۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک شاهد به ۸/۱۷ و ۱۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب در خاک تیمار شده با کمپوست قارچ مصرفی و بیوچار باگاس نیشکر؛ پس از یک دوره زمانی ۱۲۰ روزه افزایش یافت. با فرض اینکه سرعت رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی و بیوچارها متفاوت بوده و نوع خاک و خصوصیات آن بر سرعت رهاسازی فسفر تأثیر می‌گذارد، پژوهش حاضر با هدف مقایسه سرعت رهاسازی فسفر از خاک‌های آهکی تیمار شده با ترکیبات آلی و بیوچار آن-ها مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

* ایمیل نویسنده مسئول: samirarezaee@znu.ac.ir

ترکیبات آلی در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون خشک شدند و سپس کوبیده شده و از الک نیم میلی‌متری عبور داده شدند. بیوچارهای مورد استفاده نیز پس از اینکه به صورت آماده خریداری شدند، کوبیده شده و از الک نیم میلی‌متری عبور داده شدند. سپس خصوصیات شیمیایی کلیه ترکیبات آلی و بیوچارها اندازه گیری شد. مقدار فسفر کل ترکیبات به روش هضم اسیدی تعیین شد (چاپا،۱۹۹۶). pH و EC ترکیبات آلی و بیوچارهای مورد مطالعه نیز با نسبت ۱:۲۰ ترکیب به آب مقطر اندازه‌گیری شد (وانگ، ۲۰۱۵). دو نمونه خاک یکی با بافت لوم رسی شنی و دیگری با بافت لوم رسی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری (خاک سطحی) تاکستان‌های شهرستان ملایر جمع آوری شده و پس از هوا خشک نمودن و کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به روش‌های معمول اندازه گیری شد (راول، ۱۹۹۴). جهت مطالعه اثر ترکیب آلی و بیوچار آن‌ها (پوسته چوبی گردو، باگاس نیشکر و بیوچارها) بر سینتیک رهاسازی فسفر مقدار دو درصد از اصلاح کننده‌ها (درصد وزنی بر اساس وزن خشک) که تقریبا معادل مقدار کودی است که کشاورزان در مزرعه استفاده می‌کنند، به دو نمونه خاک سطحی یکی با مقدار فسفر اولسن ۱۲/۱۴ میلی‌گرم برکیلوگرم که دارای بافت لوم رسی شنی بوده و دیگری با مقدار فسفر اولسن ۱۴/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم که دارای بافت لوم رسی بود، اضافه گردید. سپس نمونه ها کاملا با خاک مخلوط شده، و رطوبت نمونه با آب مقطر به حد ظرفیت زراعی رسانیده شد. نمونه خاک‌های شاهد بدون افزودن ترکیبات آلی نیز آماده شد. سپس نمونه‌ها به انکوباتور انتقال یافت و به مدت یک ماه در دمای ۳ ± ۲۵ درجه سانتی گراد نگه‌داری شد. در این مدت با افزودن آب مقطر و مخلوط نمودن نمونه‌ها، رطوبت در حدود ظرفیت زراعی نگه‌داری شد. پس از پایان انکوباسیون، نمونه‌ها هوا خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس مطالعات سینتیک رهاسازی فسفر از خاک‌های تیمار شده و خاک‌های شاهد توسط عصاره‌گیری پی در پی با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه به مدت ۳۶۰ دقیقه (۱۲بار نمونه بردرای) انجام شد. دلیل استفاده از عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار شبیه سازی شرایط محلول خاک است. مقدار فسفر در نمونه‌ها به روش رنگ سنجی مورفی و ریلی (۱۹۶۲) اندازه گیری شد. جهت توصیف و محاسبه سرعت رهاسازی فسفر از خاک‌ها، شش معادله سینتیکی شامل معادلات مرتبه صفر، مرتبه اول، مرتبه دوم، الوویچ ساده، پخشیدگی پارابولیک و تابع نمایی مورد استفاده قرار گرفتند (هاولین و وستفال، ۱۹۸۵; جاردلین و اسپارکس، ۱۹۸۴).

نتایج و بحث

برخی خصوصیات شیمیایی ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها در جدول (۱) آمده است. به طور کلی می‌توان گفت مقدار فسفر قابل استخراج با بی کربنات سدیم و همچنین فسفر کل در بیوچار ترکیبات آلی مورد مطالعه، بیشتر از خود ترکیبات آلی است. افزایش فسفر قابل استخراج با بی کربنات سدیم نشان دهنده افزایش فراهمی فسفر در بیوچارهای مورد مطالعه است و افزودن این بیوچارها به خاک احتمالا باعث افزایش فسفر قابل دسترس می‌شود. تفاوت در مقدار فسفر کل، ممکن است ناشی از تفاوت ترکیبات آلی استفاده شده و بیوچارها باشد.

