محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱ ، شماره۱ ، بهار ۱۳۹۷
صفحات ۱ تا ۱۰

بررسی تاثیر استفاده از بیوچار در کارایی بیوراکتورهای حذف نیترات از زه آب زهکش‌های زیرزمینی

مریم احمدوند[۱]، جابر سلطانی[۲G]، سید ابراهیم هاشمی گرمدره[۲]، مریم وراوی پور[۳]

۱ -دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
۲ -استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران ، پردیس ابوریحان
۴ -دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران ، پردیس ابوریحان

(تاریخ دریافت ۹۶/۰۵/۲۸- تاریخ پذیرش ۹۶/۱۱/۶)

چکیده:

بیوچار زغال تهیه شده از زیست توده گیاهی و ضایعات کشاورزی تحت شرایط اکسیژن محدود ا ست. در فرآیند تهیه زغال دی اکسید کربن در اتمسفر آزاد نمی‌شود و از این رو سرشار از کربن است. مطالعات بسیاری به بررسی توانایی بیوچار در بهبود وضعیت خاک وحفظ مواد مغذی خاک پرداخته‌اند. ولی تاکنون مطالعات انگشت شماری به بررسی تاثیر بیوچار در حذف نیترات از زه‌آب‌ها پرداخته‌اند. فرض تحقیق حاضر این است که بکارگیری بیوچار به جای مواد خام کربنی در بیوراکتور حذف نیترات، بدلیل دارا بودن مقادیر بالاتر کربن، می‌تواند باعث حذف کارآمدتر نیترات از زهکش‌های زیرزمینی گردد. به منظور ارزیابی اثر ترکیب‌های مختلف بیوچار (۰، ۱۰، ۱۵،۲۰ و۳۰ درصد) و همچنین اثر مقادیر مختلف غلظت نیترات ورودی (۴۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد بیوراکتور حذف نیترات، بیوراکتورهایی با لوله‌های پلی اتیلنی با ارتفاع ۱۲۵ سانتی متری شبیه سازی شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد، درصد حذف نیترات در ستون‌های آزمایش به طور معنی داری تحت تأثیر درصد بیوچار به کار رفته در آن‌ها قرار دارد و بیشترین مقدار آن در ستون‌های حاوی ۳۰ درصد بیوچار (۹۶/۴ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۸۰/۷ درصد) مشاهده شد. همچنین اثر غلظت نیترات ورودی بر درصد حذف نیترات معنی‌دار و درصد حذف نیترات در تیمار C2 (۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر) کمتر از تیمار C1 (۴۰ میلی‌گرم در لیتر) و به ترتیب ۸۹/۹ و ۹۱/۴ درصد بود.

کلید واژگان:بیوچار، نیترات، بیوراکتور، زهکش زیرزمینی

*نویسنده مسئول : تلفن:۰۹۱۲۸۷۰۹۴۷۱ ایمیل : jsoltani@ut.ac.ir

۱. مقدمه

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی با فراهم کردن امکان کشت به موقع و افزایش کارایی خاک باعث افزایش محصولات کشاورزی در نقاط مختلف جهان گردیده‌اند. با این وجود اثرات زیان‌بار این سیستم‌ها بر کیفیت آب های سطحی یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های در این مناطق می‌باشد.نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که بخش قابل توجهی از نیترات انتقالی به آب‌های سطحی به طور مستقیم مربوط به جریان‌های جانبی می‌باشد که توسط سیستم زهکش‌های زیرزمینی انجام می‌شود(Randal *et al*.,2003). سیستم‌های زهکشی مصنوعی با افزایش نسبی سرعت انتقال زه‌آب به آب‌های سطحی نسبت به حالت طبیعی باعث می‌شوند زمان به وقوع پیوستن فرایندهای طبیعی از جمله دنیتریفیکاسیون کاهش یابد (Kellman, 2005). دنیتریفیکاسیون یا احیای غیر مستقیم نیترات به نیتروژن به عنوان یکی از روش‌های مدیریتی حذف نیترات از زه‌آب‌های کشاورزی شناخته شده است.در این روش نیترات مطابق رابطه (۱) توسط باکتری های بی هوازی هتروتروف به گاز نیتروژن تبدیل می‌گردد (Averill &Tiedje 1982).

