



## سینتیک رهاسازی فسفر از دو نوع ترکیب آلی و بیوچار آنها

زهرة زرین کلاه<sup>۱\*</sup>، محبوبه ضرابی<sup>۲</sup>، شهریار مهدوی<sup>۳</sup>

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

\*Email: [zarinkolah94@gmail.com](mailto:zarinkolah94@gmail.com)

### چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی سینتیک رهاسازی فسفر از دو ترکیب آلی و بیوچار آنها، توسط سه نوع عصاره‌گیر است. این ترکیبات شامل: باگاس نیشکر، پوسته چوبی گردو و بیوچار آنها می‌باشد. عصاره‌گیری به روش پی در پی در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه ای، تا ۱۲ بار انجام شد. عصاره‌گیرهای مورد استفاده آب مقطر، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و کلرید سدیم ۰/۰۱ مولار می‌باشد. برای توصیف نتایج از معادلات سینتیکی استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین معادلات سینتیکی، معادله نمایی با بیشترین ضریب تبیین ( $R^2=0/96$ ) و کمترین خطای استاندارد ( $SE=0/35$ ) بهترین معادله توصیف کننده رهاسازی فسفر در این ترکیبات آلی است. بیشترین سرعت رهاسازی فسفر از هر چهار ترکیب آلی، توسط عصاره‌گیر آب مقطر با میانگین سرعت رهاسازی ۰/۴۸۵ میلی گرم بر کیلو گرم در دقیقه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: فسفر، سینتیک، ترکیب آلی، بیوچار

### مقدمه

فسفر عنصری ضروری برای رشد گیاه است که کمبود آن عملکرد محصولات را محدود می‌کند. فسفر در کلیه فرایندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی زا و سازوکار انتقال انرژی دخالت دارد (ملکوتی، ۱۳۸۷). کمبود فسفر یکی از مشکلات عمده خاک می‌باشد. طبق آمار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، بیش از ۷۰ درصد از کل خاک‌های ایران از نظر فسفر قابل جذب، زیر سطح بحرانی (۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم) قرار دارند (تهرانی، ۲۰۱۲). بنابراین نیاز مبرمی به کشف استراتژی جدیدی است تا بتواند فسفر را به شکل قابل دسترس برای جذب گیاه فراهم کند و جایگزین کودهای فسفردار رایج شود و به این ترتیب میزان هدر روی فسفر از خاک را کاهش دهد و در کوتاه مدت بر کمبود فسفر غلبه کند (ژانگ، ۲۰۱۶). مواد آلی شامل مقادیر زیادی از عناصر غذایی گیاهی بوده که مشابه انبار برای ذخیره و رهاسازی آرام عناصر عمل می‌کنند. بنابراین افزایش کمیت و کیفیت ماده آلی عامل اصلی در اصلاح کیفیت خاک می‌باشد (برادی، ۱۳۸۵). بیوچار ماده آلی مقاوم به تجزیه بوده و حاصل حرارت دادن زیست توده در شرایط عدم وجود اکسیژن می‌باشد (نامگی، ۲۰۱۰). عناصر معدنی موجود در بیوچار مانند: نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم می‌تواند عناصر غذایی را برای گیاهان فراهم کند (تان و لاگرویس، ۲۰۱۱). سوزاندن بقایای محصولات روشی شایع در جهان است. با این حال سوزاندن بقایا ممکن است سبب مشکلاتی نظیر آلودگی هوا، اختلال در سلامتی انسان، انتشار گازهای گلخانه‌ای، مسئله جدی ریزگردها و حتی تغییر در جریان و الگوی بادهای موسمی گردد (گاستفسون، ۲۰۰۹). به جای سوزاندن مستقیم بقایا در مزرعه، تجزیه بقایای محصولات در سیستم‌های گرماکافت (تجزیه در اثر حرارت در شرایط کمبود اکسیژن) برای تولید بیوچار استراتژی مؤثری جهت تولید انرژی و حذف بقایا می‌باشد (ویلیامز، ۲۰۰۰). زلفی باوریانی (۱۳۹۵) با کاربرد بیوچار کود مرغی در خاک دریافت که ضمن حفظ و نگهداری کربن در خاک، سبب افزایش فراهمی برخی عناصر غذایی و حفظ و دوام آنها می‌شود. موخرجی (۲۰۱۳) تأثیر فوق العاده بیوچار بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدرروی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک را بررسی کرد و بیان کرد که بیوچار دارای دامنه‌ای از شکل‌های مختلف عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تأثیرات متفاوتی بر حاصلخیزی خاک دارد. کیان (۲۰۱۳) در مطالعه‌ی رها سازی فسفر از بیوچار تولید شده از پوسته برنج به این نتیجه رسید که در مدت ۳-۴ روز حدود ۵۵ درصد وزنی فسفر از بیوچار رهاسازی می‌شود. هدف از این مطالعه به دست آوردن مقدار فسفر تجمعی رها شده از دو ترکیب آلی و بیوچار حاصل از آنها توسط سه عصاره‌گیر مختلف، و مقایسه سرعت رهاسازی فسفر در ترکیبات آلی مورد مطالعه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

