Archive of SID

# بررسی عملکرد باگاس نیشکر در کاهش نیترات خروجی از زهاب زهکش‌های زیرزمینی

نیلوفر مقیمی[1*]، عبدعلی ناصری[2]، امیر سلطانی محمدی[3] و سیدابراهیم هاشمی گرم دره[4]

۱* – نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی،دانشکده مهندسی علوم آب،دانشگاه شهیدچمران اهواز

۳- استادیارگروه آبیاری و زهکشی،دانشکده علوم آب،دانشگاه شهیدچمران اهواز

۴- استادیار گروه آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۵

## چکیده

**به منظور بررسی عملکرد باگاس نیشکر در حذف نیترات از زه‌آب زهکش های زیرزمینی، تحقیقی در آزمایشگاه مدل‌های فیزیکی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز از تابستان ۱۳۹۲ تا تابستان ۱۳۹۳ انجام شد. برای انجام این آزمایش از یک مدل فیزیکی به ابعاد۴۰×۱۲۰×۱۵۰ سانتی متر که ترانشه زهکشی را شبیه سازی می‌کرد استفاده شد سی درصد حجمی باگاس با هفتاد درصدحجمی خاک ترکیب شد و به عنوان فیلتر در کنار لوله زهکش کارگذاری شد. در این مطالعه از محلول نیترات با غلظتی در حدود ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان زهاب ورودی استفاده شد. جریان ورودی از ابتدای مطالعه تا انتها به صورت پیوسته از سیستم عبور می‌کرد. در ابتدا هر دو روز یک بار و در ادامه هر چهار روز یک بار از خروجی لوله زهکش نمونه برداری شد.نمونه‌برداری از محلول ورودی و خروجی مدل زهکشی از طریق بطری‌های پلاستیکی انجام گرفت. سپس نیترات، آمونیوم، میزان اسیدیته، میزان هدایت الکتریکی نمونه های تهیه شده، تعیین گردید.نتایج نشان داد وجود باگاس نیشکر به عنوان ماده کربنی در خاک میزان نیترات را از ۱۶۰ میلی گرم درلیتر به ۶۰ میلی گرم در لیتر یعنی در حدود بیش از ۶۰ درصد کاهش داد. دراین تحقیق میزان آمونیوم به میزان خیلی ناچیز افزایش یافت. استفاده از باگاس نیشکر به عنوان فیلتر زهکشی، باعث کاهش میزان اسیدیته در زهاب خروجی شد و تأثیری بر میزان هدایت الکتریکی نداشت. نتایج مدل فیزیکی نشان داد که گرفتگی این فیلتر در این مدت نسبتاً کم بوده و فیلتر کربنی عملکرد مناسبی داشته است. در ابتدای آزمایش میزان سرعت آب خروجی بالا بودولی با گذشت زمان سرعت خروجی آب کاهش یافت. طبق تحلیل های صورت گرفته، اختلاف بین پارامتر ورودی و خروجی در سطح پنج درصد برای میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی معنادار بود.**

**کلید واژه‌ها:** باگاس نیشکر، دنیتریفیکاسیون، زهکش زیرزمینی، نیترات.

# Evaluation of Bagasse on Nitrate Reduction From Effluent Subsurface Drainage Water

N. Moghimi[1*], A. A. Naseri[2], A. Soltani Mohammadi[3] and S. E. Hashemi Garm Darreh[4]

1*-M.Sc. Student, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
2-Proffessor, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
3-Assistant Professor, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
4-Assistant Professor, Irrigation and Drainage Department, College of Aburaihan, Tehran University, Tehran, Iran.

Received:10 September 2014 Accepted:16 December 2014

## Abstract

In order to investigate the performance of sugarcane bagasse in the removal of nitrate from effluent subsurface drainage water, a study was conducted at the physical models laboratory of Water Sciences Engineering Faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz, in the summer of 2013 till the summer of 2014. A physical model with the dimensions of $40 \times 120 \times 150\ cm$, which simulated the drainage trench, was utilized in this experiment. Bagasse combined with soil

www.SID.ir

Archive of SID



by 3:7 volume ratio, the combination installed as a filter besides the drainage pipe. In this study, the influent nitrate concentration was 160 mg.$L^{-1}$. Influent nitrate flow was continues. At first, every two days, and then every four days the drainage pipe was sampled. Input and output drainage model solution sampled with plastic bottles. Then some parameters like Nitrate, $NH_4$, PH and EC measured. The presence of bagasse as a carbon material in the soil caused the amount of nitrate to reduce from 160 milligrams per liter to 60 milligrams per liter; a reduction of nearly more than 60 percent. The amount of ammonium increased very little in this study. The use of sugar cane bagasse as a filter drainage, reduces the acidity of the drainage outlet. It had no effect on the electrical conductivity. Physical model results show that the clogging of the filter in this period was relatively low and carbon filter had good performance. At first, the water output velocity was high but it decreased by time. According to analytics, the difference between input and output parameters in level of five percent were significant for acidity and electrical conductivity.

**Keywords:** Sugar cane, Bagasse, Denitrification, Subsurface drainage, Nitrate.

## مقدمه

ازت یکی از کودهای اصلی برای فعالیت‌های کشاورزی می باشد. از آنجا که این عنصر به حد کافی در خاک وجود ندارد، برای تأمین نیازگیاهان، کشاورزان مجبور به استفاده از کودهای ازته می باشند. از جمله مهم ترین آلودگی‌هایی که در اثر توسعه کشاورزی به وجود می‌آید، آلودگی ناشی از کودهای ازته از جمله نیترات است. به دلیل قابلیت حلالیت بسیار بالاو عدم نگهداشت نیترات توسط خاک، در صورت کاربرد زیاد و همچنین آبیاری بیش از حد به راحتی به خارج از ناحیه ریشه حرکت می‌کند. در صورتی که در این مناطق زهکش‌های زیرزمینی نصب گردند، نیترات شسته شده از طریق زهکش‌های زیر سطحی به آب‌های سطحی انتقال می‌یابد. از اواخر سال ۱۹۷۰، افزایش غلظت نیترات در رودخانه‌ها و جریان‌های سطحی در جهان روند رو به رشدی داشته‌است(هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱).

