

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

نیلوفر مقیمی<sup>۱\*</sup>، عبدعلی ناصری<sup>۲</sup>، امیر سلطانی محمدی<sup>۳</sup> و سیدابراهیم هاشمی گرم دره<sup>۴</sup>

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 شهید چمران اهواز

۳- استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استادیار گروه آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۹

### چکیده

به منظور بررسی عملکرد باگاس نیشکر در حذف نیترات از زه آب زهکش های زیرزمینی، تحقیقی در آزمایشگاه مدل های 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 ابعاد  $40 \times 120 \times 150$  سانتی متر که ترانشه زهکشی را شبیه سازی می کرد استفاده شد. سی درصد حجمی باگاس با هفتاد درصد حجمی خاک ترکیب شد و به عنوان فیلتر در کنار لوله زهکش کارگذاری شد. در این مطالعه از محلول نیترات با غلظتی در حدود ۱۶۰ میلی گرم در لیتر به عنوان زهاب ورودی استفاده شد. جریان ورودی از ابتدای مطالعه تا انتها به صورت پیوسته از سیستم عبور می کرد. در ابتدا هر دو روز یک بار و در ادامه هر چهار روز یک بار از خروجی لوله زهکش نمونه برداری شد. نمونه برداری از محلول ورودی و خروجی مدل زهکشی از طریق بطری های پلاستیکی انجام گرفت. سپس نیترات، آمونیوم، میزان اسیدیتته، 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 در لیتر به ۶۰ میلی گرم در لیتر یعنی در حدود بیش از ۶۰ درصد کاهش داد. در این تحقیق میزان آمونیوم به میزان خیلی ناچیز افزایش یافت. استفاده از باگاس نیشکر به عنوان فیلتر زهکشی، باعث کاهش میزان اسیدیتته 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 بود ولی 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 اسیدیتته و هدایت الکتریکی معنادار بود.

کلید واژه ها: باگاس نیشکر، دنیتریفیکاسیون، زهکش زیرزمینی، نیترات.

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

N. Moghimi<sup>1\*</sup>, A. A. Naseri<sup>2</sup>, A. Soltani Mohammadi<sup>3</sup> and S. E. Hashemi Garm Darreh<sup>4</sup>

1\*-M.Sc. Student, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

2-Professor, 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

by 3:7 volume ratio, the combination installed as a filter besides the drainage pipe. In this study, the influent nitrate concentration was  $160 \text{ mg.L}^{-1}$ . 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,  $\text{NH}_4$ , 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.

توانایی دنیتریفیکاسیون واقعی تنها محدود به گروه به خصوصی از باکتری‌های بی‌هوازی می‌باشد. این باکتری‌ها در خلال شرایط بی‌هوازی از نترات 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 نترات استفاده نمود (بهمی، 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 نترات و نیتريت به اشکال گازی را فراهم می‌سازد؛ دنیتریفیکاسیون به وسیله ساختمان خاک و مقدار رطوبت خاک متأثر می‌شود، لذا تأثیر این عوامل عکس نیتريفیکاسیون است.

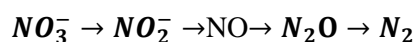
تاکنون مطالعات مختلفی برای حذف نترات از زه‌آب‌های زهکشی با استفاده از فرآیند دنیتریفیکاسیون انجام و چندین راهکار دنیتریفیکاسیون برای کاهش نترات در زهکش‌های زیرزمینی ارائه شده است. به طور مثال، هاشمی و همکاران (۱۳۹۱) برای افزایش فرآیند بیولوژیکی در خاک از پوشال جو به عنوان ماده کربنی استفاده کردند و تأثیر آن بر نترات 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 آن‌ها در حذف نترات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این فیلتر کربنی توانست بیش از ۶۰ درصد از نترات ورودی را حذف نمایند. همچنین این فیلترها پس از گذشت هشت هفته پس از شروع آزمایش توانستند بیش از ۸۵ درصد از نترات ورودی به سیستم را حذف نمایند. شیپر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) از چوب درختان به عنوان منابع کربنی در

