مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره سیزدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۱۳۵ تا ۱۴۸

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی کارایی سیستم تالاب مصنوعی جریان سطحی با کشت گیاه نخل مرداب جهت کاهش نیترات از آب

رضا نظرپور[۱]، معصومه فراستی[۱،*]، ابوالحسن فتح‌آبادی[۱]، محمد قلی‌زاده[۲]
۱- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۰
تاریخ ویرایش: ۹۹/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۸
تاریخ انتشار: ۹۹/۰۳/۳۱

واژگان کلیدی: تالاب مصنوعی، حذف نیترات، نخل مرداب، جریان سطحی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
farasati2760@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: تالاب‌های مصنوعی سیستم‌های مهندسی هستند که از گیاهان طبیعی، خاک و ارگانیسم‌ها برای تصفیه آب‌های آلوده شهری و حذف نیترات استفاده می‌کنند.

روش بررسی: در این پژوهش، سه سامانه به‌صورت کشت در خاک، سه سامانه به‌صورت کشت گیاه روی صفحات شناور و سه سامانه دیگر بدون گیاه و بستر متخلخل به منزله شاهد در نظر گرفته شد. زمان ماندهای هیدرولیکی انتخاب شده ۱، ۳ و ۵ روز بود و برای هر زمان ماند این آزمایش در سه مرحله، به مدت شش ماه، تکرار شد. غلظت نیترات ورودی به سامانه‌ها و خروجی از آنها اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: متوسط راندمان حذف نیترات سامانه‌های حاوی گیاه (سامانه کشت در خاک و شناور) و بستر شاهد (بدون گیاه) با زمان ماند ۱ روز به‌ترتیب ۱۴/۳۴، ۱۲/۰۹ و ۱۰/۵۱ درصد و با زمان ماند ۳ روز به‌ترتیب ۱۷/۶۲، ۱۵/۷۶ و ۱۳/۵۴ درصد و با زمان ماند ۵ روز به‌ترتیب ۱۷/۷۵، ۱۷/۶۶ و ۱۶/۰۸ درصد به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد راندمان حذف نیترات به‌طور معنی‌دار به زمان ماند وابسته بوده و بهترین زمان ماند با بیشترین راندمان حذف ۱۷/۶۶ درصد برای زمان ماند ۵ روز به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، تالاب سطحی کشت در خاک دارای قابلیت بیشتری در حذف نیترات بوده، همچنین گیاه نخل مرداب دارای توان گیاه پالایی نیترات است.

Please cite this article as: Nazarpoor R, Farasati M, Fathaabadi A, Gholizadeh M. Investigating the efficiency of surface flow constructed wetlands by using Cyperus alternifolius plants for nitrate removal from water. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(1):135-48.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

مقدمه

آلودگی آب به فلزات سنگین، نیترات و سایر آلاینده‌ها مسئله زیست‌محیطی جهانی است که به‌واسطه فعالیت‌های روزافزون بهره‌برداری از معادن، صنعتی شدن و شهرنشینی در سراسر کره زمین افزایش یافته است. مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌ها ناشی از فاضلاب شهری است (۱). همچنین سیستم‌های کشت، به علت استفاده گسترده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و گسترش ضایعات دام، موجب تغییرات کیفی منابع آب می‌شوند (۲، ۳). نیترات از طریق تجزیه و فساد انسانی و حیوانی، تولیدات صنعتی و رواناب حاصل از کشاورزی وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. یکی از مشکلات زیست‌محیطی که امروزه مشاهده می‌شود وجود نیترات در آب‌های زیرزمینی و آب‌هایی هست که در تماس با پساب‌های خانگی و پساب‌های صنایع است. نیترات به‌عنوان یکی از مهمترین منابع آلودگی آب، تهدیدی جدی برای اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود.

