

تأثیر کاربرد بیوچار و کاه و کلش گندم بر غلظت آبشویی نیتروژن

زهرا پرتوی^۱، هادی رضوانی اعتدالی^{۲*}، عباس کاویانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱

چکیده

با توجه به محدودیت دسترسی به منابع آب، افزایش جمعیت و افزایش سطح بهداشت، حفظ منابع آب زیرزمینی با کیفیت مناسب امری مهم می‌باشد. کشاورزی و کاربرد مداوم کود در اراضی تحت کشت منجر به آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌گردد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر نحوه کاربرد و مقدار کاربرد بیوچار و کاه و کلش بر آبشویی نیترات و نیتريت می‌باشد. این مطالعه در غالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و شامل تیمارها شاهد (CO)، کاه و کلش گندم با ضخامت ۵mm (SM5)، کاه و کلش گندم با ضخامت ۱۰mm (SM10)، کاه و کلش گندم با نرخ ۵ ton/ha (ST5)، کاه و کلش گندم با نرخ ۱۰ ton/ha (ST10)، بیوچار با نرخ ۲/۵ ton/ha (BT2.5) و بیوچار با نرخ ۵ ton/ha (BT5) می‌باشد. نتایج نشان داد کاربرد بیوچار و کاه و کلش تأثیر معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد بر آبشویی نیترات و نیتريت دارد. بیشترین مقدار کاهش غلظت نیترات تجمعی در تیمار BT2.5 (۲۳ درصد) رخ داده است. در حالی که در تیمار ST10 غلظت نیترات تجمعی (۶۴ درصد) افزایش یافته است. مقدار نیتريت در تمامی تیمارها در طول دوره کشت روند نزولی داشته است و بیشترین مقدار کاهش غلظت نیتريت تجمعی در تیمار BT5 (۹۴ درصد) رخ داده است. کاربرد بیوچار و کاه و کلش منجر به کاهش غلظت نیتريت تجمعی آبشویی شده می‌گردد. کاربرد بیوچار منجر به کاهش غلظت نیترات آبشویی شده گشته و کاربرد کاه و کلش به صورت لایه مؤثرتر از کاربرد آن به صورت ترکیبی با خاک (تن در هکتار) می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آلودگی، نیترات، نیتريت

مقدمه

مورد نیاز گیاه باید در خاک یا محیط کشت وجود داشته باشد. این عناصر به عناصر ماکرو و میکرو تقسیم‌بندی می‌شوند. مواد مغذی ماکرو مورد نیاز گیاه شامل، نیتروژن (N) برای شاخ و برگ سالم، فسفر (P) برای رشد گل و پناسیم (K) برای رشد ریشه می‌باشد. به منظور تولید محصول بیشتر، کودها برای تامین مواد مغذی که کمبود آن‌ها در خاک وجود دارد استفاده می‌شوند. نیتروژن پرمصرف‌ترین نوع کود در مزارع به شمار می‌رود. در واقع نیتروژن (N) موتور و محرک رشد گیاه است. این عنصر ۱ تا ۴ درصد از ماده خشک گیاهی را شامل شده و به دو صورت نیترات (NO_3^-) یا آمونیم (NH_4^+) در خاک جذب می‌شود و در گیاه با ترکیبات حاصل از سوخت و ساز کربوهیدرات ترکیب شده و آمینواسیدها و پروتئین‌ها را ایجاد می‌کند. در واقع نیتروژن به عنوان "موتور رشد گیاه" بوده و کارایی آن خیلی زود پس از استفاده مشاهده می‌گردد. نیتروژن نقش مهمی در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی ایفا می‌کند و موجب توسعه برگ‌ها، ساقه و بخش‌های رویشی گیاه می‌شود. از طرفی موجب رشد زودرس، بهبود کیفیت میوه، افزایش رشد برگ سبزیجات، افزایش پروتئین در گیاهان علوفه‌ای می‌گردد. نیتروژن برای گیاهان از منابع مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن صنعتی، تثبیت نیتروژن اتمسفر، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و منابع آلی تامین می‌شود. این عنصر به واسطه افزایش

آب به عنوان منبع حیاتی محدود با کمبود شدیدی در جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مواجه است (میرزاشاهی و همکاران، ۱۳۹۴). بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به ۹/۳ میلیارد نفر خواهد رسید (2017، Bruinsma). سه نیاز اصلی بشر آب، غذا و امنیت می‌باشد. با توجه به اینکه بیش از ۸۰ درصد آب شیرین در دنیا و بیش از ۸۸ درصد از آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (حقیقتی، ۱۳۹۲)؛ محدودیت منابع آب با کیفیت مناسب در بخش کشاورزی تامین امنیت غذایی را با مشکل مواجه می‌سازد. لذا افزایش عملکرد و بهره‌وری در بخش کشاورزی اهمیت ویژه‌ای دارد. گیاهان برای رشد به نور، آب، هوا، مواد غذایی و دمای مناسب نیاز دارند. اگرچه کربن، اکسیژن و هیدروژن از هوا به دست می‌آیند، اما بیشتر مواد مغذی

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

(ره)، قزوین

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

(*- نویسنده مسئول: (Email: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)

بهبود شرایط بیولوژیکی خاک، کنترل پاتوژن‌های خاک، تثبیت نیتروژن اضافی، بهبود مشخصات فیزیکی و شیمیایی، کاهش آبشویی نیتروژن (NO_3^-) و اکسید نیتروژن (N_2O) برای تصفیه خاک‌های آلوده موثر است (Lone et al., 2015). برای بررسی تأثیر بیوچار بر آبشویی نیتروژن، لی و همکاران نشان دادند که مخلوط بیوچار با نرخ ۲٪ با خاک زیرسطحی به طور موثری آبشویی N را کاهش داده و هدایت هیدرولیکی خاک رسی سیلتی را افزایش داده است (Li et al., 2018). دینگ و همکاران به این نتیجه دست یافتند که کاربرد بیوچار به طور کلی تلفات تجمعی ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) را از طریق آبشویی عمق ۲۰ سانتی‌متری از خاک را ۱۵/۲٪ کاهش می‌دهد (Ding et al., 2010). هفشجانی و همکاران اثر بقایای نیشکر بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک در قالب یک طرح کاملاً تصادفی را بررسی کردند. برای این منظور از بین بیوچارهای تهیه شده در دماهای ۶۰۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، بیوچار ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل داشتن بالاترین شاخص بهره‌وری مواد آلی پایدار (۷/۲٪) به عنوان بیوچار بهینه انتخاب گردید. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار حاصل از بقایای نیشکر در تمامی سطوح طی دوره هشت ماهه آزمایش باعث افزایش معنی‌دار کربن آلی، ازت کل، فسفر قابل جذب، ظرفیت تبادل آنیونی، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و کاهش معنی‌دار اسیدیته خاک شده است (Hafshejani et al., 2015).

