نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۷۷۲-۷۶۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 761-772

ارزیابی تاثیر بیوچار و هیدروچار اصلاح شده بر کاهش آبشویی نیترات در خاک لوم در شرایط غیر اشباع

یزدان خدارحمی[1*]. امیر سلطانی محمدی[2]. سعید برومند نسب[3] و عبدعلی ناصری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۶

چکیده

استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت همچون هیدروچار و بیوچار، جهت حفظ محیط زیست (جلوگیری از آلودگی آب‌ها توسط نیترات) از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین منظور این تحقیق در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. تیمارهای این تحقیق، هیدروچار و بیوچار اصلاح شده در سه سطح صفر (شاهد)، ۲ و ۵ گرم در کیلو گرم خاک در ۴ تکرار بود. پس از تهیه هیدروچار و بیوچار باگاس نیشکر و مخلوط کردن این مواد با خاک لوم و ریختن آن‌ها در لوله‌های آزمایش، کود اوره به صورت سرک و از بین ۱۵ آبیاری، در آبیاری‌های ۱، ۶ و ۱۲ به ستون‌های خاک اعمال گردید. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت دو آزمایش مستقل انجام شد. در پایان هر آبیاری نیترات خروجی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر تیمار ۵ گرم بیوچار در تمام آبیاری‌ها و تیمار ۵ گرم هیدروچار غیر از آبیاری ۴ و ۶ در سطح ۵ درصد بر کاهش آبشویی نیترات معنی‌دار بود. تیمار ۲ گرم بیوچار در تمامی آزمایش‌ها نسبت به تیمار ۲ گرم هیدروچار عملکرد بهتری را از خود نشان داد. تیمار ۲ و ۵ گرم بیوچار در کیلو گرم خاک به ترتیب ۳۰ و ۴۳ درصد و تیمار ۲ و ۵ گرم هیدروچار در کیلو گرم خاک به ترتیب ۲۰ و ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات موثر بودند.

واژه‌های کلیدی: آبشویی نیترات. بیوچار اصلاح شده. کود اوره. هیدروچار اصلاح شده

مقدمه

زمین‌های کشاورزی مهم‌ترین منبع آلودگی نیترات منابع آبی محسوب می‌شوند. بررسی‌ها نشان داده است که بیش از ۵۰ درصد از نیترات کودهای نیتروژن‌دار، قبل از جذب توسط گیاه از دسترس آن خارج شده و به آب‌های زیرزمینی یا رودخانه‌ها می‌پیوندد (محراب و گنجی دوست، ۱۳۹۳؛ عابدی کوپایی و موسوی، ۱۳۸۹)؛ بنابراین کشاورزان برای تامین نیاز گیاهان ناچار به استفاده بیش‌تر از کودهای شیمیایی می‌باشند. بدیهی است استفاده بیش‌تر از کودها، نه فقط سبب ایجاد هزینه‌های بیش‌تر برای کشاورزان، بلکه موجب آلودگی بیش‌تر منابع آب زیرزمینی می‌شود (محراب و گنجی دوست، ۱۳۹۳). نیتروژن موجود در خاک‌های کشاورزی، در معرض تلفات دائم و همیشگی قرار دارند (کاشی‌ساز، ۱۳۹۲). میزان مصرف کودهای شیمیایی در جهان در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۰ حدود ۱۷۳ میلیون تن اعلام شده است که ۶۱ درصد این مقدار در مربوط به مصرف کودهای نیتروژنی بوده است (قشقایی، ۱۳۹۲). افزایش غلظت نیترات در منابع آبی باعث ایجاد بیماری متهموگلوبینما در نوزادان، دیابت در کودکان، سرطان‌های دستگاه گوارش و سقط جنین می‌گردد (Bhatnagar et al., 2010). بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی[5] حداکثر غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است، در حالی که اداره حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده[6]، حداکثر غلظت مجاز نیترات بر حسب نیتروژن را، ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات اعلام کرده است (Bhatnagar and Sillanpaa., 2011). یکی از راه کارهای مفید استفاده از بقایای گیاهی، تبدیل آن به بیوچار است. بیوچار مواد کربنی جامد ریزدانه و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
۲- دانشیار آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز ، ایران
۳- استاد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
۴- استاد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
(* -نویسنده مسئول: Email: Khodarahmi1372@gmail.com)

5- World Health Organization (WHO)
6- United States Environmental Protection Agency (USEPA)