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2 \qquad (1)$$

دنیتریفیکاتورهای هتروتروف به عنوان مهم‌ترین دنیتریفیکاتور در طبیعت شناخته می شوند و ترکیبات کربنی آلی را به‌عنوان دهنده الکترون و منبعی برای تولید انرژی مصرف می‌کنند. بیوراکتورهای دنیتریفیکاسیون با افزایش منابع کربنی باعث فعالیت بیشتر دنیتریفیکاتورها و در نتیجه افزایش دنیتریفیکاسیون می‌گردند (Schipper*etal*.,2005).

Greenan و همکاران(2006) از ساقه ذرت، تکه‌های مقوا، خرده چوب همراه روغن و خرده چوب تنها برای مطالعه آزمایشگاهی خود استفاده کردند. ایشان دریافتند که از میان این مواد خرده چوب همراه روغن بیشترین تاثیر را در حذف نیترات داشت. Hashemi و همکاران (2011) از نسبت ۷۰ به ۳۰ درصد حجمی خاک و پوشال جو به عنوان فیلتر استفاده کردند. ایشان توانستند غلظت ۴۰ و ۱۶۰میلی‌گرم در لیتر نیترات ورودی را در پایان دوره آزمایش به ترتیب به ۵ و۲۰ میلی‌گرم در لیتر برسانند. Moghimiو همکاران (2014) در یک مدل آزمایشگاهی باگاس نیشکر را با خاک ترکیب کردند و به عنوان فیلتر در کنار لوله زهکش کار گذاشتند. نتایج نشان داد که میزان نیترات از ۱۶۰ میلی گرم در لیتر به ۶۰ میلی گرم در لیتر یعنی در حدود بیش از ۵۰ درصد کاهش یافت.

همانطور که ذکر گردید تا کنون از مواد مختلفی از جمله خاک اره، کمپوست و پوست درختان به عنوان دیواره کربنی در بیوراکتور استفاده شده است، ولی در مطالعات انگشت شماری (Bock *et al*., 2015; Christianson *et al*., 2011) از بیوچار[1] به عنوان دیواره کربنی در بیوراکتور

[1]- Biochar

استفاده شده است. بیوچار زغال تهیه شده از زیست توده گیاهی و ضایعات کشاورزی تحت شرایط اکسیژن محدود است. در فرآیند تهیه این زغال دی اکسید کربن در اتمسفر آزاد نمی‌شود و از این رو غنی از کربن است. از ویژگی‌های این ماده می‌توان به ساختار متخلخل، چگالی کم، نیمه عمر طولانی (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال) ظرفیت تبادل کاتیون و سطح تماس زیاد آن اشاره کرد (Lehmann *et al*., 2005). مطالعات بسیاری به بررسی توانایی این ماده در بهبود وضعیت خاک و مشخصات فیزیکی – شیمیایی خاک از جمله افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، حفظ مواد مغذی خاک پرداخته‌اند (Beesley*et al*., 2011) همچنین ثابت شده است که حضور بیوچار در خاک جذب کاتیون های نیترات، آمونیوم و فسفات را افزایش می‌دهد (Lehmann *et al*.,2006; Kalita*et al*., 2006). Christianson و همکاران (2011) دو ترکیب مختلف از بیوچار تهیه شده از برگ کاج (۷ و ۱۴ درصد وزنی) را با خاک و چوب مخلوط کرده و تاثیر آن بر حذف نیترات را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد، بین ستون شاهد که فقط با چوب و خاک پر شده بود و ستون‌های تیمار که در آن‌ها بیوچار نیز به کار رفته تفاوت معنی داری وجود ندارد. Bock و همکاران (2015) در یک مطالعه آزمایشگاهی (Bock *et al*.,2015) از ۹ بیوراکتور دنیتریفیکاسیون به منظور بررسی میزان حذف نیترات استفاده کردند. در بیوراکتور شاهد فقط چوب و در سایر بیوراکتورها ترکیب چوب و بیوچار به کار برده شد. نتایج مطالعات ایشان نشان داد غلظت نیترات خروجی در بیوراکتورهای حاوی بیوچار تا ۹۴ درصد کاهش یافت درحالی‌که این کاهش در بیوراکتور شاهد تا ۱۳ درصد بود.