استفاده از نی گیاه برای سوخت و علوفه از دهه ۱۹۸۰ به طرز چشمگیری کاهش یافته و کاه محصول پس از برداشت به طور فزاینده‌ای سوزانده می‌شود، در نتیجه منجر به تلفات زیاد مواد آلی خاک، کاهش پایداری آب در کل خاک و افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود که در محیط تأثیر می‌گذارد (کسرافیان، ۱۳۹۲). کاربرد بقایای گیاهی همراه با کود در خاک منجر به افزایش مواد مغذی در گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌گردد. مالچ کاه می‌تواند خاک سطحی زیر کشت را از اثر مستقیم باران حفظ کند. نتایج آزمایشات انجام شده بر روی خاک‌های سبک از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۷ حاکی از آن بود که بازگرداندن بقایای کاه و کلش به خاک در Gleadthorpe حدوداً ۶۳۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در Morley حدوداً ۴۲۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تیماری که از سال ۱۹۸۴ سالیانه ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود دریافت می‌کند، بازگردانده است. علاوه بر این مناطقی که بقایای کاه و کلش وجود داشت، تلفات آبشویی نیترات تقریباً ۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش یافته است (Silgram & Chambers, 2002).

ذرت سومین محصول زراعی مورد کشت بعد از گندم و برنج و دومین محصول غله‌ای مهم محسوب می‌شود. مصرف و تجارت ذرت بیشتر به عنوان محصولی برای تغذیه دام است و سهم مهمی در سبد غذایی انسان دارد. حدود ۶۵ درصد از ذرت تولیدی در جهان به منظور

عملکرد محصول نقش اساسی در کشاورزی ایفا می‌کند و نه تنها عملکرد بلکه کیفیت محصول را نیز بهبود می‌بخشد. به صورت بهینه، میزان نیتروژن باعث افزایش فتوسنتز، سطح برگ، طول برگ و نیز میزان جذب خالص می‌شود. در واقع حداکثر شدن سطح برگ (LA) منجر به بیشتر شدن عملکرد محصول می‌گردد (Leghari et al., 2016). اما اگر کود نیتروژن بیش از اندازه در اراضی تحت کشت مصرف شود موجب آلودگی محیط زیست و تجمع نیتروژن در بخش خوراکی گیاه به ویژه برگ آن می‌گردد؛ مصرف این محصولات می‌تواند به سلامتی انسان آسیب وارد کند و خطر ابتلا به بیماری متهم‌گلوبینی، فلونوروزیس دندان‌ها و سرطانزایی را افزایش دهد (نامیفر، ۱۳۹۸).

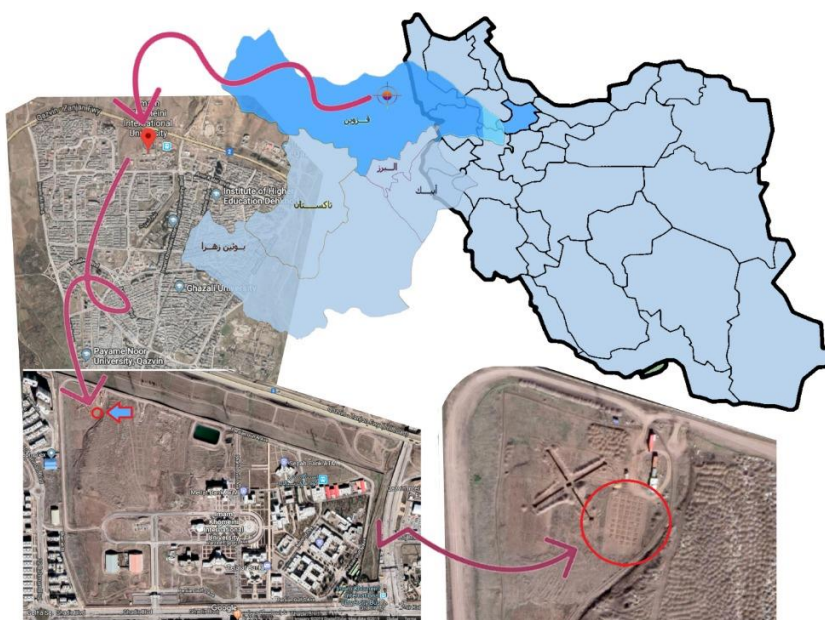
زمانی که مقدار آب خاک بیشتر از ظرفیت زراعی و مقدار آب ورودی به خاک از طریق بارش و آبیاری بیشتر از تبخیر-تعرق باشد؛ انتقال آب اضافی به زیر منطقه ریشه یا آبشویی رخ می‌دهد. آبشویی در زمین با حرکت رو به پایین مواد مغذی حل شده در پروفیل خاک همراه است. در میان آنیون‌هایی که آبشویی می‌شوند، نیترات به راحتی آبشویی می‌گردد (Lehmann & Schroth, 2009). بررسی‌ها در اروپا نشان دهنده رابطه شدید بین نیتروژن موجود در کودهای به کار رفته و محتوی نیترات آب زیرزمینی است (Pékny et al., 1989). از طرفی اندازه‌گیری نیتروژن نیتراتی و نیتروژن آبشویی شده نشان‌دهنده کاهش غلظت نیتروژن در سطح خاک و افزایش آن در عمق با گذشت زمان می‌باشد؛ که این امر به دلیل آبشویی نیتروژن موجود در خاک و حرکت آن به اعماق پایین‌تر خاک است (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۰). از مضرات دیگر آبشویی، امکان تبدیل نیترات به نیتريت در عمق خاک است که نیتريت تولیدی به عنوان یک ماده سمی، جمعیت میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار داده و از نظر بیولوژیکی خاک را دچار مشکل می‌نماید (شایسته‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). در واقع آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط سیستم‌های زراعی تابعی از عوامل آلوده‌کننده از قبیل مقدار، نرخ، زمان و روش استفاده از نیتروژن، آبیاری و مشخصه‌های مدیریت کشاورزی است (Burkartaus & Stoner, 2008). با توجه به مشکلات مطرح شده ناشی از آبشویی نیتروژن استفاده از روش‌های مختلف به منظور کاهش آبشویی نیتروژن اهمیت به‌سزایی دارد. از جمله روش‌های کاهش آبشویی نیتروژن می‌توان روش‌های بهبود مدیریت نیتروژن، ایجاد زهکش کنترل شده، روش‌های کاهش شدت زهکشی، ایجاد بیوراکتور، کاربرد کاه و کلش، بیوچار و غیره را نام برد.