جهت مطالعه سرعت رهاسازی فسفر از دو نوع پسماند آلی شامل پوست چوبی گردو و باگاس نیشکر و بیوچار آنها که در دمای ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شده‌اند، استفاده شد. پوست چوبی گردو از شهرستان ملایر، باگاس نیشکر از کارخانه کارون شهرستان دزفول؛ و بیوچار باگاس نیشکر از استان خوزستان و بیوچار پوست چوبی گردو از الیگودرز استان لرستان تهیه شد. هر چهار ترکیب آلی آسیاب و از الک ۰/۵ میلیمتری عبور داده شد. ابتدا خصوصیات شیمیایی ترکیبات آلی و بیوچارهای مورد استفاده به روش‌های معمول اندازه‌گیری شد (راول، ۱۹۹۴). سپس سرعت رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی و بیوچار آنها توسط آب مقطر و محلول‌های کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و کلرید سدیم ۰/۰۱ مولار اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری به صورت پی در پی و در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه‌ای و ۱۲ بار انجام شد، نسبت ترکیب آلی با عصاره‌گیر ۱:۲۰ بود. تمام آزمایشات در دو تکرار صورت گرفت.

جهت توصیف سرعت رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی و بیوچار آنها از معادلات سینتیکی (هانسن، ۲۰۰۳) که مطابق جدول زیر است استفاده شد.

جدول ۲- معادلات سینتیکی استفاده شده جهت توصیف سرعت رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی و بیوچار آنها

نام معادله	مرتبۀ صفر	مرتبۀ اول	مرتبۀ دوم	الوویچ	تابع توانی	پخشیدگی سهموی
معادله	$= q_0 - bt(q_0 - q_t)$	$\ln(q_0 - q_t) = \ln q_0 - bt$	$= a - bt^1/q_t$	$= a + b \ln q_t$	$\ln q_t = \ln a + b \ln t$	$= a + b t^{0.5}/q_t$

با توجه به جدول ۲ در این معادلات  $q_0$  مقدار فسفر تجمعی کل بر حسب میلی گرم بر کیلو گرم،  $q_t$  مقدار فسفر رها شده در هر زمان بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم،  $b$  شیب معادله سینتیکی که نشان دهنده‌ی سرعت رها سازی فسفر می باشد بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در دقیقه و  $a$  عرض از مبدأ معادله بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم است.

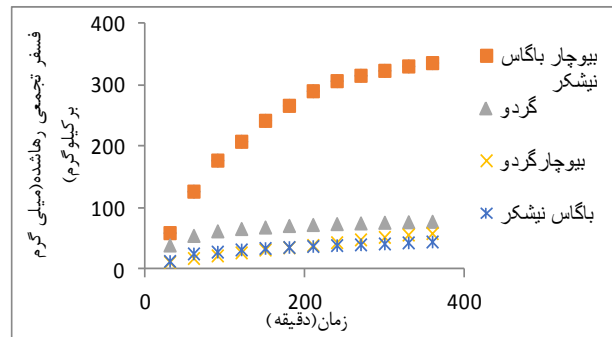
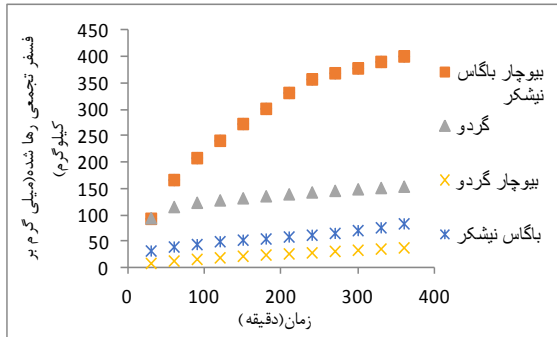
## نتایج و بحث

برخی از خصوصیات شیمیایی ترکیبات آلی و بیوچار آنها که اندازه‌گیری شده است در جدول ۳ آمده است.