## مقدمه

ازت یکی از کودهای اصلی برای فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. از آنجا که این عنصر به حد کافی در خاک وجود ندارد، برای تامین نیازگیاهان، کشاورزان مجبور به استفاده از کودهای ازته می‌باشند. از جمله مهم ترین آلودگی‌هایی که در اثر توسعه کشاورزی به وجود می‌آید، آلودگی ناشی از کودهای ازته از جمله نترات است. به دلیل قابلیت حلالیت بسیار بالا و عدم نگهداشت نترات 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، نترات شسته شده از طریق زهکش‌های زیر سطحی به آب‌های سطحی انتقال می‌یابد. از اواخر سال ۱۹۷۰، افزایش غلظت نترات 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 منظور حذف نترات وجود دارد. با توجه به کارهای صورت گرفته در زمینه آلودگی نترات 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، نترات 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 نترات را کاهش دهد، برای اجرا نیاز به هزینه کمتری دارد.

دنیتریفیکاسیون، احیای شیمیایی نترات و نیتريت به اشکال گازی شامل اکسید نیتريك، اکسید نیترو و گاز نیتروژن است:



نترات → نیتريت → اکسید نیتريك → اکسید نیترو → گاز نیتروژن

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

میلی متر استفاده 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 سانتی متر، طول ۱۲۰ سانتی متر و عرض ۴۰ سانتی متر 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 ۱۰×۱۰ سانتی متر و قطر شش میلی متر 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 میلی متر 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 با ۴۰ سانتی متر و قطری برابر با ۱۲۵ میلی متر استفاده گردید. محل قرارگیری لوله زهکش در فاصله ۳۵ سانتی متری از کف مدل قرار داشت. مشخصات و شمای فیزیکی مدل در شکل (۱) نشان داده شده است.

به منظور بررسی تغییرات سطح ایستابی آب در فواصل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی متری از لوله زهکش و در راستای افقی لوله زهکش، تعداد شش لوله پیژومتر نصب گردید. لوله‌های پیژومتر در داخل ستون از جنس آلومینیوم و به قطر ۱۰ میلی متر بودند که به صورت افقی تا وسط ستون ادامه داشتند و در بیرون از مدل برای مشاهده سطح پیژومتری، 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 داده شد. یک شیر آب در پایین مخزن تعبیه شده بود. 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 زمانی که آب در دیواره‌های جانبی به ارتفاع مورد نظری رسید 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 عبوری کرد.

نمونه‌برداری از محلول ورودی و خروجی مدل زهکشی از طریق بطری‌های پلاستیکی ۸۰ میلی گرمی هر چند روز 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، آمونیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم،

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

در همه این راهکارها با عبور دادن آب زهکش از میان یک محیط حذف توسط منابع کربنی (بیورآکتور) و افزایش دنیتریفیکاسیون باعث حذف نیترات از زهاب زهکش می‌شوند. با توجه به مطالعات انجام گرفته می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از موادی که حاوی کربن قابل دسترس برای میکروبی‌های دنیتریفیکاسیون می‌باشند می‌تواند در افزایش واکنش‌های دنیتریفیکاسیون مؤثر واقع شود. کلیه مواد گیاهی حاوی مقداری کربن می‌باشند و کربن این مواد از نظر مقدار و قابل دسترس بودن برای میکروبی‌های 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 مجتمع‌های تولید نیشکر سالانه یک میلیون و ۲۰۰ هزار تن باگاس مازاد تولید می‌کنند 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 انجام شده است.

#### مواد و روش‌ها

در این تحقیق از باگاس نیشکر به عنوان ماده کربنی به منظور افزایش سرعت دنیتریفیکاسیون استفاده شد. ۳۰ درصد حجمی باگاس با ۷۰ درصد حجمی خاک ترکیب شد. باگاس نیشکر از کشت و صنعت سلمان فارسی خوزستان تهیه شد. باگاس تهیه شده ابتدا خشک گردید سپس از الک شماره ۱۰ عبور داده شد. خاک مورد استفاده از مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز تهیه شد. سپس در معرض آفتاب قرار داده شد تا خشک گردد. پس از خشک شدن خاک، کلوخه‌ها و خاکدانه‌های بزرگ خاک خرد گردید و نهایتاً خاک از الک دو میلی متری عبور داده شد و 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 میلی متر و پلاکسی گلاس به ضخامت شش

مقیمی و همکاران: بررسی عملکرد باگاس نیشکر در کاهش نیترات...