روش‌های مختلفی از قبیل فرآیند بیولوژیکی، فرآیند شیمیایی و فیزیکی به منظورحذف نیترات وجود دارد. با توجه به کارهای صورت گرفته در زمینه آلودگی نیترات در رودخانه‌ها، مزارع و آب‌های زیرزمینی می‌توان گفت همه‌ی این روش‌ها بعد از آلودگی آب‌های سطحی اعمال می‌شود. بنابراین می‌توان به سمت شناخت روش‌هایی رفت که قبل از آلودگی آب‌های سطحی، نیترات را کاهش دهند که قابلیت اجرا و انعطاف مدیریتی را داشته باشند. روش حذف بیولوژیکی علاوه بر اینکه می‌تواند قبل از آلودگی آب‌های سطحی، میزان نیترات را کاهش دهد، برای اجرا نیاز به هزینه کمتری دارد.

دنیتریفیکاسیون، احیای شیمیایی نیترات و نیتریت به اشکال گازی شامل اکسید نیتریک، اکسید نیترو و گاز نیتروژن است :

$$\underset{\text{نیترات}}{NO_3^-} \rightarrow \underset{\text{نیتریت}}{NO_2^-} \rightarrow \underset{\text{اکسیدنیتریک}}{NO} \rightarrow \underset{\text{اکسیدنیترو}}{N_2O} \rightarrow \underset{\text{گازنیتروژن}}{N_2}$$

ظرفیت نیتروژن از ۵ یا ۳ به ۲، ۱ یا صفر تنزل خواهد نمود.

توانایی دنیتریفیکاسیون واقعی تنها محدود به گروه به‌خصوصی از باکتری‌های بی‌هوازی می‌باشد. این باکتری ها در خلال شرایط بی‌هوازی از نیترات به جای گاز اکسیژن به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می‌نمایند و به یک منبع تجزیه‌شونده مواد آلی برای تامین کربن و الکترون نیازمند می‌باشند. بنابراین دو شرط اساسی مورد نیاز برای دنیتریفیکاسیون، محیط بی‌هوازی و منبع کربن می‌باشد. از آنجایی که این باکتری‌ها در شرایط بی‌هوازی فعالیت می‌کنند، بنابراین می‌توان از آن‌ها در محیط زهکش برای کاهش نیترات استفاده نمود (بهمنی، ۱۳۸۸).

دنیتریفیکاسیون وقتی رخ می‌دهد که اکسیژن در دسترس نباشد. در جایی که محتوای آب خاک بالاست میزان اکسیژن کمتری وجود خواهد داشت. از آنجا که فقدان اکسیژن شرایط مناسب برای احیای شیمیایی نیترات و نیتریت به اشکال گازی را فراهم می‌سازد؛ دنیتریفیکاسیون به وسیله ساختمان خاک و مقدار رطوبت خاک متأثر می‌شود، لذا تأثیر این عوامل عکس نیتریفیکاسیون است.

تاکنون مطالعات مختلفی برای حذف نیترات از زه‌آب‌های زهکشی با استفاده از فرآیند دنیتریفیکاسیون انجام و چندین راهکار دنیتریفیکاسیون برای کاهش نیترات در زهکش‌های زیرزمینی ارائه شده است. به طور مثال، هاشمی و همکاران (۱۳۹۱) برای افزایش فرآیند بیولوژیکی در خاک از پوشال جو به عنوان ماده کربنی استفاده کردند و تأثیر آن بر نیترات خروجی و آمونیوم را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه دو حالت قرارگیری این فیلتر زیستی در کنار لوله زهکش در آزمایشگاه شبیه سازی شد و عملکرد آن ها در حذف نیترات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این فیلتر کربنی توانست بیش از ۶۰ درصد از نیترات ورودی را حذف نمایند. همچنین این فیلترها پس از گذشت هشت هفته پس از شروع آزمایش توانستند بیش از ۸۵ درصد از نیترات ورودی به سیستم را حذف نمایند. شیپر و همکاران[1] (۲۰۱۰) از چوب درختان به عنوان منابع کربنی در

1- Schipper *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID



بسترهای دنیتریفیکاسیون و زهکش‌های مزرعه استفاده کردند و اعلام کردند که استفاده از منابع کربن منجر به کاهش غلظت نیترات زهاب می‌شود ویک تکنولوژی مؤثر و در عین حال کم هزینه است.

در همه این راهکارها باعبوردادن آب زهکش از میان یک محیط حذف توسط منابع کربنی (بیورآکتور) و افزایش دنیتریفیکاسیون باعث حذف نیترات از زه‌آب زهکش می شوند.

با توجه به مطالعات انجام گرفته می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از موادی که حاوی کربن قابل دسترس برای میکروب‌های دنیتریفیکاسیون می‌باشند می‌تواند در افزایش واکنش‌های دنیتریفیکاسیون موثر واقع شود. کلیه مواد گیاهی حاوی مقداری کربن می‌باشند و کربن این مواد از نظر مقدار و قابل دسترس بودن برای میکروب‌های دنیتریفیکاسیون بایکدیگر متفاوت می‌باشند. لذا باید این مواد مورد آزمایش قرار گیرند تا بهترین آن‌ها برای این منظور انتخاب گردد. همچنین این مواد می‌توانند با توجه به شرایطی از قبیل فراوانی و ارزان بودن نیز مورد مطالعه قرار گیرند. تفاله نیشکر یا باگاس ۳۴ درصد وزن ساقه نیشکر را تشکیل می‌دهد و در صنایع مختلفی همچون کاغذ سازی کاربرد دارد. در مجتمع های تولید نیشکر سالانه یک میلیون و ۲۰۰ هزار تن باگاس مازاد تولید می کنند که به علت نبود صنایع تبدیلی سوزانده می‌شوند. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر قرارگیری باگاس نیشکر به عنوان بیورآکتور در کنار لوله زهکش در حذف نیترات و همچنین تأثیر آن بر پارامترهای هیدرولیکی لوله زهکش انجام‌شده‌است.

