Archive of SID

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحات ۶۱۳ تا ۶۲۴

تصفیه نیترات زهاب‌های کشاورزی با استفاده از بیوراکتور

آتنا نادری[۱]؛ هادی رمضانی اعتدالی[۲*]؛ عباس کاویانی[۳]؛ مجتبی اکرم[۴] و محمد بی‌جن‌خان[۳]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم آب، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین

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

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

۴ - متخصص زهکشی

۵- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین

(تاریخ دریافت ۹۸/۱۲/۲۰-تاریخ پذیرش ۹۹/۰۱/۱۹)

چکیده:

با افزایش روز افزون جمعیت نیاز به تولید محصولات کشاورزی و غذا افزایش پیدا کرده است. استفاده کشاورزان از کودهای شیمیایی باعث آلودگی منابع آب و خاک می‌شود. از پرکاربردترین کودها، کود نیتراته (اوره) است که آبشویی آن از طریق زهاب‌های کشاورزی مشکلات زیادی را برای محیط زیست به دنبال دارند. امروزه یکی از روش‌هایی که در علم زهکشی در کنار زهکشی کنترل شده برای حذف نیترات مورد توجه قرار گرفته است استفاده از بیوراکتورها است. در این مطالعه از کاه وکلش گندم به عنوان بستر و محیط بیوراکتور برای تصفیه نیترات مورد استفاده قرار گرفت. پژوهش مورد نظر در ۵۱ روز در سه تکرار و در چهار مرحله تزریق با زهابی با غلظت حدود ۵۴ میلی‌گرم برلیتر برای نیترات انجام شد. تمام اندازه‌گیری‌ها در محل آزمایش با دستگاه فتومتر مدل ۷۱۰۰ انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت نیترات با گذشت زمان بین ۶ تا ۲۴ ساعت پس از تزریق زهاب بین ۵۴ تا ۱۰۰ درصد کاهش می‌یابد؛ که بیانگر عملکرد قابل قبول این بیوراکتور بوده است. همچنین نتایج حاصل از آزمون‌های آماری نشان داد که با گذشت ۵۱ روز از زمان ماند کاه‌وکلش گندم هیچ تفاوتی در میزان کاهش غلظت نیترات (عملکرد بیوراکتور) ایجاد نشده است. همچنین نتایج نشان داد در طول آزمایش، دما اثر معنی‌داری بر کاهش غلظت نیترات نداشته است اما دمای بالاتر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد سرعت تصفیه نیترات را کاهش می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل می‌توان از بیوراکتورها با بستر کاه و کلش گندم به منظور کاهش غلظت نیترات زهاب‌های خروجی در پایین دست مزارع استفاده نمود.

کلید واژگان: بیوراکتور، غلظت نیترات، کاه‌وکلش گندم

*نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۸۳۳۹۰۱۲۷۸ ایمیل: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱.مقدمه

شرایط اقلیمی کشور ایران به‌گونه‌ای است که بخش کشاورزی آن به‌شدت به آب برای تولید محصولات کشاورزی وابسته است(Hosseini & Razavi, 2014). از دیگر سوی کشور ایران از کمبود منابع آب شیرین کافی رنج می‌برد و بحران آب به صورت یک مسئله جدی مطرح می‌باشد، با توجه به افزایش سطح بهداشت عمومی و افزایش جمعیت نیاز به تامین آب و غذای سالم افزایش یافته است. به‌منظور تامین غذای کافی و دست‌یابی به امنیت غذایی، نیازمند افزایش محصول بوده که این امر میسر نمی‌گردد مگر با تامین نیازهای اساسی گیاه، که به این منظور استفاده از کودهای مختلف یکی از معمول‌ترین روش‌ها است. در کشاورزی اکثر کودها دارای فسفر و نیترات هستند از این رو تاثیر این دو بر محیط پیرامون دارای اهمیت بیشتری است (Eslami & Nemati, 2015). نیتروژن و فسفر از عناصر ضروری برای گیاهان و موجودات زنده به حساب می‌آیند، ورود فسفر و نیتروژن از زمین‌های کشاورزی و زهاب های کاملا تصفیه نشده به آب‌ها می‌تواند از منابع تهدیدکننده کیفیت آب باشد (Chang *et al.*, 2009). سامانه‌های زهکشی زیرزمینی با فراهم کردن امکان کشت به موقع و افزایش کارایی خاک باعث افزایش محصولات کشاورزی در نقاط مختلف جهان شده‌اند. با این وجود مطالعات مختلف نشان داده است که بخش قابل توجهی از نیترات انتقالی به آب‌های‌سطحی به طور مستقیم مربوط به جریان‌های‌جانبی می‌باشد که توسط سیستم زهکش‌های زیرزمینی انجام می‌شود (Randal *et al.*, 2003). سیستم‌های زهکشی مصنوعی با افزایش سرعت انتقال زهاب به آب‌های سطحی نسبت به حالت‌طبیعی باعث می‌شوند سرعت و مقدار فرایندهای‌طبیعی از جمله دنیتریفیکاسیون کاهش یابد (Kellman, 2005). دنیتریفیکاسیون یا احیای غیر مستقیم نیترات به نیتروژن به عنوان یکی ازروش‌های مدیریتی حذف نیترات از زهاب‌های‌کشاورزی شناخته شده است. در این روش نیترات مطابق رابطه ۱ توسط میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی هتروتروف به گازنیتروژن تبدیل می‌گردد (Averill & Tiedje, 1982).

