

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی میزان غلظت نیترات زه آب خروجی در خاک تحت تأثیر کاربرد بیوجار ذرت علوفه‌ای در کشت فلفل دلمه‌ای

اکرم حسین نژادمیر^۱، سید ابراهیم هاشمی گرم‌دره^{۲*}، عبدالمجید لیاقت^۳، سهیل کریمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۰

چکیده

با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب، افزایش جمعیت و افزایش سطح بهداشت، حفظ کیفیت منابع آب زیرزمینی امری مهم است. توسعه کشاورزی و کاربرد مداوم کود در اراضی تحت کشت منجر به آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌گردد. به‌منظور بررسی اثر بیوجار ذرت علوفه‌ای و کاربرد کود اوره تحت کشت فلفل دلمه‌ای، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در ۹ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح بیوجار صفر، ۲ و ۵ درصد وزن خاک و سه سطح نیاز کودی اوره ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد بود. یک نشاء فلفل دلمه‌ای در مرحله ۴ برگی در گلدان‌های حاوی ۵ کیلوگرم خاک و بیوجار منتقل شد، سپس در سه مرحله ابتدایی، میانی و پایانی کشت و در هر مرحله ۲۳۶، ۳۱۴ و ۳۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره به هر گلدان اضافه شد. در مراحل مختلف کشت، شامل مرحله ابتدایی، میانی و پایانی نیترات زهاب خروجی و در مرحله پایانی اندازه‌گیری نیترات خاک و میوه صورت گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد بیوجار ذرت علوفه‌ای به مقدار ۲ درصد تجمع نیترات در خاک را در تیمار کود اوره کاربردی ۳۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم به میزان ۶۶/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. غلظت آبشویی نیترات در مرحله پایانی کشت در تمامی تیمارها روند نزولی داشت و بیشترین مقدار کاهش غلظت نیترات در تیمار ۵ درصد بیوجار و ۲۳۶ گرم بر کیلوگرم معادل ۷۲ درصد مشاهده شد. همچنین کاربرد بیوجار، غلظت نیترات میوه در تیمار ۲ درصد بیوجار و ۲۳۶ گرم بر کیلوگرم کود اوره را ۴۴/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آبشویی نیترات، فرآیند پیرولیز، غلظت نیترات خاک

مقدمه

بسیاری از مناطق جهان شده است (Polat et al., 2004; Shukla et al., 2006). افزایش کارایی مصرف نیتروژن یک راهکار حیاتی برای کاهش معضل آلودگی محیط‌زیست است. با انتقال کودهای نیتروژنه، قابلیت استفاده گیاه از آن‌ها کاهش یافته و افزون بر این کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. یکی از گزینه‌های ارزشمند به‌منظور کاهش آبشویی ترکیبات نیتروژنه کاربرد بیوجار (کربن سیاه یا زغال زیستی) در زیست‌بوم خاک است (Clough et al., 2013).

بیوجار یک محصول جامد از تجزیه حرارتی زیست‌توده در شرایط محدود اکسیژن است (Lehmann and Joseph, 2015). استفاده از زغال زیستی به دلیل دربرداشتن کربن آروماتیک و مقاوم به تجزیه، ابزاری مناسب برای توقف و ترسیب طولانی مدت کربن، مقابله با تغییر اقلیم و کاهش آلودگی‌های خاک می‌باشد (Lehmann, 2007). بیوجار یک ماده زیستی پیرولیز شده است. پیرولیز فرآیند سوختن مواد آلی در حضور اکسیژن کم یا شرایط بدون اکسیژن است که منجر به تشکیل ذغال غنی از کربن می‌شود که به تجزیه بسیار مقاوم است

امروزه کشاورزان برای بالا بردن میزان تولیدات خود و تأمین و عرضه غذای موردنیاز جمعیت رو به رشد، با مصرف زیاد کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه، افزایش رشد سریع و پرثمر گیاهان زراعی را فراهم می‌سازند. مصرف مقادیر زیاد نیتروژن به‌صورت کود شیمیایی، منجر به افزایش هدرروی آن و سرانجام آلودگی منابع زیست‌محیطی می‌شود (Havlin et al., 2013). استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه موجب آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی در

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده ابوریحان، دانشگاه تهران. ایران

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده ابوریحان، دانشگاه تهران. ایران

۳- استاد گروه مهندسی و آبادانی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران. کرج، ایران

۴- دانشیار علوم باغبانی، دانشکده ابوریحان، دانشگاه تهران. ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: sehashemi@ut.ac.ir)

Capsicum است که عمدتاً به رنگ‌های سبز، قرمز، زرد و نارنجی یافت می‌شود (Ade et al., 2002). این گیاه به عنوان سبزی استفاده می‌شود یا حتی مصرف دارویی دارد. فلفل دلمه سبز یک محصول مهم کشاورزی است که نه تنها به دلیل ارزش اقتصادی، بلکه به دلیل دارا بودن رنگ‌های طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ویتامین C، E، A بسیار مورد توجه است (Topuz and Ozdem., 2007). در گیاه فلفل دلمه‌ای مصرف زیادی نیتروژن علاوه بر افزایش انباشت نیترات، مقدار ویتامین C را نیز کاهش می‌دهد ولی با رعایت اصول مصرف بهینه کود به ویژه مصرف کودهای پتاسیمی و روی، علاوه بر بهبود کیفیت و خوش خوراکی محصول، مقدار ویتامین C تا حد ۲۰ درصد و حتی بیشتر هم افزایش می‌یابد (ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۳). حدود ۸۰ درصد از نیتراتی که وارد بدن می‌شود از طریق سبزی‌ها و میوه است (Hord et al., 2009). برخی از سبزی‌ها مقدار زیادی نیترات در اندام‌های خود ذخیره می‌کنند (Alexander et al., 2008). غلظت نیترات در سبزی‌ها بستگی به فصل، شدت نور، دما، شرایط رشد، مقدار کود دهی و شرایط انبارداری دارد (Hunter et al., 1982). بیشتر میزان نیترات در سبزی‌ها در لبو، کرفس، اسفناج و تربچه دیده می‌شود (Lundberg et al., 2008). تحقیقی در زمینه تأثیر بیوجار ذرت علوفه‌ای بر آبشویی نیترات وجود ندارد و لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر بیوجار ذرت علوفه‌ای بر آبشویی و انتقال نیترات در خاک تحت کشت فلفل دلمه‌ای انجام شد. همچنین برهمکنش این اصلاح‌کننده با کود اوره بر آبشویی نیترات در زه آب، تجمع در خاک و گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر بیوجار ذرت علوفه‌ای در جلوگیری از آبشویی نیترات در یک خاک غیر اشباع در گلخانه‌های تحقیقاتی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۹ انجام شد. عملیات پر شدن گلدان‌ها با استفاده از خاک زراعی با بافت لومی شنی انجام شد. حجم قابل توجهی از این خاک از زمین زراعی پردیس ابوریحان به گلخانه انتقال داده شد. نمونه خاک مورد نظر پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. پارامترهایی از قبیل هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe)، pH عصاره اشباع، کلسیم، منیزیم، سدیم، نیتروژن و پتاسیم محلول در عصاره اندازه‌گیری شدند. میزان نیتروژن کل به روش کج‌دال، کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون، سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر تعیین شدند. تعیین توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری انجام شد. برای تعیین جرم مخصوص ظاهری هر لایه خاک نیز نمونه‌های دست‌نخورده با استفاده از استوانه‌های نمونه‌برداری تهیه شد و به وسیله روش کلوخه پارافینی تعیین گردید. نقاط پتانسیلی مهم خاک مثل ظرفیت مزرعه و