بیوچار (Biochar) یک ترکیب آلی بسیار پایدار است که از سوزاندن بقایای آلی از جمله پسماند‌های زراعی، جنگلی و شهری تحت شرایط حداقل اکسیژن یا بدون اکسیژن در دماهای بالا (معمولاً ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) در یک محیط بسته تولید می‌شود (فتیحی و حسینی، ۱۳۹۴). استفاده از بیوچار بر فرآیندهایی از قبیل:

مواد و روش‌ها

استان قزوین در بخش مرکزی ایران در مجاورت رشته کوه البرز قرار دارد (شکل ۱). حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۱۳/۴- و ۴۴ درجه سانتی‌گراد بوده و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. منابع تامین آب کشاورزی در این استان چاه‌ها، قنات‌ها و شبکه آبیاری واقع در دشت است. کشت قالب در منطقه گندم، جو و کلزا در قالب کشت زمستانه و انواع صیفی‌جات، ذرت و انگور در قالب کشت تابستانه می‌باشد. پژوهش در تابستان ۱۳۹۸ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(۵)، قزوین، واقع در عرض جغرافیایی ۳۲° ۱۹' ۳۶" شمالی و طول جغرافیایی ۵۰° ۰' ۱" شرقی و ارتفاع ۱۳۸۲ متر از سطح دریا اجرا گردید (شکل ۱).

تأمین غذای دام، ۱۵ درصد مصرف غذایی و مابقی برای مصارف مختلف صنعتی به کار می‌رود (چوکان، ۱۳۹۱). ۰/۲ درصد از ذرت دانه‌ای برداشت شده و ۱۰ درصد از ذرت علوفه‌ای در کشور در استان قزوین تولید می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). از آنجا که بیشتر سیستم‌های آبیاری موجود در سطح استان آبیاری سطحی بوده و متوسط راندمان سیستم‌های آبیاری سطحی در ایران به طور متوسط ۵۳/۶ درصد می‌باشد، مقدار زیادی از کود اعمال شده در اراضی توسط آبشویی از منطقه توسعه ریشه گیاه خارج می‌شود (Abbasi et al., 2017). این امر آلودگی منابع آب زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت. به همین منظور؛ هدف از این مطالعه بررسی تأثیر نوع کاربرد و مقدار مصرف بیوجار و کاه و کلش گندم بر آبشویی نیتروژن در اراضی تحت کشت ذرت می‌باشد.



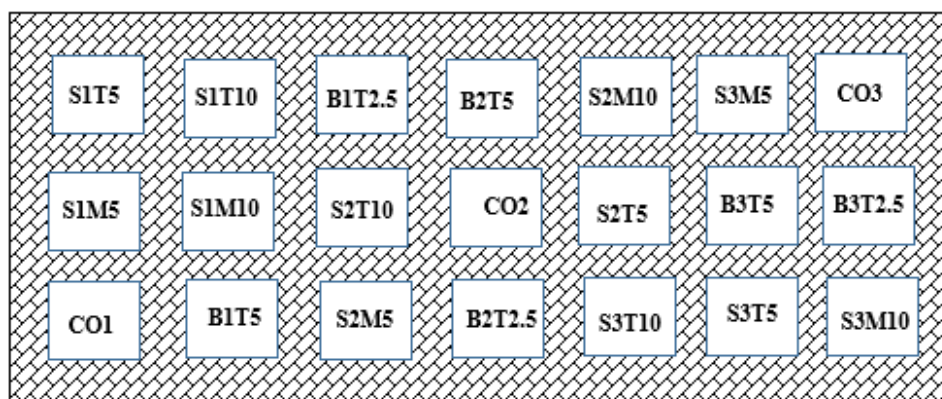
شکل ۱- موقعیت مکانی استان قزوین و محل انجام پژوهش

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از کشت

۳۰-۰ سانتی‌متری	۶۰-۳۰ سانتی‌متری	
۰/۳۳	۰/۳۳	هدایت الکتریکی خاک (dS/m) EC
۷/۴۶	۷/۴	واکنش گل اشباع pH
۰/۰۹	۰/۰۶	کربن آلی % C.O
۰/۱	۰/۰۶	درصد ازت کل IN tota
لوم شنی	لوم شنی	بافت
۲۲	۲۳	درصد رطوبت وزنی در حد FC
۱۳/۵	۱۴	درصد رطوبت وزنی در حد PWP
۱/۳۳	۱/۳۳	وزن ظاهری خاک (gr/cm ³)

ظرفها ریخته شد. در محل اتصال لوله موئین به ظرف یک لایه ژئوتکستایل به منظور افزایش اطمینان برای جلوگیری از رسوب ذرات در لوله موئین تعبیه شد.

در این پژوهش از طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شده است؛ تیمارها شامل: شاهد (CO)، کاه و کلش گندم با ضخامت ۵mm (SM5)، کاه و کلش گندم با ضخامت ۱۰mm (SM10)، کاه و کلش گندم با نرخ ۵ ton/ha (ST5)، کاه و کلش گندم با نرخ ۱۰ ton/ha (ST10)، بیوچار با نرخ ۲/۵ ton/ha (BT2.5) و بیوچار با نرخ ۵ ton/ha (BT5) می‌باشند. توزیع تیمارها کاملاً تصادفی بود (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت مکانی هر تیمار

$$y = 22.763e^{-0.014x} \quad (1)$$

که y : مقدار رطوبت وزنی خاک (%) و x : عدد نمایش داده شده در دستگاه است. پس از تعیین مقدار رطوبت وزنی در عمق مورد نظر با استفاده از رابطه (۲) عمق آب آبیاری تعیین گردید.

$$(\theta_{fc} - \theta_w) \times 10 \times \rho \times A = V \quad (2)$$

که θ_{fc} : رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی در این پژوهش برابر با ۲۳ می‌باشد، θ_w : رطوبت وزنی در عمق مورد نظر، ρ : وزن مخصوص ظاهری خاک که در اینجا $1/33 \text{ gr/cm}^3$ است، A : مساحت سطح تحت آبیاری که در هر کرت 9 m^2 است و V : حجم آب آبیاری بر حسب لیتر است. با تعیین مقدار آب خارج شده از منبع در زمان مشخص، مدت زمان مورد نیاز به منظور آبیاری گیاه در مرحله مدنظر تعیین گردید.