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2 \quad (۱)$$

مقادیر کم نیتروژن در حدود ۰/۱ میلی‌گرم‌برلیتر در آب‌های راکد باعث رشد سریع انواع جلبک‌ها شده که رشد آنها سبب کاهش غلظت اکسیژن محلول در طول شب و کاهش نفوذ نور به زیر آب در طول روز می‌شود.این پدیده نابودی ماهی‌ها و میکروارگانیسم‌ها را به دنبال دارد. با مرگ این موجودات نیاز به اکسیژن برای تجزیه آن‌ها افزایش می‌یابد و محیط هوازی به بی‌هوازی تبدیل و تمام این فرآیندها سبب پدیده تغذیه‌گرایی (اوتریفیکاسیون[۱]) آب‌ها می‌شود. علاوه بر مشکلات ناشی از این پدیده برای محیط زیست، تصفیه این آب‌ها نیز امری هزینه‌بر و دشوار است (Camargo & Alonso, 2006). همچنین استفاده از آب‌های آلوده به نیترات، سبب بیماری مت‌هموگلوبین‌میا در نوزادان شیرخوار و سرطان‌های گوارشی در بزرگسالان می‌گردد (Lin *et al.*, 2002). کاهش نیتروژن قبل از تخلیه زهاب به منابع آبی باید انجام گیرد. از جمله روش‌های ساده و ارزان، زیست پالایی آب‌های آلوده است (Bavor & Mitchell, 1994). از زیست‌پالایی می‌توان در بازیافت و حذف

۱ -Eutrophication

www.SID.ir

Archive of SID

فلزات از آب‌های آلوده استفاده کرد. از آنجایی که میکروارگانیسم‌ها استراتژی‌های مختلفی برای زنده باقیماندن در محیط‌های آلوده به فلزات دارند، بنابراین مکانیسم‌های تصفیه آن‌ها متفاوت است. برخی از این استراتژی‌ها عبارتند از تجمیع زیستی (Bioaccumulation)،فروشویی‌زیستی(Bioleaching) ، جذب‌زیستی (Biosorption)، تبدیل زیستی (Biotransformation) و معدنی‌سازی (Biomineralization) (Dixit *et al.*, 2015).

به دلیل آن‌که روش‌های شیمیایی و فیزیکی نیازمند اضافه نمودن بعضی از مواد برای تسریع در فرآیند چرخه تصفیه هستند و نیاز به تخصیص زمین بیشتر داشته و مانع کشت می‌شوند بنابراین روش تصفیه از طریق زهکش‌های زیستی مناسب‌ترین روش خواهد بود. بیوراکتور به ابزار یا سامانه‌ای گفته می‌شود که در آن محیطِ بیولوژیکی فعال وجود دارد. استفاده از آن‌ها نیازمند انجام تغییراتی در روش‌های متداول کشاورزی و زهکشی نیست؛ زمینی از چرخه تولید خارج نمی‌شود و می‌توان روی آن کشت کرد؛ می‌توان آن را از چرخه کار خارج کرد، بدون آن که از کارآیی شبکه‌زهکشی کم شود، به نگهداری و عملیات بهره برداری چندانی نیاز ندارند و تنها نیازمند چند تغییر سطح آب در سازه‌ها در سال هستند (South Dakota Water research Institue, 2015; Akram, 2016).

بیوراکتورهای دنیتریفیکاسیون با افزایش منابع کربنی باعث فعالیت بیشتر دنیتریفیکاتورها و در نتیجه افزایش دنیتریفیکاسیون‌می‌گردند. (Schipperetal, 2005). Greenan و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی چهار فیلتر مختلف از جمله ساقه‌ذرت، خرده‌چوب و روغن، تکه مقوا و خرده‌چوب دریافتند که خرده‌چوب همراه با روغن عملکرد بهتری در کاهش نیترات دارد. Hashemi و همکاران (۲۰۰۹) از خرده چوب درخت توسکا برای حذف نیترات استفاده کردند که تنها توانست حدود ۵۰ درصد نیترات را کاهش دهد. همچنین Hashemi و همکاران (۲۰۱۰) کاه جو در دو ستون به قطر۹۰ میلی‌متر آماده کردند که توانست ۶۳/۴۹ ،۶۶/۲۲، ۶۹/۹۷ و ۶۷/۱ درصد نیترات را کاهش داد. Hashemi و همکاران (۲۰۱۱) از جو همراه با خاک با نسبت مشخص ۳۰ به۷۰ به عنوان فیلتر استفاده کردند. ایشان در بررسی‌هایشان توانستند ورودی نیترات با غلظت ۴۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم بر لیتر را به ۵ و۲۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش دهند. Ranjkesh و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از پوشش پوسته برنج در زهکش کنترلی ۵۷/۶۶ الی ۵۸/۹۸ درصد از نیترات را کاهش دادند. Ansari و همکاران (۲۰۱۶) در دو ستون از مخلوط کامل و لایه‌بندی پوشال جو و خاک رس شنی استفاده کردند نتایج نشان داد که ۲۰ تا ۳۰ درصد پوشال جو ۸۱ الی ۷۸ درصد نیترات ورودی را کاهش دادند. Bafkar و Babeli (۲۰۱۹) از برگ درخت بلوط به عنوان جاذب استفاده نمودند افزایش جاذب از ۰/۳ به ۰/۷ درصد میزان کاهش ۸۸/۹۳ تا ۹۹/۸۳ درصد از نیترات را کاهش دادند اما افزایش جاذب از ۰/۷به ۱/۶ درصد میزان کاهش نیترات کمتر شد و از ۹۴/۴۱ به ۸۹/۳۵ تغییر پیدا کرد. همچنین ایشان از پوست تخم‌مرغ به عنوان جاذب استفاده نمودند افزایش جاذب از ۰/۳ به ۰/۵ درصد میزان کاهش ۹۶/۰۱ تا ۹۷/۲۴ درصد از نیترات را کاهش دادند اما افزایش جاذب از ۰/۵ به ۱/۶ درصد میزان کاهش نیترات کمتر شد و از ۹۹/۴۲ به ۸۷/۳۸ تغییر پیدا کرد. به طور کلی پوسته تخم‌مرغ برای کاهش نیترات جاذب قابل قبولی است.

