

## محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

## بررسی همدمای جذب آمونیوم از محلول آبی با استفاده از بیوچار نی

شایلا خواجوی شجاعی<sup>۱\*</sup>، عبدالامیر معزی<sup>۲</sup>، مجتبی نوری مصیر<sup>۳</sup>، مهدی تقوی<sup>۴</sup><sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز<sup>۴</sup> استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

## چکیده

استفاده از جاذب‌های طبیعی، ارزان و دوستدار محیط‌زیست می‌تواند راهکار مناسبی برای جذب آمونیوم از محیط‌های آبی باشد. هدف از این پژوهش، بررسی توانایی بیوچار گیاه نی (*Phragmites australis*) در جذب آمونیوم از محلول آبی بود. برای این کار، بیوچار نی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شده و ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شد. آزمایش‌های جذب سطحی و تأثیر برخی از پارامترهای مؤثر بر فرایند جذب آمونیوم به‌وسیله بیوچار نی شامل غلظت اولیه، زمان تماس، pH و مقدار بیوچار، به‌صورت پیمانه‌ای بررسی شد. جذب آمونیوم توسط بیوچار نی پس از گذشت ۲۴۰ دقیقه به تعادل رسید. pH بهینه در جذب آمونیوم ۹ بود. کارایی جذب آمونیوم با افزایش زمان تماس و مقدار جاذب افزایش یافت. مدل لانگ‌مویر ( $R^2=0.99$ ) بهترین برازش را برای داده‌های آمونیوم نشان داد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان‌دهنده توانایی بالای بیوچار نی برای جذب آمونیوم (۴۲/۶ میلی‌گرم بر گرم) بود؛ بنابراین بیوچار نی پس از جذب آمونیوم به دلیل ظرفیت مناسب در تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاهان، پتانسیل بالایی به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک دارد.

کلمات کلیدی: جاذب آلی، جذب سطحی، بیوچار نی، نیتروژن، همدم.

## مقدمه

مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای نیتروژنی منجر به آبهوشی نیتروژن از مزارع به اکوسیستم آبی می‌شود. نیتروژن به دلیل حلالیت بالا و عدم نگهداشت آن در خاک، به‌راحتی در آب موجود در منافذ خاک حل شده و به‌سرعت از دسترس ریشه گیاه و لایه فعال خاک آبهوشی می‌گردد (Wang و همکاران، ۲۰۱۵). آبهوشی نیتروژن از اراضی کشاورزی و همچنین استفاده از پساب‌های صنعتی و کشاورزی سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای و غنی شدن (Eutrophication) آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است (Wang و همکاران، ۲۰۱۵). حساسیت دام‌ها، اختلال در سیستم عصبی و تولید انسولین در انسان به دلیل حساسیت به مقادیر بالای آمونیوم نیز گزارش شده است (Wang و همکاران، ۲۰۱۵). یکی از جاذب‌هایی که در سال‌های اخیر برای پالایش آمونیوم مورد توجه قرار گرفته، بیوچار (Biochar) است (Tang و همکاران، ۲۰۱۹). بیوچار یک ماده بسیار متخلخل و غنی از کربن است که از تجزیه حرارتی بقایا و زیست‌توده‌های آلی طی فرایند گرماکافت در شرایط بدون اکسیژن و یا اکسیژن محدود تهیه می‌شود (Yin و همکاران، ۲۰۱۸). بیوچار به دلیل دارا بودن منافذ بسیار زیاد و ساختار بسیار متخلخل و همچنین داشتن گروه‌های عاملی سطحی فراوان می‌تواند به‌عنوان یک جاذب دوست‌دار محیط‌زیست برای پالایش آمونیوم از آب‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Tang و همکاران، ۲۰۱۹). Wang و همکاران (۲۰۱۵)، ظرفیت جذب آمونیوم به‌وسیله بیوچار بلوط را به ترتیب ۵/۳ میلی‌گرم بر گرم گزارش کردند. ظرفیت جذب آمونیوم توسط بیوچار به ویژگی‌های فیزیکی (سطح ویژه بالا و تخلخل) و شیمیایی (گروه‌های عاملی دارای بارهای مثبت و منفی) آن بستگی دارد (Tang و همکاران، ۲۰۱۹). گروه‌های عاملی و بار سطحی بیوچار، به‌طور قابل توجهی مقدار جذب را از طریق تعاملات فیزیکی و شیمیایی بین آلاینده‌ها و بیوچار تحت تأثیر قرار می‌دهند. کانال‌های آبیاری و زهکشی به دلیل دارا بودن آب و مواد غذایی محل مناسبی برای رشد گیاهان و علف‌های هرز هستند. گیاه نی (*Phragmites australis*) یکی از این گیاهان است که به‌وفور در کانال‌های زهکش و آبیاری در استان خوزستان رشد می‌کند و می‌تواند منجر به تغییرات هیدرولوژیکی، چرخه عناصر غذایی و افزایش خطر آتش‌سوزی و رشد عوامل بیماری‌زا شود؛ بنابراین تبدیل این گیاهان به بیوچار می‌تواند راهکاری مناسب و اقتصادی