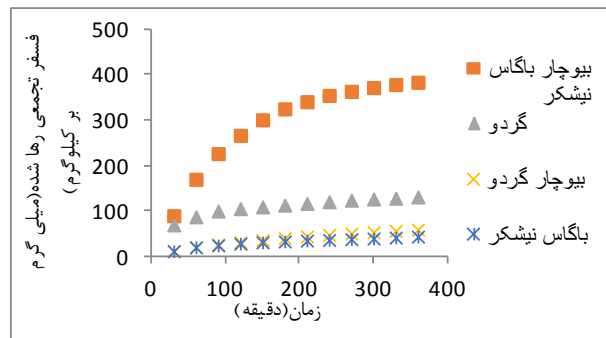
جدول ۳- برخی از خصوصیات شیمیایی ترکیبات مورد استفاده

ترکیب آلی	PH	EC ( $ds\ m^{-1}$ )	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P (فسفر محلول)	K	Na
<b>mg kg<sup>-1</sup></b>							
بیوچار باگاس نیشکر	۷/۴۸	۲/۸۷	۷۵/۸۰	۹۸/۴۰	۲۱۸/۰	۱۶۲۶۹/۰	۲۷۱۹/۸۶
باگاس نیشکر	۷/۵۵	۱/۴۸	۱۰۶/۷۰	۱۶۰/۱۰	۲۶/۰	۲۷۰۳/۵۲	۶۰۳/۸۸
بیوچار پوسته چوبی گردو	۷/۵۳	۰/۴۲	۹۷/۸۰	۶۴/۶۰	۳۸/۰	۲۲۹۶/۸۰	۷۸/۹۳
پوسته چوبی گردو	۵/۶۴	۰/۹۷	۸۴/۴۰	۱۵۸/۷۰	۱۰۶/۰	۸۹۰۰/۰	۱۱۸/۸۷

مقدار فسفر تجمعی رهاسازی شده از ترکیبات آلی و بیوچار آنها با استفاده از سه عصاره گیر مختلف تعیین شد. هر سه عصاره گیر مقادیر متفاوتی از فسفر را رها سازی کردند. شکل ۱ و ۲ و ۳ روند رهاسازی فسفر تجمعی توسط سه عصاره گیر را نشان می دهد. مقدار فسفر تجمعی رها شده در بیوچار باگاس نیشکر در عصاره گیری های پی در پی دارای شیب تندی نسبت به سایر ترکیبات آلی بوده و به نظر می رسد روند رها سازی پس از گذشت ۳۶۰ دقیقه نیز ادامه خواهد داشت. ولی در گردو، بیوچار گردو و باگاس نیشکر این روند شیب ملایمی داشته و در زمان های پایانی به مقدار تقریباً یکسانی رسیده است.



شکل ۱- روند فسفر تجمعی رها شده در عصاره گیر آب مقطر      شکل ۲- روند فسفر تجمعی رها شده در عصاره گیر  $\text{CaCl}_2$  ۰/۰۱ مولار



شکل ۳- روند فسفر تجمعی رها شده در عصاره گیر  $\text{NaCl}$  ۰/۰۱ مولار

جدول ۴ مقادیر فسفر تجمعی رهاسازی شده در این ترکیبات را نشان می دهد.