www.SID.ir

Archive of SID

Ahmadvand و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از بیوچار در ستون های ۱۲۵ سانتی‌متری با ۳۰ درصد بیوچار توانستند حداقل ۸۹/۹ درصد نیترات را کاهش دهند، آن‌ها همچنین میزان کاهش نیترات را وابسته به میزان غلظت نیترات ورودی دارد. در بررسی که Moghimi و همکاران (۲۰۱۴) در دانشگاه اهواز برروی تاثیر باگاس نیشکر به عنوان فیلتر در کنار لوله‌های زهکشی برای کاهش نیترات انجام دادند. نیترات ۱۶۰میلی‌گرم در لیتر را به ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد. یعنی توانست ۶۰ درصد نیترات را کاهش بدهد. Sirospur و همکاران (۲۰۱۸) با شیوه PRP در ستونی که به ترتیب از بالا شامل ژئوتکستایل بافته نشده ماسه ترکیب ماسه، براده آهن، کانی زئولیت، آنتراسیت و خاک اره سپیدار و دوباره ماسه و ژئوتکستایل بافته نشده بود در ابتدا ۸۳ و بعد از نه روز ۹۹ درصد نیترات ورودی را کاهش دهند. Zazouli و همکاران (۲۰۱۹) با جاذبی از پوست گردو که بعد از سوزانده شدن و گذشتن از الک با مش ۱۰۰ استفاده کردند که مطالعات نشان داد که در ۱۲۰دقیقه اول کاهش دارد اما بعد از ان افزایش اتفاق افتاد. به طور کلی پوست گردو ۷۸ درصد از نیترات را کاهش داد. Hassanpour و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی سه ساله بین بیوراکتور با بستر خرده چوب و خرده‌چوب و بیوچار در ایالت نیویورک انجام دادن به طور میانگین ۵۰ درصد نیترات را کاهش دادند. هدف از این مطالعه برررسی چگونگی عملکرد بیوراکتور در محیط بسته (بدون جریان) در مدت زمان ماند ۶ تا ۲۴ ساعت برای تصفیه نیترات با بستری از کاه‌وکلش گندم بود.

۲.مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین انجام شد. سه جعبه از جنس آهن‌گالوانیزه با طول، عرض و ارتفاع یک متر برای شبیه‌سازی شرایط مزرعه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. این جعبه ها دارای یک ورودی، یک خروجی و همچنین سه نقطه در ارتفاع‌های یک، ۶ و ۱۶ سانتی‌متری از کف جعبهبودند. داخل بیوراکتورها را می‌توان با مواد مختلفی از جمله کاغذ، خرده‌چوب، کاه‌وکلش پر کرد. هرچه سطح مواد داخل بیوراکتور بیشتر باشد محیط مناسب‌تری برای جانداران میکروسکوپی فراهم می‌کند. از میان بسترهای مختلف به چند دلیل از جمله ملاحظات اقتصادی، ارزان بودن طرح و در دسترس بودن در تمام نقاط کشور کاه‌وکلش گندم انتخاب شد. داخل جعبه‌ها از کف به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر پر شد. روی کاه و کلش با لایه ای از جنس پلاستیک پوشانده شد تا از ارتباط و تاثیر خاک رویی بر نتایج جلوگیری شود. روی لایه پلاستیکی با خاکی به ارتفاع ۱۵ الی۲۰ سانتی‌متر پر می‌شود. با توجه به غلظت نیترات در گزارش‌های مختلف، با استفاده از کود نیترات (اوره) زهاب مورد نیاز با غلظت حدود ۵۰ تا ۵۵ میلی‌گرم بر لیتر برای آزمایش تهیه شد. هر جعبه‌ی آزمایش به ۲۰۰ مترمکعب زهاب برای پر شدن نیاز داشت. برای این منظور، مخزنی برای تزریق زهاب در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری بالاتر از خاک جعبه آزمایش قرارگرفت (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

الف ب

شکل ۱- آماده‌سازی جعبه‌های آزمایش، (الف) پر کردن و متراکم کردن کاه‌وکلش،(ب) پر کردن با خاک.

شکل۲-موقعیت مخازن تزریق زهاب

بیوراکتورها می‌توانند یکباره پر و سپس خالی شوند و یا این که در آنها جریان دائمی وجود داشته باشد. به علت محدودیت اجرا داشتن جریان دائمی حتی جریان بسیار ناچیز دشوار بود و از نظر هیدرولیکی تفاوتی میان جریان ناچیز و حالت سکون وجود ندارد به همین علت در این مطالعه بیوراکتورها یکباره پر شدند.

همچنین از روش فتومتری و دستگاه فتومتر مدل ۷۱۰۰ برای اندازه‌گیری نیترات استفاده شد. علت استفاده از این دستگاه کارایی بالا در عین سهولت استفاده است. دستگاه فتومتر ۷۱۰۰ توانایی اندازه-گیری بیش ازده نوع عنصر و ترکیب از جمله نیترات و فسفات را دارد (Mokarram *et al.*, 2013). آزمایش اول در هجدهم شهریور ماه و آزمایش دوم در هشتم آزمایش سوم در هفدهم و آزمایش چهارم در پنجاه و یکمین روز پس از اولین آزمایش انجام شد.

