



## جذب فسفر از محلول‌های آبی توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده: پارامترهای بهینه جذب و سینتیک جذب

بنفشه فرجی<sup>۱\*</sup>، محبوبه ضرابی<sup>۲</sup>، زهرا کلاه‌چی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

Email: [banafsheh.faraji1990@gmail.com](mailto:banafsheh.faraji1990@gmail.com)

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی سینتیک جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده (جاذب) در شرایط بهینه می‌باشد. حداکثر راندمان جذب فسفر (۵۶٪) در  $pH=6$  با استفاده از غلظت جاذب ۴ گرم بر لیتر در زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. سینتیک جذب فسفر به خوبی توسط مدل شبه مرتبه دوم توصیف شد ( $R^2=1$ ). مقدار  $k$  و  $q_e$  به ترتیب ۱۰/۸۷ میلی‌گرم بر گرم و ۰/۱۶- گرم بر میلی‌گرم دقیقه به دست آمد. با توجه به هزینه پایین، در دسترس بودن و قابلیت جذب بالا، پوسته چوبی گردو اصلاح شده می‌تواند برای جذب فسفر از محلول‌های آبی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: فسفر، پوسته چوبی گردو اصلاح شده، سینتیک جذب

### مقدمه

فسفر نسبت به دو درشت مغذی نیتروژن و پتاسیم، به رشد گیاهان، رشد بدن انسان و بقای زندگی آبزبان بیشتر کمک می‌کند (Yadave et al., 2015). فسفر به عنوان یک ماده مغذی غیرقابل تعویض برای رشد گیاهان است، زیرا اجازه انتقال انرژی در داخل سلول گیاهی را می‌دهد. فسفر در سطح مناسب، برای تحریک رشد و ایجاد تغییرات در بلوغ گیاه ضروری است (Yadave et al., 2015). فسفر به عنوان یک جزء در کود NPK (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) حضور دارد. ذخایر فسفر در خاک اساساً به دو شکل فسفات معدنی و فسفات آلی وجود دارند (Havlin et al., 2005). بیش از حد بودن فسفر در آب باعث تحریک رشد جلبک و دیگر پوشش‌های گیاهی که اکسیژن زیادی را مصرف می‌کنند، می‌شود و در نتیجه مقدار اکسیژن کافی برای زندگی آبزبان باقی نمی‌ماند و منجر به بروز پدیده اتروفیکاسیون می‌شود که خطری جدی برای ساکنان آب و به طور گسترده‌تر کل اکوسیستم در آینده است (Nguyen et al., 2012). فسفر کیفیت آب و زندگی آبزبان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین هزینه‌های تصفیه آب را افزایش می‌دهد (Yadave et al., 2015). حد مجاز فسفر برای جلوگیری از رشد جلبک‌ها ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر است (Benyoucef and Armani, 2011b) و در مقادیر بیش‌تر از این حد، پدیده اتروفیکاسیون اتفاق می‌افتد، چندین مطالعه گزارش کردند که حتی کیفیت آب زیرزمینی نیز کاهش می‌یابد (Kumar et al., 2011). آبخوبی فسفر از طریق خاک به آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب آشامیدنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به خطرات جدی برای سلامتی انسان و حیوانات می‌شود (Ravidra and Garg, 2015). آسیب دیدن کلیه و پوکی استخوان به دلیل مصرف غلظت بالایی از فسفر گزارش شده است (Oliveria et al., 2012). تخلیه مداوم فسفر به اکوسیستم‌های آبی رشد مواد سمی را در آب تحریک می‌کند (Zhang et al., 2011). بدین علت حذف فسفر برای کنترل پدیده اتروفیکاسیون و توسعه فن‌آوری‌های مقرون به صرفه برای داشتن آب با کیفیت مطلوب، ضروری است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که از پسماندهای کشاورزی گوناگونی مانند ساقه موز (Anirudhan et al., 2006)، ضایعات پرتقال (Biswas et al., 2007)، بقایای گندم (Xu et al., 2009)، باگاس نیشکر (Carvalho et al., 2011)، ضایعات درخت خرما (Ismail et al., 2012)، الیاف پوسته نارگیل (de Lima et al., 2012) و خاکستر پوسته برنج (Mor et al., 2016) برای جذب فسفر از محلول‌های آبی استفاده شده است. Yadave et al (2015) گزارش کردند که حداکثر راندمان جذب