متخلخل شبیه به زغال هستند که در اثر پیرولیز (حرارت دادن در شرایط اکسیژن کم) مواد آلی تولید می‌شوند. این مواد دارای پتانسیل بالایی برای بازیافت عناصر غذایی، تهویه خاک، مدیریت سیستم پسماند و عامل بلندمدت برای نگهداشت کربن به‌صورت مطمئن و اقتصادی است (Lehmann et al., 2006 و Lehmann., 2007). در سال‌های اخیر تحقیق‌های بسیاری روی خصوصیت و عملکرد آنها به عنوان اصلاح کننده آب و خاک انجام شده است (Chen et al., 2011؛ Chan et al., 2004؛ Xu et al., 2010؛ Mukherjee and Zimmerman., 2013 و Masto et al., 2013). بیوچار به عنوان ماده‌ای که توانایی بهبود پدیده گرمایش زمین را دارد، توجه زیادی را به خود جلب کرده است؛ زیرا این ماده ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی مدت در خاک ذخیره کند. همچنین بیوچار دارای شکل‌های پایدار کربن آلی می‌باشد که به دلیل کند بودن سرعت تجزیه، حتی در شرایط محیطی و بیولوژیکی مناسب به صورت دی‌اکسید کربن در محیط آزاد نمی‌شود. از این جهت گزینه مناسبی برای ترسیب کربن در خاک است. تحقیق‌ها نشان داده است که فرایند معدنی شدن بیوچار به علت پایداری بالای آن، به کندی صورت می‌گیرد، به طوری که چان و همکاران (۲۰۰۸) زمان لازم برای تجزیه بیوچار را ۱۰۰۰- ۱۰۰ سال گزارش کردند(Chan et al., 2008). همچنین این زمان در تحقیق‌های کوزیاکو و همکاران (۲۰۰۹) حدود ۱۴۰۰ سال گزارش شده است (Kuzyakov et al., 2009). از دیگر مزایای بیوچار می‌توان به افزایش حاصلخیزی خاک (Masto et al., 2013 و Chen et al., 2011) اشاره کرد. یکی دیگر از راهکارهای استفاده از بقایای گیاهی، تبدیل آن‌ها به هیدروچار است. این فرایند شامل حرارت دادن زیست توده گیاهی با مواد دیگر در یک ظرف سربسته تحت فشار در حضور آب و در دمایی بین ۱۸۰ تا ۲۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد و حاصل این واکنش، زغال (هیدروچار) و مواد آلی محلول است (Heilmann et al., 2010). نقش آب در این فرایند به عنوان محیط و کاتالیزگر بوده و به واکنش‌های مختلفی که در این فرایند در حال شکل گیری هستند، کمک می‌کند. اساس فرایند هیدروترمال، تجزیه ساختار کربوهیدرات‌ها بوسیله عمل گرمازایی می‌باشد و طی آن مواد قندی آزاد و سایر محصولات تولید می‌شود (Heilmann et al., 2010 و Guiotoku et al., 2009). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هیدروچار بستگی به طبیعت ماده خامی که از آن تهیه می‌شود و به خصوصیات فیزیکوشیمیایی زیست توده گیاهی و شرایط تولید، برای مثال درجه حرارت و مدت زمان فرایند تولید آن دارد (Gajic et al., 2012). از برخی از خواص هیدروچار می‌توان به کاهش گازهای گلخانه‌ای، ترسیب کربن خاک، افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش تخلخل خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی اشاره کرد (Lehmann., 2007؛ Laird et al., 2010؛ Sohi et al., 2010 و Lee et al., 2012). اتخاذ راهکارهایی مدیریتی برای مدیریت مناسب بقایای کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است (محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱)؛ از این رو این تحقیق با هدف بررسی اثر بیوچار و هیدروچار تهیه شده از باگاس نیشکر بر کاهش آبشویی نیترات به صورت مخلوط در خاک لومی و در شرایط غیر اشباع در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر هیدروچار و بیوچار اصلاح شده باگاس نیشکر در جلوگیری از آبشویی نیترات در یک خاک لومی غیر اشباع در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در بهار سال ۱۳۹۷ و با استفاده از هیدروچار و بیوچار، هر کدام در سه سطح مختلف صفر، دو و پنج گرم در هر کیلو گرم خاک (۰، ۰/۲ و ۰/۵ درصد وزنی) در چهار تکرار انجام شد. نمونه بدون هیدروچار و بیوچار به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت دو آزمایش مستقل انجام گرفت. ویژگی‌های خاک مورد استفاده به صورت جدول (۱) می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده در پژوهش

عمق (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	جرم مخصوص واقعی (g/cm^3)	تخلخل (٪)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)	pH
۰-۲۵	۴۰	۴۷/۷	۱۲/۳	لوم	۱/۴۸	۲/۶	۴۳	۲/۲۹	۷/۷۷

ستون‌های مورد استفاده در این پژوهش، لوله‌های پلی اتیلن به قطر ۱۰/۵ سانتی متر و ارتفاع ۵۰ سانتی متر بودند. به منظور جلوگیری از خروج خاک، انتهای استوانه‌ها توسط کاغذ صافی و توری پلاستیکی، مفتول سیمی و درپوش پلاستیکی که روی آن سوراخ‌هایی تعبیه شده بود، مسدود گردید. سپس قیف‌هایی برای سهولت خروج زهاب به انتهای ستون‌های خاک وصل گردید. برای زهکشی آزاد خاک، پنج سانتی‌متر اول ستون‌ها با شن به قطر پنج تا ۱۰ میلی‌متر پر گردید . به منظور کاهش جریان ترجیحی، قبل از

ریختن خاک در ستون‌ها، دیواره آن‌ها به وسیله گریس چرب گردید. آماده سازی خاک نیز به این ترتیب انجام شد که ابتدا خاک در هوای آزاد خشک و پس از کوبیده شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. با توجه به جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه (۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و حجم ستون خاک (۳۲۴۱ سانتی متر مکعب می‌باشد)، مقدار ۴۷۹۷ گرم خاک برای پر کردن هر ستون تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری لازم بود. میزان هیدروچار و بیوچار باگاس نیشکر برای هر ستون محاسبه و با خاک مخلوط شد. برای جلوگیری از فشردگی خاک هنگام پر کردن ستون‌ها، از یک قیف بلند استفاده شد و همزمان به ستون خاک به طور منظم ضرباتی زده شد تا یکنواختی قرار گیری ذرات خاک در ستون حفظ شود. برای وارد کردن نیترات به ستون‌های خاک از کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص استفاده شد، میزان کود اوره مطابق نیاز کودی گیاه ذرت که ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن یا ۴۵۰ کیلو گرم کود اوره در هکتار می‌باشد، در نظر گرفته شد، کود اوره به صورت سرک و در هفته‌های یک، شش و ۱۲ به ستون‌های خاک اضافه گردید. شکل (۱) ستون‌های مورد آزمایش و نحوه پر کردن آن‌ها از خاک را نشان می‌دهد. ستون‌های خاک روی شبکه فلزی با پایه‌های ۱۲۰ سانتی‌متر قرار داده شدند و برای جمع آوری زهاب خروجی از ستون‌ها یک صفحه فلزی زیر شبکه فلزی قرار گرفت و سپس ظرف‌هایی روی صفحه زیر هر قیف متصل به ستون‌ها قرار گرفتند. آبیاری ستون‌ها به وسیله آب شهری که مشخصات شیمیایی آن در جدول (۲) آمده است، انجام شد. همچنین برای سهولت در اعمال آبیاری، سرم‌هایی در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری، آویخته به میله‌های فلزی که روی شاسی تعبیه شده بود، روی ستون‌ها قرار گرفتند (استفاده از سرم قابلیت اعمال میزان آبیاری به طور دقیق را فراهم کرد). آبیاری ستون‌های خاک نیز به روش وزنی انجام شد، بدین صورت که یک ستون مجزا (ابعاد دقیقا مطابق لوله‌های آزمایش) با خاک شاهد پر گردید و با داشتن اطلاعات خاک از قبیل رطوبت ظرفیت زراعی موجود (FC) و رطوبت نقطه پژمردگی دائم (PWP) و با خارج شدن رطوبت سهل الوصول (MAD=٪۵۰) اقدام به آبیاری گردید. تعداد آبیاری‌ها شامل ۱۵ آبیاری و میزان آب وارد شده به هر ستون در هر آبیاری بین ۴۰۰-۳۰۰ میلی‌لیتر بود.