بنابراین کل طول دوره آزمایشات ۵۱ روز طول کشیده است. در هر نوبت نمونه‌برداری دمای خاک سطحی بیوراکتور و دمای زهاب‌ها اندازه‌گیری شد. از هر جعبه آزمایش در طول روز در هر سه ساعت یک نمونه برای اندازگیری نیترات برداشته شد. مدت زمان آزمایش‌ها از زمان تزریق زهاب ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. زمان‌های برداشت نمونه‌ها برای آزمایش اول۱۴و ۱۷ساعت، آزمایش دوم ۶، ۱۰ و ۱۲ساعت، آزمایش سوم ۶، ۱۰ و ۱۲ ساعت و آزمایش چهارم ۱۵، ۱۸و ۲۴ ساعت پس از اولین تزریق زهاب به سامانه بود.

۳. نتایج

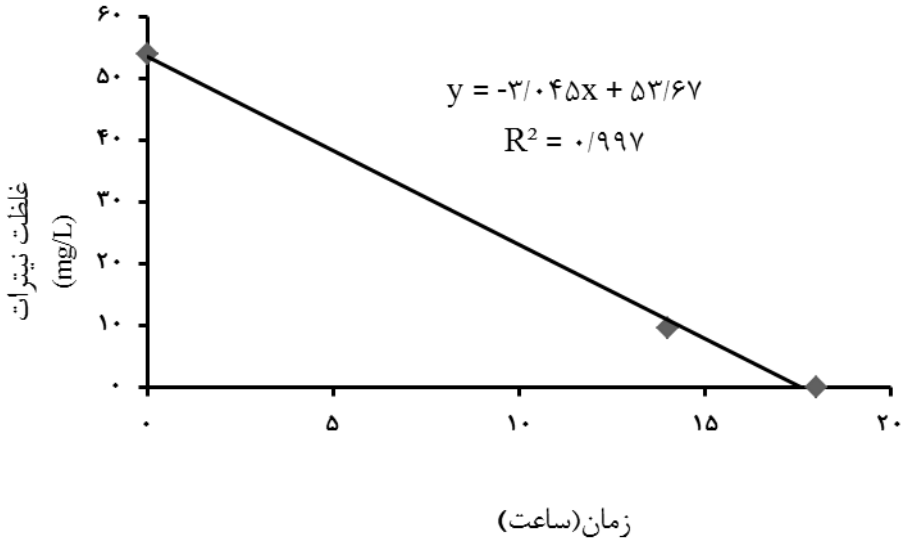
شکل‌های ۳ تا ۶، به ترتیب تغییرات غلظت نیترات در طول آزمایش‌های اول تا چهارم را نشان می‌دهد. شیب منفی نمودار در شکل ۳ که مربوط به آزمایش اول است کاهش میزان نیترات در مدت زمان آزمایش

www.SID.ir

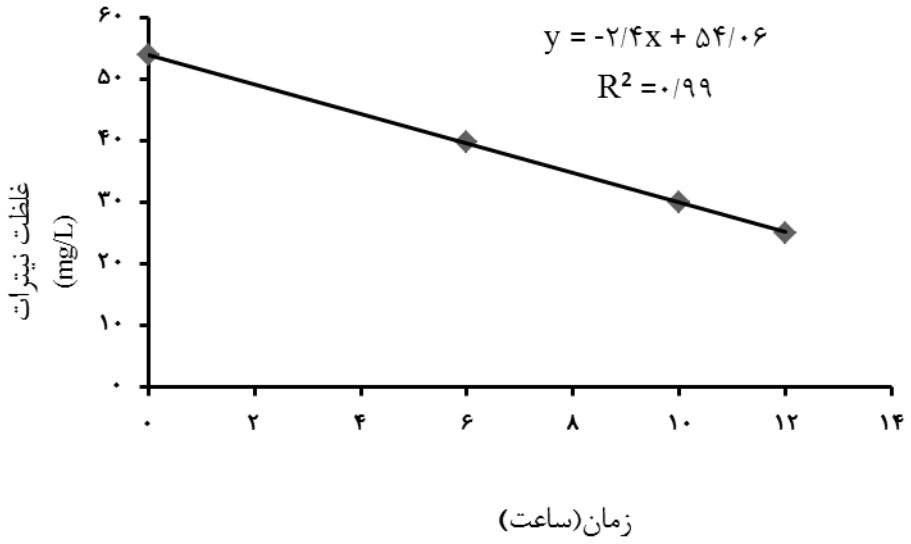
Archive of SID

را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در ۱۷ساعت پس از شروع آزمایشات بیوراکتور تمامی نیترات ورودی را تصفیه کرده است. شکل‌های ۴ و ۵ که به ترتیب مرتبط با آزمایش دوم و آزمایش سوم است نیز دارای شیبی منفی است که رابطه عکس مدت زمان با میزان نیترات ورودی را بیان می‌کند. در این دو آزمایش در ۱۲ ساعت پس از شروع آزمایش به - ترتیب ۵۴ و ۷۸ درصد از نیترات ورودی کاسته شد.

شکل ۶ نیز میزان حذف ۷۹ درصد نیترات را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل‌ها نیز مشخص است هرچه زمان بیشتری از شروع آزمایش و تزریق زهاب کشاورزی گذشته مقدار غلظت نیترات کاهش یافته است. تجزیه واریانس نیز معنی‌داربودن اثر گذشت زمان بر کاهش غلظت نیترات را در طول آزمایش تایید کرده است.