(Mukherjee et al., 2014; Azeem et al., 2016). دوام بالا و مقاومت به تجزیه‌ی بیوجار مربوط به تغییر در ساختار شیمیایی سلولز، همی سلولز و لیگنین در دمای بالای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است به طوری که بیوجار ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر مقاوم‌تر از سایر موادآلی موجود در خاک است (Aslem et al 2014; Azeem et al., 2016). توانایی بالای این ماده در جذب و نگهداری مواد غذایی و جلوگیری از آبشویی فلزات سمی و کودهای شیمیایی و کاهش آزادسازی گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (Berek et al., 2011).

بیوجار به دلیل منافذ زیاد و سطح ویژه بالا، زیستگاه مناسبی برای میکروارگانیسم‌های خاکری است که از خشکی و شکار شدن توسط موجودات بزرگ جلوگیری کرده و منابع سرشار از مواد معدنی و کربنی را برای میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند. به این ترتیب بیوجار می‌تواند با تأثیر بر ساختار بیولوژیک خاک، چرخه عناصر غذایی، بهبود دانه‌بندی خاک و معدنی شدن کربن آلی، سبب بهبود رشد گیاه شود (Aslam et al., 2014). پیشینه پژوهش‌های صورت گرفته تأثیر مثبت بیوجار را بر کاهش آبشویی آمونیوم و مسمومیت فلزات سنگین را به اثبات رسانده‌اند. ولی اتفاق نظر کاملی در خصوص تأثیر آن‌ها بر کاهش آبشویی نیترات وجود ندارد و نوع مواد خام اولیه و نیز وجود برخی شرایط خاص در تولید بیوجار سبب برخی تناقضات در این زمینه شده است. کاظمی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی گزارش دادند که بیوجار حاصل از باگاس نیشکر می‌تواند آبشویی نیترات از خاک را کاهش دهد. لی و همکاران در تحقیق نشان دادند که بیوجار به دلیل دارا بودن ظرفیت جذب بالا، شستشوی عناصر غذایی مانند نیترات و فلزات سنگین در خاک را کاهش داد (Li et al., 2020). همچنین مطالعات ژائو و همکاران نشان دادند که غلظت نیترات در پروفیل خاک با کاهش سطح آبیاری به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، اما بیشتر نیترات توسط باران زمستانی شسته شد. بیوجار اثر قابل توجهی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کل و یا تجمع نیترات خاک نداشت، اما اثر آبیاری و اثر برهمکنش آن با بیوجار بر تجمع نیترات در خاک معنی‌دار بود (Gao et al., 2020). سان و همکاران در تحقیقی نشان دادند بیوجار در خاک‌های شور ساحلی می‌تواند باعث کاهش شستشوی نیترات، نگهداری نیتروژن در خاک و عدم افزایش آمونیوم شود (Sun et al., 2016). سرفراز و همکاران در مطالعه‌ای تأثیر کاربرد یکپارچه بیوجار و کودهای نیتروژن بر رشد ذرت و بازیابی نیتروژن در خاک آهکی قلیایی بیان کردند که کاربرد بیوجار به طور قابل توجهی pH خاک، ظرفیت نگهداری آب، کربن آلی کل، عملکرد ذرت، هدایت روزنه‌ای و جذب نیتروژن در گیاه را کاهش داد (Sarfaraze et al., 2017).

فلفل دلمه‌ای از خانواده Solanaceae با نام علمی *annum*

به دست آمده از آنالیز شیمیایی خاک گلدان‌ها و ۳ سطح بیوپچار ذرت علوفه‌ای شامل $B_1=0\%$ ، $B_2=2\%$ و $B_3=5\%$ در ۳ تکرار و ۲۷ گلدان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نقطه پژمردگی دائم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شدند. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. در این آزمایش سه سطح کود اوره شامل $N_1=75\%$ ، $N_2=100\%$ و $N_3=120\%$ نیاز کودی گیاه بر اساس نتایج

جدول ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده

بافت خاک	نیتروژن کل	کلسیم+منیزیم	نقطه پژمردگی دائم	جرم مخصوص ظاهری	ظرفیت زراعی	شوری عصاره اشباع	اسیدیته
-	%	meq l ⁻¹	m ³ m ⁻³	g cm ⁻³	m ³ m ⁻³	dS m ⁻¹	-
لومی شنی	۰/۰۷	۳۵	۱۰	۱/۵۸	۲۱	۱	۶/۱

اندازه‌گیری pH و هدایت الکتریکی بیوپچار ذرت علوفه‌ای، از نسبت یک به ده بیوپچار به آب مقطر استفاده شد (گوبلی و همکاران ۱۳۹۵). اندازه‌گیری کربن، نیتروژن، اکسیژن، کلر، فسفر، پتاسیم، هیدروژن و سایر عناصر در بیوپچار ذرت علوفه‌ای با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری به نام Hitach 4160 FESEM در آزمایشگاه دانشکده برق دانشگاه تهران انجام شد (جدول ۲).