شکل ۱- ستون‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در پژوهش و نحوه پر کردن آن‌ها

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در تحقیق

SAR	EC dS/m	CO_3^{2-} meq/lit	HCO_3^- meq/li	SO_4^{2-} meq/li	Cl^- meq/lit	Na^+ meq/lit	Mg^{2+} meq/lit	Ca^{2+} meq/lit
4.62	2.2	0	10.6	9.8	13	5.23	6.85	**9.79**

تولید بیوچار باگاس نیشگر

نحوه تولید بیوچار بدین صورت بود که باگاس نیشکر پس از تهیه، چندین مرتبه با آب شسته و در هوای آزاد خشک گردید. پس از آسیاب شدن، باگاس نیشکر از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و در ورقه‌های آلومینیومی بسته‌بندی و در ظروف درپوش دار مخصوص قرار گرفت و به مدت تقریبا چهار ساعت با نرخ ۲۰ درجه سلسیوس بر دقیقه قرار گرفت تا فرایند پیرولیز انجام شود. کوره در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید و باگاس نیشکر تحت این شرایط به بیوچار تبدیل شد (Yuan et al, 2011؛ دیوبند هفشنجانی، ۱۳۹۵).

تولید هیدروچار باگاس نیشکر

باگاس نیشکر پس از تهیه، چندین مرتبه با آب شسته شد و در هوای آزاد خشک گردید و پس از آسیاب شدن در ظروف درپوش دار مخصوص ریخته شد. سپس در اتوکلاو از جنس فولاد ضد زنگ به همراه آب دیونیزه قرار گرفت. اتوکلاو در درجه حرارت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ تا ۶ ساعت حرارت داده شد. بعد از این مرحله و رسیدن دمای ظرف به دمای اتاق، پس از عبور محتویات از کاغذ صافی، ذرات جامد را با آب دیونیزه شستشو داده شد (برای رفع ناخالصی‌های مواد) و سپس در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی خشک گردید (Fang et al., 2015). شکل (۲) ظرف درپوش دار مخصوص را نشان می‌دهد.

شکل ۲- ظرف درپوش دار مخصوص تولید بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر

اصلاح سازی بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر

نحوه اصلاح سازی هیدروچار و بیوچار باگاس نیشکر بدین گونه بود که ۳۰۰ گرم از هر کدام به ۱۸۰ میلی‌لیتر اپی کلروهیدرین[1] و ۱۵۰ میلی‌لیتر دی متیل فرومامید[2] اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از آن، ۶۰ میلی‌لیتر اتیلن دی آمین[3] به ترکیب اضافه گردید و به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس ۱۵۰ میلی‌لیتر تری میتل آمین[4] ۴۰ درصد به سوسپانسیون اضافه شد و به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. در نهایت برای پاک کردن بقایای مواد شیمیایی از سطح بیوچار و هیدروچار، چندین مرتبه با آب دیونیزه شسته شدند و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید (Xu et al., 2012).

اندازه‌گیری نیترات و تحلیل آزمایش

بعد از هر آبیاری نمونه‌های زهاب به آزمایشگاه منتقل و به منظور تعیین غلظت نیترات محلول‌های مورد مطالعه، از دستگاه اسپکتروفتومتری مدل (DR5000) استفاده گردید. به منظور بررسی تاثیر کاربرد سطوح مختلف بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر بر کاهش آبشویی نیترات، در طول آبیاری‌ها و نتایج آزمایش و مقایسه اثرات فاکتورها از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