فسفات (۹۵/۸۵٪) برای بقایای میوه فعال در  $pH=6$ ، غلظت جاذب ۳ گرم بر لیتر و زمان تماس ۳ ساعت به دست آمد. در مطالعه‌ای که توسط Xu et al (2009) روی جذب فسفات توسط بقایای گندم اصلاح شده انجام شد، حداکثر جذب فسفات ۹۲/۵٪ به دست آمد که در غلظت جاذب ۲ گرم بر لیتر و زمان تماس ۱۵ - ۵ دقیقه اتفاق افتاد. Zhang et al (2012) حداکثر راندمان جذب فسفات توسط باگاس نیشکر اصلاح شده را ۲۱/۳۰ میلی‌گرم بر گرم گزارش کردند. Mor et al (2016) سینتیک جذب فسفات توسط خاکستر پوسته برنج را در زمان‌های ۶۰ تا ۲۱۰ دقیقه بررسی کردند و معادله شبه مرتبه دوم با بالاترین میزان  $R^2$  بهترین توصیف را از داده‌های جذب داشت. در طی مطالعه‌ای Xu et al (2009) سینتیک جذب فسفات با استفاده از بقایای گندم اصلاح شده را مورد بررسی قرار دادند و داده‌های جذب به مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم برازش یافتند. هدف از این مطالعه، بررسی امکان استفاده از پوسته چوبی گردو اصلاح شده به عنوان جاذب برای جذب فسفر از محلول‌های آبی، به دست آوردن حداکثر جذب فسفر در شرایط بهینه مانند  $pH$ ، زمان تماس و غلظت جاذب، و بررسی سینتیک جذب فسفر می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

پوسته چوبی گردو جمع آوری شده، ابتدا با آب مقطر شسته شد و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد، سپس آسیاب شد و از الک ۰/۲۵ میلی‌متر عبور داده شد. به منظور آماده سازی جاذب، پوسته چوبی گردو توسط روش Cao et al (2011) اصلاح شد. در نتیجه اصلاح، سطح جاذب دارای بار مثبت شد. این روش را می‌توان برای بقایای کشاورزی که شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین هستند، استفاده نمود.

به منظور مطالعه شرایط بهینه مؤثر در جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده (جاذب)، غلظت بهینه جاذب،  $pH$ ، بهینه، و زمان تماس بهینه به دست آمدند. سینتیک جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده و  $pH_{ZPC}$  نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

به منظور تعیین غلظت بهینه جاذب، از غلظت اولیه ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر استفاده شد. جذب فسفر با استفاده از غلظت جاذب ۱ تا ۸ گرم بر لیتر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۲۴ ساعت و سرعت هم‌زدن ۲۰۰ دور در دقیقه انجام شد. برای به دست آوردن  $pH$  بهینه، مقدار جذب فسفر با استفاده از غلظت بهینه جاذب به دست آمده و غلظت اولیه ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر، در  $pH$  بین ۴ تا ۸، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۲۴ ساعت و سرعت هم‌زدن ۲۰۰ دور در دقیقه، مورد مطالعه قرار گرفت. اندازه‌گیری  $pH_{ZPC}$  با استفاده از ۵۰ میلی‌لیتر محلول سدیم کلرید ۰/۰۱ مولار انجام شد (Feizi and Jalali, 2015).

مطالعات جذب فسفر به عنوان تابعی از زمان جذب (۱۴۴۰ - ۵ دقیقه) در  $pH$  بهینه و غلظت بهینه جاذب به دست آمده و با استفاده از غلظت اولیه ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. غلظت فسفر نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Murphy and Riley, 1962). به منظور توصیف نتایج به دست آمده از مطالعات سینتیک جذب فسفر، از مدل‌های شبه مرتبه اول (Lagergren, 1898) و شبه مرتبه دوم (Ho et al., 2000) استفاده شد.

مدل شبه مرتبه اول:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (1)$$

مدل شبه مرتبه دوم:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2)$$

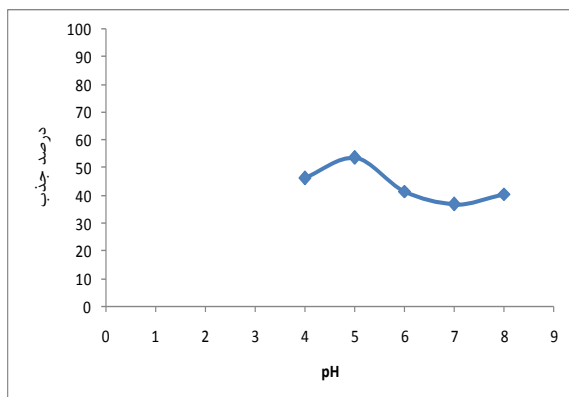
در این مدل‌ها  $q_e$  مقدار جذب تعادلی ( $mg\ g^{-1}$ )،  $q_t$  مقدار جذب در زمان  $t$  ( $mg\ g^{-1}$ )،  $k_1$  ( $min^{-1}$ ) و  $k_2$  ( $g\ mg^{-1}\ min^{-1}$ )، به ترتیب ثابت سرعت برای مدل‌های شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم می‌باشند.