هدف از این تحقیق مقایسه عملکرد فیلترهای کربنی پرشده با مواد کربنی خام و فیلترهای کربنی پر شده با زغال زیستی (بیوچار) است. به عبارتی دیگر، هدف از این مطالعه بررسی کاربرد بیوچار تهیه شده از پوشال گندم به جای بستر کربن در بیوراکتور دنیتریفیکاسیون و بررسی تاثیر آن در حذف نیترات از زه‌آب‌های آلوده به نیترات می‌باشد. همانطور که اشاره شد، درصد کربن موجود در بیوچار نسبت به سایر مواد کربنی خام بیشتر است. همچنین در مطالعات پیشین به نقش بیوچار در افزایش فعالیت باکتری‌ها اشاره شده است (Yoshizawa*et al*., 2005). لذا انتظار می‌رود بیوچار به دلیل دارا بودن مقادیر بالای کربن قابل دسترس باکتری‌های دنیتریفیکاتور، سبب افزایش فعالیت این باکتری‌ها شده و در مقایسه با مواد کربنی خام منجر به حذف بیشتر نیترات از محلول‌های آبی گردد.

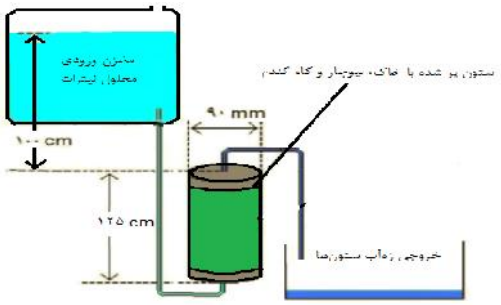
۲. مواد و روش‌ها

به منظور آماده سازی بیوراکتورهای حذف نیترات همان‌گونه که در شکل (۱) دیده می‌شود از لوله‌های پلی اتیلن با قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. یک طرف این ستون‌ها با استفاده از کلاهک های پلی اتیلنی آب بندی و طرف دیگر آن پس از پر کردن ستون با ترکیب‌های مختلف

خاک، پوشـــال گ ندم و بیو چار، با اســـت فاده از کلاهک‌هایی بسته شد. در پایین و بالای این ستون‌ها سوراخ‌هایی به قطر ۱۲/۷ میلی‌متر ایجاد شد تا آب از این طریق به ســـتون‌ها وارد و از آن خارج گردد. به دلیل اینکه حرکت مواد کربنی و خاک باعث گرفته شدن ورودی و خروجی ستون‌ها نگردد، قبل و بعد از پر کردن ستون‌ها یک توری نازک و یک لایه شن به ضخامت ۲/۵ سانتی متر در کف و بالای ستون‌ها قرار داده شـــد. برای پر کردن ســـتون‌ها از مخلوط خاک، پو شال گندم و بیوچار ا ستفاده گردید. به این صورت که پس از ریختن هر لایه ۵ ســـانتی متری و کوبیدن آن با وزنه ۳ کیلویی لایه بعدی ریخته شد تا علاوه بر اینکه از حرکت ذرات خاک جلوگیری شـــود، بتوان شـــرایطی مشـــابه با شـــرایط مزرعه را ایجاد نمود. به منظور اطمینان از عبور آب از تمام خلل و فرج موجود در ســـتون‌ها، از جریان رو به بالا اســـتفاده گردید و ستون‌ها به حالت ای ستاده در داخل جعبه‌هایی قرار گرفتند. به این ترتیب که محلول از پایین وارد ستون شده و از بالای آن خارج می‌گردید.

سی‌ستم انتقال آب از مخزن اولیه به ستون‌ها شـــامل دو مخزن بود. محلول ورودی در یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری که در پشت بام آزمایشگاه قرار دا شت آماده می‌گردید. محلول از این مخزن به صورت ثقلی وارد مخزنی که سـطح آب در آن با انتهای سـتون‌ها ۱۰۰ سانتیمتر اختلاف داشت وارد و توسط شناوری ثابت نگهدا شته می شد و سپس به و سیله لوله ۱۶ میلیمتری به ستون‌ها منتقل می‌گردید.

.