جدول ۴- مقدار فسفر تجمعی رها شده در عصاره گیری های پی در پی با عصاره گیری های مختلف ( $\text{mgkg}^{-1}$ )

$\text{NaCl}$ ۰/۰۱ مولار	$\text{CaCl}_2$ ۰/۰۱ مولار	آب مقطر	
۱۳۱/۴۵	۱۵۴/۸۸	۷۸/۵۰	پوسته گردو
۵۹/۴۸	۳۸/۹۳	۵۹/۲۳	بیوچار پوسته گردو
۴۴/۰۱	۸۴/۴۵	۴۵/۵۹	باگاس نیشکر
۳۸۳/۷۸	۴۰۱/۵۳	۳۳۶/۳۵	بیوچار باگاس نیشکر

با توجه به جدول ۴ بیشترین مقدار فسفر تجمعی در باگاس نیشکر، بیوچار باگاس نیشکر و پوسته گردو با استفاده از عصاره گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و برای بیوچار پوسته گردو توسط عصاره گیر کلرید سدیم ۰/۰۱ مولار استخراج شد. همچنین در سه عصاره گیر مختلف مقدار فسفر تجمعی رهاسازی شده پوسته گردو بیشتر از بیوچار آن و بیوچار باگاس نیشکر بیشتر از باگاس نیشکر بود. در توضیح این نتیجه که در بیوچار باگاس نیشکر مقدار فسفر تجمعی رهاسازی شده بیشتر از حالت خام آن است می توان گفت که پیرولایز سبب شکسته شدن پیوندهای فسفر آلی موجود در مواد خام می شود. در نتیجه مقدار فسفر در محلول افزایش می یابد (دلو، ۲۰۱۲). همچنین بنا به استدلال سوچانا (۲۰۱۴) تبدیل کود مرعی به بیوچار سبب ایجاد منافذ

باز زیادی شده که این منافذ قابلیت دسترسی به فسفر را افزایش می‌دهند. بنابراین انتظار می‌رود با تبدیل باگاس نیشکر به بیوچار (اندازه ذرات ۰/۵ میلی متر) نیز این تغییر در آن ایجاد شده باشد. از طرفی استفاده از بیوچار همیشه مقدار فسفر قابل دسترس را افزایش نمی‌دهد. بیوچار علاوه بر اینکه یک منبع بالقوه برای فسفر است می‌تواند فسفر موجود در محلول‌ها را جذب کند و نقش نگهدارنده فسفر را ایفا کند (پنگ، ۲۰۱۱). در بررسی نواک (۲۰۰۹) شیرابه خروجی از خاک لومی تیمار شده با بیوچار ضایعات گردو دارای مقدار کمتر فسفر نسبت به خاک شاهد بود. این نکته با نتیجه که بیوچار پوسته گردو رهاسازی فسفر کمتری نسبت به پوسته گردو داشته قابل توجیح است.

بر اساس ضرایب تبیین و خطای استاندارد بدست آمده (جدول ۵)، معادلات مرتبه صفر، مرتبه اول، الویج، نمایی و پخشیدگی سهموی سرعت رها شدن فسفر از ترکیبات آلی را به خوبی توانستند توصیف کنند. معادله مرتبه دوم به دلیل کم بودن ضریب تبیین در هر سه عصاره گیر نتوانست سرعت آزاد شدن فسفر را به خوبی توصیف کند. معادله نمایی با داشتن میانگین ضریب تبیین ۰/۹۶ و میانگین خطای استاندارد ۰/۳۵ بهترین معادله توصیف کننده رهاسازی فسفر می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر ضریب تبیین ( $R^2$ ) و خطای استاندارد برآورد مدل‌های سینتیکی استفاده شده با استفاده از سه عصاره‌گیر مختلف