## نتایج و بحث

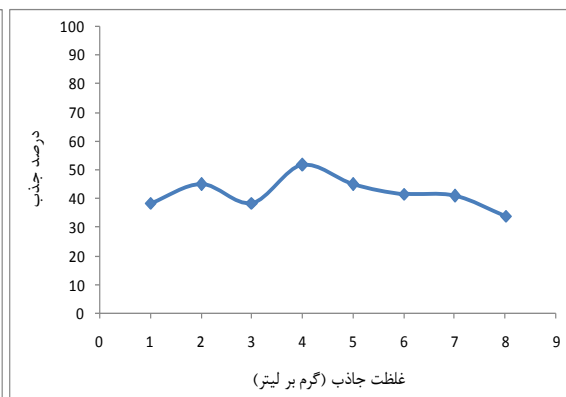
نتایج حاصل از بررسی غلظت بهینه جاذب نشان داد که حداکثر راندمان جذب فسفر با استفاده از پوسته چوبی گردو اصلاح شده با استفاده از غلظت جاذب ۴ گرم بر لیتر به دست آمد (شکل ۱). از این رو، افزایش در مقدار جاذب، جذب فسفر به دست آمده از تعادل را افزایش نمی‌دهد. آزمایشات بعدی در غلظت بهینه جاذب ۴ گرم بر لیتر، برای جذب فسفر انجام شدند. در مطالعه‌ای که توسط Yadave et al (2015) روی پوسته برنج و بقایای میوه انجام شد، غلظت بهینه جاذب ۵ گرم بر لیتر به دست آمد. در همین مطالعه غلظت بهینه جاذب برای پوسته برنج فعال و بقایای میوه فعال، ۳ گرم بر لیتر به دست آمد.

pH محلول آبی یک پارامتر مهم در روند جذب است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است ویژگی‌های جاذب جاذب به pH وابسته است. pH بهینه برای جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده ۵ به دست آمد و حداکثر راندمان جذب فسفر ۵۳/۵٪ بود. pH بالا منجر به انتقال بارهای منفی به سطح و در نتیجه دفع یون‌های فسفر با بار منفی می‌شود. به عبارت دیگر، کاهش جذب فسفر برای pH قلیایی را نیز می‌توان به رقابت بین یون‌های هیدروکسیل و آنیون‌های فسفر برای مکان‌های جذب، نسبت داد. Biswas et al (2007) حداکثر جذب فسفر با استفاده از ضایعات پرتقال را در pH بین ۵ تا ۷ گزارش نمودند. اثر pH را می‌توان با استفاده از  $pH_{ZPC}$  نیز توضیح داد. در  $pH > pH_{ZPC}$  بار سطح منفی است، در حالی که در  $pH < pH_{ZPC}$  بار سطح مثبت است.  $pH_{ZPC}$  برای پوسته چوبی گردو اصلاح شده ۶ به دست آمد (شکل ۳). در pH کمتر از ۶ سطح پوسته چوبی گردو اصلاح شده دارای بار مثبت است و این به نفع جذب یون‌های فسفر روی سطح پوسته چوبی گردو اصلاح شده که دارای بار مثبت هستند، می‌باشد. جذب آنیون‌ها در pH کمتر از  $pH_{ZPC}$  اتفاق می‌افتد در حالی که جذب کاتیون‌ها در pH بیشتر از  $pH_{ZPC}$  اتفاق می‌افتد. این نشان می‌دهد که جذب فسفر در pH کمتر از مقدار  $pH_{ZPC}$  مربوطه اتفاق خواهد افتاد (Kumar et al., 2010). این نتیجه با نتایج دیگر مطالعات جذب فسفر با استفاده از جاذب‌های زیستی مطابقت دارد. (Anirudhan et al., 2006).  $pH_{ZPC}$  برای ساقه موز اصلاح شده را ۷/۸ و pH بهینه را ۶ گزارش نمودند.