از آنجا که زارعین منطقه در طول دوره کشت ذرت 450 kg/ha کود اوهر را در دو یا سه بازه زمانی به کار می‌برند، در این پژوهش نیز این مقدار کود در دو بازه زمانی ابتدای کشت و پیش از گل دادن اعمال شده است (جدول ۲).

منبع آب موجود در این مزرعه آب چاه با هدایت الکتریکی dS/m $0/47$ و pH خنثی است. آنالیز شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای اعمال تیمارها کرت‌هایی به ابعاد $3 \times 3 \text{ m}$ با فاصله 50 cm از یکدیگر احداث و سپس هر کرت به عمق 40 cm خاکبرداری شد. بمنظور جمع‌آوری آب خاک ظرف‌های مستطیلی به ابعاد $25 \times 31 \times 81$ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفته است. هر یک از ظرف‌ها به یک لوله موئین متصل شد و برای جلوگیری از ورود رسوب ذرات خاک در لوله موئین یک لایه فیلتر شن (که شامل لایه زیرین: شن باقی مانده بر روی الک شماره ۸، لایه میانی: شن باقی مانده بر روی الک شماره ۱۶ و لایه ابتدایی: شن باقی مانده بر روی الک شماره ۳۰) بر روی

بیوچار یک ماده کربنی پایدار تولید شده از تجزیه حرارتی زیست توده برای اصلاح خاک است. بیوچار مورد استفاده در این طرح حاصل از تجزیه شیمیایی چوب درخت گردو در دمای $1050-900$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقدار رطوبت ماده مورد نظر 6% و pH آن برابر با $8/5$ است. قطر ذرات بیوچار موجود نیز $3-1 \text{ mm}$ است.

برای شبیه‌سازی شرایط واقعی حاکم در مزارع موجود در دشت قزوین و با توجه به زمان کشت (۱ تیرماه) محصول ذرت برای کشت انتخاب شد. به همین منظور پس از اعمال تیمارها پشته‌هایی به فاصله 60 cm در هر کرت ایجاد گردید (هر کرت ۶ پشته). بذر ذرت BC675 با دوره کشت ۱۱۰ روز به فاصله 15 cm کشت شد.

دور آبیاری ۵ روز در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که هر ۵ روز توسط دستگاه Profile Probe مدل PR2 مقدار رطوبت در عمق‌های مختلف توسط دستگاه ثبت شد سپس با توجه به اینکه حداکثر ارتفاع ریشه گیاه ذرت در منطقه 60 cm بوده است عمق رطوبت مورد نظر تعیین گردید. با استفاده از رابطه (۱) عدد ثبت شده توسط دستگاه به رطوبت وزنی تبدیل شد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول ۲- زمان کوددهی و نمونه‌گیری

دور آبیاری	تاریخ کوددهی	مقدار کود داده شده	تاریخ نمونه‌گیری
۵ روز	روز کشت	۲۰۰ kg/ha	۱۹ روز پس از کشت
	۵۱ روز پس از کشت	۲۵۰ kg/ha	۵۷ روز پس از کشت
			۶۵ روز پس از کشت
			۷۱ روز پس از کشت

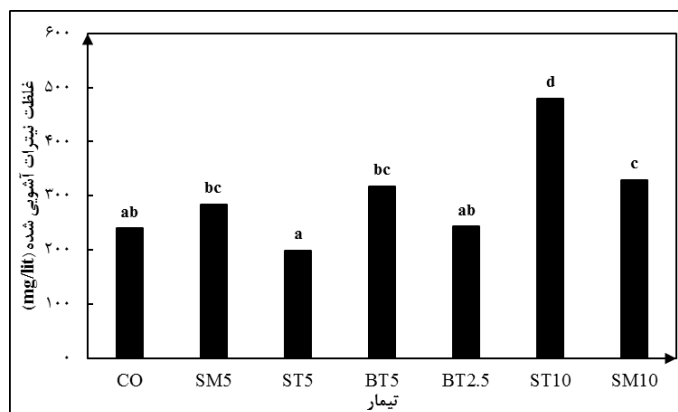
۱۳۹۳). با توجه به شکل ۳ می‌توان دریافت بین میانگین نیترات آبشویی شده در این مرحله در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در حالی که میانگین نیتريت آبشویی شده در تیمارهای BT5 و ST10 نسبت به سایر تیمارهای موجود اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۴). بیشترین مقدار غلظت نیترات آبشویی شده در حالت ST10 بوده که نسبت به حالت شاهد حدوداً ۱۰۰ درصد افزایش غلظت نیترات آبشویی شده رخ داده است. کمترین مقدار غلظت نیترات آبشویی شده نیز در حالت ST5 برابر با ۱۷،۱۹۸/۵۹ درصد نسبت به حالت شاهد کاهش یافته است. غلظت نیتريت آبشویی شده در تیمارهای SM5 و ST5 به ترتیب ۸ و ۲۴ درصد کاهش یافته است و در سایر تیمارها غلظت نیتريت آبشویی شده روند صعودی داشته است.

استخراج نمونه‌ها از عمق ۵۰cm در داخل کرت‌ها توسط یک پمپ خلاء انجام شد. نمونه‌های حاصل شده در هر مرحله در یک محیط سرد نگهداری و به آزمایشگاه کیفیت آب به منظور اندازه‌گیری غلظت نیترات و نیتريت موجود منتقل شده است. پس از دریافت نتایج آزمایشگاهی و به منظور آنالیزی آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS.16 استفاده شده است. پس از نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از آزمون مقایسه واریانس بین چندگروه (ANOVA) تأثیر اعمال تیمارها بر غلظت آبشویی نیتروژن بررسی گردید.

