



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



کاربرد کاه برنج، پوسته برنج، بیوجار و لئوناردیت در کاهش مقدار آلودگی ناشی از ترکیبات نیتروژنه

مهتری برومند^{۱*}، محمدعلی بهمنیار^۲، مهدی قاجار سیانلو^۲، سید مصطفی عمادی^۲

۱- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری * (Email: Mehri_boroumand@yahoo.com)

۲- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده

ترکیبات نیتروژنه یکی از مهمترین آلاینده‌های محیط زیست هستند. استفاده از جاذب‌های آلی می‌تواند روشی آسان، موثر و کم هزینه در جهت کاهش و یا حذف این آلاینده‌ها باشد لذا این تحقیق به منظور معرفی جاذبی کارآمد و در دسترس برای حذف ترکیبات نیتروژنه از آب صورت پذیرفت و از برخی جاذب‌های آلی (۷ تیمار شامل: کاه و پوسته برنج، بیوجار کاه و پوسته برنج تهیه شده در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد و لئوناردیت) با هدف حذف ترکیبات نیتروژنه (آمونیم، نترات و اوره) استفاده گردید. جهت افزایش کارایی، جاذب‌ها به صورت ساده، اصلاح شده با اسید و با آهن در دو pH مختلف به کار گرفته شدند. نتایج نشان داد که اصلاح جاذب‌ها توانست کارایی آن‌ها را در جهت حذف ترکیبات نیتروژنه افزایش دهد. بیوجار کاه برنج تولید شده در دمای ۶۰۰ و اصلاح شده با آهن در pH=۲ با حذف حدود ۷۹ درصد نترات، بیوجار کاه برنج ۶۰۰ آهن ۶ با حذف حدود ۳۰ درصد از میزان اوره و لئوناردیت اصلاح شده با آهن در pH=۶ با حذف حدود ۸۳ درصد از مقدار آمونیم نسبت به سایر جاذب‌های مورد مطالعه کارایی بیشتری داشتند. این پژوهش نشان داد که می‌توان از جاذب‌های مورد مطالعه جهت کاهش آلاینده‌های نیتروژنی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: آهن سه ظرفیتی، آمونیم، اوره، جاذب و نترات

۱-مقدمه

ترکیبات نیتروژنی یکی از مهمترین آلاینده‌ها هستند که از طریق کشاورزی و مصرف کودهای شیمیایی، پرورش آبزیان، صنایع غذایی و پالایشگاه‌ها وارد محیط زیست می‌گردند (ملکوتیان و همکاران، ۱۳۸۹) و ناهنجاری‌های زیادی را به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بوجود می‌آورند که از مهمترین آن‌ها می‌توان اوتروفیکاسیون، کاهش اکسیژن محلول و سمیت برای آبزیان را نام برد (ملکوتیان و همکاران، ۱۳۸۹) لذا لازم است چاره‌ای جهت حذف و یا کاهش این ترکیبات از محیط زیست، خصوصا منابع آبی اندیشید. امروزه روش‌های مختلفی مانند استفاده از کاتالیست و اکسیدانت‌های قوی، آنزیم‌ها و روش‌های بیولوژیکی و به کارگیری جاذب‌های مختلف جهت حذف از آب استفاده می‌گردد (Urban'czyk et al., 2016). مطالعات انجام شده نشان دادند که در این میان استفاده از جاذب‌های معدنی و آلی می‌تواند روشی آسان، موثر و کم هزینه باشد.

Shi و Li (2022) با استفاده از بیوجار اصلاح شده با نیتروژن و آهن به طور همزمان توانستند