## مواد وروش‌ها

در این تحقیق از باگاس نیشکر به عنوان ماده کربنی به منظور افزایش سرعت دنیتریفیکاسیون استفاده‌شد. ۳۰ درصد حجمی باگاس با ۷۰ درصد حجمی خاک ترکیب شد. باگاس نیشکر از کشت‌وصنعت سلمان فارسی خوزستان تهیه شد. باگاس تهیه شده ابتدا خشک گردید سپس از الک شماره ۱۰ عبورداده شد. خاک مورد استفاده از مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهیدچمران اهواز تهیه شد. سپس در معرض آفتاب قرار داده‌شد تا خشک گردد. پس از خشک شدن خاک، کلوخه‌ها و خاکدانه‌های بزرگ خاک خرد گردید و نهایتاً خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده‌شدو در داخل کیسه‌هایی به آزمایشگاه انتقال یافت. جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مربوط به خاک مورد بررسی را نشان می‌دهد.

### آماده‌سازی مدل فیزیکی

به منظور شبیه‌سازی ترانشه زهکش، از مدل فیزیکی – آزمایشگاهی زهکشی با دیواره‌های دوجداره از جنس شیشه به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و پلاکسی گلاس به ضخامت شش میلی‌متراستفاده گردید. مدل مذکور به گونه‌ای طراحی گردید که بتواند شرایط مرزی را تا حد امکان برای لوله زهکش فراهم نماید.

مدل مورد استفاده دارای ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر، طول ۱۲۰ سانتی‌متر و عرض ۴۰ سانتی‌متر بود و دیواره‌های جانبی آن به صورت دوجداره طراحی گردید. سطح ایستابی در این دیواره‌های جانبی کنترل می‌گردید و آب از طریق روزنه‌هایی که در فواصل ۱۰×۱۰سانتی‌متر و قطر شش میلی‌متر در تمامی دیواره داخلی تعبیه گردیده بودند از هر دو طرف به درون ستون خاک جریان می‌یافت تا شرایطی مشابه جریان طبیعی در داخل خاک به طرف لوله‌های زهکش را فراهم سازد. دو لوله کوچک به قطر ۱۲۵ میلی‌متر یکی در قسمت وسط دیواره روبه‌رو و دیگری درست در مقابل آن و در دیواره پشتی به منظور اتصال لوله زهکش نصب گردید. در این مطالعه از لوله زهکشی با طولی برابر با۴۰ سانتی‌متر و قطری برابر با ۱۲۵ میلی‌متر استفاده گردید. محل قرارگیری لوله زهکش در فاصله ۳۵ سانتی‌متری از کف مدل قرار داشت. مشخصات و شمای فیزیکی مدل در شکل (۱) نشان داده شده‌است.

به منظور بررسی تغییرات سطح ایستابی آب در فواصل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری از لوله زهکش و در راستای افقی لوله زهکش، تعداد شش لوله پیزومتر نصب گردید. لوله‌های پیزومتر در داخل ستون از جنس آلومینیوم و به قطر ۱۰ میلی‌متر بودند که به صورت افقی تا وسط ستون ادامه داشتند و در بیرون از مدل برای مشاهده سطح پیزومتری، از لوله‌های شفاف که به صورت عمودی به دیواره جلوی ستون متصل بودند،استفاده گردید. یک مخزن ۱۰۰۰ لیتری در ارتفاع سه متری از مخزن قرار داده‌شد. یک شیر آب در پایین مخزن تعبیه شده‌بود. به منظور کنترل سطح ایستابی در دیواره‌های جانبی، از یک شناور استفاده گردید تا سطح آب همیشه در ارتفاع ثابتی نگه داشته شود. به این صورت که آب از مخزن وارد دیواره جانبی می‌شد و زمانی‌که آب در دیواره‌های جانبی به ارتفاع مورد نظرمی‌رسید شناور جریان آب را قطع می‌کرد و جریان آب ورودی به دیواره از بین می‌رفت. همچنین یک خروجی در کف این دیواره‌ها تعبیه شده بود تا در مواقع لزوم بتوان آب را توسط آن‌ها از پایین دیواره‌ها خارج کرد.

### آماده‌سازی محلول و اندازه‌گیری‌ها

با حل کردن مقدار مشخصی نیترات پتاسیم (FW=101.1) ($KNO_3$) در آب محلولی با غلظت ۱۶۰ میلی گرم بر لیتر نیترات تهیه گردید. جریان ورودی از ابتدای مطالعه تا انتها به صورت پیوسته از سیستم عبورمی کرد.

نمونه‌برداری از محلول ورودی و خروجی مدل زهکشی از طریق بطری‌های پلاستیکی ۸۰ میلی‌گرمی هرچندروز یک بار انجام می‌گرفت. در ابتدا هر دو روز یک بار و در ادامه هر چهار روز یکبار از خروجی لوله زهکش نمونه برداری شد. از این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری غلظت نیترات، آمونیوم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم،

www.SID.ir

Archive of SID



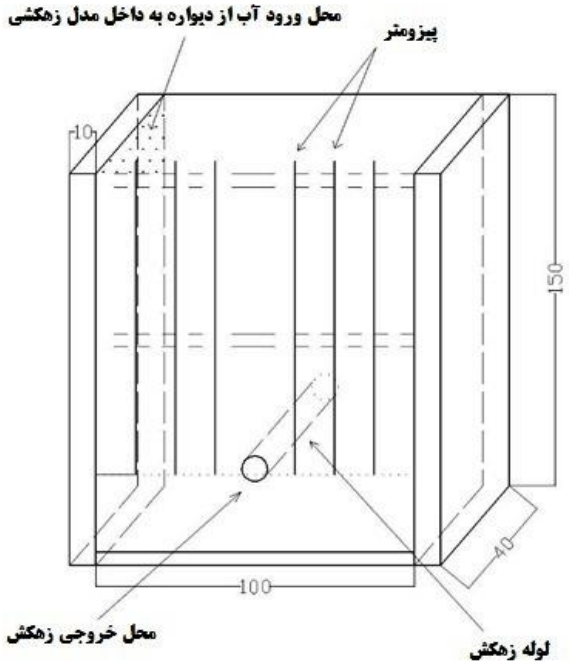
میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی استفاده می‌شد. در هر بار نمونه‌برداری، مدت زمان پرشدن یک ظرف با حجم مشخص برای تعیین دبی خروجی اندازه‌گیری می‌شد. همچنین به‌منظور بررسی تغییرات سطح ایستابی آب، در هر بار نمونه‌برداری ارتفاع سطح آب درون هر شش پیزومتر قرائت می‌گردید. برای اندازه‌گیری نیترات از دستگاه اسپکتوفتومتر مدل DR 5000hack استفاده شد. طول دوره داده برداری شصت روز طول کشید.