شکل۱. شماتیک بیوراکتور حذف نیترات

از آنجایی که این فیلترها در عمق زمین نصـــب می‌گردند و میکروارگانیســـم‌های لایه زیرین خاک با سطح آن متفاوت می‌باشند، لذا خاک مورد استفاده در این مطالعه از عمق ۶۰ ســـانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشـــگاه تهران واقع در شـــهرســـتان پاکدشت تهیه گردید. بافت خاک استفاده شده در این آزمایش لوم شنی ا ست. برای پر کردن ستون‌ها ابتدا خاک مورد آزمایش از الک شماره ۱۰ عبور داده شد. سپس پوشال گندم، بیوچار تهیه شده از پوشال گندم و خاک با نســـبت‌هایی که در جدول(۱) ارائه شـــده است، با یکدیگر ترکیب شده و برای پر کردن ستون‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

بیوچار مورد اســـتفاده در این مطالعه از پوشـــال گندم تهیه گردید. برای این منظور ابتدا پوشـــال گندم در هوای آزاد خشک و سپس به قطعات ۲ سانتی‌متری خرد گردید. ســـپس در داخل کوره ای که برای این

منظور تدارک دیده شده بود، مواد خام را ریخته و در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد بیوچار تولید گردید.

جهت بررسی شدت حذف نیترات در بیوراکتور پر شده با بیوچار در مقایسه با بیوراکتور پر شده با مواد کربنی خام و همچنین بررسی تاثیر افزایش مقدار بیوچار در میزان حذف نیترات فاکتور اختلاط خاک، پوشال گندم و بیوچار در سطوح مختلف مشابه جدول (۱) مورد بررسی قرار گرفت. در انتخاب درصد اختلاط‌ها سعی شده است درصد اختلاط‌ها به گونه‌ای انتخاب شوند که نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات پیشین قابل مقایسه باشد (Hashemi*et al.*, 2011 &Moghimi*et al.*, 2014). از آنجا که هدف از این تحقیق مقایسه عملکرد فیلترهای کربنی پرشده با مواد کربنی خام و فیلترهای کربنی پر شده با زغال زیستی (بیوچار) است. لذا ستون شاهد با ۷۰ درصد خاک و ۳۰ درصد مواد کربنی خام (بدون بیوچار) پر گردید.

جدول ۱- نسبت اختلاط مواد مختلف جهت پر کردن بیوراکتور

تیمار	نسبت اختلاط مواد مختلف جهت پر کردن بیوراکتور (درصد حجمی)		
	خاک	پوشال گندم	بیوچار
B0 (شاهد)	۷۰	۳۰	۰
B1	۷۰	۲۰	۱۰
B2	۷۰	۱۵	۱۵
B3	۷۰	۱۰	۲۰
B4	۷۰	۰	۳۰

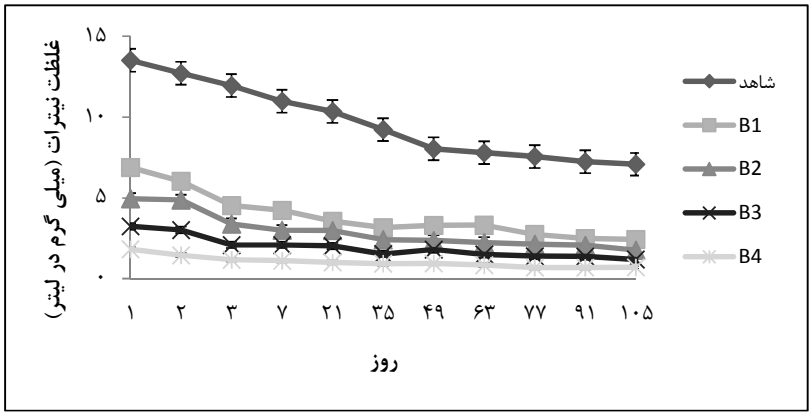
به منظور بررسی تأثیر غلظت نیترات ورودی بر عملکرد فیلترهای کربنی، از ۲ سطح غلظت ۴۰ و ۱۶۰ میلی گرم در لیتر نیترات استفاده شد. برای آماده سازی محلول‌های مورد نظر به ترتیب ۶۵/۲۲ و ۲۶۰/۸۸ میلی گرم نیترات پتاسیم(KNO_3) در یک لیتر آب حل گردید (Hashemi*et al.*, 2011). این غلظت‌ها به منظور بررسی تأثیر غلظت نیترات بر عملکرد بیوراکتور در غلظت کمتر و غلظت بالاتر از حد استاندارد نیترات در آب آشامیدنی انتخاب گردیدند. آماده سازی محلول ورودی به صورت روزانه و با توجه به غلظت نیترات آب شهری (۸ میلی گرم در لیتر) به نحوی انجام می‌شد که غلظت نیترات در محلول ورودی ۲ مخزن در ۲ سطح ۴۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر ثابت بماند.