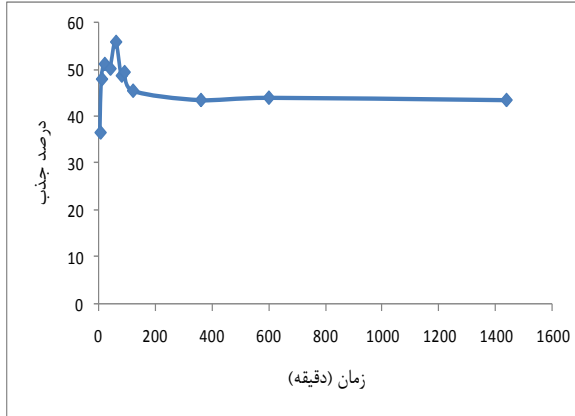
جذب فسفر در سطح پوسته چوبی گردو اصلاح شده در زمان‌های تماس مختلف بررسی شد و نتایج در شکل ۴ ارائه شده است. حداکثر جذب فسفر (۵۶٪) در زمان ۶۰ دقیقه به دست آمد و از زمان ۱۲۰ دقیقه به بعد میزان جذب تقریباً ثابت است و جذب به تعادل رسیده است. Xu et al (2009) اثر زمان روی جذب فسفر توسط بقایای گندم اصلاح شده را بررسی نمودند و گزارش کردند که، در آغاز فرآیند (۵ - ۰ دقیقه) یک روند صعودی با شیب تند برای جذب فسفر وجود داشت، سپس افزایش کمی در جذب فسفر در زمان بین ۵ تا ۱۵ دقیقه مشاهده شد و پس از آن جذب به تعادل رسید.



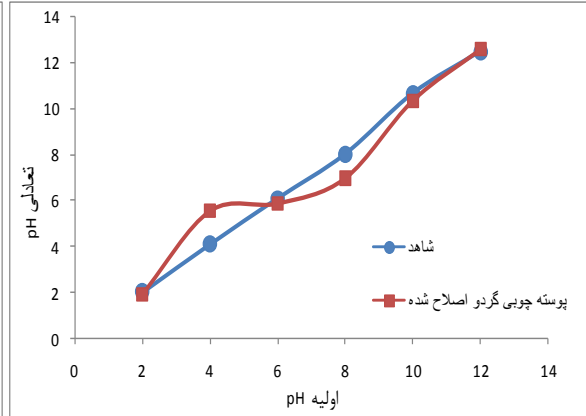
شکل ۲- اثر pH بر جذب فسفر



شکل ۱- اثر غلظت جاذب بر جذب فسفر



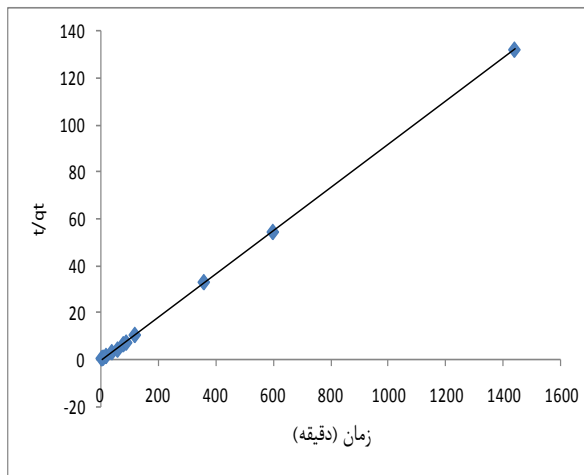
شکل ۴- اثر زمان بر جذب فسفر



شکل ۳-  $pH_{zpc}$  (pH نقطه صفر بار الکتریکی)