**تجزیه و تحلیل آماری**

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گردید. داده‌ها به‌وسیله آزمون T زوجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در آزمون T زوجی، زوج‌ها به صورت ورودی و خروجی از مدل زهکشی تعریف شدند.

**جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک**

| خصوصیات | مقدار |
|---|---|
| شن(درصد) | ۷۴ |
| رس(درصد) | ۱۸ |
| سیلت(درصد) | ۸ |
| بافت خاک | لوم شنی |
| pH | ۴/۷ |
| $EC_e$ (dS/m) | ۵/۰۹ |
| نیتروژن کل (درصد) | ۰/۰۴۶ |
| ماده آلی (درصد) | ۰/۶۱ |
| کربن آلی (درصد) | ۰/۳۵ |
| $CaCo_3$ (%) | ۵۵ |
| $CaSo_4$(%) | ۲/۹۲ |
| Ca(mg/lit) | ۱۶ |
| Mg(mg/lit) | ۱۲ |
| Na(mg/lit) | ۲۲/۱ |
| K(mg/lit) | ۰/۸ |

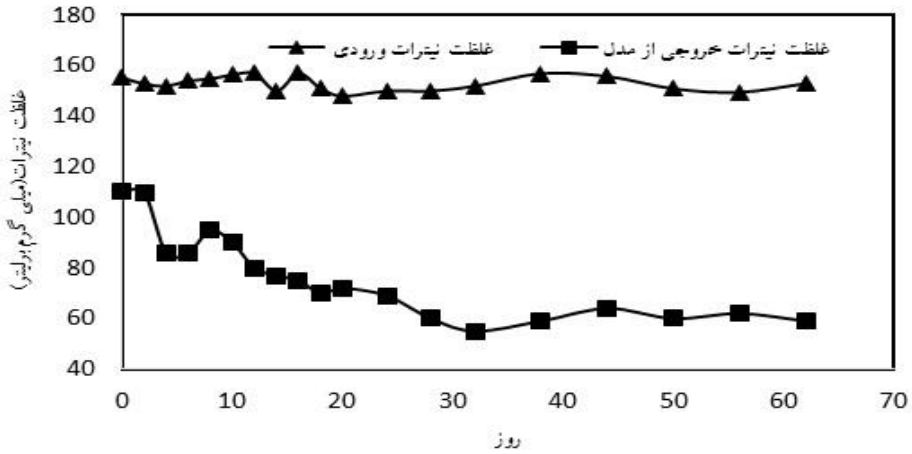



**شکل ۱- نمای کلی مدل فیزیکی زهکش**

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۲- تغییرات غلظت نیترات ورودی و خروجی در مدل زهکشی**

## نتایج و بحث

### بررسی غلظت نیترات اندازه‌گیری شده

شکل (۲) تغییرات غلظت نیترات خروجی در مدل زهکشی را طی نه هفته آزمایش نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می شود، غلظت نیترات زهاب نسبت به زمان روند کاهشی داشته‌است. غلظت نیترات ورودی به مدل زهکشی در طول نه هفته آزمایش تقریباً ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر است. در روز آخر نمونه برداری غلظت نیترات محلول خروجی ۵۹ میلی‌گرم در لیتر اندازه گیری شد. بیشترین میزان حذف مربوط به روز سی و دوم که میزان آن حدود ۶۵ درصد بود و کمترین مقدار حذف مربوط به روز اول نمونه‌برداری به میزان حدود ۳۰ درصد تعیین شد. کاهش ۳۰ درصدی نیترات در روز اول علاوه بر تأثیر وجود ماده کربنی در کنار لوله زهکش، ممکن است دلایل دیگری از قبیل جذب سطحی نیز داشته باشد. علاوه براین باید توجه داشت که خاک به‌تنهایی می‌تواند تا حدود ۳۰ درصد از نیترات را به روش دنیتریفیکاسیون و یا جذب از محیط حذف نماید. با گذشت زمان، این میزان کاهش نیترات افزایش یافت. در روز سی و دوم از شروع آزمایش میزان نیترات خروجی از مدل زهکشی به ۵۵ میلی‌گرم در لیتر رسید. در این روز بیش‌ترین کاهش غلظت نیترات اتفاق افتاد. در روزهای بعدی نیز نیترات کاهش یافت. در سی روز دوم آزمایش غلظت محلول خروجی از مدل زهکشی تقریباً ثابت ماند وتا آخرین روز نمونه برداری غلظت نیترات محلول خروجی ۵۹ میلی‌گرم در لیتر بود.

در روزهای اولیه آزمایش به دلیل اینکه مدت زیادی از شروع آزمایش نمی‌گذرد میزان حذف نیترات کمتر از روزهای دیگر است. با شروع آزمایش و با ایجاد محیط غیراشباع فعالیت میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی بخصوص باکتری‌های هتروتروف بیش‌تر می‌گردد. باتوجه به وجود کربن مناسب در خاک سرعت رشد و فعالیت این نوع باکتری‌ها به شدت افزایش می‌یابد. این باکتری‌هاعمل دنیتریفیکاسیون را برای کسب انرژی انجام می دهند و چون میزان اکسیژن از یک حد آستانه کمتر می‌گردد سنتز آنزیم‌های دنیتریفیکاتور برای احیای نیترات‌ها آغاز می‌گردد. در شرایط کمبود اکسیژن این باکتری‌ها اکسیژن مورد نیاز خود را از نیترات موجود در آب تأمین می‌نمایند و نیترات را به گازهای ازته شامل NO، $N_2O$ و $N_2$ احیا می‌نمایند.