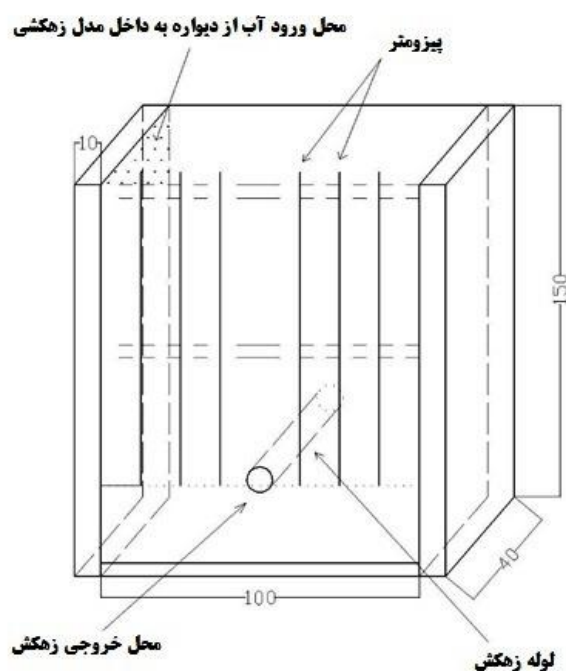
### تجزیه و تحلیل آماری

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

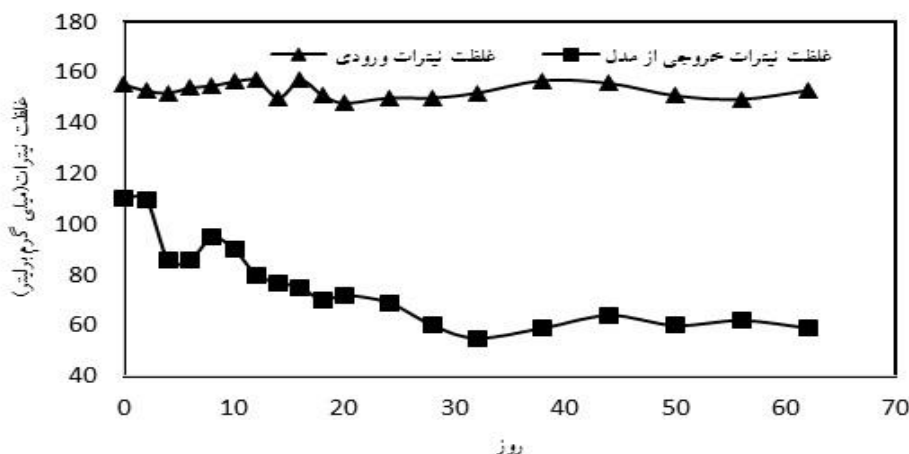
میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی استفاده می‌شود. در هر بار نمونه‌برداری، مدت زمان پرشدن یک ظرف با حجم مشخص برای تعیین دبی خروجی اندازه‌گیری می‌شود. همچنین به منظور بررسی تغییرات سطح ایستابی آب، در هر بار نمونه‌برداری ارتفاع سطح آب درون هر شش پیژومتر قرائت می‌گردید. برای اندازه‌گیری نیترات از دستگاه اسپکتوفوتومتر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

### جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مقدار	خصوصیات
۷۴	شن(درصد)
۱۸	رس(درصد)
۸	سیلت(درصد)
لوم شنی	بافت خاک
۴/۷	pH
۵/۰۹	EC <sub>e</sub> (dS/m)
۰/۰۴۶	نیتروژن کل (درصد)
۰/۶۱	ماده آلی (درصد)
۰/۳۵	کربن آلی (درصد)
۵۵	CaCO <sub>3</sub> (%)
۲/۹۲	CaSO <sub>4</sub> (%)
۱۶	Ca(mg/lit)
۱۲	Mg(mg/lit)
۲۲/۱	Na(mg/lit)
۰/۸	K(mg/lit)



شکل ۱- نمای کلی مدل فیزیکی زهکشی



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

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  $\text{NO}$ ،  $\text{N}_2\text{O}$  و  $\text{N}_2$  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)، بلوس و همکاران (۱۹۹۴)، شیپرو و کوئیچ (۱۹۹۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱)، هرناندز و گیرارو (۲۰۰۸) و... مؤید نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشد.