برای تهیه بیوپچار مورد استفاده از ماده اولیه ذرت علوفه‌ای استفاده شد. بدین منظور ابتدا ذرت علوفه‌ای خشک و سپس کوبیده شد تا یکنواخت گردند. سپس در یک کوره برای مدت دو ساعت دمای کوره به تدریج افزایش یافت تا به ۴۰۰ درجه سلسیوس رسانده شد؛ و پس از آن به مدت دو ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس، تحت فرآیند پیرولیز آهسته قرار گرفتند. سپس بیوپچار توسط آب شسته و خشک شده، سپس کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برای

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی ترکیبات بیوپچار ذرت علوفه‌ای

کلر	پتاسیم	کربن	فسفر	اکسیژن	نیتروژن	شوری	اسیدیته
%	%	%	%	%	%	dS m ⁻¹	
۳	۸/۵	۳۱/۹	۷/۵	۳۰/۵	۱۱	۶/۸	۹/۲

پ هاش و قابلیت هدایت الکتریکی بیوپچار با نسبت ۱:۱۰ بیوپچار به آب مقطر

نمونه‌برداری زه‌آب خروجی در سه مرحله ابتدا، میانه و انتهای کشت انجام گرفت. پس از اضافه کردن کود اوره همراه با آب آبیاری به عنوان منبع نیتراتی، بلافاصله پس از خروج زه‌آب نمونه‌برداری انجام گرفت. ۵۰ میلی‌متر از نمونه زه‌آب، جمع‌آوری و بلافاصله به یخچال منتقل گردید. مجموع ۲۷ نمونه زه‌آب، ۲۷ نمونه خاک و ۲۷ نمونه از اندام گیاهی گرفته شد. اندازه‌گیری نیترات زه‌آب در مرحله ابتدایی، میانی و پایانی کشت انجام شد، به منظور تعیین غلظت نیترات نمونه‌ها از روش فنول دی سولفونیک اسید و با دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج ۴۰۰ نانومتر استفاده شد (Golterman, 1991). برای اندازه‌گیری نیترات خاک ابتدا عصاره‌گیری خاک صورت گرفت سپس مواد لازم به عصاره اضافه گردید. با افزودن معرف اسید سولفامیک مقادیر با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر با طول موج ۴۰۰ نانومتر قرائت گردید. برای اندازه‌گیری نیترات میوه نمونه‌ها یکبار بدون معرف نیترات و بار دوم پس از اضافه نمودن معرف نیترات اندازه‌گیری شدند سپس اختلاف این دو عدد را به دست آورده و آن را در معادله‌ای که از منحنی استاندارد عبور نور از محلول نیترات سدیم در غلظت‌های مختلف (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ پی پی ام) به دست آمده بود، قرار

بذور فلفل دلمه‌ای رقم Canion در بستر کوکوپیت و پرلیت کاشته شدند. تا استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری توسط آب پاش دستی به طور مرتب هر ۲ روز یکبار انجام گرفت. بعد از ۷۰ روز و بعد از چهار برگه شدن نشاء‌ها به داخل گلدان‌هایی که با خاک پر شدند انتقال داده شد. در هر گلدان یک نشاء کشت شد. نشاء فلفل دلمه‌ای در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و حاوی ۵ کیلوگرم مخلوط خاکی (رس، سیلت و شن) انتقال داده شد. گلدان‌ها در گلخانه با دمای ۲۵-۱۸ درجه سلسیوس (روز-شب) و میانگین رطوبت نسبی گلخانه ۷۰-۶۵ درصد نگهداری شدند. جهت تعیین زمان مناسب آبیاری، در طول فصل رشد با توزین روزانه گلدان‌ها و افزودن آب به آن‌ها انجام و میزان آب اضافه شده به هر گلدان نیز در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. زمان آبیاری به صورتی تعیین شد که رطوبت خاک تا عمق توسعه ریشه کمتر از ۳۰ درصد کل رطوبت قابل دسترس نگردد. حجم آب آبیاری بر اساس میزان رطوبت خاک، عمق توسعه ریشه و مساحت گلدان تعیین شد و آب لازم با استفاده از استوانه مدرج وارد گلدان شد. با توجه به اندازه‌گیری شوری آب آبیاری رعایت جز آبشویی ۱۰ درصد اعمال شد.

نسبت به شاهد در تیمار B_2N_2 به میزان $53/6$ درصد کاهش یافت ولی در تیمار B_2N_3 نسبت به تیمار شاهد $32/2$ درصد افزایش یافت که می‌تواند به دلیل افزایش کاربرد کود اوره به میزان 120 درصد و غلظت نیتروژن در خاک باشد. با این حال بیوجار در کاهش آبشویی نیترات به دلیل سطح ویژه بیشتر و خلل فرج بزرگ تر، نقش موثرتری داشته است. مطالعات دینگ و همکاران نشان داد که بیوجار حاصل از مواد و فرآیندهای خاص، می‌تواند هدر رفت نیترات از خاک توسط آبشویی را کاهش دهد (Ding et al., 2010). همچنین بیوجار دارای قابلیت جذب آنیونی بوده و سطح ویژه زیادی دارد و بنابراین قادر است یون‌های نیترات را جذب کرده و موجب نگهداری آن در خاک شود (Zhang et al., 2015). بررسی و مقایسه بین تیمارهای مختلف بیوجار و کود اوره به غیر از تیمار B_2N_3 که باعث افزایش آبشویی نیترات شد، در سایر تیمارها افزایش بیوجار باعث کاهش آبشویی نیترات گردید. در این تحقیق به دلیل عدم امکان نمونه‌برداری با دقت بالا در لحظات اولیه، مقدار نمونه‌برداری در تیمار B_2N_3 بزرگ بوده و تمام حجم بخش ابتدایی منحنی رخنه را در خود مستتر کرده است و لذا منحنی رخنه تبدیل به آبشویی شده است. در پژوهش انجام شده توسط قربانی و همکاران (۱۳۹۴) نیز افزودن بیوجار به خاک موجب کاهش معنی‌دار آبشویی نیترات شد. همچنین کاظمی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی تأثیر بیوجار و هیدروچار (باگاس نیشکر) بر عملکرد، بهره‌وری آب و آبشویی نیتروژن در کشت ذرت پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که با کاربرد بیوجار در شرایط مطلوب رطوبتی در مقایسه با کاربرد اوره میزان زه‌آب خروجی کاهش داشت و موجب کاهش میزان آبشویی نیتروژن شد.