نتایج این مطالعه نشان داد که باگاس نیشکر می‌تواند ماده کربنی مناسب برای کاهش نیترات باشد. باگاس نیشکر یکی از مواد کربنی است که به وفور و با قیمت ارزان در خوزستان در دسترس می‌باشد و در همه‌ی واحدهای کشت و صنعت نیشکر به دلیل نبودن صنایع تبدیلی سوزانده می‌شود.

نتایج به دست آمده از پژوهش محققانی همچون هاشمی و همکاران(۱۳۹۱)، انصاری و همکاران(۱۳۹۲)، بلووس و همکاران[1] (۱۹۹۴)، شیپرو و کویچ[2] (۱۹۹۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱)، هرناندز و گیرارو[3] (۲۰۰۸) و... مؤید نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشد.

نتایج آزمون T-test زوجی برای نیترات اندازه‌گیری‌شده ورودی و خروجی در جدول (۲) ارائه شده‌است. همان‌طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر باصفر است. معیار تصمیم کمتر از پنج درصد است که می‌توان فرض برابری میانگین‌ها رارد کرد. به‌عبارتی می‌توان گفت باگاس نیشکر به عنوان فیلتر آلی در حذف نیترات مؤثر بوده‌است زیرا اختلاف معنی دار بین غلظت نیترات قبل از ورود به مدل زهکشی و بعد از آن وجود دارد.

### دبی آب خروجی

شکل(۳) تغییرات سرعت خروج آب از مدل زهکشی را در طول دوره آزمایش نشان می‌دهد. مطابق این شکل در ابتدای آزمایش میزان سرعت آب خروجی بالا بوده ولی با گذشت زمان سرعت

1- Blowes *et al.*
2- Schipper and Vojvodic-Vukovic
3- Hernandez and Guerrero

www.SID.ir

Archive of SID

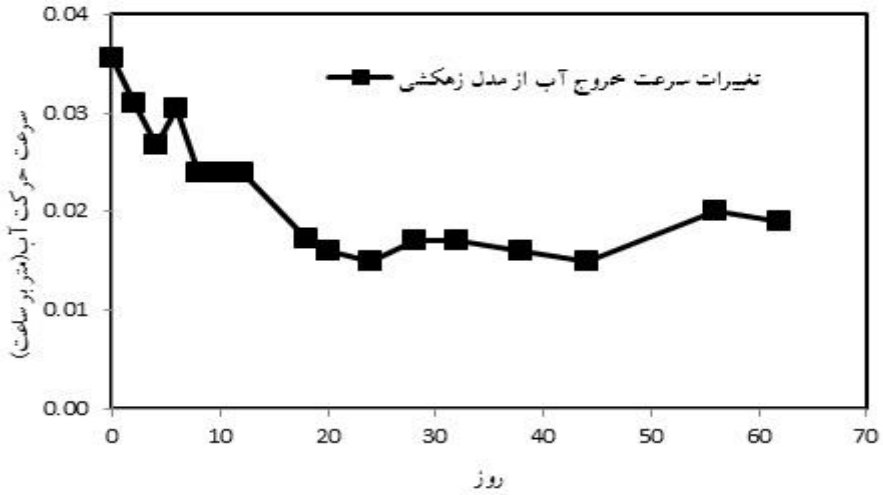


خروجی آب کاهش یافته است. سرعت بالا در اول بهره‌برداری ممکن است نشان‌دهنده این باشد که آب از بین لایه‌های کوبیده‌شده به سمت خروجی حرکت داشته‌است. تنهامسیر حرکت آب به سمت خروجی از میان لایه‌های کوبیده‌شده می‌باشد که این مسیرها پس از گذشت چند روز از شروع آزمایش و نشست خاک بسته می شوند و سرعت آب کاهش می‌یابد. شدت جریان آب در محیط خاک و فیلترهای کربنی یکی از عوامل مهم در تعیین مقدار نیترات حذف شده می‌باشد.

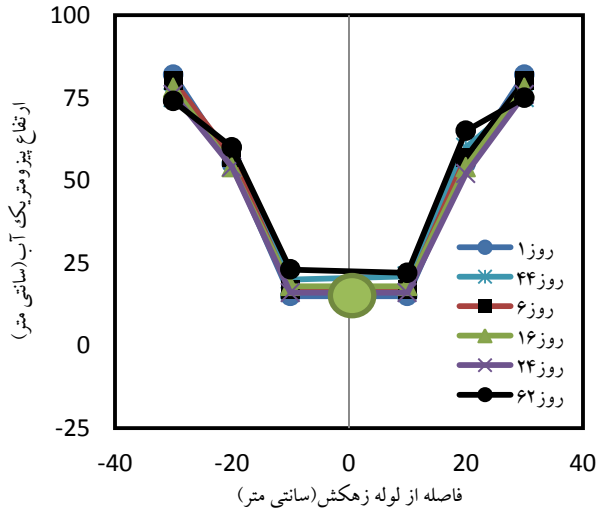
عملکرد لوله‌های شبکه‌زهکش رامی‌توان از طریق اندازه‌گیری سطح ایستابی کنترل نمود. به منظور بررسی مقاومت هیدرولیکی فیلتر کربنی نصب شده برای ورود آب به لوله زهکش از پیزومترهایی که در فواصل مختلف از لوله زهکش نصب شده بودند استفاده گردید. ارتفاع آب در پیزومترها در هر نمونه‌برداری قرائت می‌گردید. مطابق شکل (۴) تغییرات بار آبی پیزومترها در دو طرف لوله زهکش در طول زمان تقریباً به‌صورت یکسان می‌باشد. نتایج مدل فیزیکی نشان داد که گرفتگی این فیلتر در این مدت نسبتاً کم بوده و فیلتر کربنی عملکرد مناسبی داشته است.