تتراسایکلین، آمونیوم و فسفات را با عملکرد عالی از فاضلاب جذب کنند. در تحقیقی از بیوچار اصلاح شده با آهن توسط $FeCl_3$ و دمای پیرولیز ۵۵۰ درجه سانتی گراد برای حذف نیتروژن بهره گرفته شد. نتایج نشان داد بیوچار آغشته به آهن ۱٪ توانست ۶۰ درصد TN از پساب مصنوعی و ۵۰ درصد TN را از فاضلاب واقعی کشاورزی حذف کند (Min et al. 2020). Darajeh و همکاران (2021) اعلام کردند که بیوچار تهیه شده از کمپوست قارچ در دمای ۶۰۰ درجه و اصلاح شده با آهن III توانست ۱۹/۸۸ میلی گرم نیترات از آب را در گرم بیوچار جذب نماید. Zhao و همکاران (2023) از کربن فعال شده با HNO_3 استفاده و سپس آن را به وسیله آهن سه ظرفیتی اصلاح نمودند. این محققین اعلام کردند که حجم کل منافذ، سطح ویژه و بارهای صفر کربن فعال اصلاح شده افزایش یافت. آهن با گروه‌های عاملی واکنش نشان داده و سایت‌های تبادل یونی را برای جذب فراهم کرد. هاشمی و همکاران (۱۳۹۵) از پوسته برنج جهت حذف نیترات از آب استفاده نمودند. با توجه به مقادیر بالای مصرف کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی کشور، این کودها می‌توانند سبب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی بویژه با ترکیبات نیتروژنه گردند. لذا این تحقیق به منظور معرفی جاذبی کارآمد و در دسترس برای حذف ترکیبات نیتروژنه از آب انجام گرفت و از برخی جاذب‌های آلی (شامل ۷ تیمار: کاه و پوسته برنج، بیوچار کاه و پوسته برنج تهیه شده در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی گراد و لئوناردیت) با هدف حذف ترکیبات نیتروژنه (آمونیم، نیترات و اوره) استفاده گردید. جهت افزایش کارایی و مقایسه، جاذب‌ها به صورت ساده، اصلاح شده با اسید و با آهن در دو pH مختلف به کار گرفته شدند.

۲- مواد و روش‌ها

جهت تهیه بیوچار، کاه و پوسته برنج در کوره الکتریکی با شیب دمایی ۵۰ درجه سانتی گراد بر دقیقه در دماهای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه قرار داده شدند تا به بیوچار تبدیل گردید. برای ساخت نمونه‌های اسیدی از HCl ۱ مولار به نسبت ۱ به ۲۰ استفاده شد. نمونه‌ها به همراه اسید به مدت ۲ ساعت شیک شده و پس از شستشو با آب مقطر در آون ۷۰ درجه سانتی گراد خشک گردیدند. برای جاذب‌های اصلاح شده با آهن ۵۰ گرم از هر جاذب به ۱ لیتر محلول ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر کلرید آهن (III) اضافه شد. برای مقایسه تاثیر pH محلول آهن، با استفاده از HCl ۰/۱ مولار یا $NaOH$ ۰/۱ مولار pH محلول در ۶ تنظیم شد. سپس مخلوط جاذب‌ها و محلول آهن (III) هم در pH پایه که حدود ۲ بود (بیوچار آهن ۲) و هم در $pH=6$ (بیوچار آهن ۶) به مدت ۲۴ ساعت شیک شدند. پس از شستشو با آب مقطر در آون با دمای ۷۰ درجه خشک گردیدند. در این پژوهش از هفت جاذب مختلف شامل کاه برنج و پوسته برنج، بیوچار کاه و پوسته برنج تهیه شده در دو دمای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی گراد و لئوناردیت استفاده گردید. کلیه جاذب‌ها همانطور که ذکر شد با اسید کلریدریک و آهن در دو pH مختلف ۲ و ۶ اصلاح شدند. سپس جهت تعیین مقدار حذف نیترات از آب، ابتدا محلولی با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر از نیترات تهیه و نیم گرم از جاذب‌ها به ۴۰ میلی لیتر از محلول اضافه گردید. تمامی نمونه‌ها به ۹۰ دقیقه بر روی دستگاه شیکر قرار گرفتند. پس از آن مقدار باقیمانده نیترات در محلول اندازه‌گیری و میزان حذف از طریق رابطه (۱) برای هریک از جاذب‌ها محاسبه گردید. در رابطه (۱) C_0 غلظت اولیه در محلول (میلی گرم بر لیتر)، C_e غلظت تعادلی در محلول (میلی گرم بر لیتر) و R درصد حذف می‌باشد. در ادامه جهت محاسبه درصد حذف اوره و آمونیوم از آب توسط جاذب‌ها، مراحل فوق با محلول‌های حاوی اوره و آمونیوم انجام شد و مقادیر حذف تعیین گردید.

$$\%R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر اصلاح جاذب‌ها بر میزان جذب نیترات، آمونیوم و اوره:

۳-۱-۱- اثر تبدیل کاه و پوسته برنج به بیوچار:

تبدیل کاه برنج به بیوچار در دمای ۳۰۰ درجه و دمای ۶۰۰ درجه سبب افزایش ۸ درصدی و ۷ درصدی جذب نیترات شده است اما تاثیر مثبتی در جذب اوره و آمونیوم نداشته است. تبدیل پوسته برنج به بیوچار نیز در دمای ۶۰۰ درجه توانست جذب نیترات و آمونیوم را افزایش دهد (جدول ۱).