\* ایمیل نویسنده مسئول: shila\_khajavi@yahoo.com

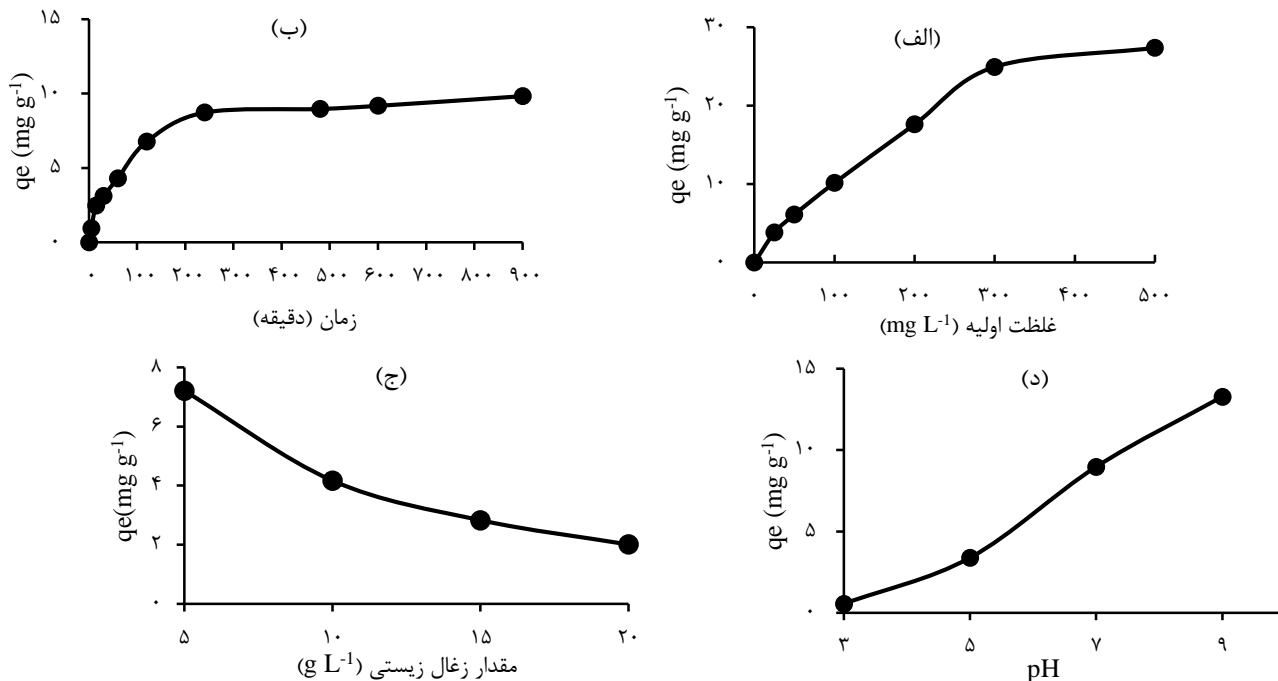
جهت حفظ سلامت محیط زیست باشد (Gong و همکاران، ۲۰۱۷). تاکنون مطالعات چندانی در زمینه بررسی توانایی بیوچار نی در جذب آمونیوم انجام نشده است؛ بنابراین با توجه به افزایش غلظت آمونیوم در منابع آب و پیامدهای زیست محیطی ناشی از آن در این پژوهش کارایی بیوچار گیاه نی در جذب آمونیوم از محلول آبی بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه از بقایای زیست توده نی برای تهیه بیوچار استفاده شد. زیست توده نی ابتدا هوا خشک شده و پس از آسیاب کردن، در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Singh و همکاران، ۲۰۱۷). سپس بیوچار نی در کوره الکتریکی در شرایط گرمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت، در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و با نرخ افزایش دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه در شرایط بدون اکسیژن تهیه شد. برای ایجاد شرایط بدون اکسیژن از جریان گاز نیتروژن استفاده شد. پس از تهیه بیوچار ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شد (Singh و همکاران، ۲۰۱۷). بیوچار نی دارای ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۳/۴ سانتی‌مول بر کیلوگرم) و سطح ویژه (۶۸/۸ مترمربع بر گرم) نسبتاً بالایی بود که این ویژگی‌ها می‌تواند در جذب آمونیوم از محلول آبی مؤثر باشد. آزمایش‌های جذب آمونیوم به وسیله بیوچار نی در حالت بسته (Batch) و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. تأثیر پارامترهای مؤثر بر فرایند جذب شامل غلظت اولیه آمونیوم (غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، زمان تماس (۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ دقیقه)، pH (۳، ۵، ۷ و ۹) و مقدار زغال زیستی (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم بر لیتر) بررسی شد. برای بررسی هم‌دمای جذب آمونیوم، ۰/۱ گرم از بیوچار به همراه ۵۰ میلی‌لیتر محلول حاوی آمونیوم با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، به لوله‌های سانتریفیوژ پلی‌اتیلنی منتقل شده و لوله‌ها بعد از تکان دادن (۱۷۰ دور بر دقیقه) به مدت ۲۴ ساعت، سانتریفیوژ شدند تا سوسپانسیون به تعادل برسد. در نهایت غلظت آمونیوم در محلول‌های رویی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Apel PD-303 UV, Japan) تعیین شد (APHA، ۱۹۹۲). برای توصیف داده‌های جذب آمونیوم توسط بیوچار از مدل‌های همدم لانگمویر، فروندلیچ و تمکین استفاده گردید (Zhan و همکاران، ۲۰۱۶).