نمونه برداری از محلول ورودی و خروجی ستون‌های آزمایشگاهی به مدت ۴ ماه به صورت دو هفته یک بار توسط بطری‌های پلاستیکی تمیز انجام گرفت. نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری در دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد و در یخچال نگه‌داری می‌شدند.که این زمان برای برخی نمونه‌ها به یک ماه نیز می‌رسید. برای اندازه‌گیری نیترات از دستگاه اسپکتوفتومتری با طول موج ۴۱۰ نانومتر استفاده گردید. دمای محیط

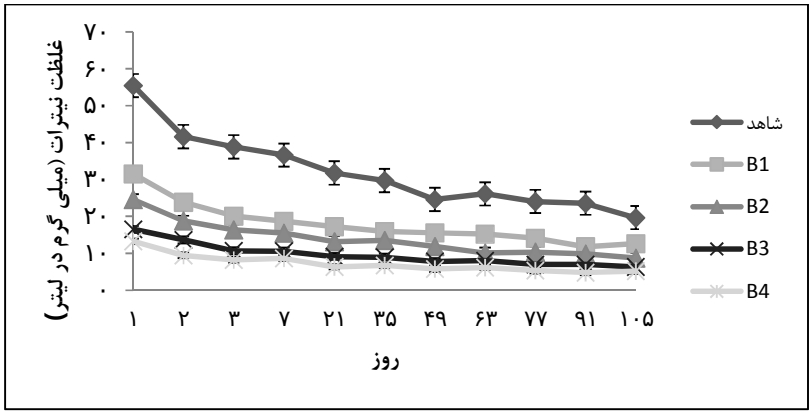
در طول آزمایش برابر ۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد بود.

۳. نتایج

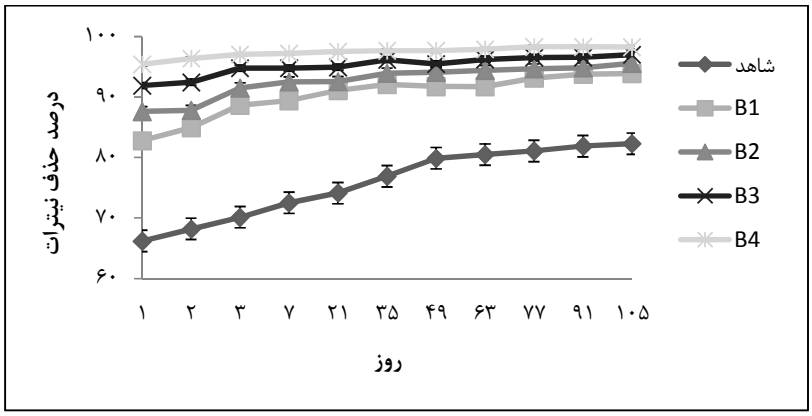
به منظور مقایسه عملکرد بیوراکتور پر شده با بیو چار و بیوراکتور پر شده از مواد کربنی خام، ستون‌هایی به عنوان شاهد با مخلوط خاک و پو شال گندم پر شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد. و نتایج ارائه شده از میانگین نتایج به دست آمده از سه تکرار می‌باشد. شکل (۲) و (۳) به ترتیب روند تغییرات غلظت نیترات خروجی برای تیمارهای C1 (غلظت ۴۰ میلی گرم در لیتر نیترات ورودی) و C2 (غلظت ۱۶۰ میلی گرم در لیتر نیترات ورودی) را از ستون‌های آزمایشگاهی در طول ۴ ماه نمونه برداری نشان می‌دهد. شکل (۴) و (۵) روند تغییرات در صد نیترات حذف شده برای تیمارهای C1 و C2 را در طول دوره آزمایش نشان می‌دهند. جدول (۲) و (۳) به ترتیب تجزیه واریانس منبع تغییرات و مقایسه میانگین را برای غلظت نیترات خروجی از ستون‌های آزمایش را نشان می‌دهند.