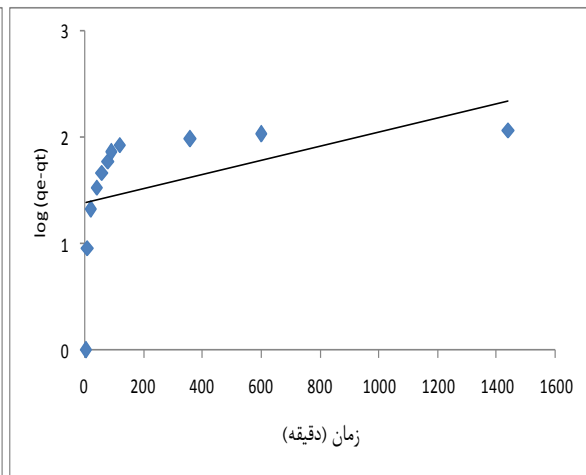
مطالعه سینتیک جذب شامل بررسی دقیق شرایط آزمایشی است که تحت تأثیر سرعت واکنش شیمیایی قرار دارد و بنابراین برای رسیدن به تعادل در یک زمان مناسب کمک می‌کند (Mor et al, 2016). مطالعه سینتیک جذب میزان جذب املاح را توصیف می‌کند، مدت زمان فرآیند جذب را کنترل می‌کند و اطلاعات با ارزشی در خصوص مسیریهای واکنش و مکانیزم‌های جذب ارائه می‌دهد (Yadanparthi et al, 2009). مکانیسم جذب به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جاذب و همپنین فرآیند انتقال جرم بستگی دارد (Tchobanoglous et al, 2003). در بررسی سینتیک جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده از مدل‌های شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم استفاده شد. براساس مقدار ضریب همبستگی ( $R^2$ ) به دست آمده، مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم با بالاترین ضریب همبستگی بهترین توصیف را از داده‌های تجربی داشت.

شکل ۵ و شکل ۶ به ترتیب، نتایج حاصل از برازش داده‌های سینتیک جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده را بر معادله‌های سرعت شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم نشان می‌دهند.



شکل ۶- مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم برای

توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده



شکل ۵- مدل سینتیکی شبه مرتبه اول برای جذب فسفر

جذب فسفر

توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده

براساس نتایج به دست آمده، معادله شبه مرتبه دوم، فرآیند جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده را به خوبی توجیه می‌کند. مقدار  $q_e$  و  $k$  به ترتیب  $10/87$  میلی‌گرم بر گرم و  $0/016$  - گرم بر میلی‌گرم دقیقه به دست آمد. در جدول ۱ پارامترهای توصیف کننده سینتیک جذب آورده شده است.



جدول ۱- پارامترهای مدل‌های سینتیکی جذب فسفر

مدل‌ها	پارامترها	مقدار
شبه مرتبه دوم	$q_e(\text{mg g}^{-1})$	۱۰/۸۷
شبه مرتبه اول	$k(\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1})$	-۰/۰۱۶
	$R^2$	۱
	$q_e(\text{mg g}^{-1})$	۲۴/۳۵
	$k(\text{min}^{-1})$	-۰/۰۰۲
	$R^2$	۰/۲۲

Mor et al (2016) مدل سینتیکی توصیف کننده جذب فسفر، توسط خاکستر پوسته برنج را معادله شبه مرتبه دوم با  $R^2 = 0.98$  بیان نمودند. در بررسی سینتیک جذب فسفر به وسیله ضایعات پرتقال توسط Biswas et al (2007). داده‌های جذب به مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم با  $R^2 = 0.99$  برابرش یافتند.

## نتیجه‌گیری کلی

از پوسته چوبی گردو اصلاح شده می‌توان به عنوان یک جاذب مناسب برای جذب فسفر از محلول‌های آبی استفاده نمود. حداکثر راندمان جذب فسفر توسط پوسته چوبی گردو اصلاح شده، در غلظت بهینه جاذب ۴ گرم بر لیتر،  $\text{pH} = 5$  و زمان تماس ۶۰ دقیقه به دست آمد. مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم بهترین توصیف را از داده‌های جذب داشت ( $R^2 = 1$ ).