نتایج آزمون T-test زوجی برای نیترات اندازه‌گیری شده ورودی و خروجی در جدول (۲) 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. به عبارتی 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

### 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 می‌شود، 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 اندازه‌گیری 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 بر این 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 و دوم آزمایش غلظت محلول خروجی از مدل زهکشی تقریباً ثابت ماند و تا 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. با توجه به وجود کربن مناسب در خاک سرعت رشد و فعالیت این نوع باکتری‌ها به شدت افزایش می‌یابد. این باکتری‌ها عامل دنیتریفیکاسیون را برای کسب انرژی انجام می‌

1- Blowes *et al.*

2- Schipper and Vojvodic-Vukovic

3- Hernandez and Guerrero

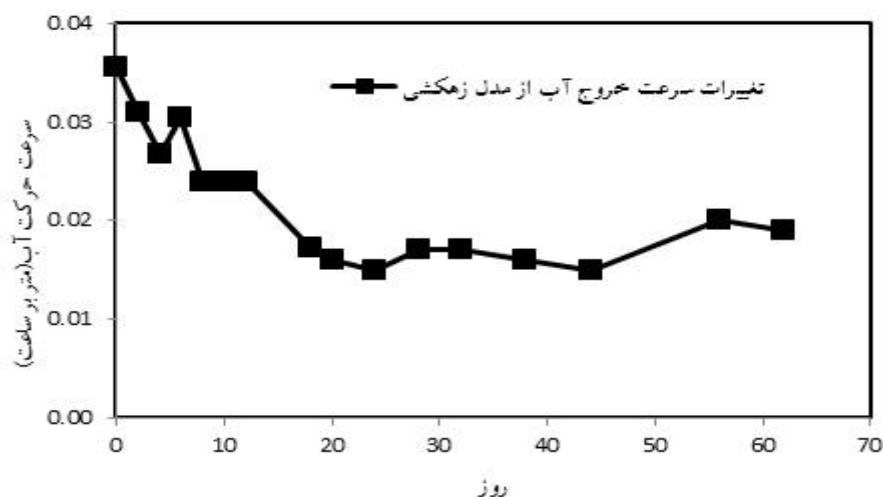
## مقیمی و همکاران: بررسی عملکرد باگاس نیشکر در کاهش نیترات...

عملکرد لوله‌های شبکه‌زکشش رامی توان از طریق اندازه‌گیری سطح ایستایی کنترل نمود. به منظور بررسی مقاومت هیدرولیکی فیلتر کربنی نصب شده برای ورود آب به لوله زهکش از پیژومترهایی که در فواصل مختلف از لوله زهکش نصب شده بودند استفاده گردید. ارتفاع آب در پیژومترها در هر نمونه‌برداری قرائت می‌گردید. مطابق شکل (۴) تغییرات بار آبی پیژومترها 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.

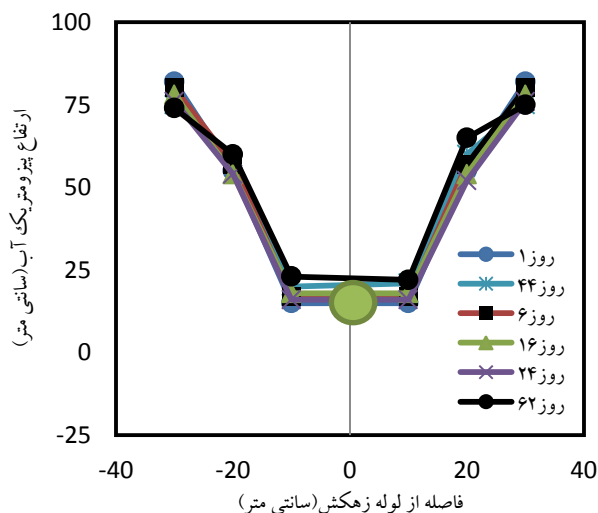
خروجی آب کاهش یافته است. سرعت بالا در اول بهره‌برداری ممکن است نشان‌دهنده این باشد که آب از بین لایه‌های کوبیده‌شده به سمت خروجی حرکت داشته‌است. تنه‌امسیر حرکت آب به سمت خروجی از میان لایه‌های کوبیده‌شده می‌باشد که این مسیرها پس از گذشت چند روز از شروع آزمایش و نشست خاک بسته می‌شوند و سرعت آب کاهش می‌یابد.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