بیوچار دارای تخلخل بالا و گروه‌های عاملی مختلفی از جمله کربوکسیل، هیدروکسیل و فنولیک بوده که به طور موثری می‌توانند با آلاینده‌ها پیوند برقرار کنند (Uchimiya et al., 2011; Laird et al., 2010). نی زاده و همکاران (۱۳۹۷) نیز اعلام کردند که بیوچار دارای سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و گروه‌های عاملی است که جذب بالایی دارد. به نظر می‌رسد به دلیل ایجاد چنین ویژگی‌هایی در بیوچار باشد که موجب می‌شود ظرفیت جذب آن افزایش یافته و به عنوان یک جاذب مؤثر برای آلاینده‌ها در خاک و آب عمل نماید.

۲-۱-۳- اثر اصلاح جاذب‌ها با اسید و آهن:

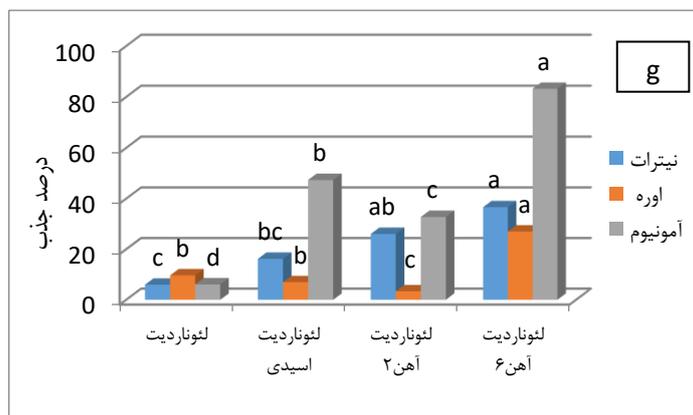
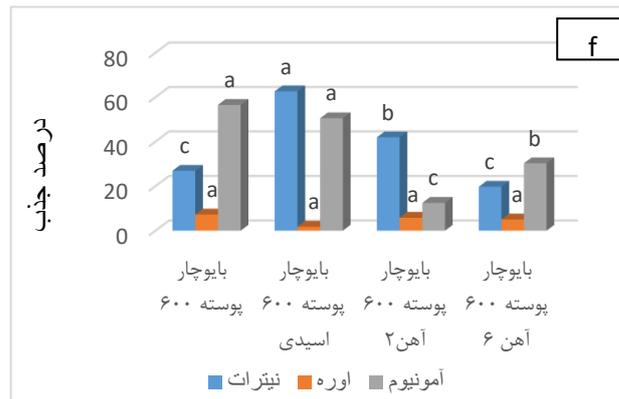
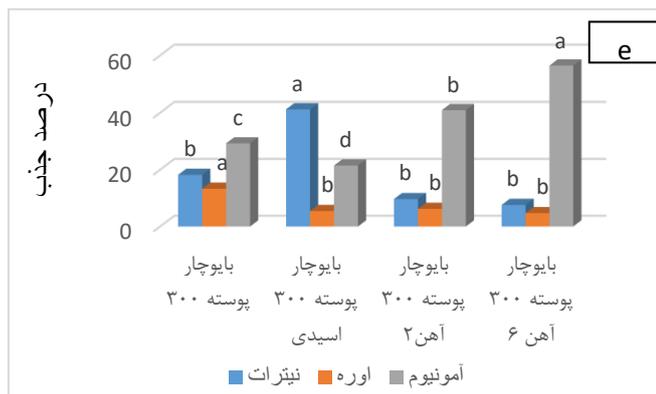
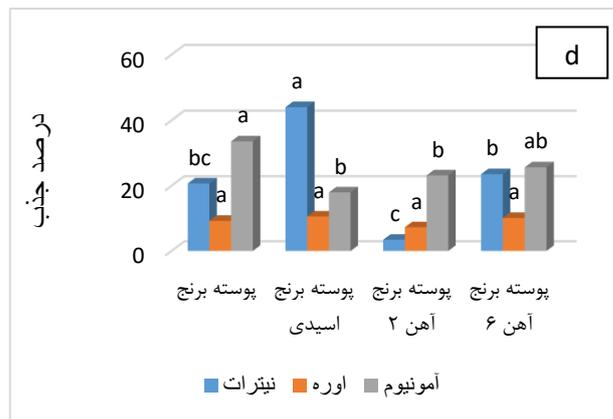
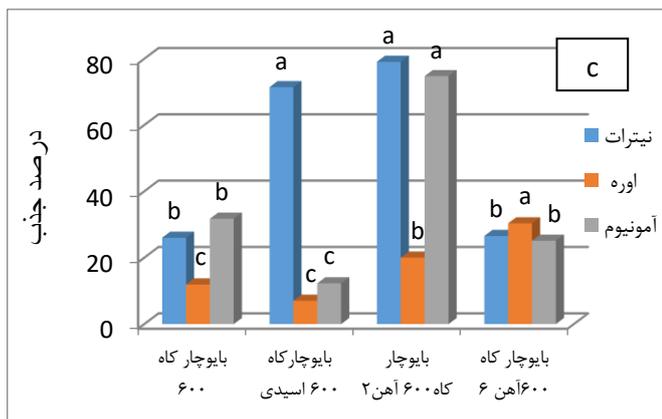
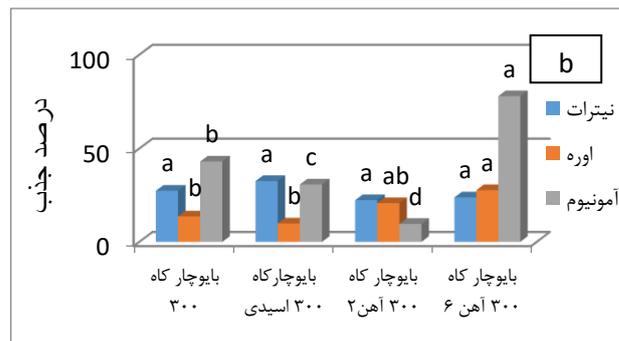
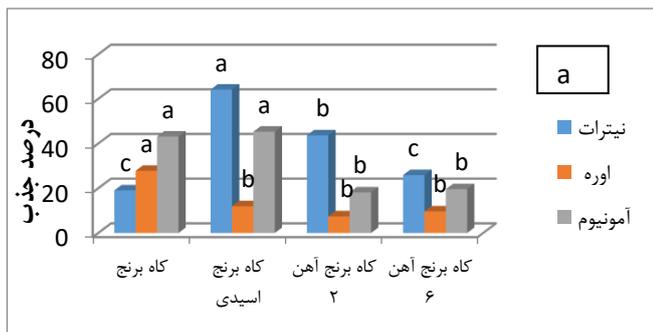
در شکل‌های ۱ و ۲ اثر اصلاح جاذب‌های آلی و معدنی مورد مطالعه با اسید و آهن در شرایط $pH=2$ و $pH=6$ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که اصلاح کردن جاذب‌ها در اغلب موارد سبب افزایش کارایی و جذب آن‌ها شده است به گونه‌ای که اسیدی کردن کاه برنج سبب افزایش ۴۵ درصدی جذب نیترات شد. این افزایش برای اصلاح با آهن در $pH=2$ حدود ۲۵ درصد و در $pH=6$ در حدود ۶ درصد بوده است. این در حالی است که اصلاح کردن کاه برنج بر میزان جذب اوره و آمونیوم تاثیر مثبت معناداری نداشته است (شکل a ۱). بیوچار کاه برنج ۳۰۰ درجه با آهن در $pH=6$ حدود ۸۱ درصد جذب آمونیوم بیشتری نسبت به بیوچار ساده ۳۰۰ درجه داشت و مقدار بیشتری اوره نیز جذب کرد (شکل b ۱).