عصاره‌گیر	ترکیب آلی	مرتبه صفر		مرتبه اول		الویج		نمایی		پخشیدگی سهموی	
		SE	$R^2$	SE	$R^2$	SE	$R^2$	SE	$R^2$	SE	$R^2$
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	بیوچار باگاس نیشکر	۹۸/۱۵	۰/۹۳	۹۸/۱۵	۰/۹۹	۹۸/۱۵	۰/۹۹	۰/۴۳	۰/۹۸	۹۸/۱۵	۰/۹۸
	باگاس نیشکر	۱۵/۱۱	۰/۹۸	۱۵/۱۱	۰/۸۹	۱۵/۱۱	۰/۸۹	۰/۲۷	۰/۹۶	۱۵/۱۱	۰/۹۶
آب مقطر	بیوچار باگاس نیشکر	۸۸/۹۶	۰/۸۸	۸۸/۹۶	۰/۹۹	۸۸/۹۶	۰/۹۹	۰/۵۱	۰/۹۵	۸۸/۹۶	۰/۹۶
	باگاس نیشکر	۸/۹۳	۰/۸۶	۸/۹۳	۰/۹۸	۸/۹۳	۰/۹۸	۰/۳۲	۰/۹۲	۸/۹۳	۰/۹۴
کلرید سدیم ۰/۰۱ مولار	بیوچار باگاس نیشکر	۹۲/۹۸	۰/۸۴	۹۲/۹۸	۰/۹۹	۹۲/۹۸	۰/۹۹	۰/۴۳	۰/۹۳	۹۲/۹۸	۰/۹۳
	باگاس نیشکر	۹/۴۴	۰/۹۲	۹/۴۴	۰/۹۹	۹/۴۴	۰/۹۹	۰/۳۷	۰/۹۷	۹/۴۴	۰/۹۸
بیوچار پوسته گردو	بیوچار پوسته گردو	۱۷/۲۵	۰/۸۸	۱۷/۲۵	۰/۹۹	۱۷/۲۵	۰/۹۹	۰/۱۳	۰/۹۸	۱۷/۲۵	۰/۹۵
	پوسته گردو	۱۷/۲۵	۰/۸۸	۱۷/۲۵	۰/۹۹	۱۷/۲۵	۰/۹۹	۰/۱۳	۰/۹۸	۱۷/۲۵	۰/۹۵
بیوچار پوسته گردو	بیوچار پوسته گردو	۱۱/۲۶	۰/۷۷	۱۱/۲۶	۰/۹۸	۱۱/۲۶	۰/۹۶	۰/۱۹	۰/۹۲	۱۱/۲۶	۰/۸۸
	پوسته گردو	۱۱/۲۶	۰/۷۷	۱۱/۲۶	۰/۹۸	۱۱/۲۶	۰/۹۶	۰/۱۹	۰/۹۲	۱۱/۲۶	۰/۸۸
بیوچار پوسته گردو	بیوچار پوسته گردو	۱۴/۹۰	۰/۹۷	۱۴/۹۰	۰/۹۷	۱۴/۹۰	۰/۹۷	۰/۴۷	۰/۹۹	۱۴/۹۰	۰/۹۹
	پوسته گردو	۱۴/۹۰	۰/۹۷	۱۴/۹۰	۰/۹۷	۱۴/۹۰	۰/۹۷	۰/۴۷	۰/۹۹	۱۴/۹۰	۰/۹۹
بیوچار پوسته گردو	بیوچار پوسته گردو	۱۸/۲۵	۰/۸۸	۱۸/۲۵	۰/۹۹	۱۸/۲۵	۰/۹۹	۰/۱۸	۰/۹۸	۱۸/۲۵	۰/۹۵
	پوسته گردو	۱۸/۲۵	۰/۸۸	۱۸/۲۵	۰/۹۹	۱۸/۲۵	۰/۹۹	۰/۱۸	۰/۹۸	۱۸/۲۵	۰/۹۵

با توجه به اینکه معادله نمایی بهترین معادله سینتیکی برای توصیف سرعت رهاسازی فسفر شناخته شد، با مقایسه مقادیر  $a$  (عرض از مبدأ بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم) و  $b$  (سرعت رهاسازی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در دقیقه) که در جدول ۶ آمده است، می‌توان نتیجه گرفت سرعت رها سازی فسفر در هر سه نوع عصاره گیر، در بیوچار باگاس نیشکر بیشتر از باگاس نیشکر می‌باشد. از طرفی سرعت رها سازی فسفر توسط هر سه عصاره‌گیر، در بیوچار پوسته گردو نیز بیشتر از پوسته گردو می‌باشد، سرعت رهاسازی فسفر در عصاره‌گیر آب مقطر با داشتن میانگین سرعت رهاسازی ۰/۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم در دقیقه و میانگین عرض از مبدأ ۵/۹۷ میلی گرم بر کیلوگرم بیشتر از سایر عصاره‌گیرها بود. مانولیکاکی (۲۰۱۶) سرعت رهاسازی فسفر

را روی تفاله انگور و پوسته برنج و بیوچار آن‌ها با استفاده از عصاره‌گیر آب مقطر انجام داد و بیشترین درصد فسفر قابل استخراج را در بیومس‌های خام و کمترین مقدار را در بیوچارهای تولید شده مشاهده کرد.