داده و به این ترتیب میزان نیترات هر یک از میوه‌ها در مرحله پایانی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج 400 نانومتر انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه $9/1$ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با ضریب اطمینان 95 درصد ($P < 0.05$) انجام گرفت.

نتایج و بحث

در طول دوره مطالعه غلظت نیترات زه‌آب در سه مرحله ابتدایی، میانی و پایانی و غلظت نیترات خاک و میوه در مرحله پایانی اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نیترات زه‌آب مرحله اول، مرحله سوم و نیترات خاک در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد، نیترات میوه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد، ولی نیترات زه‌آب در مرحله دوم معنی‌دار نشد (جدول ۳).

تغییرات غلظت نیترات زه‌آب ۱۵ روز پس از کاشت

در مرحله اول آبشویی غلظت نیترات در نمونه زه‌آب و نیترات شسته شده از محیط ریشه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف بیوجار و نیتروژن قرار نگرفت، اما اثر برهمکنش نیتروژن و بیوجار آن‌ها در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). کمترین مقدار نیترات شسته شده از تیمار B_2N_2 به مقدار $17/02$ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین آن در تیمار B_2N_3 به میزان $54/35$ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (شکل ۱). با کاربرد بیوجار در شرایط مطلوب رطوبتی در مقایسه با کاربرد کود اوره میزان آبشویی نیترات

جدول ۳- تجزیه واریانس تیمارهای کود اوره و بیوجار بر میزان آبشویی و تجمع نیترات

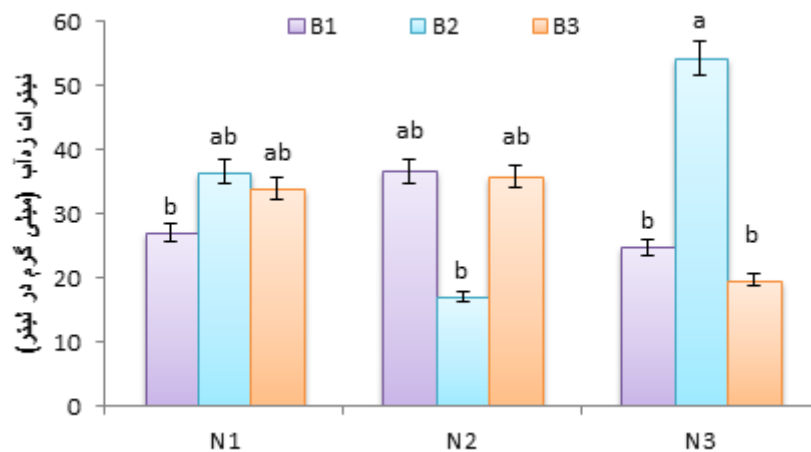
میانگین مربعات		نیترات زه‌آب مرحله دوم		نیترات زه‌آب مرحله اول		درجه آزادی		منبع تغییر	
نیترات خاک	نیترات سوم	نیترات دوم	نیترات اول	نیترات اول	نیترات اول	نیترات اول	نیترات اول	نیترات اول	نیترات اول
$277/7^{ns}$	$44/4^{ns}$	$29/1^{ns}$	$65/3^{ns}$	$72/09^{ns}$	2	بیوجار			
758^{ns}	13^{ns}	527^{ns}	$74/3^{ns}$	$119/3^{ns}$	2	نیتروژن			
$573/3^{***}$	$116/4^*$	$221/15^*$	$114/7^{ns}$	$77/38$	8	بیوجار*نیتروژن			
$88/4$	$29/9$	$119/3$	$137/2$	$130/83$	16	خطا			
$11/747$	$34/48$	$56/36$	$30/14$	$35/96$		ضریب تغییرات			

ns: عدم اختلاف معنی‌دار، *: اثر معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد، **: اثر معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد

۲). همچنین نتایج نشان داد در بعضی از تیمارهای بیوجار و کود نیتروژن غلظت نیترات در زه‌آب مرحله دوم کمتر از مرحله اول بود. عدم کاربرد بیوجار سبب افزایش آبشویی نیترات شد، اما مقدار 5 درصد بیوجار باعث کاهش $38/1$ درصد نیترات زه‌آب در مرحله دوم شد (شکل ۲).

تغییرات غلظت نیترات زه‌آب ۵۰ روز پس از کاشت

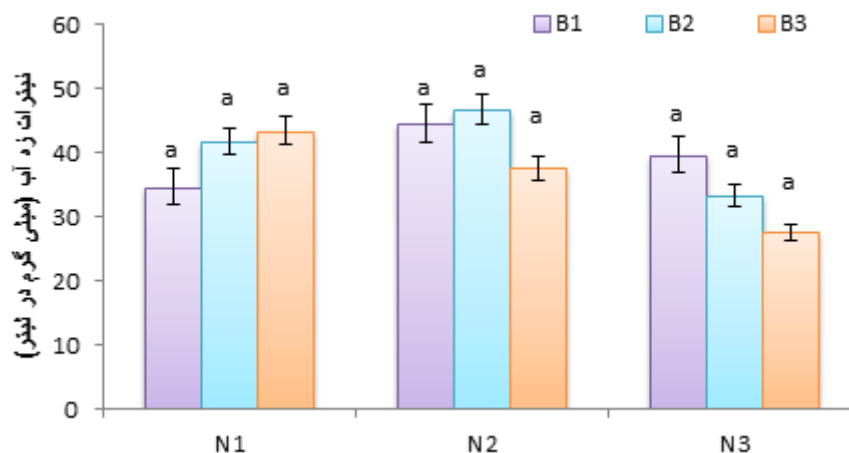
در این مرحله از نمونه‌برداری نیز با اعمال تیمارها اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها در نیترات زه‌آب مشاهده نشد (شکل ۲). به طور کلی بیشترین غلظت نیترات خروجی در زه‌آب مربوط به تیمار B_2N_2 به دست آمد که برابر با $46/9$ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن در تیمار B_3N_3 برابر با $27/58$ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل



شکل ۱- غلظت نیترات آبهوشویی شده در مرحله اول نمونه برداری از زه آب (N₁=75%, N₂=100%, N₃=120%, B₁=0, B₂=2%, B₃=5%)

میزان آبهوشویی نیترات نسبت به سایر سطوح قابلیت به تعویق انداختن خروج نیترات را دارد. مارزی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای کاربرد بیوچار الیاف خرما برای حذف نیترات از زه آب بر حذف نیترات را بیش از ۹۶ درصد گزارش کردند. ویدواتی و همکاران در بررسی تاثیر بیوچار بر کاهش آبهوشویی نیترات، بیشترین کاهش آبهوشویی و افزایش نگهداری آب را در کاربرد ۴۵ تن در هکتار بیوچار گزارش کرد (Widowati et al., 2012).