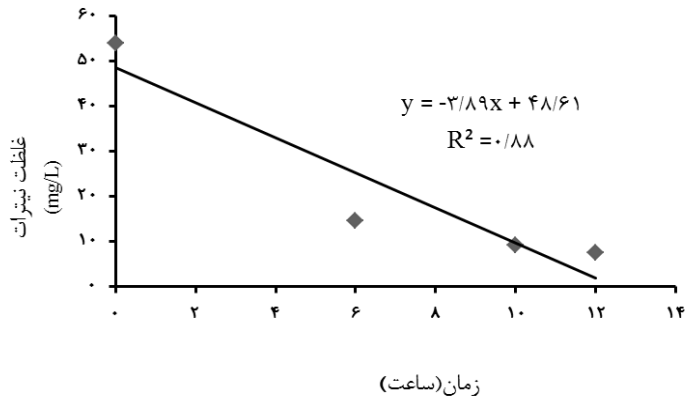
شکل ۳- تغییرات غلظت نیترات درطول آزمایش اول نسبت به زمان از شروع تزریق زهاب



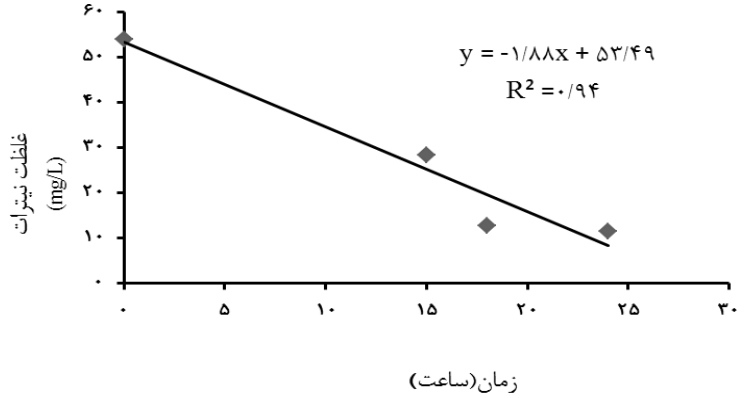
شکل ۴- تغییرات غلظت نیترات درطول آزمایش دوم نسبت به زمان از شروع تزریق زهاب

www.SID.ir

Archive of SID

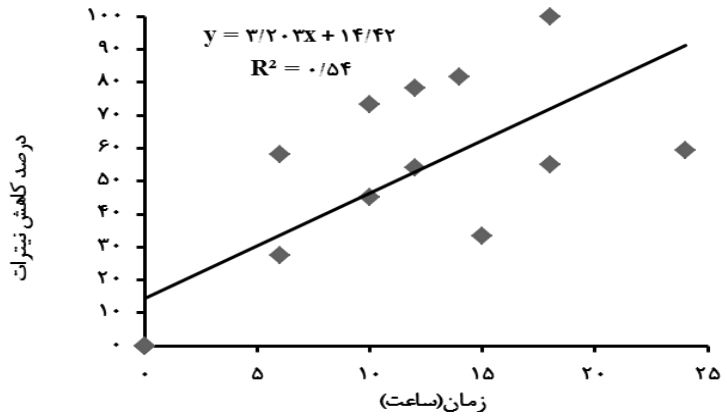


شکل ۵- تغییرات غلظت نیترات درطول آزمایش سوم نسبت به زمان از شروع تزریق زهاب



شکل ۶- تغییرات غلظت نیترات درطول آزمایش چهارم نسبت به زمان از شروع تزریق زهاب

برای بررسی عملکرد بیوراکتور با محاسبه درصد حذف آلاینده‌های مورد نظر در هر آزمایش تاثیر غلظت اولیه حذف شد در این آزمایش حداقل ۵۴ درصد و حداکثر ۱۰۰ درصد نیترات تزریق شده به زهاب به وسیله بیوراکتور تصفیه شد.

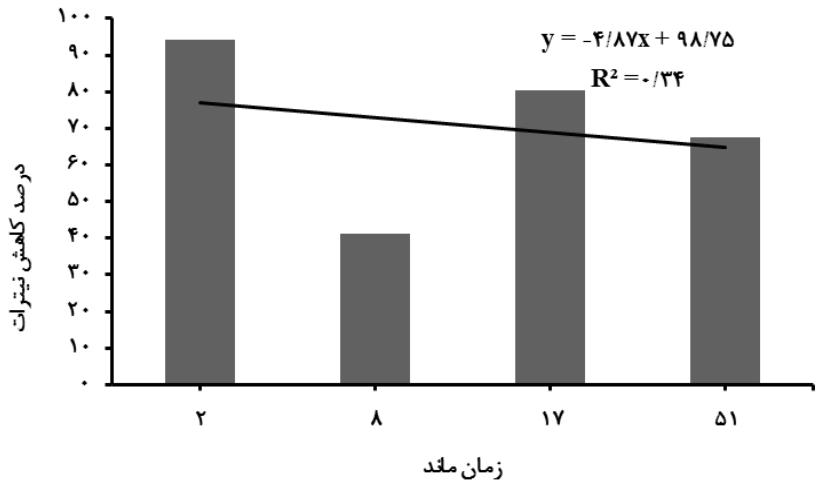


شکل ۷-درصد کاهش غلظت نیترات در طول آزمایش‌ها (محور افقی ساعت‌های نمونه‌برداری در هر تکرار از شروع تزریق زهاب است)