جدول ۶- ثابت‌های معادلات سینتیکی ترکیبات آلی مورد مطالعه با استفاده از سه عصاره‌گیر مختلف

عصاره‌گیر	ترکیب آلی	مرتبه صفر		مرتبه اول		الوویدج		نمایی		پخشیدگی سهموی	
		b	a	b	a	b	a	b	a	b	a
کلرید کلسیم	بیوچار باگاس نیشکر	۰/۸۷	۲۷۶/۶۶	۶/۶۶	-۰/۰۱۳	۱۲۸/۴۴	-۳۵۸/۱۷	۱۵/۵۳	۰/۵۶	-۹/۵۲	۳/۴۷
۰/۰۱ مولار	باگاس نیشکر	۰/۱۴	۵۳/۱۲	۴/۵۷	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۰۰۵	۰/۲۷	۹/۳۸	۰/۳۵	۱۲/۰۳	۳/۴۷
	بیوچار گردو	-۰/۰۰۸	۲۹/۹۰	۳/۹۸	-۰/۰۰۹	۱۱/۹۴	-۳۴/۸۵	۱/۳۵	۰/۵۶	-۳/۲۳	۲/۱۶
	پوسته گردو	-۰/۱۵	۴۸/۹۳	۴/۵۶	-۰/۰۱۰	۲۲/۷۴	۲۰/۰۱	۵۳/۳۹	۰/۱۸	۸۲/۵۴	۳/۹۵
آب مقطر	بیوچار باگاس نیشکر	-۰/۰۷۷	۲۳۸/۴	۶/۵۲	-۰/۰۱۴	۱۱۷/۳۹	-۳۴۵/۸	۷/۹۸	۰/۶۶	-۲۳/۶۳	۲۰/۴۲
	باگاس نیشکر	-۰/۰۷۶	۲۵/۱۶	۳/۷۴	-۰/۰۰۹	۱۱/۷۴	-۲۴/۱۲	۴/۱۵	۰/۴۱	۸/۳۲	۲/۰۲
	بیوچار پوسته گردو	-۰/۱۴	۴۹/۰۲	۴/۶۳	-۰/۰۱۰	۱۹/۵۰	-۶۱/۰۲	۱/۳۶	۰/۶۳	-۹/۷۹	۳/۵۶
	پوسته گردو	-۰/۰۰۹	۲۷/۷۴	۳/۸۹	-۰/۰۱۱	۱۴/۶۷	-۵/۷۴	۱۰/۴۰	۰/۲۴	۳۵/۵۸	۲/۴۷
کلرید سدیم	بیوچار باگاس نیشکر	-۰/۰۷۹	۲۴۰/۱۱	۶/۵۰	-۰/۰۱۴	۱۲۲/۵۳	-۳۲۲/۹۷	۱۶/۹۰	۰/۵۵	۱۶/۶۳	۲۱/۰۶
۰/۰۱ مولار	باگاس نیشکر	-۰/۰۰۸	۲۸/۰۸	۳/۸۷	-۰/۰۰۹	۱۲/۴۷	-۳۰/۹۱	۲/۶۴	۰/۴۸	۳/۰۸	۲/۱۸
	بیوچار پوسته گردو	-۰/۱۳	۴۵/۷۶	۴/۵۱	-۰/۰۱۰	۱۹/۴۷	-۵۸/۴۸	۱/۵۵	۰/۶۲	-۶/۳۲	۳/۴۸
	پوسته گردو	-۰/۱۵	۵۱/۰۰۴	۴/۶۰	-۰/۰۱	۲۴/۱۱	-۱۰/۸۱	۳۲/۴۰	۰/۲۴	۵۵/۵۷	۴/۱۷

### نتیجه گیری

با مقایسه مقادیر فسفر تجمعی رها شده توسط عصاره‌گیر ها، مقدار فسفر تجمعی در بیوچار باگاس بیشتر از حالت خام آن ولی در بیوچار پوسته گردو کمتر از حالت خام آن است. بیشترین فسفر تجمعی در بیوچار باگاس نیشکر، باگاس نیشکر و پوسته گردو توسط عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و در بیوچار پوسته گردو توسط کلرید سدیم ۰/۰۱ مولار استخراج شد. معادله نمایی با داشتن بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای استاندارد رهاسازی فسفر در ترکیبات آلی را به خوبی توصیف نمود. بیشترین سرعت رهاسازی فسفر از ترکیبات آلی، در عصاره‌گیر آب مقطر مشاهده شد. با توجه به معادله نمایی در هر سه عصاره‌گیر سرعت رهاسازی فسفر در بیوچار باگاس نیشکر و بیوچار پوسته گردو بیشتر از حالت خام آن‌ها است.