**جدول ۲- نتایج آزمون T-test زوجی برای نیترات اندازه‌گیری شده ورودی و خروجی مدل زهکشی**

| میانگین زوج | انحراف معیار زوج | خطای استاندارد میانگین | اختلافات زوج شده | | آماره | درجه آزادی | معیار تصمیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | فاصله اطمینان | | | | |
| | | | کران بالا | کران پایین | | | |
| ۷۷/۲۵ | ۱۶/۰۹ | ۳/۶۹ | ۸۵/۰۱۷ | ۶۹/۴۹ | ۲۰/۹۱ | ۱۸ | ۰/۰۰۰ |




**شکل ۳- تغییرات سرعت خروج آب از مدل زهکشی در طول دوره آزمایش**

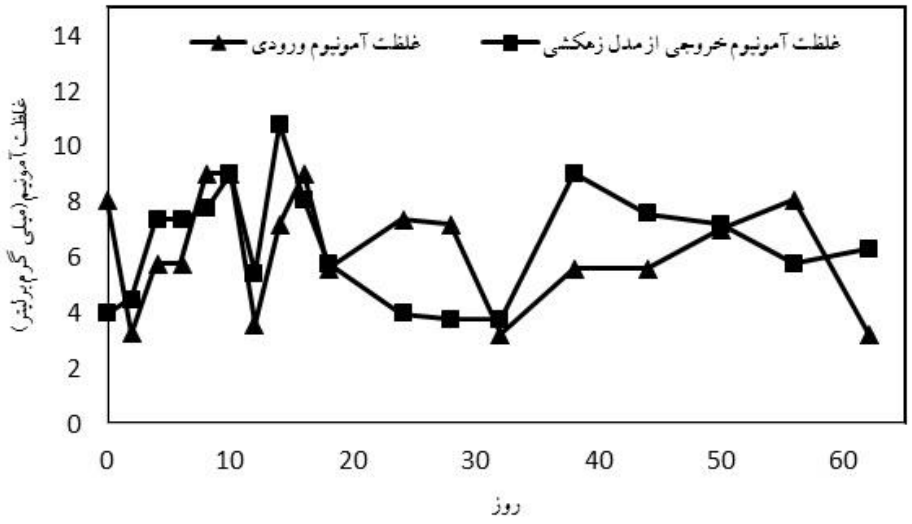



www.SID.ir

Archive of SID



**شکل٤ - تغییرات ارتفاع آب پیزومترهای نصب‌شده در مدل زهکشی در طول آزمایش**




**شکل ٥- تغییرات غلظت آمونیوم ورودی و خروجی در مدل زهکشی در طول آزمایش**

**بررسی غلظت آمونیوم اندازه‌گیری شده**

شکل(۵) تغییرات غلظت آمونیوم محلول ورودی و خروجی در مدل زهکشی را در کل دوره آزمایش نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است، غلظت آمونیوم زهاب خروجی از مدل زهکشی در طول آزمایش به مقدار ناچیزی افزایش یافت.البته این روند در طول آزمایش ثابت نبود و در برخی از نمونه‌ها، میزان آمونیوم محلول کاهش یافت. نتایج به‌دست آمده با نتایج مطالعات هاشمی و همکاران(۲۰۱۱)، بدسم و همکاران[1] (۲۰۰۵) و رابرتسون و همکاران[2] (۲۰۰۰) مطابقت دارد. این محققان نیز با استفاده از مواد کربنی دیگری که به عنوان فیلترهای زیستی استفاده نمودند نشان دادند که میزان غلظت آمونیوم در زهاب خروجی به مقدار کمی افزایش می‌یابد. به‌طور کلی در محیط‌های بی‌هوازی ممکن است برای نیترات سه حالت اتفاق رخ دهد : در اثر فرآیند اسیمیلیشن[3] به نیتروژن آلی تبدیل گردد، در اثر فرآیند دسیمیلیشن[4] به آمونیوم تبدیل گردد و در اثر فرآیند دنیتریفیکاسیون به صورت گاز از محیط خارج گردد. به این‌ترتیب احتمالاً در طی حرکت محلول دارای غلظت بالای نیترات از محیط مقداری آمونیوم نیز تولید گردیده‌است. لذا می‌توان بیان کرد که استفاده از باگاس نیشکر باعث افزایش آمونیوم در خروجی به میزان کم می‌گردد(هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج آزمون T-test زوجی برای آمونیوم اندازه‌گیری شده در جدول (۳) ارائه شده‌است. همان‌طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر با ۰/۳۰۲ است. معیار تصمیم بزرگ تر از پنج درصد است؛ بنابراین فرض برابری میانگین‌ها پابرجاست. در واقع اختلاف معنی‌دار بین میزان آمونیوم ورودی و خروجی مدل زهکشی وجود ندارد.

**بررسی میزان اسیدیته اندازه‌گیری‌شده**

شکل(۶) تغییرات میزان اسیدیته محلول ورودی و خروجی در مدل زهکشی در کل دوره آزمایش را نشان می‌دهد. میزان اسیدیته آب زهکشی خروجی در طول زمان روند کاهشی نسبت به میزان اسیدیته زهاب ورودی به مدل زهکشی دارد.میزان اسیدیته خروجی برای همه نمونه ها کمتر از میزان ورودی آن بود. مقادیر آن بین ۶/۵ تا ۷/۰۹ نوسان داشت. میزان اسیدیته در زهاب ورودی به مدل فیریکی بین ۷/۰۸ تا ۷/۷۵ بود. هرچند میزان اسیدیته درطول زمان نوسان داشت اما در تمامی موارد از تغییرات آن در ورودی تبعیت می نمود.

هرناندز و گیرارو (۲۰۰۸) طی تحقیقات خود در رابطه با کاربرد پوست درخت کاج و الیاف نارگیل به عنوان ماده آلی برای تشدیدحذف آلودگی یونی به خصوص نیترات از آب زهکشی بیان کردند که میزان تغییرات اسیدیته آب زهکشی از شرایط منظمی پیروی نکرده است.

عدم تطابق نتایج به‌دست‌آمده با نتایج سایر محققین احتمال دارد به خاطر تفاوت در نوع بافت خاک، نوع ماده کربنی به کارگرفته‌شده و عوامل محیطی باشد.