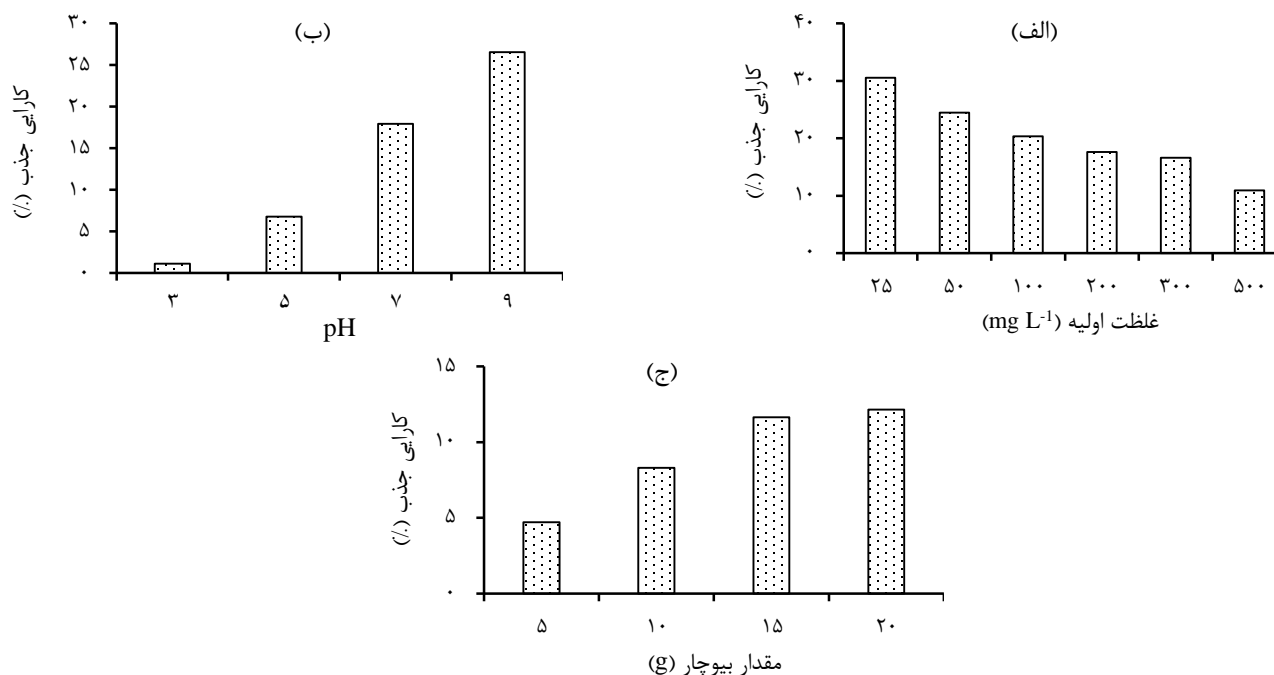
## نتایج و بحث

نتایج نشان داد جذب آمونیوم توسط بیوچار نی شامل ۳ مرحله سریع، آهسته و تعادل بود. بر این اساس جذب آمونیوم توسط بیوچار نی به ترتیب پس از گذشت ۴ ساعت (۲۴۰ دقیقه) به تعادل رسید و این زمان مبنای انجام سایر آزمایش‌های جذب قرار گرفت. غلظت آمونیوم جذب شده پس از رسیدن به تعادل به ترتیب ۸/۷ میلی‌گرم بر گرم بود و پس از آن با افزایش زمان تماس میزان جذب تغییر قابل توجهی نداشت. نتایج گزارش شده توسط Gong و همکاران (۲۰۱۷)، جذب آمونیوم در ۳۰ دقیقه ابتدایی آزمایش به سرعت افزایش یافت و در زمان ۱۰ ساعت به دلیل کاهش مکان‌های جذب کاهش یافت و به تعادل رسید. در ابتدای فرایند جذب، یون‌ها تحت تأثیر لایه مرزی بیوچار قرار می‌گیرند و جذب بسیار بالا است، در این حالت یون‌ها از طریق انتشار به سطح بیوچار می‌رسند و پس از جذب در سطح بیوچار از طریق انتشار داخلی در داخل منافذ آن قرار می‌گیرند، به تدریج و با پر شدن این مکان‌ها میزان جذب کاهش می‌یابد و جذب به تعادل می‌رسد (Hou و همکاران، ۲۰۱۶). با افزایش غلظت اولیه آمونیوم از ۲۵ به ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مقدار جذب از ۳/۸ به ۲۷/۳ میلی‌گرم بر گرم افزایش نشان داد (شکل ۱). با افزایش غلظت آمونیوم نیرو محرکه بین آن و جاذب بیشتر می‌شود و احتمال برخورد این یون‌ها با سطح بیوچار افزایش می‌یابد (Hou و همکاران، ۲۰۱۶). با این حال افزایش غلظت اولیه آمونیوم در محلول با درصد حذف این یون‌ها نسبت عکس نشان داد، به این ترتیب که با افزایش غلظت از ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر به ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر درصد حذف آمونیوم از ۱۰/۵ به ۳۰/۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳). مؤثرترین pH در حذف آمونیوم ۹ به دست آمد، به این صورت که در این pH و در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، درصد حذف آمونیوم به ترتیب ۲۶/۵ درصد بود (شکل ۱). نتایج جذب آمونیوم نشان داد، در pH های اسیدی (۳-۵) ظرفیت جذب آمونیوم کم بوده و به تدریج با افزایش pH از ۵ به ۷ به ۸/۹ و با افزایش pH از ۷ به ۹ ظرفیت جذب به ۱۳/۲ رسید. کاهش ظرفیت جذب در مقادیر pH متفاوت از طریق نیروهای الکترواستاتیک و تبادل یونی رخ می‌دهد. به این صورت که پروتون‌دهی بالای گروه‌های عاملی موجود در سطح بیوچار و ایجاد بار جزئی مثبت در محلول باشد که باعث خنثی شدن جذب قطبی آمونیوم در pH پایین‌تر باعث کاهش میزان جذب می‌گردد (Novak و همکاران، ۲۰۱۰). رقابت بین یون هیدروژن و یون آمونیوم جذب شده در سطح بیوچار در زمان کاهش pH محلول به نفع یون هیدروژن خواهد بود (Novak و همکاران، ۲۰۱۰). در این حالت جذب آمونیوم از مکانیسم تبادل یونی پیروی می‌کند (Vu و همکاران، ۲۰۱۷). مقادیر pH بالاتر از ۱۰ منجر به تبدیل بخش زیادی از یون‌های آمونیوم به آمونیاک شده که قابل جذب نمی‌باشند؛ بنابراین تمام مراحل جذب در pH ۷-۸ انجام می‌شود (Jindo و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۱- اثر غلظت اولیه (الف)، زمان تماس (ب)، مقدار بیوجار (ج) و pH اولیه محلول (د) بر جذب آمونیوم.