جدول۱- برخی خصوصیات شیمیایی ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها

ترکیب آلی	EC	pH	$*PO_4^{3-}$-P	فسفر کل**
	($dS\ m^{-1}$)		$g\ kg^{-1}$	
باگاس نیشکر	۱/۴۸	۷/۵۵	۰/۱۰۶	۱۳/۷۳
پوسته چوبی گردو	۰/۴۲	۵/۶۴	۰/۰۲۶	۱۵/۶۷
بیوچار باگاس نیشکر	۲/۸۷	۷/۴۸	۰/۲۱۸	۵۶/۰۹
بیوچار پوسته چوبی گردو	۰/۹۷	۷/۵۳	۰/۰۳۸	۲۹/۹۳

*فسفر عصاره‌گیری شده با سدیم بی‌کربنات نیم نرمال ** اندازه‌گیری شده با روش هضم اسیدی

جدول (۲) برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. درصد ماده آلی موجود در خاک شماره ۱ و ۲ به ترتیب ۱/۰۷ و ۲/۲۷ می‌باشد. هر دو خاک قلیایی و غیر شور بوده و درصد آهک در خاک شماره۲ سه برابر خاک شماره ۱ می‌باشد.

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

خاک	pH	EC	بافت خاک	شن	سیلت	رس	آهک	ماده آلی	فسفر اولسن
		$dS\ m^{-1}$		%					$mg\ kg^{-1}$
۱	۷/۲	۰/۱۶	لوم رسی شنی (sandy clay loam)	۵۸/۵	۱۸/۵	۲۳	۱۲/۲۵	۱/۰۷	۱۲/۱۴
۲	۷/۰	۰/۱۹	لوم رسی (clay loam)	۳۹	۳۲	۲۹	۳۶/۲۵	۲/۲۷	۱۴/۰۷

میزان تأثیر ماده آلی بر افزایش فراهمی فسفر در خاک به مقدار و نوع فسفر آن‌ها بستگی دارد. بین مقدار فسفر تجمعی عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در خاک شاهد لوم رسی شنی (شماره یک) و لوم رسی (شماره ۲) تفاوت چندانی مشاهده نشد. مقدار فسفر تجمعی رها شده از خاک شماره یک تیمار شده با ترکیبات الی و بیوچا ان‌ها به ترتیب در دامنه ۳۳/۲۶ تا ۴۰/۹۰ و ۳۶/۳۱ تا ۳۶/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. در خاک شماره دو تیمار شده با ترکیبات الی و بیوچا ان‌ها مقدار فسفر تجمعی رها شده به ترتیب در دامنه ۳۵/۹۶ تا ۳۵/۹۴ و ۳۴/۵۲ تا ۳۷/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

جدول ۳- مقدار فسفر تجمعی رها شده از خاک‌های تیمار شده با ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها

خاک	تیمار	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار
		$mg\ kg^{-1}$
۱	باگاس نیشکر	۴۰/۹۰
	پوسته چوبی گردو	۳۳/۲۶
	بیوچار باگاس نیشکر	۳۶/۷۲
	بیوچار پوسته چوبی گردو	۳۶/۳۱
	میانگین تیمارها	۳۶/۸۰
	شاهد	۳۳/۳۰
۲	باگاس نیشکر	۳۵/۹۶
	پوسته چوبی گردو	۳۵/۹۴
	بیوچار باگاس نیشکر	۳۷/۵۸
	بیوچار پوسته چوبی گردو	۳۴/۵۲
	میانگین تیمارها	۳۶
	شاهد	۳۳/۸۹

بیابانکی و حسین پور (۱۳۸۶) در بررسی سینتیک رهاسازی فسفر از یک نمونه خاک آهکی استان همدان که با کود مرغی تیمار شده بود؛ دریافتند که بعد از ۱۷۵۲ ساعت مقدار فسفر قابل استفاده عصاره‌گیری شده با سدیم بی کربنات ۰/۵ مولار در خاک تیمار شده ۶۲۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشتر از خاک شاهد (۵۸۶/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بدست آمد. مقادیر فسفر تجمعی رها شده بر معادلات سینتیکی مرتبه صفر، مرتبه اول، مرتبه دوم، الوویچ ساده، تابع نمایی و پخشیدگی پارابولیک برازش داده شد. با توجه جدول (۴) معادله تابع نمایی به دلیل بیش‌ترین میانگین ضریب تشخیص و کمترین میانگین خطای استاندارد در هر دو خاک توانست سرعت رهاسازی فسفر را به خوبی توصیف کند. جدول (۵) پارامترهای معادله برازش داده شده بر سرعت رهاسازی فسفر در خاک‌های تیمار شده با ترکیبات آلی و بیوچار ها را نشان می‌دهند. دامنه سرعت رهاسازی در خاک شماره یک تیمار شده در محدوده‌ی ۰/۹۶ تا ۰/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرار دارد که بیشترین سرعت رهاسازی فسفر در خاک تیمار شده با باگاس نیشکر نسبت به خاک شاهد بود. در خاک شماره دو تیمار شده نیز دامنه سرعت رهاسازی از ۰/۸۸ تا ۰/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد که خاک تیماره شده با مواد خام بیشترین سرعت رهاسازی را داشتند. پایین بودن ثابت سرعت رهاسازی بیوچارها نسبت به مواد خام اولیه در هر دو خاک با نتایج استاینر و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد. وی بیان کرد با افزایش مقاومت در اثر تبدیل کود مرغی به بیوچار انتظار می‌رود در مراحل اولیه خواباندن سرعت رهاسازی فسفر در اثر تجزیه بیوچار کمتر از زیست توده اولیه باشد. اضافه کردن مواد بیوچار شده به خاک ترکیب شیمیایی ماده آلی خاک را با جذب کربن آلی محلول تغییر می‌دهد (پیتیکاینن و همکاران، ۲۰۰۰) و گروه‌های آروماتیک و کربوکسیلیک را در مواد هومیک خاک افزایش می‌دهند (نواک و همکاران، ۲۰۱۰). این تغییرات باعث مقاومت ماده آلی خاک در برابر تخریب میکروبی و معدنی شدن می‌شود، در نتیجه ماده آلی خاک می‌تواند از چند صد تا چند هزار سال در خاک باقی بماند (لهمان و همکاران، ۲۰۰۷). به نظر می‌رسد خاک سرعت رهاسازی فسفر از بیوچارها را تحت تأثیر قرار داده باشد و بیوچارها در محیط خاک مقاوم و پایدار شدند.

جدول ۴- مقادیر ضرایب تبیین (R^2) و خطای استاندارد (SE) مدل سینتیکی تابع نمایی برازشی در خاک‌های تیمار شده با ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها

عصاره‌گیر	ترکیب آلی	خاک شماره ۱		خاک شماره ۲	
		$R^۲$	SE	$R^۲$	SE
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	باگاس نیشکر	۰/۹۹	۰/۰۶	۰/۹۹	۳/۶۷
	پوسته چوبی گردو	۰/۹۹	۰/۰۳	۰/۹۹	۳/۶۴
	بیوچار باگاس نیشکر	۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۹۹	۲/۹۱
	بیوچار پوسته چوبی گردو	۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۹۹	۳/۲۶
	شاهد	۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۹۹	۳/۲۲
میانگین		۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۹۹	۳/۵۴

جدول ۵- ثابت‌های معادله سینتیکی تابع نمایی حاصل از برازش داده‌های فسفرتجمعی رهاشده از خاک‌های تیمار شده با ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها

عصاره‌گیر	ترکیب آلی	خاک شماره ۱		خاک شماره ۲	
		a	b	**a**	b
		mg kg^{-1}	mg kg^{-1} min^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1} min^{-1}
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	باگاس نیشکر	۱/۴۶	۰/۹۶	-۱/۹۵	۰/۸۸
	پوسته چوبی گردو	۲/۰۷	۰/۸۶	-۱/۹۹	۰/۸۸
	بیوچار باگاس نیشکر	۲/۳۱	۰/۸۷	-۳/۵۱	۰/۸۴
	بیوچار پوسته چوبی گردو	۱/۹۷	۰/۸۹	-۲/۵۱	۰/۸۵
	شاهد	۱/۹۰	۰/۸۸	-۲/۶۴	۰/۸۴
میانگین تیمارها		۰/۲۰	۰/۷۵	-۲/۴۹	۰/۸۶