1-Bedessem *et al.*
2-Robertson *et al.*
3-Assimilatio.
4-Dessimilatio

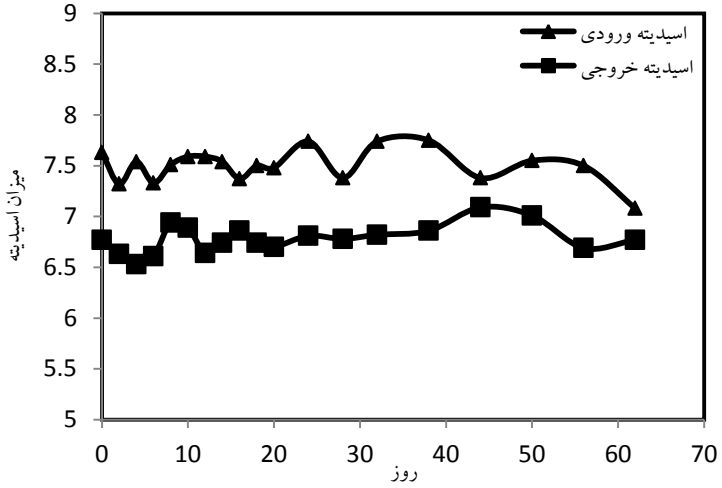
www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۳- نتایج آزمون t-test زوجی برای آمونیوم اندازه‌گیری شده ورودی و خروجی در مدل زهکشی**

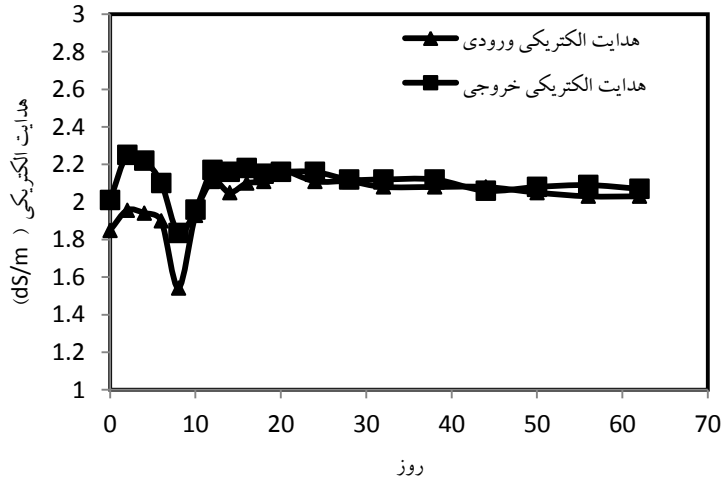
| میانگین زوج | انحراف معیار زوج | خطای استاندارد میانگین | اختلافات زوج شده | | آماره | درجه آزادی | معیار تصمیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | فاصله اطمینان | | | | |
| | | | کران بالا | کران پایین | | | |
| -۲۱/۴۴ | ۲/۳۷ | ۰/۵۶۰۸۲ | ۰/۹۶۸۷۸ | -۱/۳۹۷۶۷ | -۰/۳۸۲ | ۱۸ | ۰/۷۰۷ |




**شکل ٦- روند تغییرات اسیدیته در طول زمان**

**جدول ٤- نتایج آزمون T-test زوجی برای اسیدیته اندازه‌گیری شده ورودی و خروجی در مدل‌زهکشی**

| میانگین زوج | انحراف معیار زوج | خطای استاندارد میانگین | اختلافات زوج شده | | آماره | درجه آزادی | معیار تصمیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | فاصله اطمینان | | | | |
| | | | کران بالا | کران پایین | | | |
| -۰/۰۹۴۰۵ | ۰/۱۰۱۳۲ | ۰/۰۲۳۲۴ | -۰/۰۴۵۲۲ | -۰/۱۶۲۸۹ | -۴/۰۴۶ | ۱۸ | ۰/۰۰۱ |




**شکل ۷- روند تغییرات میزان هدایت الکتریکی در طول زمان**

نتایج آزمون T-test زوجی برای میزان اسیدیته اندازه‌گیری شده در جدول (۴) ارائه شده‌است. همان‌طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر با ۰/۰۰۱ است. معیار تصمیم کمتر از پنج درصد است که می‌توان فرض برابری میانگین‌ها را رد کرد. طبق این آزمون اختلاف معنی دار بین میزان اسیدیته قبل از ورود به مدل زهکشی و بعد از آن وجود دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۵- نتایج آزمون T-test زوجی برای میزان اسیدیته اندازه‌گیری شده ورودی و خروجی درمدل‌زهکشی**

| اختلافات زوج شده | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| میانگین زوج | انحراف معیار زوج | خطای استاندارد میانگین | فاصله اطمینان | | آماره | درجه آزادی | معیار تصمیم |
| | | | کران بالا | کران پایین | | | |
| ۰/۷۱۷۸۹ | ۰/۲۰۵۰۶ | ۰/۰۴۷۰۴ | ۰/۸۱۹۶۰ | ۰/۶۱۹۰۶ | ۱۵/۲۶ | ۱۸ | ۰/۰۰۰ |

**بررسی میزان هدایت الکتریکی**

شکل (۷) تغییرات میزان هدایت الکتریکی محلول ورودی و خروجی در مدل زهکشی در کل دوره آزمایش را نشان می‌دهد. هر چند تغییرات میزان هدایت الکتریکی در طول زمان برای تمامی نمونه ها دارای نوسان می باشد ولی در تمامی موارد از تغییرات آن در ورودی(منبع ) پیروی می کند.مطابق شکل(۷) میزان هدایت الکتریکی در آب زهکشی خروجی از نمونه ها بین ۱/۸ تا ۲/۲۵ دسی زیمنس بر متر نوسان می کرد ولی میزان هدایت الکتریکی منبع تامین آب بین ۱/۵ تا ۲/۱۷ دسی زیمنس بر متر بود.اختلاف زیادی بین میزان هدایت الکتریکی در نمونه های مختلف آب خروجی از مدل زهکشی وجود ندارد. در ابتدای آزمایش، میزان هدایت الکتریکی آب خروجی از مدل زهکشی روند افزایشی نسبت به میزان هدایت الکتریکی منبع تامین آب دارد. اما پس از گذشت تقریباً ۱۰روز از شروع آزمایش این اختلاف رفته رفته کم می شود و در انتهای آزمایش اختلاف بین مقادیر هدایت الکتریکی آب ورودی و خروجی مدل زهکشی از بین می‌رود و این دو مقدار برهم منطبق می شوند. این اختلاف در روزهای اول ممکن است به دلیل وجود مقداری نمک و یا شوری خاک باشد که آبشویی باعث خروج آن‌ها از مدل گردیده است و باعث افزایش مقدار غلظت نمک در خروجی گردیده است. در واقع باگاس نیشکر تاثیری روی میزان هدایت الکتریکی نگذاشت.