کارایی جذب آمونیوم با افزایش مقدار بیوجار افزایش یافت. به این ترتیب که با افزایش مقدار بیوجار از ۵ به ۲۰ گرم کارایی جذب آمونیوم از ۴/۷ به ۱۲/۱ درصد افزایش یافت (شکل ۲). با این حال ظرفیت جذب این عنصر با افزایش مقدار بیوجار افزایش می‌یابد، اما با افزایش جاذب به بالاتر از ۱۵ گرم بر لیتر ظرفیت جذب آمونیوم ثابت ماند. کاهش ظرفیت جذب با افزایش مقدار بیوجار به دلیل غیریکنواخت بودن مکان‌های جذب در سطح بیوجار است. در واقع در غلظت مشخص، در مقدار کم از بیوجار تمامی مکان‌های جذب در این فرایند شرکت کرده و پس از مدت زمان کوتاهی سطح بیوجار سریعاً از جذب شونده اشباع می‌شود، اما با افزایش میزان جاذب، جایگاه‌های با انرژی پایین‌تر اشغال می‌شود و در نتیجه آن انرژی پیوندی کاهش یافته و برگشت‌پذیری جذب افزایش می‌یابد (Amin و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین در غلظت ثابتی از یون‌ها، با افزایش مقدار جاذب گروه‌های عاملی و مکان‌های جذب فعال بیشتری ایجاد شده که سبب افزایش کارایی جذب می‌گردد (Amin و همکاران، ۲۰۱۸). سه مدل لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین برای توصیف همدمای جذب آمونیوم مورد استفاده قرار گرفت. در معادله لانگ مویر فرض بر این است که جذب به صورت یک لایه‌ای در سطوح همگن اتفاق می‌افتد و تمام مکان‌های جذب مشابه یکدیگر هستند. مدل فروندلیچ یک مدل تجربی است که معمولاً برای توصیف فرایند جذب شیمیایی روی سطوح ناهمگن استفاده می‌شود (Cui و همکاران، ۲۰۱۶). حداکثر ظرفیت جذب آمونیوم بر اساس مدل‌های مورد مطالعه ۴۲/۵ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد (جدول ۱). جذب آمونیوم روی بیوجار نی با مدل لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین برازش خوبی نشان داد که بیانگر این امر است که احتمالاً چندین مکانیسم در فرایند جذب آمونیوم مؤثر هستند. با توجه به این امر، مدل فروندلیچ با بالاترین ضریب همبستگی ( $R^2 = 0.99$ ) بهترین برازش را با داده‌های آزمایشگاهی جذب آمونیوم نشان داد. در مطالعه انجام شده توسط Asada و همکاران (۲۰۰۶)، بیوجار بامبو (Bamboo) تهیه شده در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد با سطح ویژه ۲/۱۷ مترمربع بر گرم ظرفیت جذب آمونیوم بالاتری از کربن فعال با سطح ویژه ۱۶۷۰ مترمربع بر گرم نشان داد. بدیهی است وجود گروه‌های عاملی مثبت و منفی در یک جاذب سبب افزایش توانایی آن برای جذب یون‌ها می‌گردد.