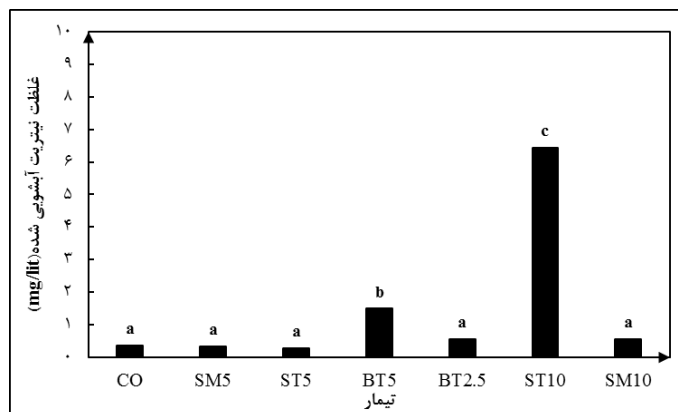
نتایج و بحث

نمونه‌گیری اول (۱۹ روز پس از کاشت)

در مراحل ابتدایی رشد ذرت، نیاز به نیتروژن کم است (دهقانپور،



شکل ۳- غلظت نیترات آبشویی شده ۱۹ روز پس از کشت

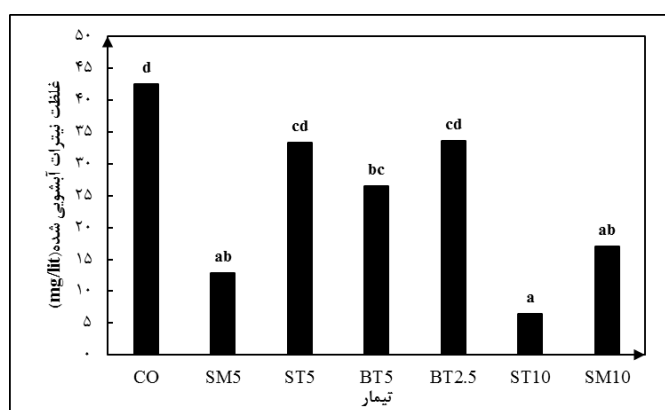


شکل ۴- غلظت نیتريت آبشویی شده ۱۹ روز پس از کشت

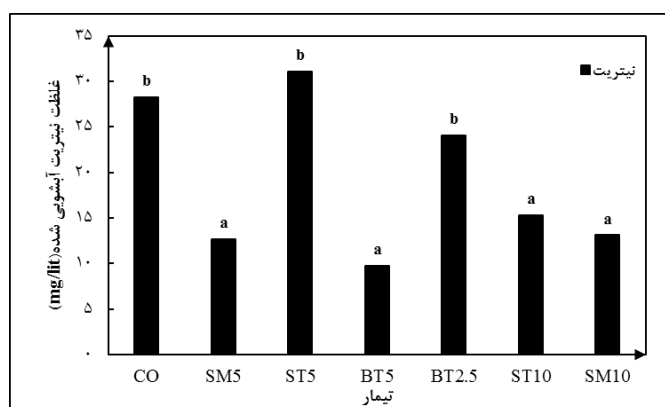
نمونه‌گیری دوم (۵۲ روز پس از کاشت)

۵۲ روز پس از کشت، پیش از ظهور گل‌های نر و ماده دومین مرحله کوددهی اعمال شده است. در زمان ظهور گل‌های نر و ماده، غلظت نیترات آبشویی شده به شدت کاهش می‌یابد (دهقانپور، ۱۳۹۳). ۵۷ روز پس از کشت دومین مرحله نمونه‌گیری انجام شده است. در این مرحله نیز میانگین نیترات آبشویی شده از هر تیمار در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشته (شکل ۵) و میانگین نیتريت آبشویی شده تنها در تیمارهای BT2.5 و CO نسبت به سایر تیمارها در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۶). حداقل مقدار غلظت نیترات آبشویی شده در این مرحله نسبت به کل دوره

رشد در این مرحله تنها در تیمارهای SM5، ST5، ST10 و SM10 مشاهده می‌گردد. غلظت نیترات آبشویی شده در این مرحله نسبت به مرحله پیشین به شدت کاهش یافته است. حداکثر میزان کاهش غلظت نیترات آبشویی شده در تیمار ST10 بوده و در این حالت غلظت نسبت به حالت شاهد ۸۵ درصد کاهش یافته است. غلظت نیتريت آبشویی شده در تمامی تیمارها نسبت به حالت قبل افزایش یافته است. حداکثر غلظت نیتريت آبشویی شده در تیمار ST5 که نسبت به حالت شاهد آبشویی نیتريت ۱۰ درصد افزایش یافته، رخ داده است. حداقل مقدار آبشویی نیز در تیمار BT5 با ۶۶ درصد کاهش همراه می‌باشد.



شکل ۵- غلظت نیترات آبشویی شده ۵۷ روز پس از کاشت



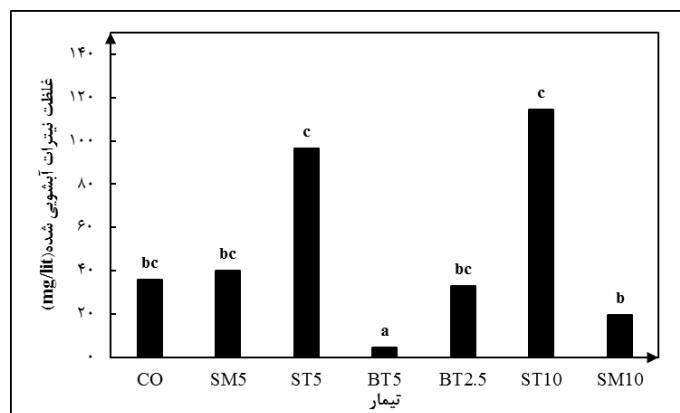
شکل ۶- غلظت نیتريت آبشویی شده ۵۷ روز پس از کاشت

نمونه‌گیری سوم (۶۵ روز پس از کاشت)

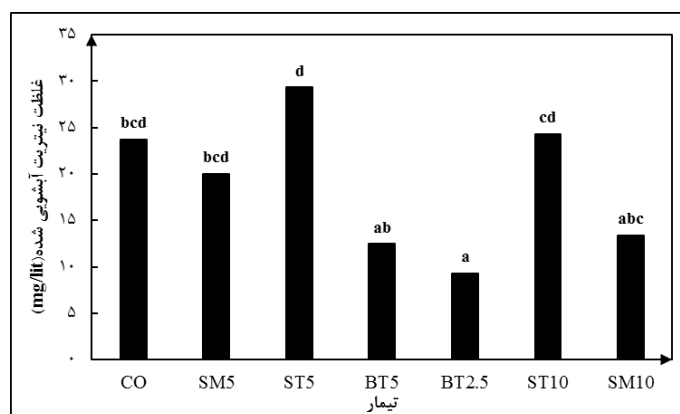
پس از مرحله گلدهی جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت کاهش می‌یابد (دهقانپور، ۱۳۹۳)، لذا انتظار می‌رود مقدار نیتروژن آبشویی شده در این مرحله در تمامی تیمارها روند صعودی داشته باشد. در این مرحله نیز با اعمال تیمارها اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها در نیترات و نیتريت آبشویی شده در سطح ۹۵ درصد مشاهده گردید (شکل‌های ۷ و ۸). اما در ۶۵ روز پس از کشت در تیمارهای CO،