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

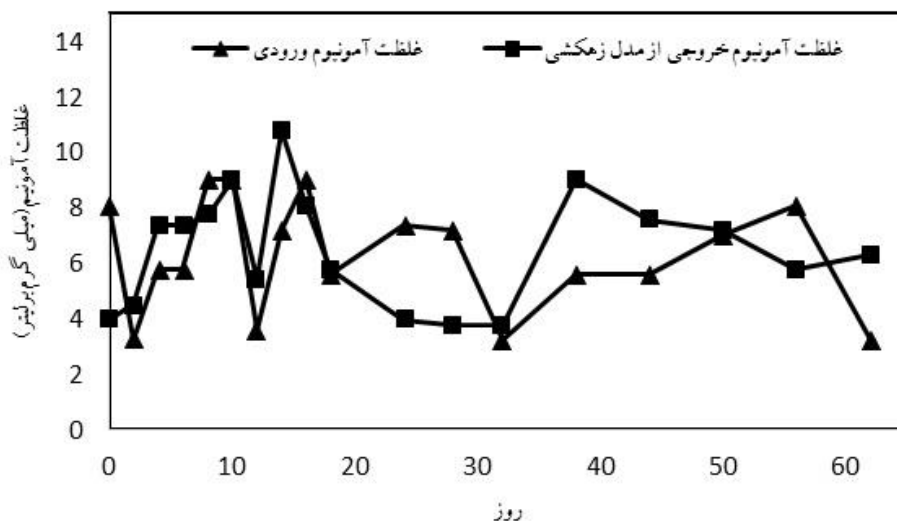
معیار تصمیم	درجه آزادی	آماره	اختلافات زوج شده		خطای استاندارد میانگین	انحراف معیار زوج	میانگین زوج
			فاصله اطمینان				
			کران بالا	کران پایین			
۰/۰۰۰	۱۸	۲۰/۹۱	۶۹/۴۹	۸۵/۰۱۷	۳/۶۹	۱۶/۰۹	۷۷/۲۵



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



شکل ۴ - تغییرات ارتفاع آب پیژومترهای نصب شده در مدل زهکشی در طول آزمایش



شکل ۵- تغییرات غلظت آمونیوم ورودی و خروجی در مدل زهکشی در طول آزمایش

نتایج آزمون T-test زوجی برای آمونیوم اندازه گیری شده در جدول (۳) ارائه شده است. همان طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر با  $0/302$  است. معیار تصمیم بزرگ تر از پنج درصد است؛ بنابراین فرض برابری میانگین ها پابرجاست. در واقع اختلاف معنی دار بین میزان آمونیوم ورودی و خروجی مدل زهکشی وجود ندارد.

#### بررسی میزان اسیدیته اندازه گیری شده

شکل (۶) تغییرات میزان اسیدیته محلول ورودی و خروجی در مدل زهکشی در کل دوره آزمایش را نشان می دهد. 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  $6/5$  تا  $7/09$  نوسان داشت. میزان اسیدیته در زهاب ورودی به مدل فیریکی بین  $7/08$  تا  $7/75$  بود. هر چند میزان اسیدیته در طول 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 تشدید حذف 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 به دست آمده با نتایج سایر محققین احتمال دارد به خاطر تفاوت در نوع بافت خاک، نوع ماده کربنی به کار گرفته شده و عوامل محیطی باشد.