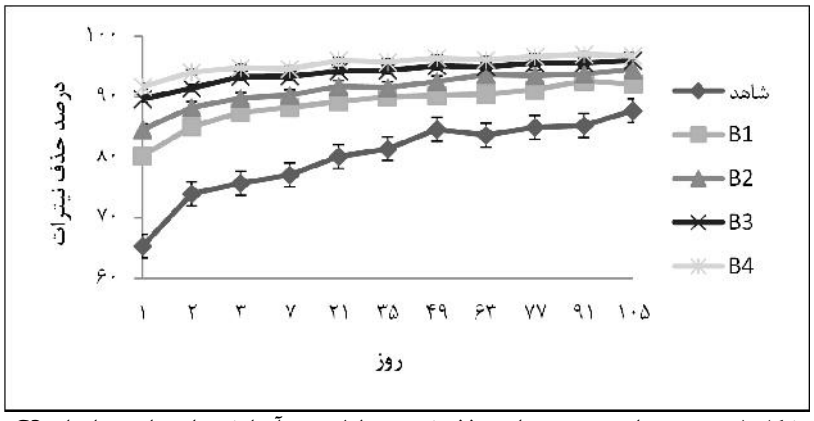
شکل ۲. روند تغییرات غلظت نیترات خروجی در طول دوره آزمایش برای تیمارهای C1



شکل۳. روند تغییرات غلظت نیترات خروجی در طول دوره آزمایش برای تیمارهای C2



شکل ۴. روند تغییرات درصد نیترات حذف شده در طول دوره آزمایش برای تیمارهای C1



شکل ۵. روند تغییرات درصد نیترات حذف شده در طول دوره آزمایش برای برای تیمارهای C2

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
غلظت نیترات ورودی	۱	۱۸۴/۴۸**
درصد بیوچار	۴	۲۴۶۵/۶۰**
زمان	۱۰	۳۰۲/۰۳**
درصد بیوچار ×غلظت نیترات ورودی	۴	۱/۳۹
زمان×غلظت نیترات ورودی	۱۰	۳/۷۹*
زمان×درصد بیوچار	۴۰	۲۷/۰۵**
زمان×درصد بیوچار ×غلظت نیترات ورودی	۴۰	۱/۱۹
خطای آزمایشی	۲۲۰	۱/۲۲
ضریب تغییرات	-	۱/۳۴

****در سطح ۱ درصد و * در سطح ۵ درصد معنی دار است.**

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها

تیمارهای آزمایش				
غلظت نیترات ورودی	درصد بیوچار (حجمی)	زمان (روز)	میانگین درصد نیترات حذف شده	
۴۰ میلی گرم در لیتر			a	۹۱/۴۰
۱۶۰ میلی گرم در لیتر			b	۸۹/۹۰
	شاهد (۰ درصد بیوچار)		e	۸۰/۷۶
	۱۰ درصد بیوچار		d	۸۹/۵۴
	۱۵ درصد بیوچار		c	۹۱/۹۸
	۲۰ درصد بیوچار		b	۹۴/۵۶
	۳۰ درصد بیوچار		a	۹۶/۴۲
		۱	i	۸۳/۵۵
		۲	h	۸۶/۶۹
		۷	g	۸۹/۲۸
		۲۱	f	۸۹/۹۳
		۳۵	e	۹۰/۷۸
		۴۹	d	۹۱/۶۵
		۶۳	c	۹۲/۲۲
		۷۷	c d	۹۲/۴۵
		۹۱	b	۹۳/۲۳
		۱۰۵	a	۹۳/۴۴
		۱۱۹	a b	۹۳/۹۸

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی دار($p\leq 0/0$)هستند.

۴. بحث ونتیجه گیری

مطابق اشکال (۲) و (۳) در همه تیمارهای C1 یک روز پس از شروع آزمایش غلظت نیترات خروجی به کمتر از ۲ میلی‌گرم در لیتر و در پایان دوره نمونه‌برداری به کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر کاهش پیدا کرد. که نشان دهنده عملکرد بالای بیوچار در حذف نیترات می‌باشد. این در حالی است که در تیمار شاهد غلظت نیترات خروجی یک روز پس از شروع آزمایش به ۱۳/۵ میلی گرم در لیتر و در پایان دوره نمونه برداری تا ۷ میلی گرم در لیتر کاهش یافته است.