شکل ۲- تغییرات کارایی جذب آمونیوم توسط بیوچار نی با افزایش غلظت اولیه آمونیوم (الف)، pH اولیه محلول (ب) و مقدار بیوچار (ج)

جدول ۱- مقدار پارامترهای مدل‌های شبیه‌سازی همدمای جذب آمونیوم

تمکین			فروندلیچ			لانگ مویر		
R <sup>2</sup>	b	A (g <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	1/n	K (mg g <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	K <sub>L</sub>	Q <sub>m</sub> (mg g <sup>-1</sup> )
۰/۹۵	۱۳/۲	۰/۰۶	۰/۹۹	۰/۰۵۷	۵/۵	۰/۹۶	۰/۰۰۴	۴۲/۵

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش بیوچار تهیه شده از نی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد با ظرفیت جذب ۴۲/۵ میلی‌گرم بر گرم آمونیوم ۹ کیلوگرم نیتروژن (آمونیمی) در هر تن بیوچار است. از آنجایی که به‌طور معمول مقدار کود نیتروژنی توصیه شده برای گیاه بین ۸۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار است و در کشورهای در حال توسعه مانند ایران کارایی مصرف نیتروژن تنها ۳۰-۳۵ درصد است استفاده از بیوچار غنی‌شده با منابع نیتروژنی می‌تواند به تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه و کاهش تلفات نیتروژن و افزایش کارایی کودهای شیمیایی کمک کند. افزون بر این کاربرد بیوچار می‌تواند آبشویی عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر را کاهش دهد، بنابراین آمونیوم جذب شده به‌طور مؤثرتری نسبت به کودهای مرسوم نیتروژنی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. نهایتاً بیوچار به دلیل تمایل زیاد به جذب آمونیوم و ظرفیت نگهداری بالای عناصر غذایی، می‌تواند در کاهش آلودگی حاصل از تصعید و آبشویی نیتروژن توسط کودهای مرسوم نیتروژنی مؤثر باشد؛ بنابراین بیوچار غنی‌شده به‌عنوان فناوری دوست‌دار محیط‌زیست پتانسیل بالایی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک و باروری محصولات کشاورزی دارد.

### منابع

- Amin, M. T., Alazba, A. A. and Shafiq, M. 2018. Removal of copper and lead using banana biochar in batch adsorption systems: isotherms and kinetic studies. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 43(11), 5711-5722.
- APHA, AWWA, WEF. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.