#### بررسی غلظت آمونیوم اندازه گیری شده

شکل (۵) تغییرات غلظت آمونیوم محلول ورودی و خروجی در مدل زهکشی را در کل دوره آزمایش نشان می دهد. همان طور 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 نمونه ها، میزان آمونیوم محلول کاهش یافت. نتایج به دست آمده با نتایج مطالعات هاشمی و همکاران (۲۰۱۱)، بدسم و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) و رابرتسون و همکاران<sup>۲</sup> (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 می یابد. به طور کلی در محیط های بی هوازی ممکن است برای نیترات سه حالت اتفاق رخ دهد: در اثر فرآیند اسیمیلیشن<sup>۳</sup> به نیتروژن آلی تبدیل گردد، در اثر فرآیند دسمیلیشن<sup>۴</sup> به آمونیوم تبدیل گردد و در اثر فرآیند دنیتریفیکاسیون به صورت گاز از محیط خارج گردد. به این ترتیب احتمالاً در طی حرکت محلول دارای غلظت بالای نیترات از محیط مقداری آمونیوم نیز تولید گردیده است. لذا می توان بیان کرد که استفاده از باگاس نیشکر باعث افزایش آمونیوم در خروجی به میزان کم می گردد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱).

1-Bedessem *et al.*

2-Robertson *et al.*

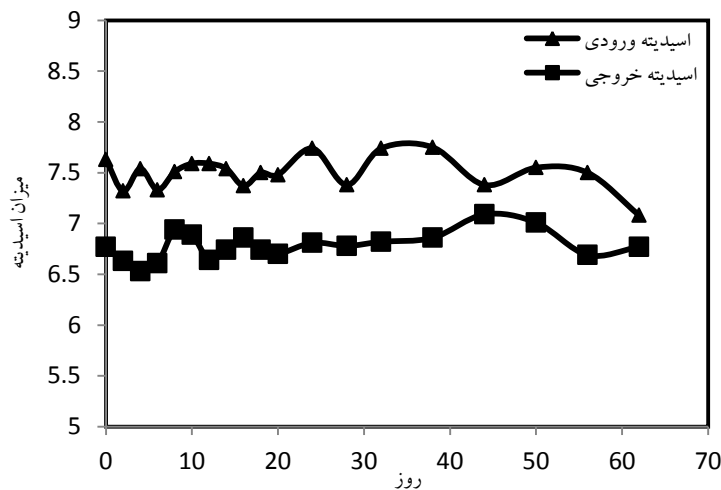
3-Assimilatio.

4-Dessimilatio

مقیمی و همکاران: بررسی عملکرد باگاس نیشکر در کاهش نیترات...

### جدول ۳- نتایج آزمون t-test زوجی برای آمونیم اندازه گیری شده ورودی و خروجی در مدل زهکشی

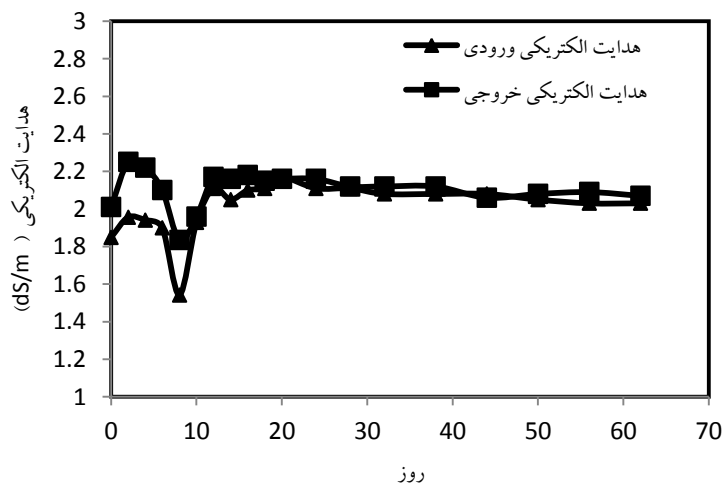
معیار تصمیم	درجه آزادی	اختلافات زوج شده				خطای استاندارد میانگین	انحراف معیار زوج	میانگین زوج
		آماره	فاصله اطمینان					
			کران بالا	کران پایین				
۰/۷۰۷	۱۸	-۰/۳۸۲	-۱/۳۹۷۶۷	۰/۹۶۸۷۸	۰/۵۶۰۸۲	۲/۳۷	-۲۱/۴۴	