تیمارهای C2 نیز توانستند به خوبی میزان غلظت نیترات خروجی را کاهش دهند. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می شود غلظت نیترات خروجی یک روز پس از شروع آزمایش به کمتر از ۱۳/۲ میلی-

گرم در لیتر و در پایان دوره آزمایش به کمتر از ۵/۲ میلی گرم در لیتر کاهش پیدا کرد. در تیمار شاهد C2 غلظت نیترات خروجی یک روز پس از شروع آزمایش به ۵۵/۴۵ میلی گرم در لیتر و در پایان دوره نمونه برداری تا ۱۹/۶۵ میلی گرم در لیتر کاهش یافته است.در حالی که Moghimi و همکاران (2014) با استفاده از باگاس نیشکر توانستند غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات را در پایان دوره نمونه برداری به ۶۰ میلی‌گرم در لیتر برسانند. شکل‌های (۴) و (۵)نشان می‌دهند که تغییرات حذف نیترات در همه تیمارها روند صعودی داشته و این روند در تیمارهای مختلف متفاوت است. در کل دوره درصد حذف نیترات در تیمار C1 بیشتر از تیمار C2 بود.

مطابق جدول (۳) اثر غلظت نیترات ورودی بر درصد حذف نیترات معنی‌دار بوده و میانگین درصد حذف نیترات در تیمار C2 کمتر از تیمار C1 و به ترتیب ۸۹/۹۰ و ۹۱/۴۰ درصد بود. Christianson و همکاران (2012)، Bockو همکاران (2015) و همچنین Hashemi و همکاران (2011) نیز دریافتند غلظت اولیه نیترات اثر معنا داری در میزان حذف نیترات دارد.

همانطور که درشکل‌های (۴) و (۵) مشاهده می‌گردد، درصد حذف نیترات در تیمارهای شاهد C1 و C2 پس از گذشت ۴ ماه به ترتیب به ۸۲/۳ و ۸۷/۷ درصد می‌رسد. این در حالی است که در تیمارهای B4C1 و B4C2 این مقدار به ترتیب تا ۹۸/۲ و ۹۶/۷ درصد افزایش می یابد. درصد حذف نیترات در بیوراکتورهای دنیتریفیکاسیون به طور معنی داری تحت تأثیر درصد بیوچار به کار رفته در آن‌ها قرار گرفت و بیشترین میانگین مقدار آن در ستون‌های حاوی ۳۰ درصد بیوچار (۹۶/۴۲ درصد) و کمترین میانگین مقدار آن در تیمار شاهد (۸۰/۷۶ درصد) مشاهده شد. Bock و همکاران (2015) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج مطالعات ایشان نشان داد غلظت نیترات خروجی در بیوراکتورهای حاوی بیوچار تا ۹۴ درصد کاهش یافت درحالی‌که این کاهش در بیوراکتور شاهد (بدون بیوچار) تا ۱۳ درصد بود. با این حال Christianson و همکاران (2011) بیان کردند کاربرد بیوچار به میزان ۷ و ۱۴ درصد وزنی در بیوراکتور دنیتریفیکاسیون تفاوت معنی داری در میزان حذف نیترات ایجاد نمی‌کند. این نتایج ضد و نقیض ممکن است به دلایل مختلفی از جمله ماده اولیه‌ای که بیوچار از آن تهیه شده، دمای تهیه بیوچار، اندازه بیوچار و درصد کاربرد آن در بیوراکتور مشاهده شده باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد، کاربرد بیوچار پوشال گندم در بیوراکتور دنیتریفیکاسیون در مقایسه با کاربرد پوشال گندم باعث افزایش حذف نیترات می‌گردد. با افزایش درصد حجمی بیوچار تا ۳۰ درصد، حذف نیترات هم به طور معنی داری افزایش می یابد. با افزایش غلظت نیترات ورودی علی رغم افزایش میزان حذف نیترات، درصد حذف نیترات ورودی کاهش یافت. در طول دوره ۴ ماهه آزمایش درصد حذف نیترات افزایش یافت به طوری‌که در پایان دوره نمونه‌برداری، ستون های حاوی بیوچار توانستند تا ۹۸ درصد نیترات ورودی را از محیط

حذف نمایند. که این نتایج با نتایج بدست آمده توسط Bock و همکاران (2015) که توانستند غلظت نیترات خروجی در بیوراکتور های حاوی بیو چار را تا ۹۴ درصد کاهش دهند تطابق دارد.