## منابع

- Anirudhan, T. S., Noeline, B. F., and Manohar, D. M. 2006. Phosphate removal from wastewater using a weak anion exchanger prepared from a lignocellulosic. *Environmental Science and Technology*, 40: 2740-2745.
- Benyoucef, S. and Amrani, M. 2011b. Re- moval of phosphorus from aqueous solutions using chemically modified sawdust of Aleppo pine (*Pinushalepensis* Miller): Kinetics and isotherm studies. *Environmentalist*, 31(3): 200-207.
- Biswas, B. K., Inoue, K., Ghimire, K. N., Ohta, S., Harada, H., Ohto, K., & Kawakita, H. 2007. The adsorption of phosphate from an aquatic environment using metal-loaded orange waste. *Journal of Colloid and Interface Science*, 312(2): 214-223.
- Cao, W., Dang, Z., Zhou, X.Q., Yi, X.Y., Wu, P. X., Zhu, N.W., and Lu, G. N. 2011. Removal of sulphate from aqueous solution using modified rice straw. *Carbohydrate Polymers*, 85: 571-577.
- Carvalho, W. S., Martins, D. F., Gomes, F. R., Leite, I. R., da Silva, L. G., Ruggiero, R., & Richter, E. M. 2011. Phosphate adsorption on chemically modified sugarcane bagasse fibres. *biomass and bioenergy*, 35(9): 3913-3919.
- de Lima, A. C. A., Nascimento, R. F., de Sousa, F. F., Filho, J. M. and Oliveira, A.C. 2012. Modified coconut shell fibers: A green and economical sorbent for the removal anions from aqueous solutions. *Chemical Engineering*, 185: 274-284.
- Feizi, M., & Jalali, M. 2015. Removal of heavy metals from aqueous solutions using sunflower, potato, canola and walnut shell residues. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 54: 125-136.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2005. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (Vol. 515). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Ho, Y. S., McKay, G., Wase, D. A. J., & Forster, C. F. 2000. Study of the sorption of divalent metal ions on to peat. *Adsorption Science & Technology*, 18(7): 639-650.
- Ismail, Z. 2012. Kinetic study for phosphate removal from water by recycled date-palm wastes as agricultural by-products. *International Journal of Environmental Studies*, 69(1): 135-149.
- Kumar, A., Rishi, M. S., Kochhar, N., Mor, S. 2011. Hydro-geochemical characteristics of groundwater of SirhindNala sub-basin (Ghaggarriverbasin, India) in relation to salinity hazard. *Chemical engineering Journal*, 8 (1-2): 62-77.
- Kumar, P., Sudha, S., Chand, S., & Srivastava, V. C. 2010. Phosphate removal from aqueous solution using coir-pith activated carbon. *Separation Science and Technology*, 45(10): 1463-1470.
- Lagergren, S. 1898. Zurtheorie der sogenannten adsorption gelosterstoffe. *Kungligasvenskavetenskapsakademiens Handlingar*, 24: 1-39.
- Metcalf & Eddy, Burton, F. L., Stensel, H. D., & Tchobanoglous, G. 2003. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGraw Hill.



- Mor, S., Chhoden, K., Ravindra, K. 2016. Application of agro-waste rice husk ash for the removal of phosphate from the wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 129: 673-680.
- Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Nguyen, T. A. H., Ngo, H. H., Guo, W., and Nguyen, T. V. 2012. Phosphorus removal from aqueous solution by agricultural by-products. *Journal of water sustainability*, 2(3): 193-207.
- Oliveria, M., Machado, A. V., Nogueira, R. 2012. Phosphorus removal from eutrophic waters with an aluminium hybrid nanocomposite. *Water Air Soil Pollutant*. 223 (8): 4831-4840.
- Ravindra, K., Kaur, K., Mor, S. 2015. System analysis of municipal solid waste management in Chandigarh and minimization practices for cleaner emission. *Journal of cleaner production*, 89: 251-256.
- Xu, X., Gao, B., Wang, W., Yue, Q., Wang, Y., Ni, S. 2009. Adsorption of phosphate from aqueous solutions onto modified wheat residue; characteristic, kinetic and column studies. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 70 (1): 46-52.
- Yadav, D., Kapur, M., Kumar, P., & Mondal, M. K. 2015. Adsorptive removal of phosphate from aqueous solution using rice husk and fruit juice residue. *Process Safety and Environmental Protection*, 94: 402-409.
- Zhang, L., Wan, L., Chang, N., Liu, J., Duan, C., Zhou, Q., ... & Wang, X. 2011. Removal of phosphate from water by activated carbon fiber loaded with lanthanum oxide. *Journal of hazardous materials*, 190(1): 848-855.

### Adsorption of phosphorus from aqueous solutions by modified walnut wood shell: Optimum Conditions and Adsorption Kinetics

B. Faraji\*, M. Zarrabi, Z. Kolahchi

M.Sc Student, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University  
Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Malayer University  
Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University

#### Abstract

We studied Phosphorus (P) adsorption kinetics by modified walnut wood shell (MWWS) (adsorbent) in optimum conditions. The maximum efficiency of P sorption (56%) was achieved at PH= 5 using 4 g/L dose in 60 min of contact time at 25°C. Phosphorus adsorption kinetics was well described with the pseudo-second order kinetic model ( $R^2= 1$ ). The  $q_e$  and  $k$  values at 25°C were 10.87 mg g<sup>-1</sup> and -0.016 mg g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, respectively. Due to low cost, availability and significantly high adsorption capability, MWWS can be employed for the adsorption of P from aqueous solutions.

**Keywords:** Phosphorous, modified walnut wood shell, adsorption kinetics