از مهمترین منابع آلودگی نیترات استفاده از کودهای ازته است که در کشاورزی و برای حاصلخیزی زمین استفاده می‌شود. این کودها بر اثر تجزیه شدن و انحلال در آب‌های باران و کشاورزی در زمین جاری شده و نهایتا به اعماق زمین فرو می‌روند. بنابراین می‌توانند آب‌های سطحی و زیرزمینی را تحت تاثیر قرار دهند. مقادیر زیاد نیترات در آب آشامیدنی باعث بروز بیماری متهموگلوبینمیا در نوزادان و همچنین افزایش احتمال بروز سرطان بر اثر تشکیل نیتروزوآمین‌ها می‌شود (۲). روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متداولی در حذف این آلاینده‌ها از منابع آبی وجود دارد، به دلیل هزینه زیاد و کارایی محدود، در سال‌های اخیر روش‌های تصفیه طبیعی مناسب و ارزان قیمت مثل گیاه‌پالایی مورد بررسی قرار گرفته است. گیاه‌پالایی فرایندی است که طی آن آلودگی‌ها از طریق تجزیه مستقیم، پالایش غیرمستقیم با حمایت جمعیت‌های میکروبی و جذب از خاک یا آب و تغلیظ در ناحیه ریشه و بافت گیاه تصفیه می‌شوند (۴).

گیاه‌پالایی فناوری نسبتا جدیدی است که علاوه بر محبوبیت عمومی، سازگار با محیط‌زیست پایدار و کشورهای درحال توسعه بسیار مناسب و صرفه اقتصادی دارد (۵). گیاه‌پالایی یعنی استفاده از ظرفیت گیاهان در جهت احیای محیط‌زیست از فناوری‌های کم هزینه برای رفع آلودگی‌های گوناگون آب و خاک است (۶). محققین در تلاش هستند تا راه‌حل‌هایی ارزان‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست برای حذف آلاینده‌ها از آب‌های طبیعی بیابند. تحقیقات در دو دهه اخیر نشان داده است که ساختارهای تالابی یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای این منظور است. تالاب‌ها با روش‌های مختلف فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی می‌توانند به شکل مؤثری غلظت انواع آلاینده‌های شیمیایی و باکتری‌های بیماری‌زا را کاهش دهند. طبق تعریف کنوانسیون رامسر تالاب به مناطق مردابی، آبگیر، توربزار آبی به‌صورت طبیعی، مصنوعی، دائم یا موقت با آب ساکن، جاری شیرین، لب‌شور یا شور مشتمل بر آن دسته از آب‌های دریایی که عمق آب آنها از ۶ m تجاوز نکند، گفته می‌شود. گیاه لاله آبی، نی و نخل مرداب سطوحی را برای چسبیدن فیلم‌های باکتری فراهم و به کاهش عامل‌های آلاینده فاضلاب کمک می‌کنند.

تالاب‌ها را می‌توان به دو دسته تالاب‌های طبیعی و مصنوعی تقسیم‌بندی کرد (۷). تالاب‌های طبیعی بدون دخالت انسان ایجاد و به‌عنوان آب‌های پذیرنده عمل می‌کنند و دارای خاک‌های آلی معین، با شرایط احیاشده هستند. تالاب مصنوعی توسط انسان ایجاد می‌شود و برای تصفیه انواع متنوعی از فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، سیلاب‌ها، آب‌های سطحی آلوده و دریاچه‌ها مناسب است. تالاب‌های مصنوعی با استفاده از گیاهان آبزی می‌توانند عملیات تصفیه فاضلاب‌های حاوی آلاینده‌ها از جمله نیترات را به‌طور مؤثرتر و با هزینه‌های کمتری در مقایسه با سایر روش‌ها انجام دهند. استفاده گسترده از تالاب‌های مصنوعی نشان‌دهنده تمایل کشورهای پیشرفته

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

به استفاده از روش‌های طبیعی تصفیه فاضلاب نسبت به روش‌های متداول با صرف هزینه‌های بسیار است، درحالی‌که کشورهای درحال توسعه هنوز از مزایای تصفیه طبیعی از قبیل عدم ارزبری، کاربری آسان و شرایط آب و هوایی مناسب و همچنین هزینه بسیار ناچیز بهره‌برداری غافل مانده و از روش‌های متداول و پیشرفته تصفیه فاضلاب و صرف هزینه‌های بسیار استفاده می‌کنند (۶).

تالاب‌های مصنوعی بر مبنای پارامترهای مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند. دو پارامتر مهم رژیم جریان (سطحی و زیرسطحی) و نوع گیاه آبزی قابل رشد در تالاب (شناور، مستغرق، ریشه در خاک) است. بر این مبنا تالاب‌های جریان سطحی دارای قابلیت کشت انواع گیاهان آبزی شامل ریشه در خاک، مستغرق، کاملا شناور و برگ شناورند (۸).

در تحقیقی حذف نیترات از محلول آبی با استفاده از بیوچار پوشال برنج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کامپوزیت به‌دست آمده می‌تواند بطور اختصاصی برای از بین بردن آلودگی‌ها از محلول‌های آبی استفاده شود (۹). Ansari و همکاران (۱۰) به بررسی فرایند گیاه‌پالایی آب‌های آلوده پرداختند. از بین گونه‌های مختلف گیاهان آبزی، آزولا، ایخورنیا، لمنا، پوتاموژتون، اسپیرودلا، گرگ و ولفیلا به عنوان گیاهان دارویی شناخته شده‌اند و همچنین در کاهش آلودگی‌های آبی از طریق محاسبه بیولوژیکی آلاینده‌ها در بافت‌های بدن بسیار مؤثر هستند. به همین ترتیب برخی دیگر از گونه‌های خانواده Lemnaceae برای کاهش درصد اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و همچنین جذب فلزات سنگین و انواع مختلف یونی نیتروژن و فسفر بسیار کارآمد هستند. Ayyasamy و همکاران (۱۱) قابلیت گیاهان غوطه‌ور در آب شامل سنبل آبی، کاهوی آبی و قدح مریم در حذف نیترات را در غلظت ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ mg/L مورد بررسی قرار داده‌اند. میزان حذف توسط سنبل آبی در غلظت ۱۰۰ mg/L، ۶۴ درصد در ۲۰۰ تا ۳۰۰ mg/L، ۸۰ تا ۸۳ درصد و در غلظت‌های بالاتر صفر و در دو گیاه دیگر بسیار ناچیز گزارش شده است. Tu و همکاران (۱۲) در تحقیقی تالاب پیش ساخته را برای تصفیه جریان‌های آلوده به‌کار بردند. نتایج نشان داد که تالاب‌های پیش ساخته دارای پتانسیل بهبود کیفیت آب رودخانه است. Kotti و همکاران (۱۳) تاثیر پارامترهای طراحی و عملیاتی را بر راندمان تصفیه تالاب‌های جریان سطحی مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد به‌طور قابل ملاحظه‌ای کارایی حذف BOD این سامانه‌ها به دما وابسته است. Weragoda و همکاران (۱۴) کارایی سامانه تالاب مصنوعی در مقیاس آزمایشگاهی در مناطق گرمسیری سریلانکا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد راندمان حذف BOD فاضلاب ورودی به تالاب ۸۰ درصد بود.

یکی از گیاهانی که دارای قابلیت رشد در تالاب به‌صورت شناور و ریشه در خاک است، گیاه نخل مرداب است. گیاه نخل مرداب از خانواده گرامینه با توده سبز ریشه و عمق ریشه قابل توجه است که نقش مهمی در فرایند خود پالایی تالاب دارد. این گیاه از طریق ریشه، ساقه و برگ خود می‌تواند مواد آلوده را جذب نماید. راندمان تصفیه در این نوع گیاه، به نوع و طراحی تالاب، زمان ماند، میزان بار، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و شرایط اقلیمی بستگی و برای بهترین راندمان به زمان ماند طولانی نیاز دارد. زمان ماند اساسا به معنی مدت زمانی است که آب در تماس با ریشه گیاه و بستر است که در حذف یا تجزیه آلودگی‌ها نقش مهمی دارد. گیاهان آبزی برای تصفیه آب، مناسب‌تر از گیاهان خشکی هستند به این دلیل که آنها در تالاب‌ها رشد سریع‌تر و توده زنده بیشتری تولید می‌کنند و توانایی بالاتری برای جذب آلودگی‌ها دارند و اثرات آنها در خالص‌سازی و تصفیه به دلیل تماس با آلودگی بیشتر است. Kayima و همکار (۱۵) به حذف نیتروژن در تالاب لوبیگی پرداختند. مکانیزم حذف نیتروژن با استفاده از گیاه‌پالایی و جذب آلاینده توسط ریشه گیاه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

($10/328\ gNm^{-2}day^{-1}$)، رسوب ($2/47\ gNm^{-2}day^{-1}$) و دنیتریفیکاسیون ($0/027\ gNm^{-2}day^{-1}$) بوده است. بنابراین گیاهان تالابی و رسوب نیتروژن نقش مهمی در حذف نیترات داشته است.

با توجه به مطالب ذکر شده، تاکنون اثر گیاه نخل مرداب بر کاهش نیترات در تالاب با جریان سطحی مورد بررسی قرار نگرفته است؛ بنابراین در تحقیق حاضر، راندمان حذف نیترات در تالاب مصنوعی جریان سطحی حاوی گیاه نخل مرداب با کشت شناور، ریشه در خاک و شاهد (بدون گیاه) تعیین و تاثیر زمان ماند هیدرولیکی (Hydraulic Retention Time) و تغییرات دما بر راندمان حذف نیترات ارزیابی شد و با بررسی پایلوت تالاب مصنوعی از نوع جریان سطحی امید است در آینده نزدیک از این فناوری برای ارتقای کیفیت آب شهری خروجی استفاده شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس، شهرستان گنبد از خرداد ماه ۹۷ تا آبان ماه ۹۷ به مدت شش ماه انجام شد. جهت انجام این پژوهش ۴۲ عدد گیاه نخل مرداب از گلخانه‌ای واقع در شهر گنبدکاووس به‌صورت قلمه جمع‌آوری شد و قلمه‌ها برای ریشه زنی به مدت یک هفته به‌صورت وارونه در سطل‌ها در محیط آزمایشگاهی قرار داده شد و بعد از ریشه زنی گیاهان جهت کشت در سامانه‌ها، ابتدا گیاهان برای سازگاری با شرایط محیطی، به مدت سه روز زیر تابش مستقیم نور آفتاب نگهداری شدند و پس از پایان دوره سازگاری، گیاهان جهت شروع دوره آزمایش در قالب ۳ تیمار که هرکدام شامل ۷ گیاه در سه تکرار تقسیم شدند. برای انجام پژوهش اقدام به ساخت سامانه تالاب مصنوعی شد. در تالاب‌ها متوسط زمانی که طول می‌کشد تا آب آلوده از میان سیستم تالاب عبور کند اصطلاحا زمان ماند هیدرولیکی نامیده می‌شود. جریان آب عبوری از میان سامانه‌ها باید آرام باشد تا زمان ماند لازم برای حذف آلودگی فراهم آید. با توجه به حجم ثابت هر حوضچه، با استفاده از تغییر دبی جریان ورودی، اعمال زمان ماندهای مختلف ۱، ۳ و ۵ روز امکان‌پذیر بود. نه حوضچه مستطیلی (سه نوع سامانه و هر نمونه با سه تکرار) ساخته شد. به منظور برقراری جریان سطحی در پایلوت تالاب مصنوعی در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر از کف هر حوضچه یک مجرای خروجی تعبیه شد. از مخزن ۲۰۰۰ لیتری جنب سامانه‌ها برای تامین آب حوضچه‌ها استفاده شد. برای تنظیم سطح آب درون مخزن از شناور کولر آبی و برای تنظیم شدت جریان خروجی مخزن از شیر گازی استفاده شد. هر سامانه با ابعاد ۲ m طول، ۳۰ cm عرض و ۲۰ cm ارتفاع بر روی زمین با استفاده از ورق گالوانیزه ساخته شد. برای ایزوله نمودن سامانه‌ها، از چسب آکواریوم استفاده شد. در سه عدد از سامانه‌ها، گیاه نخل مرداب به‌صورت کشت در خاک و در سه سامانه دیگر کشت به‌صورت شناور انجام شد و برای بررسی اثرات گیاه در این سامانه‌ها با سامانه‌های فاقد گیاه سه سامانه باقیمانده بدون کشت و بستر متخلخل به منزله شاهد در نظر گرفته شد. جنس بستر سامانه‌هایی که بستر متخلخل داشتند از نوع خاک زراعی (لوم سیلتی) و ارتفاع آنها ۱۵ cm بود.

تلفات آب این سیستم شامل نشت از دیواره‌ها و کف، تبخیر از آب آزاد و تعرق گیاهان بود. با توجه به اینکه دیواره‌ها با استفاده از چسب آکواریوم پوشش داده شده تلفات آن ناچیز است. با بررسی منابع موجود و در مواردی که از ورق گالوانیزه و چسب آکواریوم در ساخت پایلوت تالاب مصنوعی استفاده شده بود به اثر این مصالح مورد استفاده در حذف عناصر غذایی اشاره نشده بود؛ بنابراین در این تحقیق اثر ورق گالوانیزه بر حذف نیترات آب شهری ناچیز فرض شد و از بررسی آن صرف نظر شد بنابراین مهمترین عامل تلفات در این سامانه‌ها تبخیر و تعرق است. با استفاده از داده‌های تشت تبخیر سایت ایستگاه هواشناسی واقع در ۲ کیلومتری دانشگاه گنبدکاووس، تلفات آب سامانه‌ها