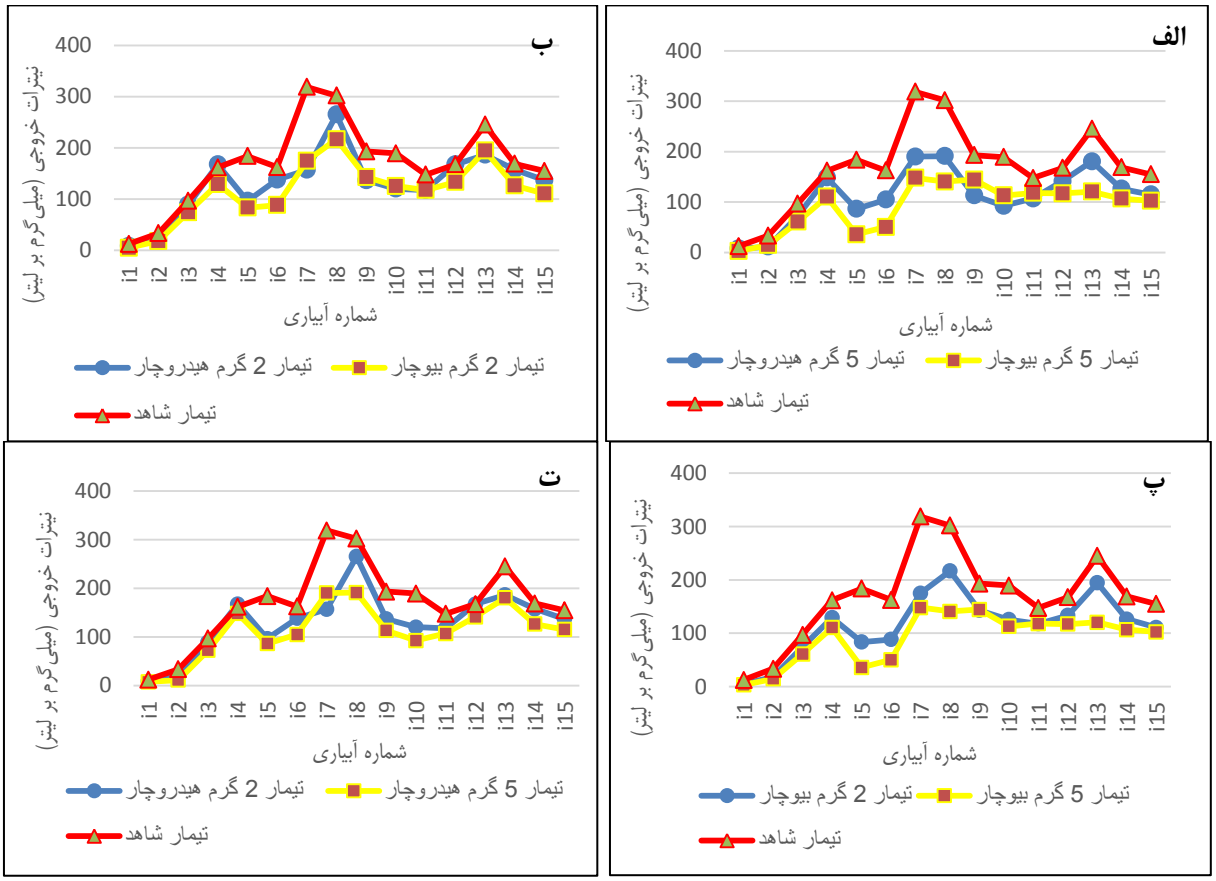
نتایج و بحث

در این پژوهش ۱۵ آبیاری انجام شد، بعد از هر آبیاری زه‌آب خروجی از ستون‌های آزمایش جمع آوری و میزان نیترات هر نمونه اندازه‌گیری شد. روند نیترات خروجی در طول این ۱۵ آزمایش (آبیاری) در شکل (۳) نشان داده شده است.

مطابق شکل (۳) بیشترین آبشویی نیترات در تیمار شاهد (صفر گرم) رخ داد که نقاط اوج آبشویی نیترات در این نمودار مربوط به آبیاری‌های ۷ و ۱۳ (یک هفته پس از آبیاری) بوده که علت این امر کودهی در هفته‌های ۶ و ۱۲ است. در آبیاری اول با وجود کوددهی این روند صورت نگرفت و نمودار نیترات خروجی تا آبیاری‌ها ۴ روند صعودی به صورت ملایم (نه به صورت شیب تند) را داشت که این امر می‌تواند به‌علت قابلیت جذب بالای نیترات توسط جاذب‌ها (جذب ۷۰ و ۴۰ درصدی نیترات به ترتیب توسط بیوچار و هیدروچار) در اوایل آزمایش‌ها باشد. این روند برای تیمار ۵ گرم بیوچار و هیدروچار در کیلوگرم خاک نیز مشابه تیمار شاهد بوده (شکل ۳ الف و ت) با این تفاوت که نقاط اوج آبشویی این نمودارها در آزمایش‌های ۸ و ۱۳ رخ داده است (به ترتیب ۲ و یک هفته پس از کوددهی). این روند نشان می‌دهد که تیمارهای هیدروچار و بیوچار در سطح ۵ گرم علاوه بر کاهش میزان آبشویی نیترات نسبت به تیمار شاهد قابلیت به تعویق

1- Epicholorohydrin
2- N-dimethylformamide
3- Ethylenediamine
4- Trimethylamine

انداختن خروج نیترات را نیز دارا می‌باشند. بطور کلی تیمار ۵ گرم بیوچار نسبت به تیمار ۵ گرم هیدروچار در کیلوگرم خاک جز در مواردی محدود (آبیاری‌های ۹ و ۱۰) عملکرد بهتری را در جذب نیترات از خود نشان داد (شکل ۲- الف). در خصوص تیمار ۲ گرم بیوچار و هیدروچار در کیلوگرم خاک نیز مشاهده گردید که تیمار ۲ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک در تمامی آزمایش‌ها (آبیاری‌ها) نسبت به تیمار ۲ گرم هیدروچار در کیلوگرم خاک عملکرد بهتری را در جلوگیری از آبشویی نیترات از خود نشان داد (شکل ۳ ب).



شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف بیوچار و هیدروچار در جلوگیری از آبشویی نیترات و مقایسه اثر تیمارها با یکدیگر

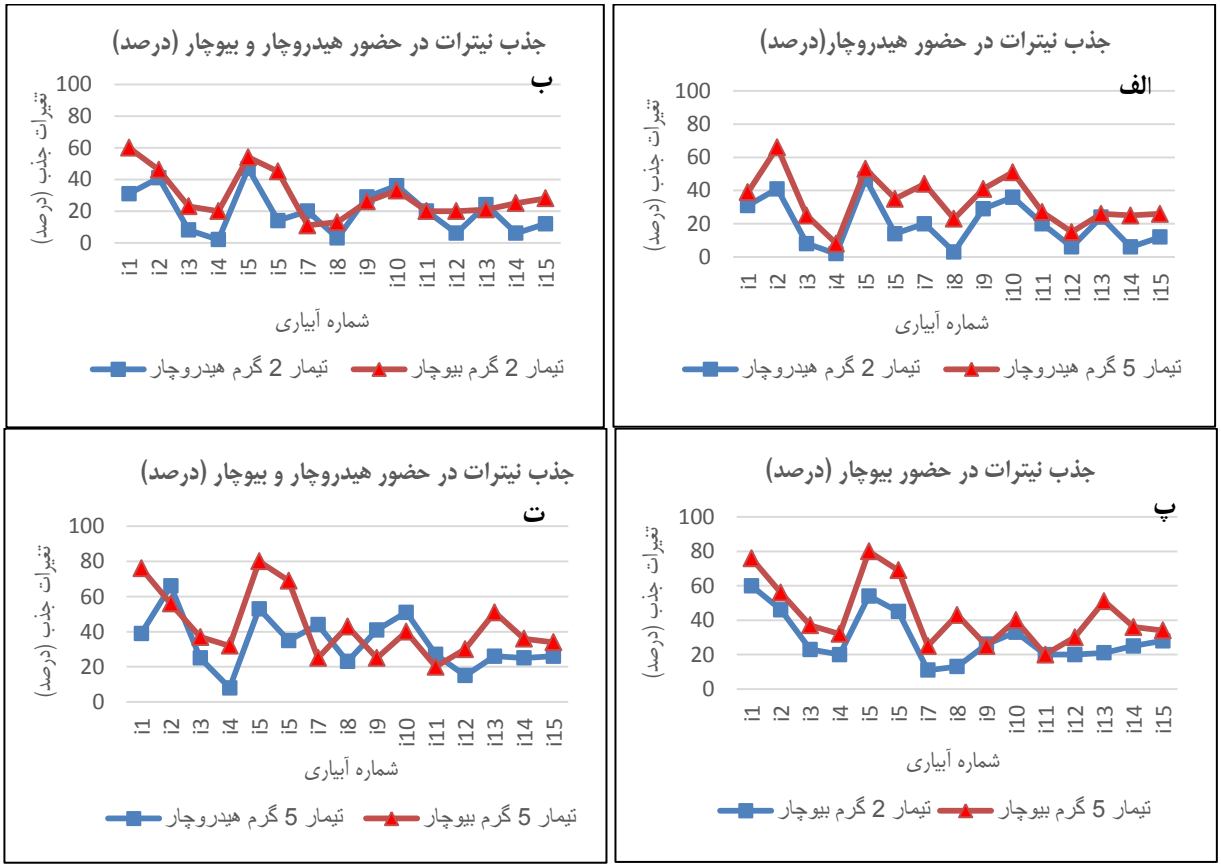
مطابق شکل ۴ (الف و پ) مشاهده می‌شود که سطح ۵ گرم در کیلوگرم خاک از مواد بیوچار و هیدروچار نسبت به سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک از این مواد تقریبا در تمام آبیاری‌ها (آزمایش‌ها) درصد جذب بالاتری از نیترات را داشته است. برای تیمار ۵ گرم هیدروچار در کیلوگرم خاک بالاترین جذب نیترات نزدیک به ۶۰ درصد نسبت به تیمار شاهد و در آبیاری‌های ۲ (یک هفته پس از کوددهی) قابل مشاهده است و همچنین قدرت جذب نیترات برای تیمار ۵ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک تا حدود ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد در آبیاری‌های ۱ و ۵ (هفته اول کوددهی) را می‌توان دید. با افزایش میزان بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر در خاک درصد جذب نیترات نیز افزایش یافت؛ بنابراین در صورت استفاده این مواد در زمین‌های کشاورزی، زمان نگهداشت نیترات در منطقه ریشه افزایش می‌یابد و امکان بیشتری برای جذب نیترات توسط گیاهان فراهم می‌گردد.

نتایج تحقیق با نتایج کامایا و همکاران (۲۰۱۲)، زنگ و همکاران (۲۰۱۳)، یاو و همکاران (۲۰۱۲) و لایرد و همکاران (۲۰۱۰) نیز مطابقت دارد. این محققان نیز کاهش آبشویی نیترات در اثر اعمال بیوچار و افزایش جذب را با افزایش بیوچار گزارش کردند (Kameyama et al., 2012؛ Zhang and Sun., 2013؛ Yao et al., 2012 و Laird et al., 2010).

مطابق شکل ۵ (الف و ب) مشاهده می‌شود که شیب خط برازش داده شده بین سطوح مختلف بیوچار و هیدروچار روندی نزولی را طی می‌کند (نیترات خروجی در تیمار شاهد بیشترین و در تیمارهای ۵ گرم بیوچار و هیدروچار کمترین میزان خروجی را دارد) و شیب خط نیترات خروجی در سطوح مختلف تیمار بیوچار نسبت تیمار هیدروچار تندتر است (میزان جذب نیترات در بیوچار بیشتر است). میزان ضریب تعیین (R^2) بالاتر مربوط به بیوچار نیز به همین علت است. در پژوهش اثر

بیوچار بر کاهش آبشویی نیترات توسط کومار و همکاران در کشور هند این ضریب برای بیوچار ۰/۲۷ بدست آمد (Kumar et al., 2016).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر بیوچار در تمام آبیاری‌ها و هیدروچار غیر از آبیاری ۴ و ۶ در سطح ۵ درصد بر کاهش آبشویی نیترات معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که بین سطوح مختلف ۲ و ۵ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک در آبیاری‌های ۳، ۸، ۱۰، ۱۳ و ۱۴ تفاوت معنی‌دار بوده و در سایر آبیاری‌ها تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند و برای سطوح مختلف ۲ و ۵ گرم هیدروچار در کیلوگرم خاک نیز نتایج نشان داد که در آبیاری‌های ۲، ۳، ۸، ۱۲ و ۱۵ بین این سطوح تفاوت معنی‌داری وجود داشته و در سایر آبیاری‌ها این تفاوت معنی‌دار نبود. در حالت کلی آبشویی نیترات در سطح پایین هیدروچار و بیوچار بیشتر بوده و با افزایش مقدار هیدروچار و بیوچار در هر یک از آبیاری‌ها آبشویی کاهش داشته است (شکل ۲). نتایج نشان داد که تیمار ۲ و ۵ گرم بیوچار در کیلو گرم خاک به ترتیب ۳۰ و ۴۳ درصد و تیمار ۲ و ۵ گرم هیدروچار در کیلوگرم خاک به ترتیب ۲۰ و ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات موثر بودند. کاهش هدر رفت نیترات نیتروژن ناشی از آبشویی به واسطه حضور بیوچار در مطالعات پیشین نشان داده شده است (Laird et al., 2010؛ Mukherjee et al., 2014 و Mukherjee and Zimmerman., 2011). در حدود ۳۳ درصد کاهش آبشویی نیترات نیتروژن به واسطه بیوچار با نرخ یک درصد وزنی، معادل ۱۰ گرم بیوچار در یک کیلوگرم خاک در مطالعه‌ای با خاک لوم سیلتی در اوهایو آمریکا گزارش شد (Mukherjee et al., 2014). سیکا و هاردی (۲۰۱۴) از ستون‌های آزمایشگاهی با خاک شنی و بیوچار (۰/۵، ۲/۵ و ۱۰ درصد وزنی) استفاده کردند و کاهش آبشویی نیترات را به ترتیب به میزان ۲۶، ۴۲ و ۹۶ درصد گزارش کردند (Sikaand and Hardi., 2014).



شکل ٤- جذب نیترات در حضور تیمارهای بیوچار و هیدروچار بر حسب درصد

شکل ۵- ضریب تعیین بین سطوح مختلف تیمارهای هیدروچار (الف) و بیوچار (ب)

در تحقیق دیگری بر پایه لایسیمتر با استفاده از مقدار ۱۰ تن بیوچار در هکتار تغییر مطلوبی از نقش بیوچار در آبشویی نیترات گزارش شد، در پژوهش آن‌ها هیچ اثری از آبشویی تجمعی حتی پس از ۴ ماه استفاده از بیوچار مشاهده نشد اما آبشویی به میزان ۷۵ درصد تحت کنترل در فصل کشت کاهش یافت (Ventura et al., 2012). آبشویی کمتر در خاک های دارای بیوچار ممکن است ناشی از عملکرد جذبی بیوچار (Mukherjee et al., 2014)، نرخ کاهش یافته نیتریفیکاسیون (Dempster et al., 2012)، جذب NH4 در تبادل‌ها و عدم وجود آن برای فرآیند نیتریفیکاسیون (Chan et al., 2008) ، عدم تحرک نیتروژن به دلیل غلظت بالای ترکیبات فنولیک حل شونده که در مواد فرار بیوچار موجود است (Mukherjee et al., 2014) و یا به دلیل جذب میکروبی نیتروژن معدنی و تبدیل آن به شکل آلی به وسیله جذب مداوم کربن آلی توسط سطح بیوچار (Guerena et al., 2013) باشد. لازم به ذکر است که در زمینه حذف نیترات توسط هیدروچار تا زمان انجام این پژوهش منبعی برای مقایسه یافت نشد و به نظر می‌رسد این پژوهش اولین یا جز اولین پژوهش‌ها در زمینه حذف نیترات توسط هیدروچار تولید شده از باگاس نیشکر اصلاح شده باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر بیانگر موثر بودن اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر در کاهش آبشویی نیترات از خاک است. بیوچار باگاس نیشکر اثر بیشتری بر کاهش آبشویی نیترات نشان داد و بیشترین کاهش آبشویی نیترات (۴۳ درصد) با کاربرد ۵ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک به دست آمد. میزان جذب نیترات در مقادیر کمتر هیدروچار و بیوچار باگاس نیشکر (به ترتیب ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش آبشویی) نیز مشاهده شد.

جدول۳- تجزیه واریانس اثر هیدروچار و بیوچار بر جلوگیری از آبشویی نیترات

هیدروچار			بیوچار		
شماره آبیاری	درجه آزادی	میانگین مربعات	شماره آبیاری	درجه آزادی	میانگین مربعات
۱	۲	۴۵*	۱	۲	۹۶/۵۱*
۲	۲	۴۹۶*	۲	۲	۲۴۹/۳۱*
۳	۲	۶۲۷*	۳	۲	۱۳۱۶*
۴	۲	۳۸۱ns	۴	۲	۴۵۲۳*
۵	۲	۱۵۵۱*	۵	۲	۲۲۸۶*
۶	۲	۱۳۴۵ ns	۶	۲	۱۲۹۹۸*
۷	۲	۳۶۸۷*	۷	۲	۸۲۶۶*
۸	۲	۱۲۱۱*	۸	۲	۱۲۶۸*
۹	۲	۸۶۵۸*	۹	۲	۳۲۵۵*
۱۰	۲	۱۰۰۸*	۱۰	۲	۶۶۹۳*
۱۱	۲	۱۷۷۳*	۱۱	۲	۱۱۷۲*
۱۲	۲	۳۲۰۹*	۱۲	۲	۲۶۶۶*
۱۳	۲	۹۱۶۷*	۱۳	۲	۱۵۶۴۰*
۱۴	۲	۵۹۵۴*	۱۴	۲	۴۰۲۲*
۱۵	۲	۲۷۸۸*	۱۵	۲	۳۱۵۹*

*و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر بیوچار و هیدروچار بر جلوگیری از آبشویی نیترات

شماره آبیاری	تیمار بیوچار	غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	شماره آبیاری	تیمار هیدروچار	غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	M0a	۱۳	۱	M0a	۱۳
	M2b	۵		M2b	۸
	M5b	۳		M5b	۷
۲	M0a	۲۹	۲	M0a	۳۴
	M2b	۱۶		M2b	۱۹
	M5b	۱۴		M5c	۱۰
۳	M0a	۹۷	۳	M0a	۹۷
	M2b	۷۴		M2b	۸۸
	M5c	۶۰		M5c	۷۲
۴	M0a	۱۶۱	۴	M0a	۱۶۷
	M2b	۱۲۹		M2a	۱۶۱
	M5b	۹۴		M5a	۱۵۰
۵	M0a	۱۸۳	۵	M0a	۱۸۴
	M2b	۸۳		M2b	۹۷
	M5b	۳۵		M5c	۸۶
۶	M0a	۱۶۲	۶	M0a	۱۶۲
	M2b	۸۸		M2a	۱۳۸
	M5b	۵۰		M5a	۱۰۴