www.SID.ir

Archive of SID

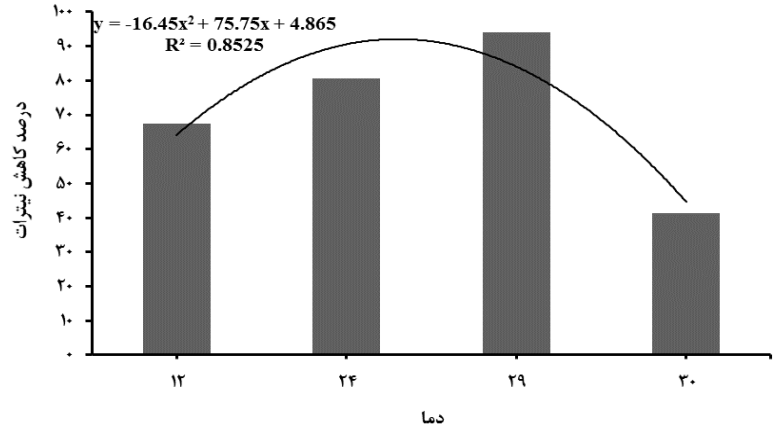
برای بررسی زمان‌ماند کاه و کلش گندم در تصفیه زهاب حاوی NO_3 از آزمون Tزوجی (Paired-Samples T Test)یا آزمونT وابسته یک بار روی نتایج نمونه برداری ها و در مرحله بعد روی همان نتایج بدون در نظر گرفتن غلظت اولیه در هر آزمایش انجام شد. مقدار sig در آزمون t برای نتایج نمونه‌برداری برابر مقادیر۰/۳۰۴، ۰/۳۸۴ و ۰/۷۳۸ بیانگر آن است که نتایج در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نیست. نتایج کلی از مقدار sig آزمون t بیان می‌کند که زمان‌ماند کاه و کلش‌گندم تفاوتی در توانایی آن در حذف نیترات ایجاد نمی‌شود و یا این تفاوت بسیار ناچیز خواهد بود. برای بررسی بیشتر از آزمون تحلیل واریانس نیز استفاده شد. نتایج آزمون‌لون (Leven's Test) حاکی از آن است که واریانس درون‌گروهی تفاوت معناداری با یکدیگر ندارد لذا استفاده از آزمون تحلیل واریانس مجاز است. نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس(جدول آنووا) نیز با مقدار معناداری ۰/۴۳۲ و مقدار آماره F برابر ۰/۹۸۶ نتایج حاصل از آزمون t انجام شده را تایید می‌کند. با توجه به نمودار ۸ که مربوط به داده‌های ۲۴ ساعت پس از آزمایش هستند نیز می‌توان گفت افزایش زمان‌ماند بر روی کاهش درصد نیترات اثرگذار نبوده است. به منظور اطمینان از این مسئله آزمون کوواریانس و واریانس برروی داده‌ها انجام شدکه بیانگر تاثیر نداشتن طول زمان‌ماندبر روی کاهش درصد نیترات هستند. به‌طور کلی کاه و کلش در زمان‌ماند ۵۱ روز هیچ تفاوت قابل مشاهده‌ای در تصفیه نیترات نداشته است. دما همواره بر سرعت و شدت فرآیندهای شیمیایی اثرگذار است. با توجه به شکل ۹ دمای ۱۲ و ۳۰ درجه نتایج نامطلوب‌تری از نظر میانگین درصد کاهش نیترات دارد. نتایج نشان می‌دهد بهترین دما که بیشترین درصد کاهش نیترات در آن دیده می‌شود در بازه ۲۴ تا ۲۹ درجه سانتی-گراد است.



شکل۸- درصد کاهش غلظت نیترات با زمان‌ماند بیوراکتور در۲۴ ساعت بعد از شروع تزریق زهاب (محور افقی روزهایی که تزریق زهاب صورت گرفته است)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹ -تغییرات درصد کاهش نیترات نسبت میانگین به دما (محور افقی نمودار مقادیر میانگین دما است. دمای ۳۰،۲۹،۲۴،۱۲درجه سانتی‌گراد مربوط به دمای میانگین در طول آزمایش‌های چهارم، سوم، اول و دوم است.)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

برای بررسی تاثیر و عملکرد بیوراکتور در محیط آزمایشگاهی، چهار آزمایش در مدت ۵۱ روز انجام شد. آزمایش‌ها شامل اندازه‌گیری نیترات زهاب حاصل از بیوراکتور با استفاده از دستگاه فتومتر و همچنین به طور همزمان دما نیز با استفاده از دماسنج اندازه‌گیری شد. با توجه به آزمون‌های آماری انجام شده بر روی هریک از آزمایش‌ها به طور جداگانه برای حذف نیترات این نتیجه حاصل شد که با گذشت زمان از میزان غلظت اولیه نیترات کاسته می‌شود. هرچه زمان از ابتدای آزمایش بگذرد میزان درصد کاهش نیترات افزایش می‌یابد. نکته مورد نظر شیب کاهش کم در شش ساعت اولیه از گذشت آزمایش است. همچنین حداقل و حداکثر زمان توصیه شده توسط Addy و همکاران (۲۰۱۶) برای ماند زهاب با توجه به فعل و انفعالات درون محیط بی‌هوازی بیوراکتور ۶ و ۲۴ساعت است که در تمام این آزمایش‌ها رعایت شده است). مسئله بعدی که مورد توجه است تغییر اثر کاه و کلش گندم در تصفیه زهاب پس از گذشت زمان است. به نقل از دانشگاه پُردو و دانشگاه ایالتی داکوتای جنوبی طول عمر بیوراکتوردر بهترین حالت ۲۰ سال ذکر شده بود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در مدت ۵۱ روز هیچ تغییری بر روی کارایی کاه‌وکلش‌گندم ایجاد نشده است. عملکرد بیوراکتور در حذف نیترات در آزمایش اول ۱۰۰٪ نیترات، در آزمایش دوم ۵۴٪ نیترات، در آزمایش سوم ۷۸ درصد نیترات و در آزمایش چهارم ۷۹ درصد نیترات تزریق شده به زهاب به وسیله بیوراکتور تصفیه شد. نتایج کلی حاصل بیان می‌کند که بیوراکتور در طول۶ الی ۲۴ ساعت حداقل ۵۴ درصد و حداکثر ۱۰۰ درصد از نیترات ورودی را کاهش داده است. Grenan و همکاران (۲۰۰۶) با ترکیب خاک و پوشال جو به عنوان فیلتر۸۷/۵ درصد از نیترات را کاهش دادند. نتایج بیوراکتور کاه‌وکلش گندم نتایج Greenan و همکاران را تایید می‌کند. تنها عاملی که ممکن است باعث تغییر در نتایج بیوراکتور کاه‌وکلش گندم ایجاد کند زمان ماند است که در آزمایش Greenan طولانی‌تر است. Hashemi و همکاران (۲۰۱۱) با قراردادن خاک و باگاس نیشکر به عنوان فیلتر در کنار لوله‌های زهکش بیش از۵۰ درصد (۶۲/۵ درصد) نیترات ورودی را کاهش دادند. در این آزمایش به طور خالص