BT5 و BT2.5 غلظت نیترات آبشویی شده نسبت به مرحله قبل کاهش یافته است (شکل ۷). در مجموع حداکثر کاهش در تیمار BT5 نسبت به حالت شاهد برابر با ۸۷ درصد است. در تیمارهای ST5، ST10 غلظت نیترات آبشویی شده به ترتیب ۱۷۰، ۲۱۹ درصد نسبت به حالت شاهد افزایش یافت. غلظت نیتريت آبشویی شده تنها در تیمارهای CO، ST5 و BT2.5 نسبت به سایر تیمارها کاهش یافته است. حداقل غلظت نیتريت آبشویی شده نسبت به تیمار شاهد

در تیمار BT2.5 با ۶۱ درصد است (شکل ۸). غلظت نیتريت آبشویی شده در تیمار ST5، ۲۴ درصد نسبت به حالت شاهد افزایش یافته است.



شکل ۷- غلظت نیتريت آبشویی شده ۶۵ روز پس از کشت



شکل ۸- غلظت نیتريت آبشویی شده ۶۵ روز پس از کشت

نیتريت و نیتريت تجمعی در کل دوره رشد

با توجه به شکل ۱۱ می‌توان دریافت که میانگین نیتريت تجمعی آبشویی شده در کل دوره رشد ذرت در تیمار ST10 نسبت به سایر حالت‌ها در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشته است. با توجه به افزایش غلظت آبشویی نیتريت تجمعی می‌توان دریافت کاربرد افزایش نرخ کاربرد کاه و کلش باعث افزایش سرعت نفوذ و در نتیجه افزایش آبشویی نیتريت شده است. غلامی و همکاران تأثیر کاربرد کاه و کلش در خاک لوم شنی را بر روی نفوذ بررسی کردند و دریافتند موجب افزایش نفوذ شده است (Gholami et al., 2014). همچنین بررسی‌های انجام شده توسط وانگ و همکاران نشانگر تأثیر مثبت کاربرد پوشش پوشال گندم بر افزایش نفوذ بوده است (Wang et al., 2017). میانگین غلظت نیتريت تجمعی آبشویی شده در کل دوره رشد ذرت در تیمارهای CO، ST5، BT5 و ST10 در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری بودند، در حالی‌که تیمارهای SM5 و BT2.5 نسبت به هم اختلاف معنی‌داری ندارند (شکل ۱۲). وانگ و

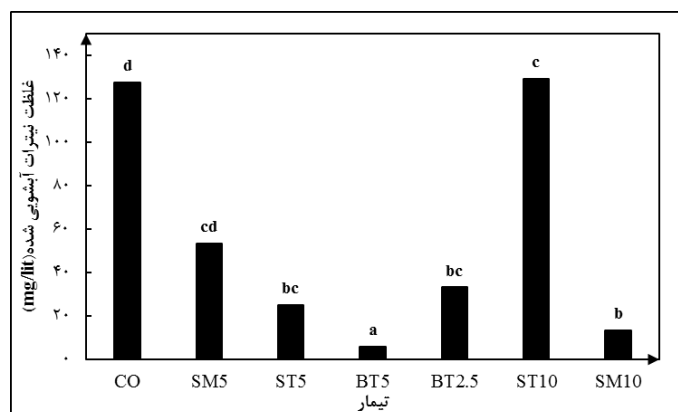
نمونه‌گیری چهارم (۷۱ روز پس از کاشت)

اختلاف بین میانگین غلظت نیتريت و نیتريت آبشویی شده در این مرحله نیز در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است (شکل‌های ۹ و ۱۰). در آخرین مرحله نمونه‌گیری (۷۱ روز پس از کاشت) در تیمارهای SM10، ST5 نسبت به مرحله قبل غلظت نیتريت آبشویی شده به ترتیب ۷۴ و ۳۳ درصد کاهش یافته است اما در سایر تیمارها روند صعودی داشته است. در تیمارهای ST5، BT5، BT2.5 و SM10 نسبت به حالت شاهد به ترتیب ۸۰، ۹۶، ۷۴ و ۹۰ درصد غلظت نیتريت آبشویی شده کاهش یافته است و تنها در تیمار ST10، ۱ درصد غلظت نیتريت آبشویی شده نسبت به حالت شاهد افزایش یافته است (شکل ۹). غلظت نیتريت آبشویی شده تنها در تیمارهای CO و SM10 نسبت به حالت قبل افزایش یافته و در سایر تیمارها روند نزولی بوده است. در این مرحله غلظت نیتريت آبشویی شده در تیمار BT5 نسبت به حالت شاهد ۹۸ درصد کاهش یافته است (شکل ۱۰).

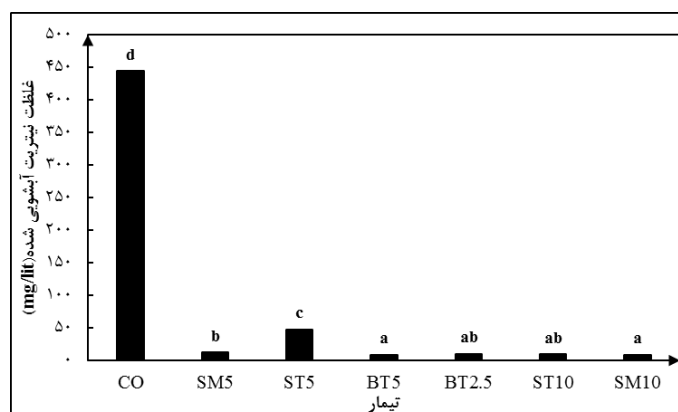
شده داشته است. بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران بیانگر این نکته می‌باشد که بیوچار به طور بالقوه به منظور حفظ نیتروژن در خاک به کار می‌رود (Ding et al., 2010). همچنین افزودن بیوچار به خاک به عنوان یک گزینه مدیریتی مناسب محسوب شده و منجر به کاهش آیشویی مواد مغذی در اراضی تحت کشاورزی می‌گردد (Laird et al., 2010).