مطابق شکل (۱ و ۲) بیشترین آبهوشویی نیترات در مرحله اول و دوم آبهوشویی رخ داد که علت این امر کود دهی در این دو نوبت آبیاری و همچنین وجود نیترات در بیوچار به کار برده شده در ابتدای کشت می باشد. نتایج نشان داد که زمان آبهوشویی بر غلظت نیترات خروجی تأثیرگذار است و غلظت در مراحل اولیه آبهوشویی بالاتر و به تدریج کاهش می‌یابد. این روند نشان می‌دهد که تیمارهای با ۵ درصد بیوچار نسبت به تیمارهای با ۲ و صفر درصد بیوچار علاوه بر کاهش



شکل ۲- غلظت نیترات آبهوشویی شده در مرحله دوم نمونه برداری از زه آب (N₁=75%, N₂=100%, N₃=120%, B₁=0, B₂=2%, B₃=5%)

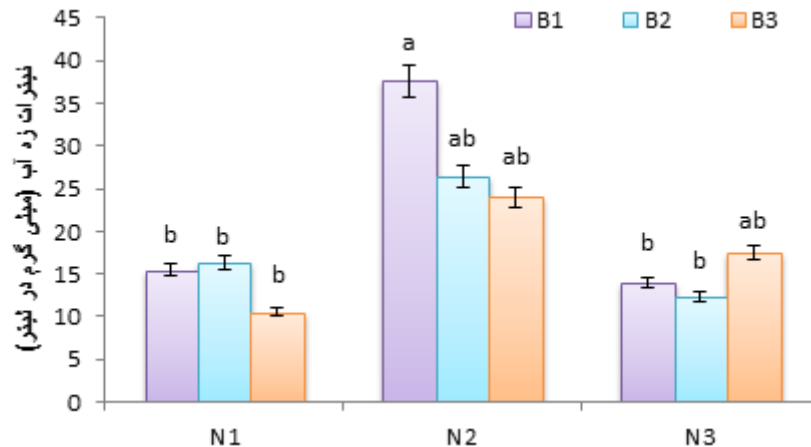
B₃N₁ معادل ۷۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل ۳). این میزان کاهش نیترات در زه آب یکی به دلیل مقدار کود اوره کمتر بکار برده شده و دیگری جذب نیترات توسط بیوچار می‌باشد. غلظت نیترات آبهوشویی شده در این مرحله نسبت به دو مرحله پیشین به شدت کاهش یافته است. بیوچار به دلیل سطح ویژه بالا و اندازه خلل و فرج زیاد نقش موثری در کاهش آبهوشویی نیترات در مرحله پایانی داشت. به طور کلی، تیمارهای حاوی بیوچار در مقایسه با تیمارهای بدون

تغییرات غلظت نیترات زه آب ۷۵ روز پس از کاشت

اثر برهمکنش سطوح مختلف بیوچار و کود دهی بر میزان آبهوشویی نیترات در مرحله سوم در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی داری داشت (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار میانگین آبهوشویی نیترات در تیمار B₁N₂ برابر با ۴۷/۲۳ میلی گرم در لیتر و در تیمار B₃N₁ برابر با ۱۵/۲۲ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. با کاربرد بیوچار در شرایط مطلوب رطوبتی در مقایسه با کود اوره میزان نیترات خروجی در تیمار

(جدول ۳). افزودن بیوجار به خاک موجب کاهش آبشویی نیترات از خاک شد و این اثر حداقل برای سه ماه پایدار بوده است. در پژوهش انجام شده توسط در تحقیقات صورت گرفته نتایج مشابهی از خصوص کاهش آبشویی نیترات و افزایش نیتروژن در محدوده‌ی ریشه با افزودن بیوجار دست یافتند (Knowles et al., 2011).

بیوجار، میزان آبشویی نیترات به طور معنی داری کمتر شد. این امر می‌تواند نشان‌دهنده‌ی نقش بیوجار به عنوان منبعی برای جذب نیترات در خاک باشد. نتایج نشان داد که که عموماً زمان آبشویی بر غلظت نیترات خروجی تأثیرگذار بود و غلظت در آبشویی‌های اولیه بالاتر و به تدریج در آبشویی‌های بعدی به طور نسبی کاهش یافت



شکل ۳- غلظت نیترات آبشویی شده سومین مرحله نمونه‌برداری از زه آب (N₁=75%, N₂=100%, N₃=120%, B₁=0, B₂=2%, B₃=5%)

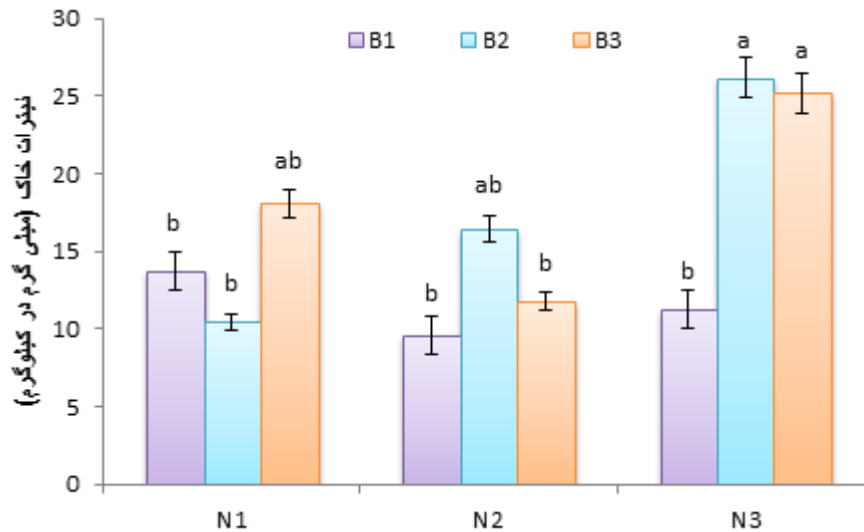
در مطالعه‌ای عنوان کردند که مصرف بیوجار موجب نگهداشت بیشتر نیتروژن می‌شود و شدت آن به نوع مواد مورد استفاده در تولید بیوجار و دمای تهیه آن بستگی دارد (Ameloot et al., 2015). بر اساس تحقیقات صورت گرفته گزارش شد که شستشوی کمتر نیترات از خاک تیمار شده با بیوجار تهیه شده در دماهای کم را به وجود مقدار زیادی کربن قابل تجزیه در این مواد نسبت دادند که باعث تجمع بیشتر نیترات در خاک گردید (Ippolito et al., 2014).

غلظت نیترات در خاک

مقدار نیترات باقی‌مانده پس از برداشت محصول یکی از شاخص‌های جذب نیتروژن از خاک به وسیله گیاه است. تجمع نیترات در خاک به صورت معنی داری تحت تأثیر سطوح مختلف بیوجار و نیتروژن قرار نگرفت، ولی اثر برهمکنش بیوجار و کود اوره در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). تفاوت معنی داری بین همه تیمارها وجود داشت و تیمارهای B₁N₁ و B₂N₃ به ترتیب برابر با ۹/۶۱ و ۲۶/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب کمترین و بیشترین نیترات در خاک را ایجاد نمودند. نتایج نشان داد که تیمار B₂N₃ تجمع نیترات در خاک را ۶۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴). بیوجار به دلیل پایداری زیاد در خاک، کمتر دچار تجزیه و تخریب شده و نیترات کمتری آزاد می‌شود (Singh et al., 2010). در ارتباط با تأثیر بیوجار بر فراهمی نیترات در خاک یافته‌های اخیر نشان داده است که بیوجار همانند یک منبع حاصلخیز کننده و همچنین نگهدارنده تعادل غذایی در اکوسیستم خاکی با فراهم آوردن و نگهداری عناصر مغذی از جمله نیترات سبب افزایش رشد گیاهان و بازدهی محصول خواهد شد (Farrell et al., 2014). نتایج نشان داد که افزایش استفاده از بیوجار در خاک سبب نگهداشت بیشتر یون نیترات در خاک می‌شود؛ اما این اثر، به نوع بیوجار، خاک و زمان تماس آن بستگی دارد (Lehmann et al., 2003). آمولوت و همکاران

نیترات میوه

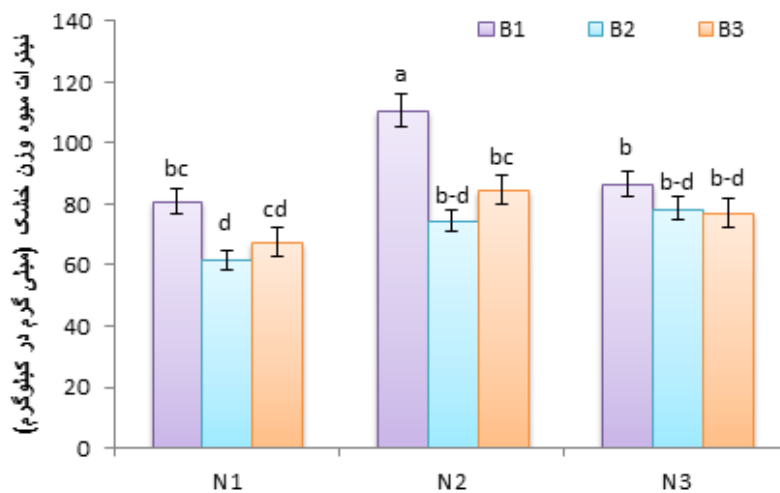
اثر برهمکنش بیوجار و کود اوره بر غلظت نیترات در میوه فلفل دلمه‌ای در سطح یک درصد معنی داری بود. نتایج نشان داد با افزایش کود اوره بدون حضور بیوجار غلظت نیترات در میوه افزایش یافت، ولی با افزایش بیوجار میزان جذب نیترات کاهش پیدا کرد. کمترین غلظت نیترات در تیمار B₂N₁ به مقدار ۶۱/۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم و بیشترین آن در تیمار B₁N₂ برابر با ۱۱۰/۷۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد. کاربرد ۳۱۴ میلی‌گرم نیتروژن، میانگین غلظت نیترات میوه را در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی داری افزایش داد. ولی با کاربرد سطوح نیتروژن و بیوجار میزان نیترات میوه به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۵).



شکل ۴- تاثیر تیمارهای بیوچار و کود اوره بر غلظت تجمع نیترات خاک پس از آخرین آبیاری (N₁=75%, N₂=100%, N₃=120%, B₁=0, B₂=2%, B₃=5%)

جذب نیتروژن می‌تواند عملکرد نهایی را مستقیماً تحت تأثیر قرار دهد. افزایش غلظت و کاهش جذب نیترات می‌تواند به دلیل کاهش وزن خشک گیاه و در نتیجه افزایش تجمع نیترات در گیاه باشد. در پژوهش‌های که در خاک انجام شده است، با افزایش سطوح نیتروژن، غلظت نیترات در اندام هوایی افزایش یافته است (Stagnari et al., 2007، صادقی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹).

افزایش محتوی نیترات گیاه در نتیجه عملکرد اعمال تیمارهای مربوط به کود شیمیایی اوره و تلفیق کود اوره و بیوچار را می‌توان با تحریک سطح فتوسنتز کننده و رشد رویشی فلفل دلمه‌ای و در نتیجه جذب نیترات مرتبط دانست، به طوری که این تحریک منجر به افزایش وزن خشک و در نهایت افزایش محتوی نیترات گیاه در واحد سطح می‌شود. از آنجایی که نیتروژن از عناصر مهم تشکیل دهنده اسیدهای نوکلئیک بوده و این اسیدها نقش مهمی در میزان مواد انتقال یافته به دانه‌ها به عهده دارند (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳)، افزایش



شکل ۵- اثر بیوچار و کود اوره بر غلظت نیترات میوه فلفل دلمه‌ای در مقایسه با شاهد (N₁=75%, N₂=100%, N₃=120%, B₁=0, B₂=2%, B₃=5%)

آبشویی نیترات خاک گردید. بیشترین مقدار کاهش آبشویی نیترات در مرحله پایانی آبشویی نسبت به مرحله اول و دوم آبشویی به ترتیب

نتیجه‌گیری

کاربرد بیوچار ذرت علوفه‌ای با گذشت زمان منجر به کاهش

قربانی، م.، اسدی، ح. و ابریشم‌کش، س. ۱۳۹۴. تأثیر بیوچار (زغال زیستی) پوسته شلتوک برنج بر آبشویی نیترات در یک خاک رسی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۹(۴): ۴۲۷-۴۳۴.

مارزی، م.، فرحخس، م. و خیال، ص. ۱۳۹۵. سینتیک و هم‌دمای جذب نیترات از محلول آبی با استفاده از بیوچار. نشریه دانش آب و خاک. ۲۶(۱): ۱۴۵-۱۵۸.

ملکوتی، م. ج.، بای بوردی، ا. و طباطبائی، ج. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود، گامی مؤثر در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربردی، ۳۳۸ صفحه.

Ade-Omowaye, B.I.O., Rastogi, N. K., Angersbach, A. and Knorr, D. 2002. Osmotic dehydration of bell peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment. Journal of Food Engineering. 54: 35-43.

Ameloot, N., Sleutel, S., Das, K.S., Kanagaratnam, J. and De Neve, S. 2015. Biochar amendment to soils with contrasting organic matter level: effects on N mineralization and biological soil properties. Glob Chang. Biol. Bioenergy. 7: 135-144.

Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J.P., Dogliotti, E., Domenico, A. D., Fernández-Cruz, M. L., Fink-Gremmels, J., Fürst, P. and Galli, C. 2008. Nitrate in vegetables Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. EFSA Journal. 689, 1-79.

Aslam, Z., Khalid, M. and Aon, M. 2014. Impact of Biochar on Soil Physical Properties. Journal of Agricultural Science. 4(5): 280-284.

Azeem, M., Hayat, R., Hussain, Q., Ahmed, M., Imran, M. and Crowley, D. 2016. Effect of biochar amendment on soil microbial biomass, abundance, and enzyme activity in the mash bean field. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 8: 1-13.

Berek, A. K., Hue, N. and Ahmad, A. 2011. Beneficial use of biochar to correct soil acidity. The Food Provider. Available at Website <http://www.ctahr.hawaii.edu/huen/nvh/biochar>.

Clough, T.J., Condon, L.M., Kammann, C. and Muller, C. 2013. A review of biochar and soil nitrogen dynamics. Agronomy Journal. 3(2): 275-293.

Ding, Y., Liu, Y.X., Wu, W.X., Shi, D.Z., Yang, M. and Zhong, Z.K. 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and Leaching in multi Layered soil columns. Water Air and Soil Pollution. 213: 47-55.

Farrell, M., Macdonald, L.M., Butler, G., Chirino-Valle, I. and Condon L.M. 2014. Biochar and fertilizer applications influence phosphorus fractionation and wheat yield. Biology and Fertility of Soils. 50: 169-178.

Geo, S., Wand, D., Dangi, S.R., Doan, Y., Pflum, T.,

۴۶/۳ و ۶۱/۶ درصد کاهش یافت. کاربرد بیوچار موجب کاهش چشمگیری در غلظت نیترات آبشویی شده در مرحله پایانی گردید. همچنین با توجه به تحقیق حاضر، با افزایش میزان کود اوره به خاک آبشویی نیترات افزایش می‌یابد و استفاده از بیوچار ذرت علوفه‌ای باعث کاهش آبشویی این کودها در خاک شد. نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش استفاده از بیوچار در خاک سبب نگهداشت بیشتر یون نیترات در خاک شد و در نتیجه تقاضای کود ازت برای رشد محصول را کاهش داد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که کاربرد بیوچار در خاک سبب جذب نیترات موردنیاز توسط میوه گردید، اما بیوچار باعث شد میزان جذب نیترات توسط میوه در حد سمیت نباشد که باعث کاهش کیفیت خوراکی و سلامت محصول می‌شود؛ زیرا غلظت زیاد نیترات در میوه در شرایط بخصوص به ترکیبات سمی نیتريت تبدیل می‌شود و بیوچار از جذب زیاد نیترات توسط میوه جلوگیری می‌کند؛ بنابراین استفاده از بیوچار به عنوان یک راهکار موثر برای کاهش اثرات منفی آبشویی نیترات، افزایش نیترات خاک و تامین نیتروژن میوه به صورت ترکیب با کود نیتروژن مصرف شود.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی و با استفاده از اعتبارات پژوهشی صندوق حمایت از مبتکران و فناوران کشور به شماره ۹۹۰۱۵۸۰۶ انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

صادقی پور مروی، م. (۱۳۸۹). بررسی کارایی استفاده از کود نیتروژن در گیاه اسفناج. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۲): ۲۴۴-۲۵۳.

رضوانی مقدم، پ.، سیدی، س.م. و آزاد، م. ۱۳۹۳. مقایسه تأثیر منابع آلی، شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳ (۳): ۲-۲۶.

کاظمی‌زاده، م.، نصری، ع.، هوشمند، ع.، گلابی، م. و مسکرباشی، م. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر بیوچار و هیدروچار (باگاس نیشکر) بر عملکرد، بهره‌وری آب و آبشویی نیتروژن در کشت ذرت. تحقیقات آب و خاک. ۵۱(۳): ۷۵۳-۷۶۱.

گیولی، ا.، موسوی، س.ع.، کامکار حقیقتی، ع.ا. ۱۳۹۵. اثر بیوچار کود گاوی و تنش رطوبتی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب اسفناج در شرایط گلخانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۲): ۲۴۵-۲۵۹.

- Discovery. 7: 156-167.
- Mukherjee, A., Lal, R. and Zimmerman, A.R. 2014. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil. *Science of the Total Environment*. 487: 26-36.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Onus, A.N. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental. Plant Research*. 12: 183-189.
- Topuz, A. and Ozdem, F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 596-602.
- Sarfaraze, R., Shakoor, A., Abdullah, M., Arooj, A., Hussain, A. and Xing, sh. 2017. Impact of integrated application of biochar and nitrogen fertilizers on maize growth and nitrogen recovery in alkaline calcareous soil. *Soil Science and Plant Nutrition*. 1747-0765.
- Stagnari, F., Bitetto, V.D. and Pisante, M. 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. *Science Horticulture*. 114: 225-233.
- Shukla, S., Hanlon, E.A., Jaber, F.H., Stoffella, P.J., Obreza, T.A and Ozores- Hampton, M. 2006. Groundwater nitrogen: behavior in flatwoods and gravel soils using organic amendment for vegetable production. *Univ. Florida Ext. Ser. Pub# CIR*, 1494.
- Singh, B.P., Hatton., B.J., Singh., B., Cowie., A.L. and Kathuria, A. 2010. Influence of biochar on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. *Journal of Environmental Quality*. 39(4):1224-1235.
- Sun, H., Lu, H., Chu, L., Shao, H. and Shi, W. 2016. Biochar applied with appropriate rates can reduce N leaching, keep N retention and not increase NH₃ volatilization in a coastal saline soil. 1- 6.
- Widowati, W.H. 2012. The effect of biochar on the growth and nitrogen fertilizer requirement of Maize (*Zea mays* L.) in greenhouse experiment. *Journal of Agricultural Science*, 4(5):256- 262.
- Zhang A.P., Liu, R.L., Gao, J., Zhang, Q.W., Xiao, J.N., Chen, Z., Yang, S.Q., Hui, J.Z. and Yang, L.Z. 2015. Effects of Biochar on Nitrogen Losses and Rice Yield in Anthropogenic Alluvial Soil Irrigated with Yellow River Water. *Journal of Agro-Environment Science*. 33: 2014.12.017.
- Gurtung, J., Qin, R. and Turini, T. 2020. Nitrogen dynamics affected by biochar and irrigation level in an onion field. *Science of the Total Environment*. 714:1-13.
- Golterman, H. L. 1991. Eutrophication of Lakes, Rivers and Coastal Seas. Part of the Water Pollution book series (HEC, volume 5 / 5A).
- Havlin, J. L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D. 2013. *Soil Fertility and Fertilizers*. 8th Ed. Pearson, USA. 1-5.
- Hord, N.G., Tang, Y. and Bryan, N.S. 2009. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *American Journal of Clinical Nutrition*. 90(1):1-10.
- Hunter, W.J., Fahring, C.J., Olsen, S.R. and Porter, L.K. 1982. Location of Nitrate Reduction in Different Soybean Cultivars. *Crop Scientific*. 22: 944-948.
- Knowles, O.A., Robinson, B.H., Contangelo, A. and Clucas, L. 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. *Science of the Total Environment*. 409: 3206-3210.
- Ippolito, J.A., Stromberger, M.E., Lentz, R.D., and Dungan, R.S. 2014. Hardwood biochar influences calcareous soil physicochemical and microbiological status. *Journal of Environmental Quality*. 43: 681-689.
- Knowles, O.A., Robinson, B.H., Contangelo, A. and Clucas, L. 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. *Science of the Total Environment*. 409: 3206-3210.
- Lehmann, J., da Silva, J.P., Jr, C., Steiner, C., Nehls, T., Zech., W. and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*. 249:343-357
- Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5(7): 381-387.
- Lehmann, J. and Joseph, S. 2015. *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*, Routledge.
- Li, Y., Tsend, N., Li, T., Liu, H., Yang, R., Gai, X., Wang, H. and Shan, S. 2020. Microwave assisted hydrothermal preparation of rice straw hydrochars for adsorption of organics and heavy metals. *Bioresource Technology*. 273: 136-143.
- Lundberg, J.O., Weitzberg, E. and Gladwin, M.T. 2008. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug*

Evaluation of Effluent Drained Nitrate Concentration in Soil Amended with Forage Maize Biochar Under Cultivatio of Bell Pepper

A. Hosseinnejad Mir¹, S. E. Hashemi Garmdareh^{2*}, A. Liaghat³, S. Karimi⁴

Received: Jul.04, 2021

Accepted: Sep.01, 2021

Abstract

Due to the limited access of water resources, population growth and hygiene, maintaining a groundwater resources with good quality is important. Agriculture and the continued use of fertilizer in cultivated lands lead to contamination of groundwater resources. In order to investigate the effect of forage maize biochar and urea fertilizer application on cultivating bell pepper, a factorial experiment in a completely randomized design with three replicates and nine treatment was conducted. The treatments consisted of three levels of forage maize biochar (zero, 2, and 5% Soil weight) and three urea fertilizer (75% 100%, and 120%). One bell pepper was transferred in 4-leaves pots containing 5 kg of soil and biochar, then in three stages and in each stage, 236, 314, and 376 mgkg⁻¹ N of urea fertilizer was added to the pot. In the different stages of cultivation, drained water nitrate including the initial, middle, final, and the soil nitrate and fruit nitrate were measured final stage of the experiment. The results indicated that the forage maize biochar increased nitrate concentration from the soil the treatment the amount of 2% in the application urea of 376 mg kg⁻¹ by 66.4%, Compared to the control. Nitrate leaching content in final stage all treatments decreased during the cultivation period and the highest decrease nitrate concentration occurred in obsevesion in 5% biochar and 236 mg kg⁻¹ urea fertilizer 72%. Biochar decreased the uptake and concentration of N in fruit treatment in 2% biochar and 236 mg kg⁻¹ urea fertilizer 44.4% as compared to the control.

Keyword: Groundwater, Nitrate leaching, Pyrolysis process, Soil nitrate concentration

1- PhD Candidate of irrigation and drainage, Department of Water engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Water engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Iran

3- Professor of faculty of agricultural engineering and technology, College of agriculture and natural resources University of Tehran, Karaj, Iran

4- Associated professor, Department of Horticulture, College of Aburaihan, University of Tehran, Iran

(*- Corresponding Author Email: sehashemi@ut.ac.ir)