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد سرعت رهاسازی فسفر در خاک‌های تیمار شده با بیوچار کمتر از خاک‌های تیمار شده با ترکیبات آلی می‌باشد. تفاوت بین سرعت رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها در خاکی با درصد رس بالاتر، بیشتر از خاکی با درصد رس کمتر است. احتمالا اضافه نمودن مواد بیوچار شده به خاک ترکیب شیمیایی ماده آلی خاک را با جذب کربن آلی محلول تغییر داده و گروه‌های آروماتیک و کربوکسیلیک را در مواد هومیک خاک افزایش می‌دهند. این تغییرات باعث مقاومت ماده آلی خاک در برابر تخریب میکروبی و معدنی شدن می‌شود. بنابراین با رهاسازی آهسته فسفر، گیاه می‌تواند در دراز مدت از فسفر موجود در بیوچار بهره ببرد. نویسندگان مطالعات گلخانه‌ای و یا مزرعه‌ای را جهت مقایسه بهتر سرعت رهاسازی از ترکیبات آلی و بیوچار آن‌ها در خاک پیشنهاد می‌کنند.

منابع

حسین پور، ع. و شریعتمداری، ح. پ. ۱۳۸۵. ارزیابی چند روش عصاره‌گیری جهت تعیین فسفر قابل استفاده در گیاه یونجه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره چهارم.

فتحی گردلیدانی، ا.، حسینی، ح.، فرحبخش، م. ۱۳۹۵. تأثیر کمپوست قارچ مصرفی و بیوچار باگاس نیشکر بر قابلیت استفاده و جزءبندی فسفر معدنی در یک خاک آهکی. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، جلد۳۹، شماره۱.

Cheng, C. H., Lehmann, J., Thies, J. E., & Burton, S. D. 2016. Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 113(2).

Delgado, A., &Torrent, J., 2000. Phosphorus forms and desorption patterns in heavily fertilized calcareous and limed soils. Soil Science Society of America journal,64, 2031-2037.

Havlin, J. L., and Westsfall, D. G. 1985. Potassium release kinetic and plant response in calcareous soils. Soil Science Society of American, 49, 366-370.

Jardine, P. M., and Sparks, D. L. 1984. Potassiom- calcium exchange in a multieactive soil system. Soil Science Society of American Journal, 48, 39-45.

Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. Nature, 447(7141), 143-144.

Novak, J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Laird, D. A. 2010. Short-term CO2 mineralization after additions of biochar and switchgrass to a typic Kandiudult. Geoderma, 154(3),281-288.

Murphy, J., & Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters, Analytica Chimica Acta, 27, 31-36.

Pietikainen, J., & Kiikkila, O. 2000. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. Oikos, 89(2), 231-242.

Rowell, D. L.1994. Soil science: Methods and applications. Longman Scientific and Technical, Longman Group UK Ltd, Harlow, Essex, UK.

Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., MaceDo, J. L. V., Blum, W. E. H., and Zech, W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant Soil, 291, 275-290.

Tehrani, M. M., Balali, M. R., Moshiri, F., & Daryashnas, A. M. 2012. Recommendations and estimates of fertilizer in Iran: Challenges and Solutions. Journal of Soil Research, 26 (2), 123-144.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

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

The kinetics of phosphorus release from two calcareous soils treated with different organic sources

Zarinkolah[*1], Z., Zarabi[2], M., Mahdavi[۳], Sh.

[1] M.Sc. Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University, Hamedan, Iran
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Malayer, Iran
[3] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Malayer, Iran

Abstract

In order to investigate the phosphorus (P) release from two calcareous soil (Sandy Clay Loam and Clay Loam) treated for 30 days with 2% of two organic compounds, including sugarcane bagasse and walnut wooden shell and their biochars, P was successively extracted with 0.1 M $CaCl_2$ solution for 360 min, with 15 min intervals. Accumulated released P from treated soil was higher than control. The power function model was found to be suitable to describe P release rate from organic compounds and their biochars. In control soils P release rate from Sandy Clay Loam (0.88 mg kg^{-1} min^{-1}) was higher than Clay Loam (0.84 mg kg^{-1} min^{-1}). Phosphorus release rate in two soil treated with organic compound (between 0.88-0.96 mg kg^{-1} min^{-1}) was higher than soils treated with biochars (0.84-0.89 mg kg^{-1} min^{-1}). In comparison to organic compounds lower P release rate from biochars showed that gradual P release from biochar in the soil helps the plant to exploit the P in the long term.

Keywords: Organic materials, Phosphorus, release rate

[*] Corresponding author, Email: zarinkolah94@gmail.com