همکاران اثر کاربرد کاه و کلش در اعماق مختلف را بررسی کردند و دریافتند که کاهش تلفات نیترات خاک در عمق ۳۰ cm معنی‌دار بوده و در لایه‌های عمیق‌تر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Yang et al., 2018).

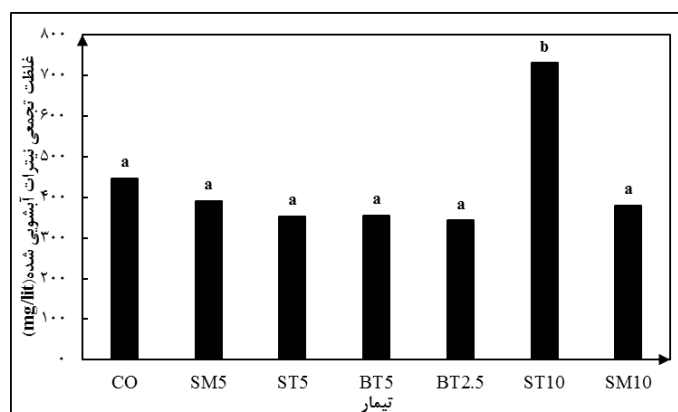
با توجه به شکل ۱۰ می‌توان دریافت در تیمارهای BT5 و BT2.5 به ترتیب ۲۱ و ۲۳ غلظت نیترات تجمعی کاهش یافته است. کاهش نرخ کاربرد بیوچار تأثیر مثبتی بر کاهش غلظت نیترات تجمعی



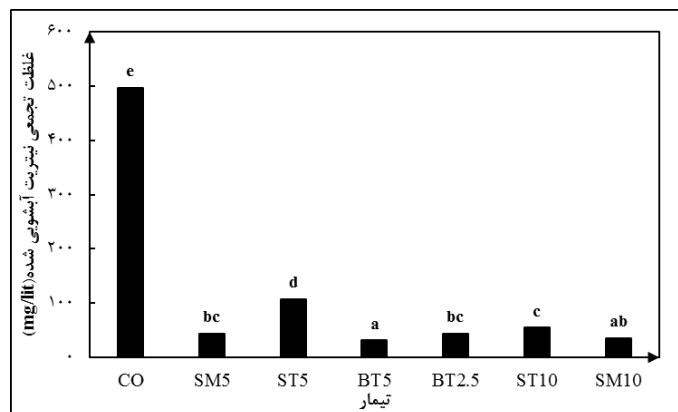
شکل ۹- غلظت نیترات آیشویی شده ۷۱ روز پس از کشت



شکل ۱۰- غلظت نیتريت آيشویی شده ۷۱ روز پس از کشت



شکل ۱۱- غلظت تجمعی نیترات آیشویی شده در کل دوره رشد ذرت



شکل ۱۲- غلظت تجمع‌ی نیتروژن آبشویی شده در کل دوره رشد ذرت

این ماده نیازمند صرف هزینه زیادی می‌باشد؛ کاربرد کاه و کلش با نرخ ۵ تن در هکتار به منظور کاهش نیترات آبشویی شده و کاربرد کاه و کلش با ضخامت ۱۰ میلی‌متر توصیه می‌گردد. لازم به ذکر است که تعیین نرخ مناسب به منظور ایجاد حداکثر کاهش در غلظت نیترات آبشویی شده نیازمند بررسی‌های بیشتری در آینده می‌باشد.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۶. وزارت جهاد کشاورزی.

چوکان، ر. ۱۳۹۱. ذرت و ویژگی‌های آن. نشر آموزش کشاورزی.

حقیقتی، ب. ۱۳۹۴. گزارش طرح ترویجی بهبود مدیریت و مصرف بهینه آب در فرآیند تولید محصولات کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.

دهقانپور، ز. ۱۳۹۳. دستورالعمل کاشت، داشت و برداشت ذرت. وزارت جهاد کشاورزی.

شایسته زاده، م.، چرم، م. و معزی، ع. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر کاربردهای مختلف نیتروژن بر عملکرد گندم و آبشویی نیترات.

فتحی گردلیدانی، ا. و میرسید حسینی، ح. ۱۳۹۴. جنبه‌های مختلف اثرات بیوچار در اصلاح و بهبود کیفیت خاک. همایش بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی.

کسرانیان، ع. ۱۳۹۲. کودها و استفاده از آن‌ها. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز.

مهرابی، ف. و نوشادی، م. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی انتقال نیتروژن و فسفر با استفاده از مدل‌های LEACHN, PRZM_3.

میرزاشاهی، ک.، بازرگان، ک. و بغوری، ا. ۱۳۹۴. فاضلاب و کاربرد آن

در حالت ST5 غلظت نیترات تجمع‌ی آبشویی شده ۲۰/۷۱ درصد کاهش یافته و در حالت ST10 غلظت نیترات تجمع‌ی آبشویی شده ۶۳/۶۹ درصد افزایش یافته است، بنابراین با افزایش نرخ کاربرد کاه و کلش غلظت تجمع‌ی نیترات آبشویی شده افزایش یافته است. در حالت SM10 و SM5 غلظت نیتروژن آبشویی شده به ترتیب ۱۲ و ۱۵ درصد کاهش یافته است. قرار دادن کاه و کلش و بیوچار منجر به کاهش چشمگیری شده است. حداکثر میزان کاهش غلظت نیتروژن تجمع‌ی در تیمار BT5 و SM10 به ترتیب برابر با ۹۴ و ۹۳ درصد بوده است. کاربرد کاه و کلش به صورت لایه‌ای مؤثرتر از کاربرد آن به صورت تن در هکتار می‌باشد. در تمامی تیمارها با افزایش مقدار کاربرد کاه و کلش و بیوچار غلظت تجمع‌ی نیتروژن آبشویی شده نسبت به حالت شاهد کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