هرناندز و گیرارو (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدندکه تغییرات میزان هدایت الکتریکی در طول دوره تحقیق معنی دار نمی شود. بلووس و همکاران (۱۹۹۴) طی تحقیقات خود در رابطه باکاربرد تراشه های چوب، تراشه پوست درختان و کمپوست به عنوان ماده آلی برای تشدید حذف نیترات نیز بیان کردند که تغییرات میزان هدایت الکتریکی آب خروجی از مدل زهکشی و میزان هدایت الکتریکی منبع تأمین آب محسوس نیست. در ابتدای آزمایش میزان هدایت الکتریکی آب خروجی از مدل زهکشی نسبت به هدایت الکتریکی منبع تامین آب افزایش می یابد اما با گذشت زمان اختلاف بین مقادیر کم می‌شود.

عدم تطابق نتایج این پژوهش در رابطه با اختلاف بین مقادیر هدایت الکتریکی ورودی و خروجی با نتایج سایر محققین احتمال دارد به خاطر تنوع در نوع ماده کربنی، اختلاف در بافت خاک و شرایط آزمایشگاهی باشد.

نتایج آزمون T-test زوجی برای میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در جدول (۵) ارائه شده‌است. همان‌طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر با صفر است. معیار تصمیم کمتر از پنج درصد است که می‌توان فرض برابری میانگین‌ها را رد کرد. طبق این آزمون اختلاف معنی دار بین میزان اسیدیته قبل از ورود به مدل زهکشی و بعد از آن وجود دارد.

## نتیجه گیری

باگاس نیشکر به‌عنوان فیلتر مورد استفاده در این آزمایش توانست در انتهای دوره آزمایش حدود ۶۰ درصد از نیترات موجود در آب را توسط فرآیند دنیتریفیکاسیون از محیط خارج نماید که نشان‌دهنده قابلیت خوب این سیستم می‌باشد. باگاس نیشکر را می‌توان به صورت یک لایه فیلتر در کنار لوله زهکش نصب نمود تا زه آب سیستم زهکش قبل از ورود به داخل لوله‌ها و انتقال به آب‌های سطحی از میان این فیلتر عبور نماید. استفاده از باگاس باعث افزایش غلظت آمونیوم و میزان هدایت الکتریکی به میزان خیلی ناچیز شد. میزان اسیدیته در زهاب خروجی را کاهش داد. تحلیل های انجام گرفته بیانگر سطح معنی داری برای پارامترهای نیترات، میزان اسیدیته، میزان هدایت الکتریکی بود. در مورد غلظت آمونیوم اختلاف معنی دار در زوج ورودی و خروجی مشاهده نشد.

## منابع

۱- انصاری، ش.، حیدرپور، م. و س.ف. موسوی۱۳۹۲. بررسی کاربرد کاه جوبه عنوان فیلتر آلی در شوری و اسیدیته آب زهکشی.چهارمین همایش مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ، دانشگاه شهیدچمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

۲- بهمنی، ا. ۱۳۸۸.بررسی حرکت و تجمع نیترات در خاک تحت تنش آبی با استفاده از مدل LEACHM و شرایط مزرعه‌ای در گیاه نیشکر. پایان نامه دکتری ، رشته آبیاری زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهیدچمران اهواز.

۳- هاشمی، س. ا.، حیدرپور، م. و مصطفی زاده فرد، ب. ۱۳۹۰. بررسی میزان حذف نیترات در دوحالت قرارگیری فیلترهای زیستی در سیستم های زهکشی زیرزمینی.علوم و مهندسی آبیاری. ۳۴ (۲.): ۸۲-۷۱

www.SID.ir

Archive of SID



4- Bedessem, M. E., Edgar, T. V., and R.Roll. (2005). Nitrogen removal in laboratory model leachfields with organic-rich layers. Journal of Environmental Quality,34(3):936-942.

5- Blowes, D.W., W.D. Robertson, C.J. Ptacek, and C. Merkley. 1994. Removal of agricultural nitrate from tile-drainage effluent water using in-line bioreactors. Journal of Contaminant Hydrology,15(3): 207-221.

6- Hashemi, S. E., M. Heidarpour, and B. Mostafazadeh-Fard. 2011. Nitrate removal using different carbon substrates in a laboratory model. Water Science and Technology,63(11): 2700-2706.

7- Hernandez-Apaolaza, L. and F. Guerrero 2008. Comparison between pine bark and coconut husk sorption capacity of metals and nitrate when mixed with sewage sludge. Bioresource Technology, 99(6): 1544-1548..

8- Robertson, W., D. Blowes, and JA Cherry. 2000. Long-term performance of in situ reactive barriers fornitrate remediation. Groundwater,38(5): 689-695.

9- Schipper, L. and M. Vojvodić-Vuković 1998. Nitrate removal from groundwater using a denitrification wall amended with sawdust: field trial. Journal of Environmental Quality,27(3): 664-668.

10- Schipper, L. A., W. D. Robertson, and S. Warneke. 2010. Denitrifying bioreactors—an approach for reducing nitrate loads to receiving waters. Ecological Engineering,36(11): 1532-1543.

11- Schipper, L. A. and M. Vojvodić-Vuković 2000. Nitrate removal from groundwater and denitrification rates in a porous treatment wall amended with sawdust. Ecological Engineering,14(3): 269-278.

12- Schipper, L. A. and M. Vojvodić-Vuković 2001. Five years of nitrate removal, denitrification and carbon dynamics in a denitrification wall. Water Research,5(3):3473-3477.

www.SID.ir