www.SID.ir

Archive of SID

از کاه‌وکلش‌گندم استفاده شده در صورتی که زهاب‌ها از خاک عبور داده می‌شد نتایج متفاوتی داشت با این وجود می‌توان گفت کاه‌وکلش‌گندم توانایی بیشتری در کاهش نیترات دارد. در مطالعه‌ای که Jaynes و همکاران (۲۰۱۶) برروی پنج بیوراکتور در ایالت آیووا انجام دادند نتایج نشان داد که بیوراکتورها بین ۵۰ تا ۸۰ درصد نیترات سالانه را کاهش می‌دهند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. موسسه تحقیقاتی دانشگاه داکوتا (۲۰۱۵) در آزمایش مشابه‌ای که درسال ۲۰۱۵ آغاز شد و در سال ۲۰۱۶ پایان یافت، میزان کاهش نیترات توسط بیوراکتور را حداقل ۳۰ و حداکثر ۷۰ درصد گزارش کرده است که با نتایج مطالعه انجام شده حاضر هم‌خوانی مناسبی دارد هر چند که نتایج تحقیق حاضر به مراتب بهتر از نتایج دانشگاه داکوتا است. با توجه به بررسی‌های Grenan و همکاران (۲۰۰۶) ، Hashemi و همکاران (۲۰۱۱)، Jaynes و همکاران (۲۰۱۶) و موسسه تحقیقاتی دانشگاه آیووا (۲۰۱۶) می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد بیوراکتور در حذف نیترات ورودی در ۶ الی ۲۴ ساعت رضایت بخش است. همچنین دما در واکنش‌ها و فعالیت میکروارگانیسم‌ها اثرگذار است. Feirisen و همکاران (۲۰۱۶) این پرسش را مطرح کردند که آیا در هوای سرد اوایل بهار نیز بیوراکتورها ازکارآیی لازم برای تلفات نیتروژن برخوردارند؟ آن‌هابررسی خود را بر روی چند بستر مختلف به مدت پنج ماه انجام دادند، آزمایش در دو دمای ۱/۵ و ۱۵/۵ درجه‌سانتی‌گراد انجام شد. تلفات نیترات در دمای ۱۵/۵درجه‌سانتی‌گراد بین ۳۵ تا ۱/۴ گرم نیتروژن بر متر مکعب بر روز و در دمای ۱/۵ درجه سانتی‌گراد بین ۷/۴ تا ۱/۶ گرم نیتروژن بر متر مکعب بر روز بود. در هر دوی این دماها میزان کربن بازگشتی و اکسید نیتروژن رها شده بیشتر شده و می‌توان گفت از نظر زیست محیطی مناسب نیست. برای دیدن و مقایسه کارآیی تلفات نیتروژن در دو دما، نسبت اکسید نیتروژن به نیتروژن تلف شده محاسبه شد. این نسبت همواره در دمای پایین بیشتر از دمای بالا بود. با توجه به شکل ۹ دماهای کمتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد در میزان کاهش نیترات اثر منفی داشته است که نتایج Feirisen و همکاران را در ارتباط با دمای پایین را تایید می‌کند اما دمای مناسب بین ۲۴ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است که نتایج Feirisen و همکاران را در ارتباط با مناسب بودن دمای ۱/۵ الی ۱۵ درجه را نقض می‌کند. در بررسی Addy و همکاران (۲۰۱۶) که بر روی ۵۷ بیوراکتور در ۲۶ پژوهش انجام شد دمای بستر نیز نقش بسیار زیادی در خارج کردن نیترات دارد. در شرایطی که مقدار دما کم‌تر از ۶ درجه باشد، لازم است سطح بستر بیشتری را در طراحی در نظرگرفت. و بالعکس دمای بالاتر از ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد باشد بستر کوچکتری در نظر گرفته شود. با توجه به بستر کم در آزمایش اخیر دمایی که نتایج قابل قبول‌تری را در بر دارد باید بالای ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد باشد که متوسط دما در چهار آزمایش ۱۲ الی ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. در دمای ۱۲ درجه همانطور که پیش‌بینی می‌شد عملکرد بیوراکتور کاهش پیدا کرد که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. به طور کلی نتایج نشان داد که بیوراکتور با بستر کاه‌وکلش گندم توانایی بالایی در کاهش نیترات دارد. به طوری که با گذشت هشت روز از تزریق اولیه در مرحله اصلی در مدت ۲۴ ساعت بیوراکتور توانست ۵۴ درصد از نیترات ورودی را کاهش دهد. استفاده از بیوراکتور با بستر کاه‌وکلش

www.SID.ir

Archive of SID

برای تصفیه زهاب‌ها به ویژه در منطقه قزوین در مزارع پایین دست یک راه حل عملی برای کاهش نیترات خواهد بود. با توجه به عملکرد بالای بیوراکتورها استفاده از این شیوه به عنوان راه حل مکمل برای تصفیه فاضلاب‌های آلوده به نیترات پیشنهاد می‌شود. با توجه به تمامی نتایج حاصل می‌توان استفاده و بررسی‌های بیشتر در ارتباط با حذف دیگر عناصر را نیز در محیط آزمایشگاهی توصیه نمود. همچنین انجام تمام این بررسی‌ها در محیط واقعی نیز می‌تواند نتایج بیشتری را در خصوص بیوراکتورها در اختیار ما قرار دهند.

References

Addy, K., Gold, A. J., Christianson, L. E., David, M. B., Schipper, L. A., & Ratigan, N. A. (2016). Denitrifying Bioreactors for Nitrate Removal: A Meta-Analysis. Journal of Environment Quality, 45(3). https://doi.org/10.2134/jeq2015.07.0399.

Ahmadvand, M., Soltani, J., Hashemi, A., & Veravipur, M. (2018). Effect of Biochar Application on the Efficiency of Nitrate Removal Bioreactors from Groundwater Drainage. Natural Environment, Natural Resources of Iran, 1(71): 1–10.

Akram, M. (2016). Controlled drainage. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage.

Ansari, S., Heydarpour, M., & Mousavi, S. F. (2016). Effect of Barley Straw as an Organic Filter to Reduce Drainage Water Nitrate. Iranian Water Research Journal, 1(10): 96–87.

Bafkar, A., & Babeli. N., (2019). Investigation of Nitrate Removal from Aqueous Solution by Egg Shell Nanostructure Adsorbent. journal of evironment and water engineering, 5(2): 103–13.

Camargo, J., & Alonso, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems. A global assessment. J. Environ. Int, 32:831-849

Chang, H., Yang, X., & Fang, H. (2009). In situ nitrogen removal from the eutrophic water by microbial plant intergrated system. J.Zhej. Univ. Sei. 17:521-531.

Dixit, R., Malaviya, D., Pandiyan, K., Singh, U. B., Sahu, A., Shukla, R., & Paul, D. (2015). Bioremediation of Heavy Metals from Soil and Aquatic Environment: An Overview of Principles and Criteria of Fundamental Processes, 2189–2212. https://doi.org/10.3390/su7022189.

Ranjkesh, D., Navabiani, M., Biglooyi, M.H. & EsmailiVaraki, M. (2015). Investigating the Effect of Controlled Drainage Management of Rice Peel on Nitrate and Drainage Nitrite in Conditions Similar to Paddy Fields. ijswr 46: 273–82.

Eslami, A., & Nemati, R. (2015). Removal of Heavy metal from aqueous environments using Bioremediation technology_review. Journal of Health in the Field, 2(3), 43–51.

Greenan, C. M., Moorman, T. B., Kaspar, T. C., Parkin, T. B., & Jaynes, D. B. (2006). Comparing Carbon Substrates for Denitrification of Subsurface Drainage Water, (3), 824–829. https://doi.org/10.2134/jeq2005.0247.

Hashemi, S.E., Heidarpour, M., & Mostafazade, B. (2011). Assessment of nitrate reduction in two different usage of biofilters in underground drainage systems, Journal of irrigation science and engineering, 34(2):71 – 81. In Persian.

Hashemi, S.E., and Shirvani, M., Heidarpour, M., Mostafazade, B., Madani, A., Mousavi, S.F., & Gheysari, M. (2010). Nitrate Removal of Drainage Water with Barly Straw as Bioreactor Filter. In 9th International Drainage Symposium Held Jointly with CIGR and CSBE/SCGAB Proceedings,.

Hashemi, S.E., Heidarpour, M., & Mostafazade, B. (2011). Investigation of Nitrate Removal Rate in Two Modes of Biological Filtering in Underground Systems. Engineering and Irrigation Sciences (Scientific Journal of Agriculture, (2).

www.SID.ir

Archive of SID

Hassanpour, B., et al. (2017). Seasonal Performance of Denitrifying Bioreactors in the Northeastern United States: Field Trials, Journal of Environmental Management, 202.

Hosseini, s. M. H., & Razavi, A. (2014). A handbook for integrated water Resources management in basins.

Jaynes, D.B., & James, D.E. (2016). The extent of farm drainage in the United States. http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/50301500/TheExtentofFarmDrainageintheUnitedStates.pdf

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(2): 131-137.

Lin, Y.F., Jing, S.R., Wang, T.W., & Lee, D.Y. (2002). Effects of macrophytes and external carbon sources on nitrate removal from groundwater in constructed wetlands. J. Environ. Pollut., 119: 413-42

Moghimi, N., Naseri, A., Soltanimohamadi, A., Hashemi, S.E., (2014). Assessment using Bagasse of Sugar cane on nitrate reduction of underground drainage water. journal of irrigation sciences and engineering 39(2).

Mokarram, P., Jaberi, H., Khoshdel, Z., Miladpour, B., Ramezani, F., Fahmideh, M. A., & Movahedi, B. (2013). Comparing the atomic absorption spectrophotometery and photometery. Iranian Standardization Elements Congress of Kashan University of Medical Sciences, 16:705–706.

Sirospur, S., Parvizi, M., Parvinnia, M., & Shokralahi, A. (2018). Nitrate Removal from Urban Floods by Multiple Filters Process, water and soil conservation 1(24).

South Dakota Water research Institue. (2015). Annual Technical Report FY 2015.

Zazouli, M., et al. (2019). Study on Performance of Walnut Shells Adsorbent in Nitrate Removal from the Aqueous Solutions. journal of research in environmental health 5(2): 144–53.

www.SID.ir