۵. تشکر و قدرانی

بدین وســـیله از حمایت‌های پردیس ابوریحان دانشگاه تهران برای انجام این تحقیق تشکر می شود.

References

Averill, B.A., and J.M. Tiedje. 1982. The chemical mechanism of microbioaldenitrification. FEBS Lett. 138:8–12. doi:10.1016/0014-5793(82)80383-9

Beesley,L., M. Marmiroli .2011.The immobilisation and retention of soluble arsenic, cadmium and zinc by biochar.Environmental Pollution 159, 474e480.

Bock, E., N. Smith, M. Rogers, B. Benham, and Z.M. Easton. 2015. Enhanced Nitrate and Phosphate Removal in a Denitrifying Bioreactor with Biochar. J. Environ. Qual. 44:605–613.

Bock, E.M, B. Coleman, and Z.m. Easton. 2015. Effect of Biochar on Nitrate Removal in a Pilot-Scale Denitrifying Bioreactor. J. Environ. Qual. 44:605-613

Christianson, L. Hedley, M., Camps, M., Free, H. and S. Saggar. 2011. Influence of biochar amendments on denitrification bioreactor performance. www.massey.ac.nz/ flrc/workshops/11/Manuscripts.

Christianson, L., A. Bhandari, M. Helmers, K. Kult, T. Sutphin, and R. Wolf. 2012.Performance Evaluation of Four Field-ScaleAgricultural Drainage Denitrification Bioreactors inIowa.Trans. ASABE 55:2163-2174. doi:10.13031/2013.42508

Greenan CM, Moorman TB, Kaspar TC, Parkin TB, Jaynes DB .2006. Comparing carbon substrates for denitrification of subsurface drainage water. J. Environ. Qual. 35, 824-829.

Greenan, C. M., T. B. Moorman, T. C. Kaspar, T. B. Parkin, and D. B. Jaynes. 2006. Comparing carbon substrates for denitrification of subsurface drainage water. J. Environ. Qual. 35(3): 824- 829.

Hashemi,S.E., M. Heidarpour, B. Mostafazade. 2011"Assessment of nitrate reduction in two different usage of biofilters in underground drainage systems, Journal of irrigation science and engineering, Vol. 34, No. 2.,pp 71 – 81. in Persian.

Kalita, P.K., A.S. Algoazany, J.K. Mitchell, R.A.C. Cooke, and M.C. Hirschi. 2006. Subsurface water quality from a flat tile-drained watershed in Illinois, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment 115.

Kellman, L.M. 2005. A study of tile drain nitrate - 15N values as a tool for assessing nitrate sources in an agricultural region. Nutrient Cycling in Agroecosystems 71.

.Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M., 2005a. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems- a review. Mitigation and adaptation strategies for global change.

Moghimi, N., A. Naseri, A.Soltanimohamadi, S.E. Hashemi, 2014. "Assessment using Bagasse of Sugar cane on nitrate reduction of underground drainage water", 2nd International Symposium on Iran environment researches.,ShahidMofateh faculty, Hamedan, Iran.

Randal, G. W., J. A. Vetsch and J.R.Huffman.2003. Nitrate Losses in Subsurface Drainage from a Corn–Soybean Rotation as Affected by Time of Nitrogen Application and Use of Nitrapyrin. J. Environ. Qual. 32(5): 1764-1772.

Schipper, L.A., G.F. Barkle, and M. Vojvodic-Vukovic. 2005. Maximum rates of nitrate removal in a denitrification wall. Journal of Environmental Quality 34:1270-1276.

Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K.Y., Downie, A., Rust, J., Joseph, S., Cowie, A., 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant Soil 327, 235–246.

Wildman, T.A. 2001. Design of field-scale bioreactors for bioremediation of nitrate in tile drainage effluent. M. S. thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana-Champaign.

Yoshizawa,S., S., Tanaka, M., Ohata, S., Mineki, S., Goto, K., Fujioka and T., Kokubun. 2005. Composting of Food Garbage and Livestock Waste Containing Biomass Charcoal. Proceedings of the International Conference and Natural Resources and Environmental Management 2005, Kuching, Sarawak.