ایران کشوری خشک و نیمه خشک می‌باشد. با توجه به اهمیت توسعه پایدار در کشور تامین آب و غذای سالم امری ضروری می‌باشد. اغلب کشاورزان به منظور افزایش عملکرد محصول کشت شده از کودهای کشاورزی بی‌رویه استفاده می‌کنند. با اعمال کود نیتروژن در اراضی و آبیاری اراضی، آبشویی نیتروژن صورت گرفته و با گذشت زمان منابع آب زیرزمینی آلوده خواهند شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد بیوچار و کاه و کلش منجر به کاهش آبشویی نیترات می‌گردد. بیشترین مقدار کاهش نسبت به حالت شاهد در تیمار BT5 و BT2.5 به ترتیب ۲۳ و ۲۱ درصد رخ می‌دهد. کاربرد ۵ تن کاه و کلش در هکتار نیز موجب کاهش ۲۰ درصدی شده است، در حالی که در تیمار ST10 افزایش غلظت نیترات آبشویی شده رخ داده است. کاربرد کاه و کلش و بیوچار موجب کاهش چشمگیری در غلظت نیتروژن تجمع‌ی آبشویی شده می‌گردد و با افزایش مقدار کاربرد کاه و کلش و بیوچار غلظت نیتروژن آبشویی شده کاهش یافته است. با توجه به اینکه دسترسی زارعین به بیوچار محدود بوده و تهیه

- در کشاورزی. موسسه تحقیقات آب و خاک.
- میرزایی، ل. نظری، ب. و ستوده‌نیا، ع. ۱۳۹۷. مطالعه الگوی توزیع نمک در آبیاری قطره ای نواری سطحی و نیمه زیرسطحی. نامی فردی، ز. ۱۳۸۹. بیماری‌های منتقله توسط آب. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان همدان، بیمارستان فاطمیه.
- Abbasi, F., Sohrab, F., & Abbasi, N. 2017. Evaluation of Irrigation Efficiencies in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 17, 113–128. <https://doi.org/10.22092/ARIDSE.2017.109617>
- Bruinsma, J. 2017. World agriculture: Towards 2015/2030: An FAO Study. *World Agriculture: Towards 2015/2030: An FAO Study*, 1–431. <https://doi.org/10.4324/9781315083858>.
- Burkartaus, M.R.D., & Stoner, J.D. 2008. Chapter 7 . Nitrogen in Groundwater Associated with Agricultural Systems.
- Ding, Y., Liu, Y.X., Wu, W.X., Shi, D.Z., Yang, M., & Zhong, Z.K. 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. *Water, Air, and Soil Pollution*, 213(1–4), 47–55. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0366-4>
- Gholami, L., Banasik, K., Sadeghi, S.H., Khaledi Darvishan, A., & Hejduk, L. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. *Journal of Water and Land Development*, 22(1), 51–60. <https://doi.org/10.2478/jwld-2014-0022>
- Hafshejani, L.D., Naseri, A.A., Hooshmand, A., Abassi, F., Mohammadi, A.S., & Engineering, D. 2015. Effect of Sugarcane Bagasse Biochar Application on Chemical Properties a Sandy Loam Soil. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering (JISE)*.
- Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., & Karlen, D. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3–4), 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.05.012>
- Leghari, S.J., Wahocho, N.A., Laghari, G.M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., Hussain Talpur, K., Bhutto, T.A., Wahocho, S.A., & Lashari, A.A. 2016. Role of Nitrogen for Plant Growth and Development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 209–2016.
- Lehmann, J., & Schroth, G. 2009. Nutrient leaching. In *Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods* (pp. 151–166). <https://doi.org/10.1079/9780851995939.0151>
- Li, S., Zhang, Y., Yan, W., & Shangguan, Z. 2018. Effect of biochar application method on nitrogen leaching and hydraulic conductivity in a silty clay soil. *Soil and Tillage Research*, 183(May), 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.06.006>
- Lone, A.H., Najar, G.R., Ganie, M.A., Sofi, J.A., & Ali, T. 2015. Biochar for Sustainable Soil Health: A Review of Prospects and Concerns. *Pedosphere*, 25(5), 639–653. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)30045-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)30045-X)
- Pékný, V., Skořepa, J., & Vrba, J. 1989. Impact of nitrogen fertilizers on groundwater quality-some examples from Czechoslovakia. *Journal of Contaminant Hydrology*, 4(1), 51–67. [https://doi.org/10.1016/0169-7722\(89\)90025-9](https://doi.org/10.1016/0169-7722(89)90025-9)
- Silgram, M., & Chambers, B.J. 2002. Effects of long-term straw management and fertilizer nitrogen additions on soil nitrogen supply and crop yields at two sites in eastern England. *Journal of Agricultural Science*, 139(2), 115–127. <https://doi.org/10.1017/S0021859602002435>
- Wang, L., Ma, B., & Wu, F. 2017. Effects of wheat stubble on runoff, infiltration, and erosion of farmland on the Loess Plateau, China, subjected to simulated rainfall. *Solid Earth*, 8(2), 281–290. <https://doi.org/10.5194/se-8-281-2017>
- Yang, S., Wang, Y., Liu, R., Li, Q., & Yang, Z. 2018. Effects of straw application on nitrate leaching in fields in the Yellow River irrigation zone of Ningxia, China. *Scientific Reports*, 8(1), 954.

Biochar and Wheat Straw Effect on Nitrogen Leaching Concentration

Z. Partovi¹, H. Ramezani Etedali^{2*}, A. Kaviani³
Received: Jan.24, 2020 Accepted: Mar.01, 2020

Abstract

Given the limited availability 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. The aim of this study was to investigate the effect of application and amount of biochar and straw application on nitrate and nitrite leaching. This study was based on a randomized complete block design with treatments: control (CO), Wheat straw 5 mm thick (SM5), Wheat straw at 10mm (SM10), Straw at a rate of 5 ton / ha (ST5), Straw at a rate of 10 ton/ha (ST10), Biochar at a rate of 2.5 ton/ha (BT2.5) and Biochar at a rate of 5 ton/ha (BT5). Results showed that biochar and straw application had significant effect on nitrate and nitrite leaching at 95% level. The highest decrease in cumulative nitrate concentration occurred in BT2.5 treatment (23%). Whereas in ST10 treatment the concentration of cumulative nitrate increased (64%). Nitrite content in all treatments decreased during the cultivation period and the highest decrease in cumulative nitrite concentration occurred in BT5 treatment (94%). The use of biochar and straw leads to a decrease in the concentration of cumulative leaching nitrite. Biochar application reduces leaching nitrate concentration and straw application as a more effective layer than its combination with soil (ton/ha).

Keywords: Groundwater, Pollution, Nitrate, Nitrite

1- M.Sc Student of Irrigation and Drainage, Imam Khomeini International University, Qazvin

2- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin

3- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin

(*- Corresponding Author Email: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir)