Ar
Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 15, Dec.-Jan. 2021, p. 993-1005

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۵، آذر - دی ۱۴۰۰، ص. ۱۰۰۵-۹۹۳

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی کارایی نیزار طبیعی در حذف ترکیبات ازته زهاب مزارع نیشکر خوزستان

فرهاد غلامی[۱]، بهمن یارقلی[۲*]، احمد شرافتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی کارایی نیزار طبیعی در مقیاس واقعی در پالایش کیفی زهاب خروجی نیشکر خوزستان در طول مدت یک سال (۱۳۹۹-۱۳۹۸) پرداخته شد. با توجه به روند تغییرات کیفی و مراحل تصفیه زهاب تولیدی در طول نیزار، طول نیزار به سه قسمت یعنی سه ایستگاه ST1، ST2 و ST3 با طول ۳/۵ هکتار تقسیم‌بندی شد. کارایی نیزار طبیعی با سنجش پارامترهایی نظیر نیترات (NO_3)، نیتریت (NO_2)، آمونیاک (NH_4) و ازت کل (TN) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله، میانگین غلظت NO_3 در زهاب خروجی در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 نسبت به میزان اولیه آن در زهاب ورودی به ایستگاه‌ها به ترتیب ۲۳، ۵۰ و ۶۴ درصد کاهش داشت. کاربرد نیزار طبیعی باعث کاهش غلظت NH_4 شد و ایستگاه ST3 بیشترین کاهش (به ترتیب برابر با ۷۰، ۶۸، ۶۷ و ۶۸ درصد به ترتیب در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان) را به خود اختصاص داد. میزان TN در ایستگاه ST3 دارای شدت کاهش بیشتری بود و در مقایسه با ایستگاه‌های ST1 و ST2 به کمترین مقدار ممکن رسید. در ایستگاه‌های مختلف، با افزایش فاصله از نقطه ورودی، تأثیر زمان‌ماندها (۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز) بر حذف ترکیبات ازته چشمگیر بود و برای هرکدام از زمان‌ماندها در ایستگاه ST3 که بیشترین فاصله نسبت به نقطه ورودی را داشت، بیشترین راندمان حذف مشاهده شد. نتایج نشان داد که زهاب خروجی از نیزار از نظر پارامترهای NO_3، NO_2، NH_4 با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران از نظر تخلیه به آب‌های سطحی مطابقت دارد و می‌توان از آن استفاده مجدد در بخش کشاورزی نمود و یا به آب های پذیرنده تخلیه کرد. با توجه به عملکرد متفاوت ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 برای اجزای مختلف ترکیبات ازته نیترات، نیتریت، آمونیاک و ازت کل و با توجه به هدف راندمان بالای ۵۰ درصد جمیع ترکیبات ازته، می‌توان ایستگاه ST2 را به‌عنوان حد بهینه از نظر کارایی و هزینه فرض کرد. بررسی کارایی این نیزار در بهبود کیفی زهاب و همچنین مهندسی کردن طراحی و بهره‌برداری از آن می‌تواند به‌عنوان دستاوردی بزرگ در تصفیه زهاب‌های استان و کشور مورداستفاده و بهره‌برداری قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: تصفیه زهاب، راندمان حذف، زمان‌ماند، گیاه نی، نیترات کل

مقدمه

کشور ایران در حال حاضر با بحران کم‌آبی مواجه بوده و با توجه به توسعه صنعت و کشاورزی و افزایش نیاز آبی در مصارف مختلف و به تبع آن تشدید رقابت در مصارف مختلف، این بحران حادتر نیز خواهد شد. از طرفی رشد جمعیت مهم‌ترین عامل اثرگذار بر مشکلات مرتبط با آب است، زیرا افزایش جمعیت خود به‌تنهایی عاملی است که در همه بخش‌ها باعث افزایش تقاضا می‌شود (تقاضا در مصرف خانگی، صنعتی، کشاورزی، انرژی، تفریح و غیره). علاوه‌براین، تغییرات آب وهوای جهان ناشی از گازهای گلخانه‌ای نیز تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر آینده منابع آبی نقاط مختلف جهان خواهد داشت (Eslamian et al., 2015). همگام با رشد جمعیت، نیاز آبی و همچنین تولید پساب نیز رو به افزایش است. تخلیه پساب شهری، صنعتی و کشاورزی به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند موجب آسیب رساندن به محیط‌زیست گردد و درنهایت برای سلامت انسان و دیگر موجودات زنده خطراتی را به همراه داشته باشد. با توجه به این تفاسیر، یکی از راهکارهای حفاظت آب، استفاده مجدد از آب-های نامتعارفی چون پساب‌های شهری و کشاورزی و رواناب‌های

۱- دانشجوی دکترای عمران محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران
۳- استادیار گروه مدیریت ساخت و آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: yar_bahman@yahoo.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.5.1.9

www.SID.ir

Archive of SID

ایجادشده در سطوح شهری می‌باشد. ازآنجایی که آب نهاده‌ای مهم در تولید محصولات کشاورزی است، با توجه به مصرف بالای آب در بخش کشاورزی، بحران آب در این بخش مشهودتر است و استفاده از منابع آب نامتعارف، به‌ویژه زهاب‌های کشاورزی به‌عنوان امری ضروری مطرح شده است (یارقلی و اخوان، ۱۳۹۴). ترکیبات مختلف ازته که به‌نوعی جزء عناصر موردنیاز گیاهان محسوب می‌شوند، به عنوان عناصر مغذی تعریف می‌گردند. این عناصر از طریق مصرف کودهای شیمیایی به زهاب‌های کشاورزی منتقل می‌گردند. ورود این عناصر به منابع آب باعث تشدید تغذیه گرایی و رشد جلبک‌ها در منابع آب می‌شود و تخلیه آن‌ها به آب‌های سطحی باعث بروز پدیده اتروفیکاسیون ناشی از رشد بیش ازحد جلبک‌ها می‌گردد. علاوه‌برآن نیترات اضافی از لایه‌های خاک عبور کرده و وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود که باعث آلودگی سفره‌های شرب می‌گردد (توکلی و طباطبایی، ۱۳۷۸). ازاین‌رو با تصفیه آب از یک‌سو می‌توان از آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرسطحی جلوگیری نمود و از طرفی منبع جدیدی را برای استفاده در عرصه‌های مختلف به وجود آورد. در مطالعه‌ای اخوان و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر سامانه نیزار در بهبود کیفیت زهاب برای استفاده مجدد از آن پرداختند. نتایج نشان داد که سامانه نیزار موجب کاهش NO_3^-، PO_4^{-2} و SO_4^{-2} به میزان ۳۷ و ۳۱ و ۱۸ درصد گردید، اما این سامانه تأثیری بر مقدار Ca^{+2}، Mg^{+2}، Na^+، HCO^{3-}، Cl^-، pH، EC و TDS نداشت. عملکرد علف وتیور در تالاب‌های مصنوعی در جهت تصفیه تکمیلی فاضلاب مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد پس از ۸۸ ساعت زمان‌ماند، گیاه وتیور می‌تواند ترکیبات آمونیوم، نیتریت و فسفات را با کارآمدی بالای ۹۱٪ از محیط حذف نماید (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۶). هارستد و همکاران در مطالعه خود از تالاب‌های مصنوعی که در آن‌ها گیاه Phragmites australis کاشته شده بودند، میزان کاهش آلاینده‌ها را بر اساس ۲۱ درصد برای کل فسفات‌ها (TP)، ۶۴/۵ درصد برای تقاضای بیوشیمیایی اکسیژن (BOD)، ۶۸ درصد برای نیاز اکسیژن شیمیایی (COD) و ۲۰/۷ درصد برای نیتروژن کل (TN) با استفاده از ۳/۹۶ روز زمان‌ماند گزارش کردند. (Haarstad et al., 2012). در مطالعه‌ای دیگر اودینگا و همکاران به بررسی کارایی تالاب‌های مصنوعی در حذف فلزات سنگین و پاتوژن‌های روده‌ای موجود در فاضلاب پرداختند. حذف فلزات سنگین در منگنز ۴۲٪، کادمیوم ۹۹٪–۷۵٪، سرب ۲۶٪، نقره ٪ ۷۵/۹ و روی ٪ ۶۶/۷ گزارش شد (Odinga et al. 2013). اولسیدو با هدف کنترل آلودگی محیط-زیست از طریق استفاده از سامانه‌های تالاب‌های مصنوعی (CWs) در منطقه آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک، یک بررسی دقیق از CWsرا انجام داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از تالاب مصنوعی زیرسطحی به‌عنوان یک تکنیک تصفیه به‌عنوان یک فناوری امیدوارکننده برای تصفیه فاضلاب در مناطق خشک و نیمه-خشک معرفی شده است (Ulsido, 2014). لند و همکاران در تحقیقات خود نشان دادند که حذف نیتروژن و فسفر از طریق تالاب‌ها متغیر است و به عوامل مختلفی ازجمله تغییر بار، غلظت ورودی، زمان‌ماند، دما، بازده هیدرولیکی و نوع تالاب بستگی دارد. همچنین نشان دادند که تالاب می‌تواند به‌طور مؤثر کل نیتروژن (TN) را با راندمان حذف متوسط ۳۷٪ حذف کند و این کاهش به‌طور قابل-توجهی با میزان بار هیدرولوژیکی ارتباط دارد (Land et al., 2016). مارزک و همکاران راندمان حذف آلاینده و قابلیت اطمینان یک تالاب مصنوعی ترکیبی جریان عمودی و افقی کاشته شده با نی معمولی (چمن مانا و گل مینای ویرجینیا) در لهستان را بر روی پارامترهای تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی (BOD_5)، تقاضای اکسیژن شیمیایی (COD)، مواد جامد معلق، نیتروژن کل و فسفر کل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که بیش از ۹۵٪ از BOD_5، COD و کل فسفر در سیستم تالاب مصنوعی آزمایش‌شده حذف شد و میانگین اثربخشی حذف مواد جامد معلق و نیتروژن کل از ۸۶ درصد فراتر رفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که سیستم تالاب مصنوعی ترکیبی بررسی‌شده با نی معمولی چمن مانا و گل مینای ویرجینیا مقادیر BOD5، COD، مواد جامد معلق و فسفر کل را در فاضلاب تصفیه‌شده به حد پایین و پایداری تضمین می‌کند (Marzec et al., 2018). کلانکش و همکاران به بررسی راندمان حذف نیترات، فسفات و کل کلیفرم‌ها توسط تالاب ساخته‌شده از جریان زیرسطحی افقی از فاضلاب خانگی پرداختند. در این مطالعه دو گیاه محلی آپالاچی (Louis latifolia و Phragmites australis) در تالاب‌های مصنوعی در مقیاس کوچک برای تصفیه فاضلاب خانگی در شمال ایران کاشته شدند. نتایج نشان داد که نیترات، فسفات و کل کلی فرم‌ها به ترتیب ۸۴/۴٪، ۹۴/۴٪ و ۹۳.۹٪ برای P. Australis و ۷۳/۳٪، ۶۴.۰٪ و ۹۲/۱٪ برای L. latifolia کاهش یافت. با استفاده از تالاب ساخته‌شده از جریان زیرسطحی افقی با گیاهان L. Latifolia و P. australis، فاضلاب تصفیه‌شده کاملاً با پارامترهای تخلیه فاضلاب استانداردهای WHO مطابقت دارد (Kalankesh et al., 2019). در تحقیقی در جنوب عراق میزان حذف آلاینده‌های موجود در فاضلاب را در تالاب‌های مصنوعی که با گیاهان Schoenoplectus litoralis و Hordeum vulgare کاشته شده بودند موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پاسخ گیاهان به فلزات متفاوت است و گیاهان دارای ظرفیت بالای حذف فلزات سنگین هستند (Maktoof, 2020). در تحقیقی در جنوب تگزاس به بهبود کیفیت آب و حذف آلاینده‌ها با استفاده از تالاب‌های مصنوعی در دو منطقه McAuliffe RDF و Morris RDF پرداخته شد. نتایج نشان داد که غلظت مشاهده‌شده و بارهای آلاینده مواد جامد معلق در

www.SID.ir

Archive of SID

رواناب ورودی در مقایسه با خروجی هر دو سایت بسیار کمتر بود. McAuliffe RDF غلظت و کاهش بار بهتری را برای عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر از گونه‌های مختلف نشان داد (Guerrero et al., 2020). استان خوزستان علی‌رغم برخورداری از منابع آب مناسب، به دلیل توسعه کشاورزی، به‌ویژه طرح در دست اجرای ۵۵۰۰۰۰ هکتاری (طرح ولایت) با دو مشکل اساسی زیر روبرو گردیده است: ۱- کمبود منابع آب موردنیاز طرح‌های در دست اجرای کشاورزی، ۲- حجم زیاد زهاب تولیدی، با پتانسیل بالای آلوده‌سازی منابع آب استان. حجم زیاد زهاب‌های کشاورزی که غنی از عناصر مغذی بوده و دارای بقایای سموم و آفت‌کش‌های مختلف و در مواردی فلزات سنگین نیز می‌باشد، با دفع در منابع آب سطحی موجب آلودگی این منابع و تشدید محدودیت کیفی و به‌تبع آن محدودیت برای مصارف مختلف می‌گردند. بررسی منابع نشان می‌دهد که استان خوزستان در وضع موجود پتانسیل تولید ۳ میلیارد مترمکعب زهاب کشاورزی دارد که از این میزان حدود ۱/۵ میلیارد توسط شبکه‌های آبیاری و زهکشی جمع‌آوری گردید که بدون هیچ استفاده سودمندی در محیط‌زیست دفع شده و با توجه به کیفیت نامناسب، موجبات آلودگی منابع آب و محیط‌زیست نیز می‌گردد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۹). درصورتی‌که این حجم قابل‌توجه زهاب به‌راحتی قابل تصفیه با روش‌های ارزان‌قیمت و سازگار با محیط‌زیست مانند نیزارهای طبیعی و مصنوعی می‌باشند. در این راستا با تصفیه زهاب‌ها با سیستم‌های سازگار با محیط‌زیست مانند نیزارهای طبیعی علاوه بر جلوگیری از هدر رفت حجم قابل‌توجهی از آب و جلوگیری از آلوده شدن منابع آب محدود و شیرین، حجم آب قابل‌توجهی برای مصارف مختلف حاصل خواهد شد. بررسی کارایی این نیزار در بهبود کیفی زهاب و همچنین مهندسی کردن طراحی و بهره‌برداری از آن می‌تواند به عنوان دستاوردی بزرگ در تصفیه زهاب‌های استان و کشور مورداستفاده و بهره‌برداری قرار بگیرد. لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی کارایی نیزار طبیعی در مقیاس واقعی در پالایش کیفی زهاب خروجی مزارع نیشکر شرکت‌های کشت و صنعت میرزا کوچک خان و امیرکبیر انجام شد. مزارع کشت نیشکر میرزا کوچک خان و امیرکبیر در ۷۰ کیلومتری جاده اهواز-خرمشهر در جنوب غرب استان خوزستان قرار دارند.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه موردمطالعه

این تحقیق به مدت یک سال از فروردین تا پایان اسفندماه سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به‌منظور بررسی کارایی نیزار طبیعی در مقیاس واقعی در پالایش کیفی زهاب خروجی مزارع نیشکر استان خوزستان انجام شد. حداکثر حجم زهاب تولیدی از آبیاری مزارع نیشکر شرکت های کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان و امیرکبیر به میزان ۲۲ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که به تالاب ناصری دفع می‌گردد. این تالاب در ۱۶/۸۱ کیلومتری شمال خرمشهر، در موقعیت جغرافیایی N ۳۰۳۸۰۵/۹۶ و E ۳۰۳۸۰۵/۹۶ واقع شده است و دارای وسعتی در حدود ۱۰۰۰۰ هکتار است. در ورودی این تالاب نیزاری به طول حدود ۸ کیلومتر و عرض حدود ۱/۵ کیلومتر (مساحت حدود ۱۲ کیلومترمربع) به‌صورت طبیعی طی ده‌ساله گذشته شکل‌گرفته که پوشیده از نی لویی بوده و جریان زهاب قبل از ورود به تالاب از این نیزار عبور کرده و به‌صورت طبیعی کیفیت آن تا حد قابل‌توجهی بهبود می‌یابد (شکل ۱ و ۲ و ۳).

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری

آب ورودی به شبکه آبیاری و زهکشی

منبع آب مورداستفاده در مزارع نیشکر رودخانه کارون می‌باشد. از این منبع با تواتر ماهیانه در طی دوره یک‌ساله نمونه‌برداری شد و پارامترهای کیفی NO_3، NO_2، NH_4 و TN مورد آنالیز قرار گرفتند.

زهاب تولیدی

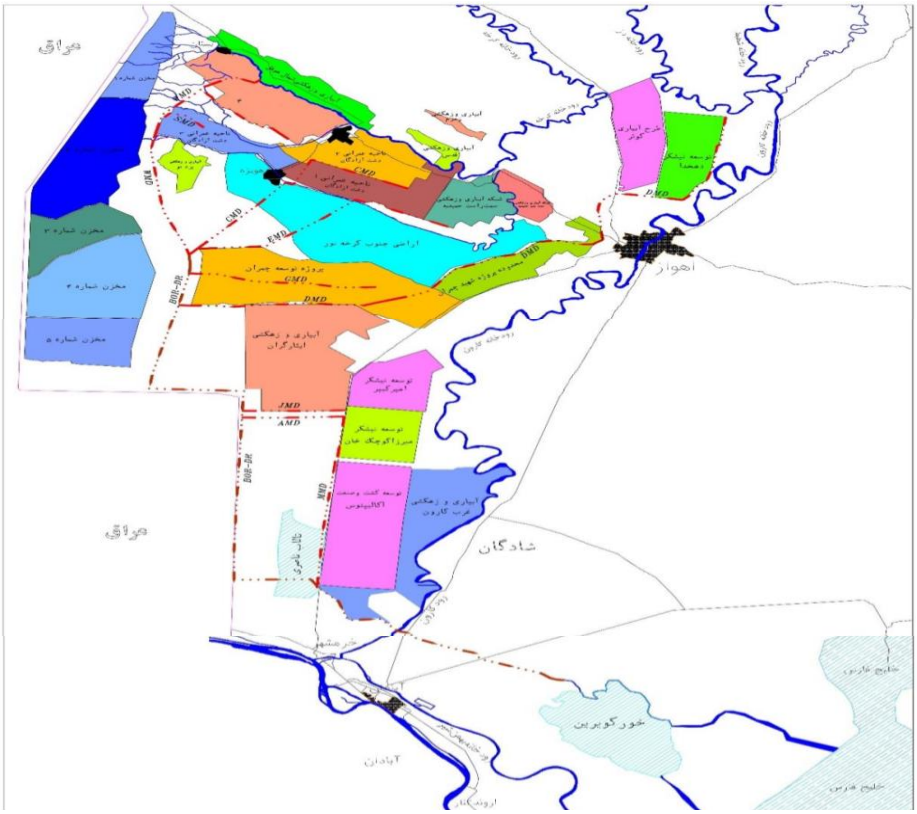
زهاب تولیدی شبکه آبیاری و زهکشی میرزاکوچک‌خان و امیرکبیر که حاصل مزارع نیشکر کشت و صنعت می‌باشد با دبی متوسط ۲۵ مترمکعب در ثانیه که به‌طور مستقیم به نیزار و در ادامه به تالاب منتقل می‌شود، منبع نمونه‌برداری دیگر محسوب می‌شود که با تواتر ماهیانه در طی دوره یک‌ساله نمونه‌برداری شد و پارامترهای کیفی NO_3، NO_2، NH_4 و TN مورد آنالیز قرار گرفت.

نمونه‌برداری در سه‌نقطه در طول نیزار

با توجه به روند تغییرات کیفی و مراحل تصفیه زهاب تولیدی در طول نیزار، در این مرحله طول نیزار به سه قسمت یعنی ایستگاه ST1، ST2 و ST3 تقسیم‌بندی شده است (ایستگاه سوم انتهای نیزار). ابعاد نیزار بین دو ایستگاه متوالی به طول ۳/۵ کیلومتر، عرض ۱/۲ کیلومتر و عمق ۰/۵ متر بود و از هر قسمت با تواتر ماهیانه برای پایش و اندازه‌گیری پارامترهای کیفی NO_3، NO_2، NH_4 و TN نمونه‌برداری شد. هرکدام از فاکتورهای NO_3، NO_2، NH_4 و TN با استفاده از روش‌های ارائه‌شده در کتاب روش‌های استاندارد (Baird, 2017) به شرح نامبرده در جدول (۱) موردبررسی قرا گرفتند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- پروژه‌های آبیاری و زهکشی محدوده مطالعه (شریفی‌پور و همکاران، ۱۳۹۹)

شکل ۲- موقعیت و ابعاد تالاب مصنوعی جنوب اهواز

جدول ۱- روش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری پارامترهای NO_3، NO_2، NH_4 و TN (Baird, 2017)

ردیف	عنوان آزمایش	واحد	نوع روش	شماره روش
۱	آمونیاک	mg/l NH_4^+	Nesslerization	ASTM D1426
۲	نیتریت	mg/l NO_2^-	Colorimetric	4500 NO_2- B
۳	نیترات	mg/l NO_3^-	Brucine	4500 NO_3- B
۴	کل نیتروژن کجلدال	mg/l N	Macro Kjeldahl	4500 N B

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳-تصاویری از نیزار موردتحقیق

زمان‌ماندهای مورد بررسی در این پژوهش از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\text{زمان‌ماند} = \frac{\text{حجم نیزار}}{\text{دبی ورودی به نیزار}} \quad (۱)$$

به‌منظور بررسی تأثیر نیزار طبیعی بر پارامترهای موردبررسی، از برنامه آماری SPSS و آزمون t-test استفاده شد. همچنین، مقدار و روند حذف ترکیبات ازته مشخص شد و درنهایت مناسب‌ترین فاصله از نقطه ورودی تالاب جهت پالایش زهاب‌های کشاورزی تعیین گردید.

نتایج و بحث

تحلیل آماری غلظت عناصر مغذی در ایستگاه‌های مختلف بر اساس آزمون t-test

به‌منظور مقایسه بهتر ایستگاه‌های مطالعاتی در حذف ترکیبات ازته NO_3، NO_2، NH_4 و TN از زهاب ورودی، آزمون t-test به‌صورت دوبه‌دو بین ایستگاه‌های مطالعاتی ST0-ST1، ST0-ST2، ST0-ST3، ST1-ST2، ST1-ST3، ST2-ST3 انجام شد. که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- تحلیل آماری غلظت عناصر مغذی در ایستگاه‌های مختلف بر اساس آزمون t-test

ایستگاه‌های مورد مقایسه	پارامتر	اختلاف میانگین‌ها (mg/lit)	معناداری دو دامنه‌ای	ایستگاه‌های مورد مقایسه	پارامتر	اختلاف میانگین‌ها (mg/lit)	معناداری دو دامنه‌ای
ST0-ST1	NO_3	۳/۳۰	۰/۰۰۰**	ST0-ST1	NH_4	۰/۰۷۴۴	۰/۰۰۰**
ST0-ST2		۷/۱۴	۰/۰۰۰**	ST0-ST2		۰/۱۷۴۳	۰/۰۰۰**
ST0-ST3		۹/۲۸	۰/۰۰۰**	ST0-ST3		۰/۱۹۶۹	۰/۰۰۰**
ST1-ST2		۳/۸۴	۰/۰۰۰**	ST1-ST2		۰/۰۹۹۹	۰/۰۰۰**
ST1-ST3		۵/۹۹	۰/۰۰۰**	ST1-ST3		۰/۱۲۲۵	۰/۰۰۰**
ST2-ST3		۲/۱۴	۰/۰۰۰**	ST2-ST3		۰/۰۲۲۵	۰/۰۰۰**
ST0-ST1	NO_2	-۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۱**	ST0-ST1	TN	۳/۳۷	۰/۰۰۰**
ST0-ST2		-۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۰**	ST0-ST2		۷/۳۱	۰/۰۰۰**
ST0-ST3		۰/۱۵۸۸	۰/۰۰۲**	ST0-ST3		۹/۵۰	۰/۰۰۰**
ST1-ST2		-۰/۰۴۳۸	۰/۰۰۰**	ST1-ST2		۳/۹۴	۰/۰۰۰**
ST1-ST3		۰/۰۲۰۳	۰/۰۰۲**	ST1-ST3		۶/۱۳	۰/۰۰۰**
ST2-ST3		۰/۰۲۴۷	۰/۰۰۱**	ST2-ST3		۲/۱۹	۰/۰۰۰**

نتایج آزمون t-test بر روی NO_3 نشان داد که بین ایستگاه‌های مطالعاتی ST0-ST1، ST0-ST2، ST0-ST3، ST1-ST2، ST1-ST3، ST2-ST3 در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که بیشترین اختلاف در میزان NO_3 بین ایستگاه ST0-ST3 برابر با ۹/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر و سپس بین ایستگاه ST0-ST2 برابر با ۷/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. کمترین اختلاف در میزان NO_3 نیز بین ST2-ST3 برابر با ۲/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. نتایج آزمون t-test حاکی از آن است که در ایستگاه ST3 که بیشترین فاصله را نسبت به نقطه ورودی دارد، بیشترین راندمان حذف NO_3 حاصل گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد برای NO_2 در بین ایستگاه-های مطالعاتی ST0-ST1، ST0-ST2، ST0-ST3، ST1-ST2، ST1-ST3، ST2-ST3 نیز مشاهده شد. همانند NO_3، بیشترین اختلاف در میزان NO_2 بین ایستگاه‌های ST0-ST3 برابر با ۰/۱۵۸۸ میلی‌گرم بر لیتر و سپس بین ایستگاه‌های ST2-ST3 برابر با ۰/۰۲۴۷ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. کمترین اختلاف در میزان NO_2 نیز بین ST0-ST2 برابر با ۰/۰۰۸۹- میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد و ایستگاه ST3 بیشترین راندمان حذف NO_2 را به خود اختصاص داد. نتایج آزمون t-test بر روی NH_4 دقیقاً مشابه با NO_3 بود. بین همه ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. بیشترین اختلاف در میزان NH_4 بین ایستگاه ST0-ST3 برابر با ۱۹/۶۹ میلی‌گرم بر لیتر و سپس بین ایستگاه ST0-ST2 برابر با ۰/۱۷۴۳ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. کمترین اختلاف در میزان NH_4 نیز بین ST2-ST3 برابر با ۰/۰۲۲۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. در اینجا نیز مشاهده شد در ایستگاه ST3 که بیشترین فاصله را نسبت به نقطه ورودی دارد، بیشترین راندمان حذف NH_4 حاصل گردید.

برای TN نیز در بین ایستگاه‌های مطالعاتی ST0-ST1، ST0-ST2، ST0-ST3، ST1-ST2، ST1-ST3، ST2-ST3 اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. همانند NO_3 و NH_4، بیشترین اختلاف در میزان TN بین ایستگاه‌های ST0-ST3 برابر با ۹/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و سپس بین ایستگاه‌های ST0-ST2 برابر با ۷/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. کمترین اختلاف در میزان NO_2 نیز بین ST2-ST3 برابر با ۲/۱۹ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. همان-طور که در قبل هم مشاهده شد ST3 با بیشترین فاصله نسبت به نقطه ورودی، بیشترین راندمان حذف TN را به خود اختصاص داد. در ادامه به تغییرات هرکدام از ترکیبات ازته NO_3، NO_2، NH_4 و TN در طول فصل‌های مختلف و نیز بین ایستگاه‌های مختلف پرداخته شده است.

بررسی اثر نیزار طبیعی بر حذف ترکیبات مغذی NO3، NO2، NH4 و TN

روند تغییرات ترکیبات ازته زهاب ورودی و خروجی از نیزار طبیعی شامل NO_3، NO_2، NH_4 و TN به‌صورت فصلی در شکل (۴) و جدول (۳) ارائه شده است. نتایج نشان داد که کاربرد نیزار طبیعی باعث کاهش میزان NO_3 نسبت به میزان اولیه در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان شد و با افزایش فاصله از نقطه ورودی این کاهش بیشتر شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این کاهش تغییرات نسبت به میزان اولیه در ایستگاه ST3 دارای بیشترین مقدار بود. میانگین کل برای فاکتور NO_3 زهاب خروجی در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 به ترتیب برابر با ۱۰/۹۹، ۷/۱۴ و ۵ میلی‌گرم در لیتر بود که نسبت به میزان اولیه آن در زهاب ورودی به ترتیب ۲۳، ۵۰ و ۶۴ درصد کاهش داشت. روند تغییرات NO_2 نسبت به پارامتر NO_3 مقداری متفاوت بود. به‌طوری‌که در ایستگاه‌های ST1 و ST2 با کاربرد نیزار، میزان NO_2 نسبت به میزان اولیه در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان افزایش یافت و این افزایش در ایستگاه ST2 بیشتر بود. میانگین کل فاکتور NO_2 در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 به ترتیب برابر با ۰/۰۵، ۰/۰۵ و ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر بود و در ایستگاه ST3 به میزان ۵۰ درصد نسبت به میزان اولیه کاهش داشت (جدول ۳).

در ایستگاه ST3 میزان NO_2 در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان نسبت به میزان اولیه آن در زهاب ورودی کاهش داشت و در اینجا نیز مشاهده شد که نیزار طبیعی با میانگین کاهش به ترتیب برابر با ۵۰ ،۴۰، ۴۰ و ۵۰ درصد باعث کاهش میزان NO_2 در زهاب کشاورزی گردید. مشابه با تغییرات NO_3، کاربرد نیزار طبیعی باعث کاهش NH_4 نسبت به میزان اولیه در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان شد و این کاهش میزان NH_4 با افزایش فاصله از نقطه ورودی بیشتر شد، به‌طوری‌که همان‌طور که مشاهده می‌شود این کاهش میزان نسبت به میزان اولیه در ایستگاه ST2 و ST3 بیشتر بود و در ایستگاه ST3 بیشترین کاهش (برابر با ۷۰، ۶۸، ۶۷ و ۶۸ درصد به ترتیب در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان) مشاهده شد. روند تغییرات TN نسبت به میزان اولیه مشابه با روند تغییرات NH_4 بود، اما میزان کاهش آن در ایستگاه ST3 (۶۵ درصد) در مقایسه با ایستگاه‌های ST1 و ST2 (به ترتیب برابر با ۲۳ و ۵۰ درصد) دارای شدت کاهش بیشتری بود و مقدار TN در آن به کمترین مقدار ممکن رسید و نتایج بیانگر تأثیر زیاد کاربرد نیزار در این فاصله از نقطه ورودی در کاهش TN بود (شکل ۴).

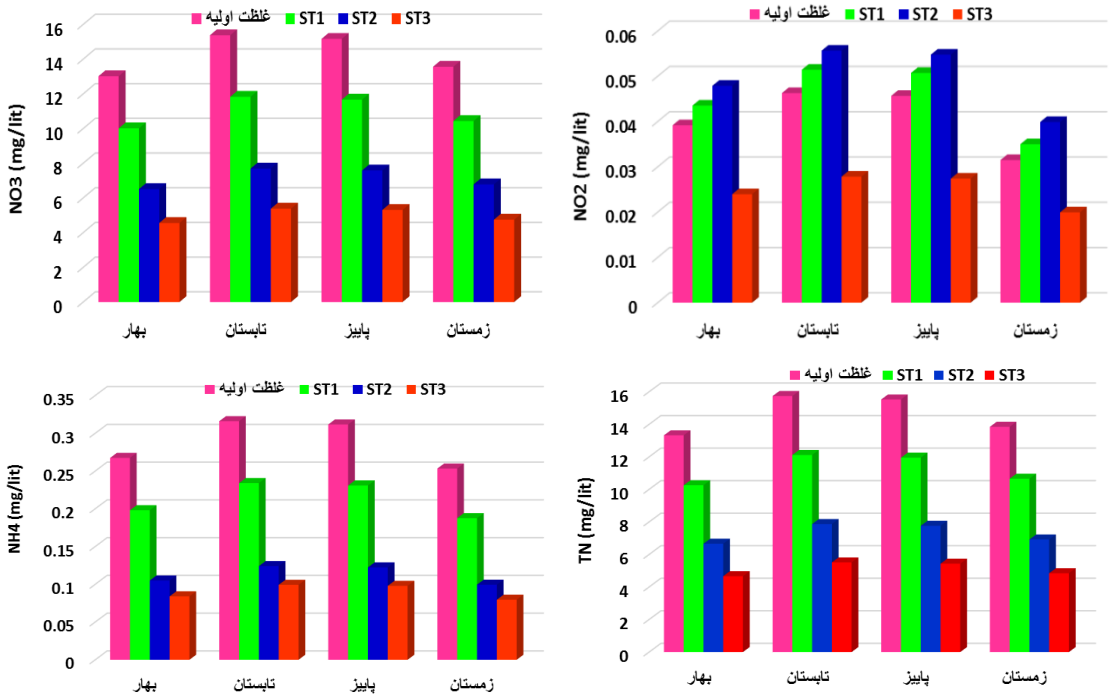
با توجه به عملکرد متفاوت ایستگاه¬های شماره ۱ تا ۳ برای اجزای مختلف ترکیبات ازته نیترات، نیتریت، آمونیاک و ازت کل و با توجه به هدف راندمان بالای ۵۰ درصد جمیع ترکیبات ازته تا ایستگاه شماره S2، می¬توان ایستگاه ST2 را به عنوان حد بهینه از نظر کارایی و هزینه فرض کرد. درصورتی‌که از نظر زمان و هزینه محدودیتی وجود نداشته باشد، ایستگاه ST3 دارای راندمان بالاتر و کارایی بهتری در حذف ترکیبات ازته خواهد بود. در مطالعه¬ای اخوان و همکاران (۱۳۹۶) که به بررسی تأثیر سامانه نیزار در بهبود کیفیت زهاب برای استفاده مجدد از آن پرداختند، نتایج نشان داد که سامانه نیزار موجب کاهش NO_3^-، $PO4^{-2}$ و $SO4^{-2}$ به میزان ۳۷ و ۳۱ و ۱۸ درصد گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳-میانگین فصلی غلظت مواد آلی و ترکیبات مغذی ورودی و خروجی از سه ایستگاه موردمطالعه

پارامتر		NO3 (mg/lit)		NO2 (mg/lit)		NH4 (mg/lit)		TN(mg/lit)	
ایستگاه	فصول	زهاب ورودی	زهاب خروجی	زهاب ورودی	زهاب خروجی	زهاب ورودی	زهاب خروجی	زهاب ورودی	زهاب خروجی
ST1	بهار	۱۳/۰۲	۱۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۲۷	۰/۲۰	۱۳/۳۲	۱۰/۲۵
	تابستان	۱۵/۳۸	۱۱/۸۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۲۳	۱۵/۷۴	۱۲/۱۱
	پاییز	۱۵/۱۷	۱۱/۶۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۲۳	۱۵/۵۲	۱۱/۹۵
	زمستان	۱۳/۵۶	۱۰/۴۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۱۹	۱۳/۸۴	۱۰/۶۵
	کل	۱۴/۲۸	۱۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۲۱	۱۴/۶۱	۱۱/۲۴
ST2	بهار	۱۳/۰۲	۶/۵۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۲۷	۰/۱۰	۱۳/۳۲	۶/۶۶
	تابستان	۱۵/۳۸	۷/۶۹	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۱۲	۱۵/۷۴	۷/۸۶
	پاییز	۱۵/۱۷	۷/۵۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۱۲	۱۵/۵۲	۷/۷۶
	زمستان	۱۳/۵۶	۶/۷۸	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۱۰	۱۳/۸۴	۶/۹۲
	کل	۱۴/۲۸	۷/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۱۱	۱۴/۶۱	۷/۳۰
ST3	بهار	۱۳/۰۲	۴/۵۶	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۷	۰/۰۸	۱۳/۳۲	۴/۶۶
	تابستان	۱۵/۳۸	۵/۳۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۳۲	۰/۱۰	۱۵/۷۴	۵/۵۰
	پاییز	۱۵/۱۷	۵/۳۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۳۱	۰/۱۰	۱۵/۵۲	۵/۴۳
	زمستان	۱۳/۵۶	۴/۷۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۰۸	۱۳/۸۴	۴/۸۴
	کل	۱۴/۲۸	۵/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۹	۰/۰۹	۱۴/۶۱	۵/۱۱
استانداردهای محیطزیستی	تخلیه به آب‌های سطحی	۵۰		۱۰		۲/۵		-	
	تخلیه به چاه جاذب	۱۰		۱۰		۱		-	
	مصارف کشاورزی و آبیاری	–		–		–		-	



شکل ٤- تأثیر کاربرد نیزار طبیعی بر تغییرات مکانی و فصلی ترکیبات مغذی زهاب

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعات خیلی کمی بر روی تأثیر نیزار طبیعی در تصفیه آلاینده-های زهاب کشاورزی انجام شده است، اما در تحقیقات مشابه بر روی حذف ترکیبات ازته و فسفاته در فاضلاب با کاربرد علف وتیور در تالاب¬های مصنوعی نشان داده شد که پس از ۸۸ ساعت زمان‌ماند، گیاه وتیور می¬تواند ترکیبات آمونیوم، نیتریت و فسفات را با کارآمدی بالای ۹۱٪ از محیط حذف نماید (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۶). کارایی گیاه Phragmites australis کاشته‌شده در تالاب‌های مصنوعی نیز حاکی از میزان کاهش آلاینده¬ها بر اساس ۲۱ درصد برای کل فسفات¬ها و ۲۰/۷ درصد برای نیتروژن کل (TN) با استفاده از ۳/۹۶ روز زمان‌ماند بود. (Haarstad et al., 2012).

بررسی زهاب تولیدی از نظر تطابق با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران

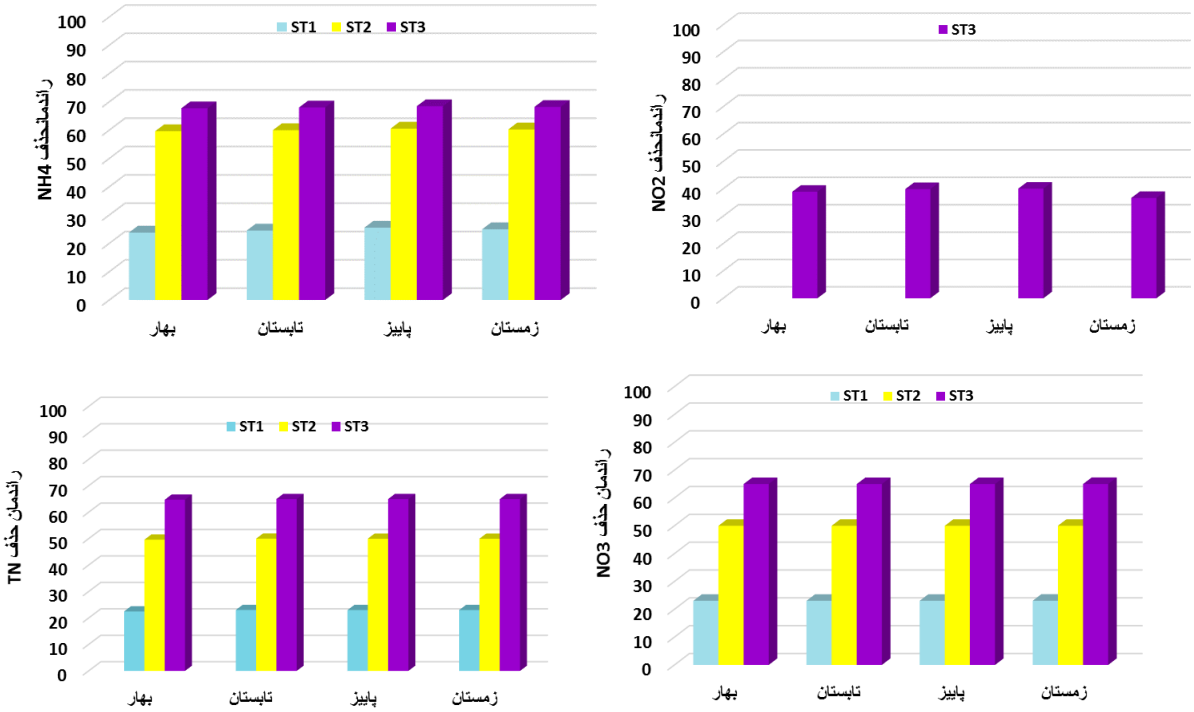
به‌منظور استفاده مجدد از پساب و تخلیه آن به منابع آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی و آبیاری میزان هر یک پارامترهای فوق‌الذکر باید در حد استاندارد باشد که در این مورد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران با توجه به نوع استفاده از پساب، استانداردهایی را ارائه نموده است (جدول ۳). لازم به ذکر است که ترکیبات ازته برای تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی محدودیت محسوب می‌شوند و برای دفع این نوع از آب‌ها در رودخانه و تخلیه به چاه جاذب دارای استاندارد تعیین‌شده از سوی سازمان حفاظت محیط‌زیست هستند. با در نظر گرفتن این استانداردها برای تخلیه پساب به آب‌های سطحی غلظت NO_2، NO_3 و NH_4 باید به ترتیب کمتر از ۱۰، ۵۰ و ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر باشد. برای تخلیه به چاه جاذب غلظت NO_2، NO_3 کمتر از ۱۰ و غلظت NH_4 باید کمتر از ۱ باشد (جدول ۳). ازآنجایی‌که ترکیبات ازته از نظر کشاورزی محدودیت به شمار نمی‌روند، حد استانداری برای آن‌ها تعیین نشده است. در این پژوهش مقایسه زهاب ورودی و زهاب خروجی از نیزار با حداکثر مجاز استاندارد کیفیت آب نشان می¬دهد که از نظر تخلیه زهاب ورودی و خروجی به آب¬های سطحی، غلظت پارامتر NO_2، NO_3 و NH_4 در هر سه ایستگاه مطالعاتی ST1، ST2 و ST3 کمتر از حد مجاز استاندارد هستند. از نظر تخلیه زهاب ورودی به چاه¬های جاذب برای پارامتر NO_3 در هر سه ایستگاه مطالعاتی ST1، ST2 و ST3، مقدار غلظت این پارامتر بیشتر از حد مجاز استاندارد بود. با کاربرد نیزار مقدار غلظت این پارامتر در ایستگاه¬های ST2 و ST3 به حد مجاز استاندارد کیفیت آب رسید اما در ایستگاه ST1 حتی کاربرد نیزار نتوانست کیفیت پارامتر NO_3 را به حد مجاز استاندارد کیفیت آب برساند. از نظر تخلیه زهاب ورودی و خروجی به آب¬های سطحی و چاه جاذب برای دو پارامتر NO_2 و NH_4 در هر سه ایستگاه مطالعاتی ST1، ST2 و ST3 کمتر از حد مجاز استاندارد بودند. همچنین لازم به ذکر است که برای TN حد مجازی برای استفاده مجدد و یا تخلیه به منابع آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی و آبیاری ارائه نشده است. تجمع مواد مغذی در زهاب‌های کشاورزی و راه‌یابی آن‌ها به منابع آب سطحی و زیرزمینی، معضلات محیط‌زیستی فراوانی به همراه خواهد داشت. مواد مغذی، به‌ویژه نیتروژن و فسفر می‌توانند سرعت مغذی شدن و همچنین آلودگی را در این منابع افزایش دهند. به‌رغم اینکه از زهاب‌های کشاورزی با تمهیداتی به عنوان منابع آب برگشتی استفاده مجدد به عمل آید، در این صورت نیز در فصل‌های غیر زراعی زهاب‌های زیرزمینی بالاجبار به آب‌های سطحی تخلیه می‌شوند. این مسئله به علت تغذیه گرایی آب‌های سطحی خصوصاً در مواردی که مقادیر نیتروژن و فسفر در این آب‌ها زیاد باشد موجب آلودگی منابع آب و تخریب محیط‌زیست شده و صدمات جبران‌ناپذیری به طبیعت اطراف ما، سلامتی انسان و جانوران و گیاهان وارد خواهد کرد. با حرکت این عناصر به سفره آب‌های زیر-زمینی منابع آب زیرزمینی نیز آلوده می‌شوند (اخوان و همکاران، ۱۳۹۶). در مناطقی که از آب زیرزمینی برای شرب و حفظ بهداشت استفاده می‌شود، وجود نیتروژن و فسفر خطرهای بهداشتی فراوانی ایجاد خواهد کرد. استفاده از نیزار طبیعی برای کاهش پارامترهای زیان‌آور زهاب‌های کشاورزی، پیش از تخلیه در آب‌های سطحی، باعث کاهش این خطرها خواهد بود. همان‌طوری که کیفیت زهاب تصفیه‌شده با نیزار طبیعی نشان می‌دهد، از نظر تخلیه زهاب به آب-های سطحی، پارامتر NO_2، NO_3 و NH_4 کمتر از حد مجاز استاندارد است و نیزار کارایی خوبی را در کاهش پارامترهای NO_2، NO_3 و NH_4 از خود نشان داده است و می‌توان نتیجه گرفت که زهاب تولیدی از نظر پارامترهای موردمطالعه (NO_2، NO_3 و NH_4) با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست مطابقت داشته است و می‌توان از آن استفاده مجدد نمود و یا به آب‌های پذیرنده تخلیه کرد.

راندمان حذف ترکیبات ازته تحت تأثیر نیزار طبیعی در فصل-های مختلف

راندمان حذف مواد آلی و ترکیبات ازته در آب خروجی از نیزار طبیعی شامل NO_3، NO_2، NH_4 و TN به‌صورت فصلی در شکل (۵) ارائه شده است. داده‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که نیزار طبیعی در حذف ترکیبات ازته از راندمان حذف قابل‌قبولی برخوردار بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- راندمان حذف ترکیبات مغذی تحت تأثیر نیزار طبیعی

همان‌طوری که در شکل (۵) نشان داده شده است راندمان حذف برای NO_3 در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان در ایستگاه ST3 نسبت به ایستگاه‌های ST1 و ST2 بیشتر بود و در ایستگاه ST3 بیشترین راندمان حذف برای NO_3 در فصل زمستان و برابر با ۶۴/۹۹ درصد مشاهده شد و کمترین راندمان حذف برای NO_3 در ایستگاه ST1 و در فصل بهار و برابر با ۲۳/۰۳ درصد حاصل شد. روند تغییرات راندمان حذف NO_2 متفاوت از NO_3 بود، به‌طوری‌که حذف NO_2 تنها در ایستگاه ST3 مشاهده گردید و برای هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر با ۳۸/۶۰، ۳۹/۵۰، ۳۹/۱۲ و ۳۵/۶۴ درصد راندمان حذف مشاهده شد. راندمان حذف برای NH_4 و TN در هر چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان در ایستگاه ST3 نسبت به ایستگاه‌های ST1 و ST2 بیشتر بود و در ایستگاه ST3 بیشترین راندمان حذف برای هرکدام از فاکتورهای NH_4 و TN در فصل پاییز و به ترتیب برابر با ۶۸/۴۲ و ۹۳/۶۵ درصد مشاهده شد. کمترین راندمان حذف برای فاکتور NH_4 در ایستگاه ST1 و در فصل بهار برابر با ۲۳/۸۱ و در فصل تابستان در ایستگاه ST1 نیز کمترین راندمان حذف فاکتور TN مشاهده گردید. نتایج نشان می‌دهد که گیاه نی در کاهش ترکیبات ازته از زهاب کشاورزی نقش مؤثری دارد.

اثر زمان‌ماند بر راندمان حذف عناصر مغذی در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3

تحلیل آماری اثر زمان‌ماند بر راندمان حذف ترکیبات ازته در ایستگاه‌های مختلف بر اساس آزمون t-test نشان داد که بین ایستگاه‌های مطالعاتی ST1-ST2، ST1-ST3، ST2-ST3 در سطح یک درصد از نظر تأثیر زمان‌ماند و افزایش فاصله از نقطه ورودی (در ایستگاه‌های موردمطالعه)، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که بیشترین اختلاف راندمان حذف NO_3، NH_4 و TN بین ایستگاه ST1-ST3 به ترتیب با اختلاف میانگین برابر با ۴۱/۹۴-، ۴۳/۳۷- و ۴۲/۰۴- درصد و کمترین اختلاف در راندمان حذف NO_3، NH_4 و TN نیز بین ST2-ST3 برابر با ۱۵/۰۱-، ۷/۹۸- و ۱۵/۰۲- درصد مشاهده شد. همان طور که نتایج نشان می¬دهد با توجه به اختلاف میانگین بین ایستگاه¬ها در هر کدام از زمان¬ماند¬ها در حذف ترکیبات ازته چنین برداشت می‌شود که در ایستگاه ST1 که کمترین فاصله را نسبت به نقطه ورودی زهاب دارد، بیشترین اختلاف میانگین نسبت به ایستگاه ST3 را دارا بود. با توجه به راندمان حذف درصد حذف ترکیبات ازته در این ایستگاه می¬توان ذکر کرد که این فاصله از نیزار به ازای هر کدام از زمان¬ماند¬های عملکرد پایین¬تری را در حذف NO3، NH4 و TN از خود نشان داد. با توجه به اختلاف کم بین ایستگاه ST2 و ST3 و با توجه به راندمان حذف ۵۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

به بالا برای هر کدام از ترکیبات ازته در ایستگاه ST2 نیز عملکرد قابل قبولی را از خود نشان داد و می‌تواند به‌عنوان ایستگاه بهینه در نظر گرفته شود و در نهایت با توجه به ارزیابی هر کدام از ایستگاه‌ها مشاهده شد که در ایستگاه ST3 با بیشترین اختلاف میانگین نسبت به ایستگاه¬های ST2 و ST1 به ازای هر کدام از زمان¬ماند¬های ۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز به ترتیب برای فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان عملکرد بهتری را در حذف هر کدام از ترکیبات ازته از خود نشان داد (جدول ۴).

جدول ٤- تحلیل آماری اثر زمان‌ماند بر راندمان حذف ترکیبات ازته در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 بر اساس آزمون t-test

ایستگاه‌های مورد مقایسه	پارامتر	اختلاف میانگین‌ها (٪)	معناداری دو دامنه‌ای
ST1-ST2	NO_3	-۲۶/۹۴	۰/۰۰۰**
ST1-ST3		-۴۱/۹۴	۰/۰۰۰**
ST2-ST3		-۱۵/۰۱	۰/۰۰۰**
ST1-ST2	NH_4	-۳۵/۳۸	۰/۰۰۰**
ST1-ST3		-۴۳/۳۷	۰/۰۰۰**
ST2-ST3		-۷/۹۸	۰/۰۰۰**
ST1-ST2	TN	-۲۷/۰۳	۰/۰۰۰**
ST1-ST3		-۴۲/۰۴	۰/۰۰۰**
ST2-ST3		-۱۵/۰۲	۰/۰۰۰**

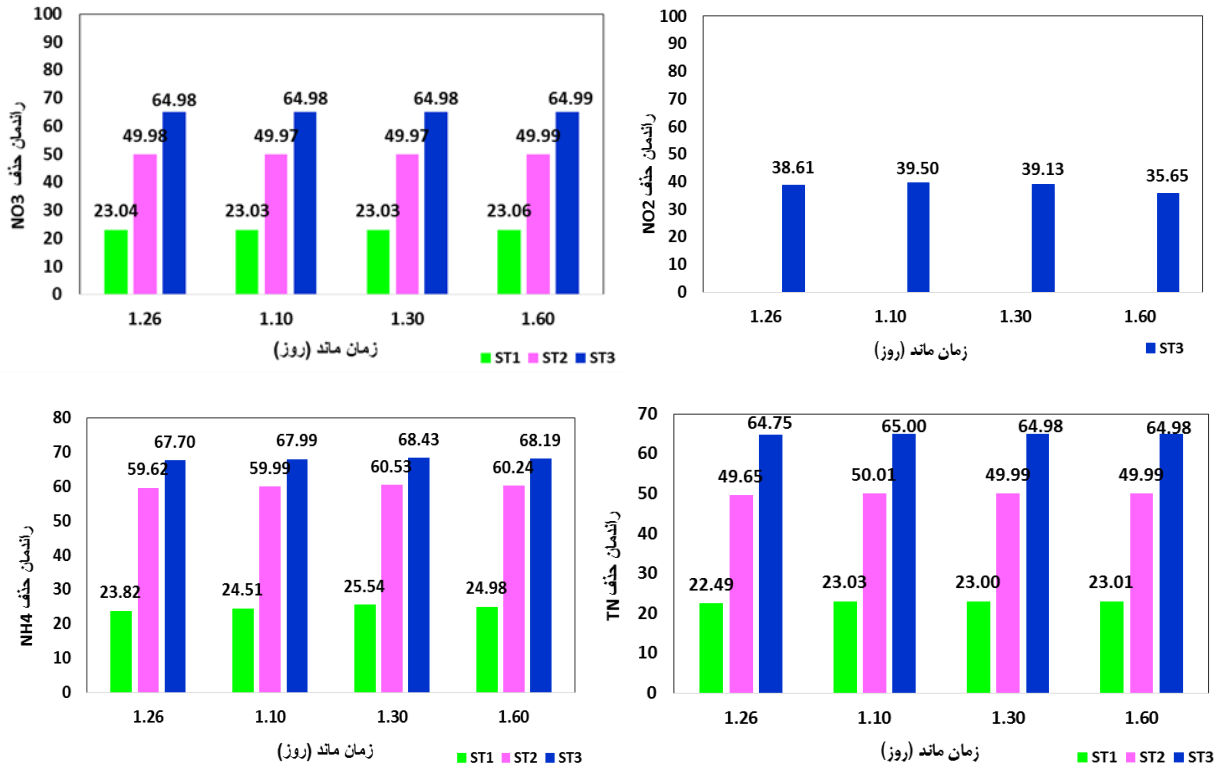
روند تغییرات راندمان حذف ترکیبات ازته NO_3، NO_2، NH_4 و TN نسبت به زمان‌ماندهای ۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز در شکل ۶ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود زمان‌ماندهای مختلف بر راندمان حذف NO_3، NO_2، NH_4 و TN در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 اثرگذار بود. با افزایش فاصله از نقطه ورودی زهاب به نیزار به ازای هرکدام از زمان‌ماندهای ۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز راندمان حذف پارامترها نیز افزایش یافت؛ اما در هرکدام از ایستگاه‌ها، اختلاف هرکدام از زمان‌ماندها با یکدیگر در حذف NO_3، NO_2، NH_4 و TN از زهاب با یکدیگر بسیار جزئی و قابل‌چشم‌پوشی بود (شکل ۶).

تفاوت راندمان حذف به ازای هرکدام از زمان‌ماندها در ایستگاه-های مختلف با یکدیگر اختلاف چشمگیری داشت. به‌طوری‌که بیشترین راندمان حذف NO_3 برابر با ۶۴/۹۹ درصد به زمان‌ماند ۱/۶ روز در فصل زمستان و در ایستگاه ST3 مشاهده شد و کمترین راندمان حذف NO_3 برابر با ۲۳/۰۳ در زمان‌ماندهای ۱/۱ و ۱/۳ روز به ترتیب در فصل تابستان و پاییز و در ایستگاه ST1 حاصل گردید. اختلاف راندمان حذف NO_3 در هرکدام از زمان‌ماندهای ۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز، بین دو ایستگاه ST1 و ST3 بیشتر بود و نشان-دهنده کارایی پایین ایستگاه ST1 در حذف NO_3 در مقایسه با ایستگاه‌های ST2 و ST3 بود.

در ایستگاه‌های ST1 وST2 به ازای هرکدام از زمان‌ماندها هیچ تغییری در حذف NO_2 نسبت به میزان اولیه در زهاب ورودی ایجاد نشد، اما بیشترین راندمان حذف در ایستگاه ST3 مشاهده شد. اختلاف بین زمان‌ماندها در حذف NO_2 در ایستگاه ST3 زیاد نبود، اما زمان‌ماند ۱/۱ روز بیشترین راندمان حذف NO_2 (۳۹/۵۰ درصد) و زمان‌ماند ۱/۶ روز کمترین راندمان حذف NO_2 (۳۵/۶۵ درصد) را به خود اختصاص دادند. اختلاف هرکدام از زمان‌ماندها با یکدیگر در حذف NH_4 از زهاب ورودی در هرکدام از ایستگاه‌ها نیز قابل‌چشم‌پوشی بود، اما تفاوت راندمان حذف به ازای هرکدام از زمان‌ماندها در ایستگاه‌های مختلف با یکدیگر اختلاف چشمگیری داشت (شکل ۶). به‌طوری‌که بیشترین راندمان حذف NH_4 برابر با ۶۸/۴۳ درصد به زمان‌ماند ۱/۳ روز و در ایستگاه ST3 اختصاص یافت و کمترین راندمان حذف NH_4 برابر با ۲۳/۸۲ در زمان‌ماند ۱/۲ روز و در ایستگاه ST1 حاصل گردید. اختلاف راندمان حذف NH_4 در هرکدام از زمان‌ماندهای ۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز، بین دو ایستگاه ST1 و ST3 بیشتر بود و این نشان می‌دهد که ایستگاه ST1 در مقایسه با ایستگاه‌های ST2 و ST3 از بازده کمتری در حذف NH4 برخوردار بود. در این پژوهش مشاهده می‌شود تأثیر زمان‌ماندها بر حذف ترکیبات ازته در ایستگاه‌های مختلف، با افزایش فاصله نسبت به نقطه ورودی زهاب، چشمگیر بود. به‌طوری‌که به ازای هرکدام از زمان‌ماندها (به‌عنوان‌مثال ۱/۲ روز)، تأثیر آن با افزایش فاصله نسبت به نقطه ورود افزایش یافت. همان‌طوری که مشاهده می‌شود برای هرکدام از زمان‌ماندها، در ایستگاه ST3 که بیشترین فاصله را نسبت به نقطه شروع دارد، بیشترین راندمان حذف را شاهد بودیم که در شکل ۶ به‌خوبی تأثیر زمان‌ماند در هرکدام از ایستگاه‌ها در حذف ترکیبات ازته قابل‌مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- راندمان حذف ترکیبات مغذی تحت تأثیر زمان‌ماندهای مختلف

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد نیزار طبیعی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار قابل‌قبول در حذف ترکیبات ازته زهاب کشاورزی باشد. میزان حذف ترکیبات ازته NO_3، NO_2، NH_4 و TN زهاب خروجی از آخرین ایستگاه در نظر گرفته‌شده در نیزار نسبت به مقدار اولیه آن در زهاب ورودی پس از کاربرد نیزار کاهش چشمگیری پیدا کرد و با افزایش مقدار فاصله از نقطه ورودی این کاهش بیشتر شد، به‌طوری‌که در ایستگاه ST3 که بیشترین فاصله (۱۰/۵ کیلومتر) را از نقطه ورودی داشت در مقایسه با ایستگاه‌های ST1 و ST2 بیشترین میزان حذف (به ترتیب برابر با ۷۰، ۶۸، ۶۷ و ۶۸ درصد به ترتیب در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان) مشاهده شد و نتایج بیانگر تأثیر زیاد کاربرد نیزار در این فاصله از نقطه ورودی در کاهش NO_3، NO_2، NH_4 و TN بود. بالاترین راندمان حذف NO_3، NO_2، NH_4 و TN به ترتیب با مقادیر ۶۴، ۵۰، ۶۸ و ۶۵ درصد به ایستگاه ST3 و کمترین راندمان حذف به ایستگاه ST1 اختصاص یافت. زمان‌ماندهای ۱/۲۶، ۱/۱۰، ۱/۳۰ و ۱/۶۰ روز بر راندمان حذف NO_3، NO_2، NH_4 و TN در ایستگاه‌های ST1، ST2 و ST3 اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد داشتند، به‌طوری‌که با افزایش فاصله از نقطه ورودی زهاب به نیزار، به ازای هرکدام از زمان‌ماندها بیشترین راندمان حذف مشاهده شد. با توجه به عملکرد متفاوت ایستگاه¬های شماره ۱ تا ۳ برای اجزای مختلف ترکیبات ازته نیترات، نیتریت، آمونیاک و ازت کل و با توجه به هدف راندمان بالای ۵۰ درصد جمیع ترکیبات ازته تا ایستگاه شماره S2، می¬توان ایستگاه شماره ۲ را به عنوان حد بهینه از نظر کارایی و هزینه فرض کرد. در بررسی انطباق کیفیت زهاب خروجی مزارع نیشکر کشت و صنعت خوزستان با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران می‌توان نتیجه گرفت که زهاب خروجی از نیزار از نظر پارامترهای NO_3، NO_2، NH_4 با استانداردهای رایج از نظر تخلیه به آب‌های سطحی مطابقت داشته است و می‌توان از آن استفاده مجدد در بخش کشاورزی نمود و یا به آب‌های پذیرنده تخلیه کرد. با توجه به اهمیت منابع آب در شرایط بحرانی کمبود آب و حجم قابل‌توجه زهاب کشاورزی استان خوزستان برنامه‌ریزی در جهت تصفیه زهاب‌ها با سامانه‌های سازگار با محیط‌زیست مانند نیزارهای طبیعی علاوه بر جلوگیری از آلوده شدن منابع آب محدود و شیرین، منجر به معرفی حجم آب قابل‌توجهی برای مصارف مختلف خواهد شد. بررسی کارایی این نیزار در بهبود کیفی زهاب و همچنین مهندسی کردن طراحی و بهره‌برداری از آن می‌تواند به‌عنوان دستاوردی بزرگ در تصفیه زهاب-های استان و کشور مورداستفاده و بهره‌برداری قرار بگیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

اخوان، ک.، شاه نظری، ع. و یارقلی، ب. ۱۳۹۶. ارزیابی قابلیت فیلتر-های زیستی برای تصفیه زهاب کشاورزی. مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی مغان. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۸ (۶۹): ۱۴۴-۱۳۵.

جمشیدی، ش.، ایمانی امیرآباد، س. و فیضی خانکندی، ا. ۱۳۹۵. عملکرد علف وتیور در تالاب‌های مصنوعی تصفیه فاضلاب. اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیطزیست و توسعه پایدار، اردبیل.

شریفی پور، م.، لیاقت، ع.، ناصری، ع.، نوذری، ح.، حاجیشاه، م.، زرشناس، م.، , هویزه، ح. و نصری، م. ۱۳۹۹. مدیریت زهاب شبکه های آبیاری و زهکشی جنوب غربی استان خوزستان. تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۱ (۲): ۵۳۹-۵۲۶.

یارقلی، ب.، اخوان، ک. ۱۳۹۴. ارزیابی مقدار و کیفیت آب زهکشی و امکان استفاده از آن در کشاورزی (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی مغان). گزارش تحقیقاتی شماره ۴۸۷۱۵. موسسه تحقیقات مهندسی کشاورزی ایران (AERI).

Baird, R.B. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd. Water Environment Federation, American Public Health Association, American Water Works Association.

Eslamian, S.S., Okhravi, S.S. and Reyhani, M.N. 2015. Urban water reuse: future policies and outlooks, in Urban Water Reuse Handbook edited by S. Eslamian, Taylor and Francis, CRC Group, USA. 1107-1114.

Guerrero, J., Mahmoud, A., Alam, T., Chowdhury, M.A., Adetayo, A., Ernest, A. and Jones, K.D. 2020. Water Quality Improvement and Pollutant Removal by Two Regional Detention Facilities with Constructed Wetlands in South Texas. Sustainability. 12(7): p.2844.

Haarstad, K., Bavor, H. and Maehlum T. 2012. Organic and metallic pollutants in water treatment and natural wetlands: a review. Water Science Technology. 65:77–99.

Land, M.; Granéli, W.; Grimvall, A.; Hoffmann, C.C.; Mitsch, W.J.; Tonderski, K.S.; Verhoeven, J.T.A. 2016. How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? A systematic review. Environmental Evidence. 5 (9).

Maktoof, A.A., 2020. Use of two plants to remove pollutants in wastewater in constructed wetlands in southern Iraq. The Egyptian Journal of Aquatic Research. 46 (3): 227-233.

Marzec, M., Jóźwiakowski, K., Dębska, A., Gizińska-Górna, M., Pytka-Woszczyło, A., Kowalczyk-Juśko, A. and Listosz, A., 2018. The efficiency and reliability of pollutant removal in a hybrid constructed wetland with common reed, manna grass, and Virginia mallow. Water. 10(10): p.1445.

Odinga, C.A., Swalaha, F.M., Otieno, F.A.O., Ranjith, K.R. and Bux, F. 2013. Investigating the efficiency of constructed wetlands in the removal of heavy metals and enteric pathogens from wastewater. Environmental Technology Reviews .2(1) :1-16.

Kalankesh, L., Rodríguez-Couto, S., Dadban Shahama, Y. and Ali Asgarnia, H., 2019. Removal efficiency of nitrate, phosphate, fecal and total coliforms by horizontal subsurface flow-constructed wetland from domestic wastewater. Environmental Health Engineering and Management Journal. 6(2): 105-111.

Ulsido, M.D., 2014. Performance evaluation of constructed wetlands: A review of arid and semi-arid climatic region. African Journal of Environmental Science and Technology. 8(2): 99-106.

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 15, Dec.-Jan. 2021, p. 993-1005

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۵، آذر - دی ۱۴۰۰، ص. ۱۰۰۵-۹۹۳

Performance Evaluation of Natural Straw in Removal of Nitrogen Compounds from Khuzestan Sugarcane Fields Drainage Water

F. Gholami[1], B. Yargholi [2*], A. Sherafati[3]
Recived: May. 16, 2021 Accepted: Jul. 03, 2021

Abstract

The present study investigated the efficiency of natural reeds on a real scale in qualitative treatment of incoming drainage water of Khuzestan sugarcane during a period of one year (2010-2011). According to the trend of qualitative changes and wastewater treatment stages at the reed level, the length of the reed was divided into three parts, namely three stations ST1, ST2 and ST3 with a length of 3.5 hectares. The efficiency of natural reeds was evaluated by measuring parameters such as NO_3, NO_2, NH_4 and TN. The mean removal for NO3 factor in the outlet drainage water in ST1, ST2 and ST3 stations was 23, 50 and 64% lower than the initial amount in the inlet drainage water, respectively. The use of natural reeds reduced NH4 compared to the initial level and ST3 station had the largest decrease (70, 68, 67 and 68% in all four seasons of spring, summer, autumn and winter, respectively). The rate of TN decrease at ST3 station was more severe and reached the lowest possible value compared to ST1 and ST2 stations. In different stations, with increasing distance from the entry point, the effect of retention time (1.26, 1.10, 1.30 and 1.60 days) on the removal of compounds was significant and for each of the retention time in ST3 station that had the longest distance from the entry point, the highest removal efficiency was observed. The results showed that the output drainage from the natural straw in terms of NO_3, NO_2 and NH_4 parameters was in accordance with the standards of the Environmental Protection Organization of Iran for discharge to surface water and can be reused in agriculture. Due to the different performance of ST1, ST2 and ST3 stations for different components of nitrogen compounds (nitrate, nitrite, ammonia and total nitrogen), And considering the efficiency target above 50% of all nitrogen compounds, ST2 station can be assumed as the optimal limit in terms of efficiency and cost. Investigating the efficiency of this reed in improving the quality of drainage water as well as engineering its design and operation can be used and exploited as a great achievement in the treatment of drainage water in the province and the country.

Keywords: Drainage water treatment, Elimination efficiency, Reed plant, Retention time, Total nitrate

1- Ph.D Student, Civil and Environmental Engineering, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Alborz, Iran
3- Assistant Professor, Department of Construction and water management, Science and Research Branch, Tehran, Iran
(*- Coresponding Author Email: Yar_bahman@yahoo.com)

www.SID.ir