اسیدی کردن بیوچار کاه تهیه شده در دمای ۶۰۰ درجه مقدار حذف نیترات را از مقدار ۲۶ درصد به ۷۹ درصد رسانید که از نظر آماری با آهن $pH=2$ با حدود ۷۱ درصد در یک رده قرار گرفت. اصلاح بیوچار کاه ۶۰۰ با آهن ۲ بر آمونیوم نیز تاثیر خوبی داشته و حدود ۲ برابر به افزایش جذب کمک کرده است. در جذب اوره نیز اصلاح با آهن ۲ و آهن ۶ موثر بود (شکل c ۱). اصلاح کردن پوسته برنج با اسید سبب افزایش حدود ۲ برابری جذب نیترات شد. در مورد بیوچار پوسته برنج ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه نیز نتایج مشابهی به دست آمد و اصلاح با اسید در جذب نیترات تاثیر معنی‌داری داشت (شکل d,e,f ۱).

در لئوناردیت جذب نیترات از ۵ درصد در لئوناردیت ساده به ۱۶، ۲۶ و ۳۶ درصد به ترتیب در اصلاح با اسید و آهن ۲ و ۶ رسید. این تاثیر برای آمونیوم بسیار مشهودتر بود و از ۹ درصد به حدود ۴۷، ۳۳ و ۸۳ به ترتیب در اصلاح با اسید و با آهن ۲ و ۶ درصد رسید. آهن ۶ در جذب اوره تاثیر بیشتری نشان داد (شکل g ۱).

به نظر می‌رسد اصلاح با اسید بر اندازه ذرات و مساحت سطحی موثر بوده و ظرفیت جذب را بهبود می‌بخشد (Kurama et al., 2002). خواجهی شجاعی و همکاران (۱۳۹۸) از بیوچار نی جهت حذف نیترات و آمونیوم از آب بهره بردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که بیوچار ظرفیت خوبی برای جذب نیترات و آمونیوم داشته و می‌تواند به عنوان یک جاذب کارآمد مورد استفاده قرار گیرد.

Min و همکاران (2020) اظهار داشتند که سطوح بیوچار معمولاً دارای بار منفی هستند که می‌تواند جذب کاتیونی با بار مثبت را تسهیل کند اما از جذب آنیون‌هایی مانند نیترات و فسفات جلوگیری می‌کند بنابراین، بیوچار ساده اغلب برای حفاظت از کیفیت آب ناکارآمد و ناپایدار است. این محققین اعلام کردند که در مقایسه با بیوچار خام، بیوچار اصلاح شده با آهن توانست نیتروژن (N) و فسفر (P) را به طور موثر حذف کند. توانایی جذب افزایش یافته بیوچار آهن در درجه اول به تشکیل لایه اکسیدهای آهن و توسعه ساختار منافذ نسبت داده شد که این عوامل ممکن است دلایلی بر افزایش جذب بیوچار اصلاح شده در پژوهش حاضر باشد.



شکل ۱- اثر اصلاح جاذب‌های مورد مطالعه با اسید و آهن در pH های ۲ و ۶ بر میزان جذب نیترات، اوره و آمونیوم: (a) کاه برنج (b) بیوچار کاه ۳۰۰ (c) بیوچار کاه ۶۰۰ (d) پوسته برنج ۳۰۰ (e) بیوچار پوسته برنج ۳۰۰ (f) بیوچار پوسته برنج ۶۰۰ (g) لئوناردیت

Zhang و همکاران (2020) ظرفیت جذب $\text{NH}_4\text{-N}$ توسط بیوپچار اصلاح نشده را کمتر از ۲۰ میلی‌گرم بر گرم گزارش نمودند و ظرفیت جذب آن را نسبتاً کم دانسته و اعلام کردند که این جذب عمدتاً از طریق تبادل یونی و یا برهمکنش با گروه‌های عاملی سطوح بیوپچار رخ می‌دهد. در مورد $\text{NO}_3\text{-N}$ به دلیل وجود دافعه الکترواستاتیکی بین سطوح بیوپچار دارای بار منفی و نیترات با بار منفی حتی کمتر است. اصلاح بیوپچار توسط فلزات، بار سطحی را تغییر داده و اکسیدهای فلزی روی سطح بیوپچار افزایش می‌یابند در نتیجه ظرفیت برای حذف $\text{NH}_4\text{-N}$ ، $\text{NO}_3\text{-N}$ به طور قابل توجهی نسبت به بیوپچار اصلاح نشده بیشتر می‌شود.

Heaney و همکاران (2020) نیز ذکر کردند که نیترات به شکل آنیون (NO_3^-) در آب وجود دارد بنابراین، بین نیترات و سطح بیوپچار با بار منفی دافعه الکترواستاتیکی وجود داشته که از مهمترین موانع جذب نیترات توسط بیوپچار و زیست توده‌ها است بنابراین بدیهی است که بدون پروتونه کردن سطح آن‌ها، کارایی و اثربخشی پایینی را دارا باشند. Ren و همکاران (2020) نشان دادند که اصلاح با آهن کارایی جذب نیتروژن آمونیاکی را در کربن فعال افزایش داد و نتایج حاکی از افزایش حجم کل منافذ، سطح ویژه و نقطه بار صفر کربن فعال پس از اصلاح بود. در مجموع با شواهد به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که اصلاح جاذب‌ها با آهن و اسید سبب افزایش میزان جذب و در نتیجه حذف ترکیبات نیتروژنه از آب می‌شوند که دلیل آن را می‌توان به افزایش سطح ویژه، توسعه ساختار منافذ، تغییر بار سطحی و افزایش اکسیدهای فلزی در سطح جاذب‌ها نسبت داد.