۷	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۹۸ ۱۷۴ ۱۱۰	۷	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۹۹ ۱۵۶ ۱۳۹
۸	$M0^a$ $M2^a$ $M5^b$	۲۵۰ ۲۱۶ ۱۴۰	۸	$M0^a$ $M2^a$ $M5^b$	۲۶۵ ۲۵۰ ۱۶۳
۹	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۹۳ ۱۴۴ ۱۴۲	۹	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۹۳ ۱۳۶ ۱۰۰
۱۰	$M0^a$ $M2^b$ $M5^c$	۱۸۹ ۱۲۵ ۱۱۴	۱۰	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۸۹ ۱۲۰ ۹۲
۱۱	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۴۷ ۱۱۸ ۱۱۷	۱۱	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۴۷ ۱۱۷ ۱۰۶
۱۲	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۶۷ ۱۳۳ ۱۱۷	۱۲	$M0^a$ $M2^a$ $M5^b$	۱۶۷ ۱۶۶ ۱۱۸
۱۳	$M0^a$ $M2^a$ $M5^b$	۲۴۵ ۱۹۴ ۱۲۰	۱۳	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۲۴۵ ۱۸۶ ۱۵۰
۱۴	$M0^a$ $M2^a$ $M5^b$	۱۶۸ ۱۲۶ ۱۰۶	۱۴	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۶۸ ۱۵۷ ۹۷
۱۵	$M0^a$ $M2^b$ $M5^b$	۱۵۴ ۱۱۰ ۱۰۲	۱۵	$M0^a$ $M2^a$ $M5^b$	۱۵۵ ۱۳۷ ۱۰۲

حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد (M0، M2 و M5 به ترتیب صفر (شاهد)، ۲ و ۵ گرم در کیلوگرم خاک بیوچار و هیدروچار را نشان می‌دهد).

همچنین با توجه به تحقیق حاضر و تحقیقات مشابه، با افزایش میزان کود اوره به خاک آبشویی نیترات نیز افزایش می‌یابد ولی می‌توان با استفاده از موادی همچون بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر حاشیه اطمینانی برای کاربرد این کودها ایجاد کرد. بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق پیشنهاد می‌شود که از بیوچار و هیدروچار باگاس نیشکر در سطح ۵ درصد وزنی استفاده شود. با کاربرد این تیمارها به ترتیب می‌توان تا ۴۳ و ۳۱ درصد تلفات ناشی از مصرف بی‌رویه کود اوره را مهار کرد. استفاده از بیوچار به دلیل قابلیت بیشتر در جذب نیترات (حدود یک و نیم برابر هیدروچار) توصیه می‌شود.

منابع

دیوبند هفشجانی، ل.، ۱۳۹۵. بررسی تاثیر کاربرد ورمی کمپوست و بیوچار باگاس نیشکر بر جلوگیری از آبشویی نیترات در خاک. پایان‌نامه دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز.

عابدی کوپایی، ج.، موسوی، ف.، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولایت در کاهش آبشویی کود اوره از خاک. آب و فاضلاب، (۲): ۵۷-۵۱.

قشقایی، ز. ۱۳۹۲. تأثیر عنصر روی بر اینفلاکس- ایفلاکس نیترات و انباشت آن در کاهو و اسفناج در شرایط کشت هیدروپونیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

کاشی‌ساز، م. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی حرکت شکل‌های مختلف نیتروژن، تحت تأثیر سه نوع تناوب زراعی با استفاده از نرم افزار HYDRUS- ID. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید

چمران اهواز.

محراب، ن. و ح. گنجی‌دوست. ۱۳۹۳. پیامد کاربرد زئولیت غنی شده با آمونیوم بر نگهداشت نیترات و آمونیوم در دو خاک با بافت متفاوت در مدیریت کشت گندم. نشریه مدیریت خاک، ۳ (۱): ۳۰-۲۱.

محمدیان، م.، ملکوتی، م ج. ۱۳۸۱. ارزیابی تأثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت. ۱۶(۲): ۱۵۱-۱۴۴.

Behatnagar, A., Silanpaa, M. 2011. A review of emerging adsobemt for nitrate removal from water. Chemical Engineering Journal. 168, 493-504.

Bhatnagar, A., Kumar, E. and M. Sillanpaa. 2010. Nitrate removal from watrer by nano-alumina: Charactrization and sorption studies. Chmical Engineering Journal, 163(3): 317-323.

Chen X, Chen, G L, Chen Y, Lehmann J, McBride M B, and A G. 2011. Adsorption of cipper and by biochars produced from pyrolysis of hardwood and corn straw in aqueous solution. Bioresource Technology Technology 102: 8877-8884.

Chan, K.Y., Zwieten, L.V., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S., 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. Aust. J. Soil Res. 46, 437-444.

Chun Y, Sheng G, Chiou CT, and Xing B, 2004. Comopositions and sorptive propertis of crop residue- derived chars. Environmental Scince and Technology 38: 4649-4655.

Dempster, D.N., Gleeson, D.B., Solaiman, Z.M., Jones, D.L., Murphy, D.V., 2012. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. Plant Soil 354, 311–324.

Guerena, D., Lehmann, J., Hanley, K., Enders, A., Hyland, C., Riha, S., 2013. Nitrogen dynamics following field application of biochar in a temperate North American maize-based production system. Plant Soil 365, 239–254.

Fang, J. Gao, B. Chen, J. Zimmerman, A. R. 2015. Hydrochars derived from plant biomass under various conditions: Characterization and potential applications and impacts. Chemical Engineering Journal 267: 253–259.

Gajic, A., Koch, H. J. (2012): Sugar beet (Beta vulgaris L.) growth reduction caused by hydrochar is related to nitrogen supply. J. Environ. Qual. 41, 1067–1075.

Guiotoku, M, Rambo, CR, Hansel, FA, Magalhaes, WLE, Hotza, D. 2009. Microwave-assisted Hydrothermal Carbonization of Lignocellulosic Materials. Mater Lett, 63: 2707-2709.

Heilmann, SM, Davis, HT, Jader, LR. Lefebvre, PA, Sadowsky, MJ, Schendel, fj, et al. 2010. Hydrothermal Cabonizathion of Microalgae. Biomass Bioenerg, 34: 875-882.

Kuzyakov, Y., Subbotina, I., Chen, H., Bogomolova, I. and X. Xu. 2009. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial bicrobial biomas estimated by 14 C labeling. Soil Biology and Biochemistry, 41 (2): 210-219.

Kameyama, K., Miyamoto, T. Shiono, T. and Y. Shinogi. 2012. Influence of sugarcance bagasse-drrived biochar application on nitrate leaching in calcaric dark red soil. Journal of Environmental Quality, 41: 1131-1137.

Lehmann J: 2007. A handful of carbon Nature 447: 143-144.

Kanthle, A., Kumar Lenka, N., Sangeeta Lenka, S., Tedia, K. 2016. Biochar impact on nitrate leaching as influenced by native soil organic carbon in an Inceptisol of central India. Soil and Tillage Research, 157: 65-72.

Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., Laird, Z. and D. Karlen. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwesten agricultural soil. Geoderma, 158: 436-442.

Lee LY, Tan L, Wu W, Yeo SK, Ong SL, 2013. Nitrogen removal in saturated zone with vermicompost as organic carbon source. Sustainable Environment Research; 23(2): 85-92.

Lehmann J, Gaunt J, and Rondon M, 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosysteme-a review. Mitigation and adaptation strategies for global 11: 395-419.

Masto, R. E., Kumar, S. Rout, T. Sarkar, P. George, J. and L. Ram. 2013. Biochar from water hyacinth (Eichornia crassipes) and its impact on soil biological activity. Catena, 111: 64-71.

Mukherjee, A. and A. R. Zimmerman. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars. Geoderma, 193-194: 122-130.

Mukherjee, A., Zimmerman, A.R., Harris, W.G., 2011. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. Geoderma 163, 247–255.

Mukherjee, A., Lal, R., Zimmerman, A.R., 2014. Impacts of biochar and other amendments on soil–carbon and nitrogen stability: a laboratory column study. Soil Sci. Soc. Am. J. doi:http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2014.01.0025.

Sevilla, M, Fuertes, AB. 2009. Chemical and Structural Properties of Carbonaceous Products Obtained by Hydrothermal Carbonization of Saccharides. Chem-

irreversible sorption of pesticide pyimethanil by soil amendel with biochars. Journal of Environmental Sciences 22: 615-620.

Yuan GH, Xu R.K, Zhang H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Bioresource Technology; 102: 3488–3497.

Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M. and A. R. Zimmerman. 2012. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. Chemosphere, 89: 1467-1471.

Zhang, L. and X. Sun. 2014. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the tow-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. Bioresource Technology, 171: 274-284.

Eur J, 15: 4195-4203.

Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull. E and R. Bol. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research: CSIRO Glen Osmond, Australia.

Sika, M.P., Hardie, A.G., 2014. Effect of pinewood biochar on ammonium nitrate leaching and availability in a South African sandy soil. Eur. J. Soil Sci. 65,113–119.

Ventura, M., Sorrenti, G., Panzacchi, P., George, E., Tonon, G., 2012. Biochar reduces short-term nitrate leaching from a horizon in an apple orchard. J. Environ. Qual. 42, 76–82.

Xu, G, Lv, Y, Sun, J, Shao, H, Wei, L. 2012. Recent Advances in Biochar Applications in Agricultural Soils: Benefits and Environmental Implications. Clean-Soil Air Water, 40: 1093-1098.

Yu X, Panl, G, and Kookana RS, 2010. Enhanced and

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 761-772

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۷۷۲-۷۶۱

The Effect of Modified Biochar and Hydrochar on Reducing Nitrate Leaching in Loam Soil under Unsaturated Conditions

Y. Khodarahmi[1*], A. Soltani Mohammadi[2], S. Boroomand Nasab[3], A.A. Nasseri[4]
Recived: Sep.30, 2018 Accepted: Nov.27, 2018

Abstract

The use of cheap adsorbents, such as hydrochar and biochar, is important for protecting the environment (preventing water pollution by nitrates). For this purpose, this research was carried out at research farm of Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz in 2018. The treatments of this research were modified hydrochar and biochar in three levels of 0 (control), 2 and 5 g / kg soil in 4 replicates. After preparing the hydrochar and biochar from sugarcane bagasse, mixing these materials with loamy soil and put them into test tubes, urea fertilizer was applied in irrigation 1, 6 and 12 (from 15 irrigation) to soil columns. This experiment was conducted in a randomized complete block design with two independent experiments. At the end of each irrigation, nitrate output was measured. The results showed that the effect of 5 grams of biochar treatments on all irrigation and 5 grams of hydrochar, except irrigation 4 and 6 at 5% level, was significant on nitrate leaching. 2 g of biochar treatment showed better performance than 2 g of Hydrochar in all experiments. Treatment of 2 and 5 g of biochar per kg of soil were 30 and 43% respectively, and treatment of 2 and 5 g of hydrochar per kg of soil, were 20 and 31%, respectively, was effective in preventing nitrate leaching.

Keywords: Nitrate leaching, Modified biochar and hydrochar, Urea fertilizer

1- MSc. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2- Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3- Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4- Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
(* - Corresponding Author Email: Khodarahmi1372@gmail.com)