شکل ۶- روند تغییرات اسید نیتروژن در طول زمان

### جدول ۴- نتایج آزمون T-test زوجی برای اسید نیتروژن اندازه گیری شده ورودی و خروجی در مدل زهکشی

معیار تصمیم	درجه آزادی	اختلافات زوج شده				خطای استاندارد میانگین	انحراف معیار زوج	میانگین زوج
		آماره	فاصله اطمینان					
			کران بالا	کران پایین				
۰/۰۰۱	۱۸	-۴/۰۴۶	-۰/۱۶۲۸۹	-۰/۰۴۵۲۲	۰/۰۲۳۳۴	۰/۱۰۱۳۲	-۰/۰۹۴۰۵	



شکل ۷- روند تغییرات میزان هدایت الکتریکی در طول زمان

درصد است که می توان فرض برابری میانگین ها را رد کرد. طبق این آزمون اختلاف معنی دار بین میزان اسید نیتروژن قبل از ورود به مدل زهکشی و بعد از آن وجود دارد.

نتایج آزمون T-test زوجی برای میزان اسید نیتروژن اندازه گیری شده در جدول (۴) ارائه شده است. همان طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر با ۰/۰۰۱ است. معیار تصمیم کمتر از پنج



## جدول ۵- نتایج آزمون T-test زوجی برای میزان اسیدپتته اندازه گیری شده ورودی و خروجی در مدل زهکشی

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 می دهد. 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 ۱۰ روز 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 می رود 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 آن ها از مدل گردیده است و باعث افزایش مقدار غلظت نمک در خروجی گردیده است. در واقع باگاس نیشکر تأثیری روی میزان هدایت الکتریکی نگذاشت.

هرناندز و گیرارو (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که تغییرات میزان هدایت الکتریکی در طول دوره تحقیق معنی دار نمی شود. بلووس و همکاران (۱۹۹۴) طی تحقیقات خود در رابطه با کاربرد 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 تامین 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 می شود. 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 اندازه گیری شده در جدول (۵) ارائه شده است. همان طور که در جدول مشخص است معیار تصمیم برابر با صفر است. معیار تصمیم کمتر از پنج درصد است که می توان فرض برابری میانگین ها را رد کرد. طبق این آزمون اختلاف معنی دار بین میزان اسیدپتته قبل از ورود به مدل زهکشی و بعد از آن وجود دارد.

## نتیجه گیری

باگاس نیشکر به عنوان 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 نشان دهنده قابلیت خوب این سیستم می باشد. باگاس نیشکر را می توان به صورت یک لایه فیلتر در کنار لوله زهکش نصب نمود تا زه آب سیستم زهکش قبل از ورود به داخل لوله ها و انتقال به آب های سطحی از میان این فیلتر عبور نماید. استفاده از باگاس باعث افزایش غلظت آمونیوم و میزان هدایت الکتریکی به میزان خیلی ناچیز شد. میزان اسیدپتته در زهاب خروجی را کاهش داد. تحلیل های انجام گرفته بیانگر سطح معنی داری برای پارامترهای نیترات، میزان اسیدپتته، میزان هدایت الکتریکی بود. در مورد غلظت آمونیوم اختلاف معنی دار در زوج ورودی و خروجی مشاهده نشد.

## منابع

- انصاری، ش.، حیدرپور، م. و س.ف. موسوی ۱۳۹۲. بررسی کاربرد کاه جوبه عنوان فیلتر آلی در شوری و اسیدپتته آب زهکشی. چهارمین همایش مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهیدچمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
- بهمنی، ا. ۱۳۸۸. بررسی حرکت و تجمع نیترات در خاک تحت تنش آبی با استفاده از مدل LEACHM و شرایط مزرعه ای در گیاه نیشکر. پایان نامه دکتری، رشته آبیاری زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهیدچمران اهواز.
- هاشمی، س. ا.، حیدرپور، م. و مصطفی زاده فرد، ب. ۱۳۹۰. بررسی میزان حذف نیترات در دو حالت قرارگیری فیلترهای زیستی در سیستم های زهکشی زیرزمینی. علوم و مهندسی آبیاری. ۳۴ (۲): ۸۲-۷۱

- 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 for nitrate 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.