- Asada, T., Ohkubo, T., Kawata, K. and Oikawa, K. 2006. Ammonia adsorption on bamboo charcoal with acid treatment. *Journal of Health Science*. 52(5), 585-589.
- Cui, X., Dai, X., Khan, K. Y., Li, T., Yang, X. and He, Z. 2016. Removal of phosphate from aqueous solution using magnesium-alginate/chitosan modified biochar microspheres derived from *Thalia dealbata*. *Bioresource Technology*. 218, 1123-1132.
- Gong, Y. P., Ni, Z. Y., Xiong, Z. Z., Cheng, L. H. and Xu, X. H. 2017. Phosphate and ammonium adsorption of the modified biochar based on *Phragmites australis* after phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(9), 8326-8335.
- Hou, J., Huang, L., Yang, Z., Zhao, Y., Deng, C., Chen, Y. and Li, X. 2016. Adsorption of ammonium on biochar prepared from giant reed. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(19), 19107-19115.
- Jindo, K., Mizumoto, H., Sawada, Y., Sanchez-Monedero, M. A. and Sonoki, T. 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences*, 11(23). 6613-6621.
- Novak, J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Laird, D. A., Ahmedna, M. A. and Niandou, M. A. 2010. Short-term CO<sub>2</sub> mineralization after additions of biochar and switchgrass to a Typic Kandudult. *Geoderma*. 154(3-4), 281-288.
- Singh, B., Camps-Arbestain, M. and Lehmann, J. 2017. *Biochar: A Guide to Analytical Methods*. Csiro Publishing, 320p.
- Tang, Y., Alam, M. S., Konhauser, K. O., Alessi, D. S., Xu, S., Tian, W. and Liu, Y. 2019. Influence of pyrolysis temperature on production of digested sludge biochar and its application for ammonium removal from municipal wastewater. *Journal of Cleaner Production*. 209, 927-936.
- Vu, T.M., Doan, D.P., Van, H.T., Nguyen, T.V., Vigneswaran, S. and Ngo, H. H. 2017. Removing ammonium from water using modified corncob-biochar. *Science of the Total Environment*. 579, 612-619.
- Wang, Z., Guo, H., Shen, F., Yang, G., Zhang, Y., Zeng, Y., Wang, L., Xiao, H. and Deng, S. 2015. Biochar produced from oak sawdust by Lanthanum (La)-involved pyrolysis for adsorption of ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), and phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). *Chemosphere*. 119, 646-653.
- Yin, Q., Wang, R., and Zhao, Z. 2018. Application of Mg-Al-modified biochar for simultaneous removal of ammonium, nitrate, and phosphate from eutrophic water. *Journal of Cleaner Production*. 176, 230-240.
- Zhan, T., Zhang, Y., Yang, Q., Deng, H., Xu, J., and Hou, W. 2016. Ultrathin layered double hydroxide nanosheets prepared from a water-in-ionic liquid surfactant-free microemulsion for phosphate removal from aquatic systems. *Chemical Engineering Journal*. 302, 459-465.



## Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

### Study of isotherm for ammonium adsorption from aqueous solution by common reed biochar

Khajavi-Shojaei<sup>1</sup>, Sh., Moezzi<sup>2</sup>, A., Norouzi Masir, M. <sup>3</sup> Taghavi, M<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>4</sup> Assistant Prof., Chemistry Department, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

#### Abstract

Application of natural, inexpensive and eco-friendly adsorbents can be a useful approach for ammonium removal from aqueous solutions. The aim of this study was to investigate the ability of common reed biochar to absorb ammonium from aqueous solution. For this purpose, common reed biochar was prepared at 500°C and its characteristics were measured. Effect of initial concentration, contact time, pH and biochar dosage in the batch experiment were carried. Adsorption ammonium by biochar reached equilibrium after 240 minutes. The optimal pH for the removal of ammonium was 9. The efficiency of ammonium removal increased with increasing contact time and a dose of biochar. The -pseudo-second-order kinetic model provides a good description for the adsorption process of ammonium ( $R^2=0.994$ ). Langmuir isotherm showed the best fit for ammonium experimental data. Generally, common reed biochar showed high capacity for adsorption of ammonium ( $42.6 \text{ mg g}^{-1}$ ). Therefore, the exhausted adsorbents containing ammonium has a high potential as a soil conditioner and can supply part of the plant's need to nitrogen.

**Keywords:** Adsorption, Common reed biochar, Isotherm, Nitrogen, Organic adsorbent.

---

\* Corresponding author, Email: shila\_khajavi@yahoo.com