### منابع

- ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ.، و کریمیان، ن. (۱۳۸۷). روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. تهران: دانشگاه تربیت مدرس
- . برادی، ن. و ری، و. (۱۳۸۵). سرشت و خصوصیات خاکها. (ترجمه شاهویی، ص). کردستان: دانشگاه کردستان. (سال انتشار به زبان اصلی ۱۹۲۰).
- زلفی باوریانی، م.، رونقی و همکاران. (۱۳۹۵). اثر بیوچار تهیه شده از کود مرغی در دماهای متفاوت بر ویژگی‌های شیمیایی یک خاک آهکی. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، شماره ۷۵.



- DeLuca, T. H., Gundale, M. J., MacKenzie, M. D., & Jones, D. L. (2015). Biochar effects on soil nutrient transformations. *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*, 2, 421-454.
- Gustafsson, Ö., Kruså, M. et al. (2009). Brown clouds over South Asia: biomass or fossil fuel combustion?. *Science*, 323(5913), 495-498.
- Hansen, J. C., & Strawn, D. G. (2003). Kinetics of phosphorus release from manure-amended alkaline soil. *Soil science*, 168(12), 869-879.
- Manolikaki, I. I., Mangolis, A., & Diamadopoulos, E. (2016). The impact of biochars prepared from agricultural residues on phosphorus release and availability in two fertile soils. *Journal of environmental management*, 181, 536-543.
- Namgay, T., Singh, B. et al. (2010). Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.). *Soil Research*, 48(7), 638-647.
- Novak, J. M., Lima, I. et al. (2009). Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science*, 3(2).
- Peng, X., Ye, L. L. et al. (2011). Temperature-and duration-dependent rice straw-derived biochar: Characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. *Soil and Tillage Research*, 112(2), 159-166.
- Qian, T., Zhang, X. et al. (2013). Effects of environmental conditions on the release of phosphorus from biochar. *Chemosphere*, 93(9), 2069-2075.
- Rowell, D. L. (1994). *Soil science: Methods and applications*. Longman Scientific and Technical, Longman Group UK Ltd, Harlow, Essex, UK.
- Sujana, I. P., Lanya, I. et al. (2014). The effect of dose biochar and organic matters on soil characteristic and corn plants growth on the land degraded by garment liquid waste. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(5), 77-88.
- Tehrani, M.M., Balali, M.R. et al. 2012. Recommendations and estimates of fertilizer in Iran: Challenges and Solutions. *Journal of Soil Research*, 26 (2): 123-144.
- Zhang, H., Chen, C. et al. (2016). Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. *Geoderma*, 276, 1-6.
- Tan, Z., & Lagerkvist, A. (2011). Phosphorus recovery from the biomass ash: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3588-3602.
- Williams, P. T., & Nugranad, N. (2000). Comparison of products from the pyrolysis and catalytic pyrolysis of rice husks. *Energy*, 25(6), 493-513.

### Kinetics of phosphorus release from two organic compounds and their biochars

Z. zarrinkolah\*, M. Zarrabi, S. mahdavi

M.Sc. Student and Assistant Professors respectively, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University

#### Abstract

We studied kinetics of Phosphorus (P) release in Sugarcane bagasse, Walnut wood shell and their biochars using different extractant. Kinetics experiments were conducted with 12 consecutive 30-minute extraction using distilled water, 0.01 M calcium chloride, and 0.01 M sodium chloride. Kinetics models were used to describe cumulative P release. Due to the highest  $R^2$  (0.96) and lowest SE(0.35) P release was described best with Power model, in all extractants. The highest P release rate in absorbent was observed in distilled water. Average P release rate of Power model from all absorbent was  $0.48 \text{ mg kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .

**Key words:** Phosphorus, kinetics, organic compounds, biochar