۳-۲- تعیین بهترین جاذب در میان جاذب‌های مورد مطالعه:

در میان جاذب‌های مورد مطالعه، بیوپچار کاه برنج تولید شده در دمای ۶۰۰ درجه و اصلاح شده با اسید بیشترین مقدار نیترات را آب جذب کرد. این در حالی بود که بیوپچار تولید شده در دمای ۶۰۰ و اصلاح شده با آهن در $\text{pH}=6$ بیشترین میزان حذف اوره را از محیط آب نشان داد. اما از لحاظ آماری با کاه برنج، بیوپچار کاه برنج ۳۰۰ آهن ۶ و لئوناردیت آهن ۶ در یک جایگاه قرار گرفت. لئوناردیت اصلاح شده با آهن ۶ توانست حدود ۸۳ درصد آمونیوم موجود در آب را حذف کند و همراه با بیوپچار کاه آهن ۶ و بیوپچار کاه آهن ۲ در میان اصلاح کننده‌های آلی بالاترین درصد حذف را نشان داد (جدول ۱).

مطابق نتایج حاصل شده خواجوی شجاعی و همکاران (۱۳۹۸) جذب نیترات و آمونیوم بوسیله بیوپچار را بررسی نموده و اعلام کردند که بیوپچار نی می‌تواند از محلول‌های آبی ۷۳/۵ میلی‌گرم بر گرم نیترات و ۴۲/۶ میلی‌گرم بر گرم آمونیوم جذب نماید. Wang و همکاران (2015) در آزمایشی که با بیوپچار بلوط انجام دادند ظرفیت جذب آمونیوم و نیترات را به ترتیب ۵/۳ و ۸/۹ میلی‌گرم بر گرم به دست آوردند بیان کردند که بیوپچار توانایی جذب نیترات و آمونیوم را از آب دارد که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. Xia و همکاران (2020) نیز در تحقیقی جهت حذف نیترات از بیوپچار حاصل از بقایا و کاه ذرت در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد استفاده نمودند. این بیوپچار توانست ۲/۶ میلی‌گرم بر گرم نیترات را از رواناب کشاورزی حذف نماید و به عنوان یک جاذب برای نیترات عمل نماید.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات اصلاح کننده های آلی بر درصد جذب نیترات، اوره و آمونیوم

اصلاح کننده ها	درصد جذب نیترات	درصد جذب اوره	درصد جذب آمونیوم
کاه برنج	19.0 ^{g-k}	27.7 ^a	43.1 ^{cd}
کاه برنج اسیدی	64.1 ^b	11.9 ^{e-g}	45.3 ^c
کاه برنج آهن ۲	43.6 ^c	7.4 ^{e-i}	18.1 ^{i-k}
کاه برنج آهن ۶	25.8 ^{e-h}	9.6 ^{e-h}	19.5 ^{h-k}
بیوپچار کاه ۳۰۰	27.4 ^{d-h}	13.6 ^{de}	43.0 ^{cd}

30.7 ^{e-g}	9.8 ^{e-h}	32.5 ^{c-g}	بیوچارکاه ۳۰۰ اسیدی
9.6 ^{kl}	20.7 ^b	22.3 ^{f-j}	بیوچارکاه ۳۰۰ آهن ۲
77.9 ^a	27.7 ^a	23.8 ^{f-i}	بیوچارکاه ۳۰۰ آهن ۶
31.7 ^{e-g}	11.9 ^{c-f}	26.1 ^{e-h}	بیوچارکاه ۶۰۰
12.2 ^{j-l}	7.0 ^{e-h}	71.4 ^{ab}	بیوچارکاه ۶۰۰ اسیدی
74.7 ^a	20.0 ^{cd}	79.0 ^a	بیوچارکاه ۶۰۰ آهن ۲
25.1 ^{f-i}	30.3 ^a	26.5 ^{e-h}	بیوچارکاه ۶۰۰ آهن ۶
33.6 ^{d-f}	9.2 ^{e-i}	20.7 ^{f-k}	پوسته برنج
17.9 ^{i-k}	10.5 ^{e-h}	44.0 ^c	پوسته برنج اسیدی
23.2 ^{f-i}	7.2 ^{e-i}	3.4 ^l	پوسته برنج آهن ۲
25.6 ^{f-i}	10.1 ^{e-i}	23.5 ^{f-i}	پوسته برنج آهن ۶
29.3 ^{f-h}	13.3 ^{d-f}	18.2 ^{g-l}	بیوچار پوسته ۳۰۰
21.5 ^{g-j}	5.4 ^{g-i}	41.1 ^{c-e}	بیوچار پوسته ۳۰۰ اسیدی
40.9 ^{c-e}	6.2 ^{e-i}	9.6 ^{i-l}	بیوچار پوسته ۳۰۰ آهن ۲
56.5 ^b	4.7 ^{g-i}	7.5 ^{j-l}	بیوچار پوسته ۳۰۰ آهن ۶
56.5 ^b	7.2 ^{e-i}	26.8 ^{d-h}	بیوچار پوسته ۶۰۰
50.5 ^{bc}	1.8 ⁱ	62.6 ^b	بیوچار پوسته ۶۰۰ اسیدی
12.5 ^{j-l}	5.8 ^{f-i}	41.9 ^{cd}	بیوچار پوسته ۶۰۰ آهن ۲
30.2 ^{f-h}	5.1 ^{g-i}	19.7 ^{g-k}	بیوچار پوسته ۶۰۰ آهن ۶
6.1 ^l	9.6 ^{e-f}	5.9 ^{kl}	لئوناردیت
47.3 ^{bc}	6.9 ^{e-i}	16.1 ^{h-l}	لئوناردیت اسیدی
32.7 ^{d-f}	3.3 ^{hi}	26.0 ^{e-h}	لئوناردیت آهن ۲
83.2 ^a	26.9 ^a	36.5 ^{c-f}	لئوناردیت آهن ۶
خلاصه نتیجه تجزیه واریانس			
**	**	**	جاذبها

** بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ بوده و در هر ستون میانگین های دارای حرف یا حروف مشترک تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارد

۴- نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که جاذب های آلی مورد مطالعه می توانند آلاینده های نیتروژنی را تا حدودی از آب حذف نموده و اصلاح کردن جاذب ها با اسید و آهن کارایی آن ها را افزایش می دهد به گونه ای که بیوچارکاه برنج تولید شده در دمای ۶۰۰ و اصلاح شده با آهن در $pH=2$ حدود ۷۹ درصد نترات، بیوچارکاه برنج ۶۰۰ آهن ۶ حدود ۳۰ درصد از میزان اوره و لئوناردیت اصلاح شده با آهن در $pH=6$ حدود ۸۳ درصد مقدار آمونیوم را توانستند جذب و از آب حذف نمایند. بنابراین با استفاده از این جاذب ها می توان با هزینه نسبی پایین و به آسانی مقادیر آلاینده های نیتروژنی مانند اوره، آمونیوم و نترات را تا حدودی کاهش داد. به منظور افزایش کارایی و میزان جذب پیشنهاد می شود مطالعات و آزمایشات تکمیلی جهت تعیین عوامل موثر محیطی مانند زمان تماس، دوز جاذب، pH ، غلظت جذب شونده و چگونگی تاثیر آن ها صورت پذیرد.

۵- فهرست منابع

۱. خواجهی شجاعی، ش. معزی، ع.، نوروزی مصیر، م.، تقوی زاهد کلائی، م. (۱۳۹۸). بررسی سینتیک و همدمای جذب نترات و آمونیوم از محلول آبی با استفاده از بیوچار نی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰(۸)، ۲۰۰۹-۲۰۲۱. doi: 10.2295/ijswr.2019.274777.668111
۲. ملکوتیان، م.، ن. ا. جعفرزاده حقیقی فرد، ه. حسینی، س. غ. موسوی. ۱۳۸۹. حذف آمونیوم از محلولهای آبی با استفاده از جاذب پومیس در شرایط استاتیک و دینامیک و پارامترهای موثر بر آن. سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، ۱۱-۱۳ آبان، تالار فارابی کرمان.
۳. نبی زاده، س.، صادق زاده، ف.، جلیلی، ب. و عمادی، م. (۱۳۹۷). جذب متیلن بلو توسط بیوچار، خاک و خاک تیمار شده با بیوچار از محلولهای آبی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۵(۶): ۲۸۱-۲۹۲. doi: 10.22069/jwsc.2019.14913.3002
۴. هاشمی، س.ا.، شاه نظری، ع.، صادق زاده، ف.، و خانلری، ک. (۱۳۹۵). بررسی کارایی پوسته برنج در حذف نترات از محلول آبی. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. SID. <https://sid.ir/paper/874026/fa>
5. Darajeh, N., Alizadeh, H., Leung, D.W.M., Nodeh, H.R. and Rezaia, S. (2021). Application of modified spent mushroom compost biochar (SMCB/Fe) for nitrate removal from aqueous solution. *Toxics*, 9, 277. doi: 10.3390/toxics9110277
6. Heaney, N., Ukpong, E. and Lin, C. (2020). Low-molecular-weight organic acids enable biochar to immobilize nitrate. *Chemosphere*, 240, 124872 doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124872
7. Kurama, H., Zimmer, A., and Reschetilowski, W. (2002). Chemical modification effect on the sorption capacities of natural clinoptilolite. *Chemical Engineering & Technology*. 25(3): 301-305.
8. Laird, D.A., Fleming, P.D., Wang, B., Horton, R., and Karlen, D.L. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158(3-4): 436-442.
9. Li, X. and Shi, J. (2022). Simultaneous adsorption of tetracycline, ammonium and phosphate from wastewater by iron and nitrogen modified biochar: Kinetics, isotherm, thermodynamic and mechanism. *Chemosphere*, 239, 133574, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133574>.
10. Min, L., Zhongsheng, Z., Zhe, L., and Haitao, W. (2020). Removal of nitrogen and phosphorus pollutants from water by FeCl₃- impregnated biochar. *Ecological Engineering*, 149, 105792. doi:10.1016/j.ecoleng.2020.105792
11. Min, L., Zhongsheng, Z., Zhe, L., and Haitao, W. (2020). Removal of nitrogen and phosphorus pollutants from water by FeCl₃- impregnated biochar. *Ecological Engineering*, 149, 105792. doi:10.1016/j.ecoleng.2020.105792
12. Mishra, P. C., and Patel, R. K. (2009). Use of agricultural waste for the removal of nitrate-nitrogen from aqueous medium. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 519-522. doi:10.1016/j.jenvman.2007.12.003
13. Ren, Z., Jia, B., Zhang, G., Fu, X., Wang, Z., Wang, P., & Lv, L. (2020). Study on adsorption of ammonia nitrogen by iron-loaded activated carbon from low temperature wastewater. *Chemosphere*, 262, 127895. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127895>
14. Uchimiya, M., Chang, S., and Klasson, K.T. (2011). Screening biochars for heavy metal retention in soil: role of oxygen functional groups. *J. Hazard. Mater.* 190(1-3): 432-441.
15. Urbańczyk, E., Sowa, M., and Simka, W. (2016). Urea removal from aqueous solutions—a review. *Journal of Applied Electrochemistry*, 46, 1011-1029.
16. 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 (NH₄⁺), nitrate (NO₃⁻), and phosphate (PO₄³⁻). *Chemosphere*, 119, 646-653.
17. Xia, Y., Lu, D., Qi, Y., Chen, H., Zhao, Y., Bai, Y., Zhu, L., Geng, N., Xu, C. and Hua, E. (2022). Removal of nitrate from agricultural runoff in biochar electrode based biofilm reactor: Performance and enhancement mechanisms. *Chemosphere*, 301. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.134744

18. Zhang, M., Song, G., Gelardi, D. L., Huang, L., Khan, E., Mašek, O. and Ok, Y. S. (2020). Evaluating biochar and its modifications for the removal of ammonium, nitrate, and phosphate in water. *Water Research*, 116303. doi:10.1016/j.watres.2020.116303
19. Zhao X, Su Y, Lei Z, Wang H, Hu E, Hu F, Wang Q, Xu L, Fan S, Liu X and Hao X. (2023). Adsorptive removal of beryllium by Fe-modified activated carbon prepared from lotus leaf. *Environmental Science and Pollution Research*. 30(7):18340-18353. doi: 10.1007/s11356-022-23415-9. Epub 2022 Oct 8. PMID: 36208374.

Application of some organic adsorbents in the removal of urea, nitrate and ammonium

Mehri Boroumand^{1*}, Mohammad Ali Bahmanyar², Mehdi Qajar Sepanlou², Seyyed Mostafa Emadi²

- 1- Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources * (Email: Mehri_boroumand@yahoo.com)
- 2- Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Nitrogen compounds are one of the most important environmental pollutants. The use of organic adsorbents can be an easy, effective and low-cost method to reduce or eliminate these pollutants. Therefore, this study was conducted to introduce an efficient and available adsorbent for removing nitrogen compounds from water. Some organic adsorbents (7 treatments including: rice straw and husk, biochar and rice husk prepared at two temperatures of 300 and 600 degrees Celsius, and Leonardite) were used to remove nitrogen compounds (ammonium, nitrate and urea). To increase efficiency, the adsorbents were used in simple form, modified with acid and with iron in two different acidity. The results showed that the modification of the adsorbents could increase their efficiency in removing nitrogen compounds. Rice straw biochar produced at 600 and modified with iron at pH=2 with about 79% nitrate removal, rice straw biochar 600 iron 6 with about 30% urea removal, and iron-modified leonardite at pH=6 with about 83% ammonium removal were more effective than the other adsorbents studied. This study showed that the adsorbents studied can be used to reduce nitrogen pollutants

Keywords: Trivalent iron, Ammonium, Urea, Adsorbent and Nitrate