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

محاسبه و به مقدار جریان ورودی اضافه گردید. جریان پیوسته آب شهری به هر سامانه برای هر زمان ماند فوق الذکر برقرار شد. در ابتدای زمان ماندها، از آب ورودی به هر سامانه با غلظت ثابت نیترات و در انتهای هر دوره از آب خروجی سامانه‌ها نمونه گرفته شد. ظروف حاوی نمونه، در اسرع وقت، با استفاده از تشت حاوی یخ، به آزمایشگاه انتقال یافت و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۱۰ nm و بر مبنای روش ذکر شده در کتاب استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب (۱۶)، غلظت نیترات اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی اثر دما و ماه‌های مختلف بر جذب نیترات توسط گیاه و سامانه‌ها، داده‌های دما از سایت ایستگاه هواشناسی کشاورزی، مستقر در ۲ کیلومتری دانشگاه گنبدکاووس دریافت شد. در زمان شروع و پایان هر آزمایش علاوه بر نیترات، پارامترهای pH، EC، TDS، DO جریان ورودی و خروجی با استفاده از دستگاه پورتابل اندازه‌گیری شد. با تکمیل و جمع‌آوری داده‌ها، راندمان حذف نیترات (R)، به‌صورت درصد (معادله ۱) محاسبه شد.

$$R = (C_e - C_i) / C_e \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

در این معادله، R راندمان حذف نیترات، C_e و C_i به‌ترتیب غلظت نیترات خروجی و ورودی برحسب میلی‌گرم بر لیتر است. جهت تجزیه واریانس از نرم‌افزار آماری SAS (Statistical Analysis System) و جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

- آنالیز داده‌ها

به‌منظور مقایسه پارامترها در مکان و زمان‌های مختلف از آزمون کرت‌های خرد شده در واحد زمان (اسپلیت پلات) و برای نرمال بودن متغیرها از آزمون کلموگراف اسمیرنوف استفاده شد. چنانچه سری داده‌ها نرمال نبودند با استفاده از تبدیل مناسب BAX-COX، لگاریتمی و غیره داده‌ها نرمال شدند. درنهایت برای بررسی اثرات هر کدام از سامانه‌ها (کشت در خاک و شناور) در زمان ماندهای مختلف (۱، ۳ و ۵ روز) و ماه‌های مختلف در محیط SAS آزمون فاکتوریل اسپلیت پلات انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین نیز از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری LSD استفاده شد.

جدول ۱- مقدار pH، EC و غلظت نیترات در خاک و گیاه قبل و بعد از دوره آزمایش

نوع بستر	زمان اندازه گیری	نوع سامانه	pH	EC (µmhos/cm)	NO_3^- (mg/L)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)
اندام زیرزمینی (ریشه و ریزوم گیاه)	قبل از آزمایشات		۷/۰۱	۴۰/۳۷	۱۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۱۴
	بعد از آزمایشات	کشت در خاک	۳/۱۱	۱۱۵/۵۷	۱۴/۸	۳/۲۸	۰/۳۹
		کشت شناور	۲/۵۵	۱۱۵/۷۳	۱۱/۵۳	۱/۵	۰/۲۱
اندام هوایی (ساقه گیاه)	قبل از آزمایشات		۷/۵	۵۰/۰۴	۷/۸۹	۰/۶۷۸	۰ /۰۷
	بعد از آزمایشات	کشت در خاک	۳/۰۸	۱۲۰/۵	۸/۸۲	۱/۴۸	۰/۳۱
		کشت شناور	۴/۸۵	۱۱۸/۸۷	۸/۱۱	۰/۸۳	۰/۱۸
اندام هوایی (برگ گیاه)	قبل از آزمایشات		۶/۸۶	۶۰/۲۱	۸/۱	۰/۴۷	۰/۰۱۲
	بعد از آزمایشات	کشت در خاک	۳/۵۷	۱۱۸/۳۳	۹/۱۶	۰/۷۱	۰/۲۶
		کشت شناور	۳/۴۷	۱۱۳/۷۷	۷/۵۴	۰/۴۴	۰/۰۳
خاک	قبل از آزمایشات		۶/۱۱	۱۷۵	۸/۵۲	---	
	بعد از آزمایشات		۵/۶۶	۴۲/۱۳	۶/۱۵	----	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

یافته‌ها

جدول ۱ میزان pH، EC و غلظت نیترات خاک و گیاه را قبل و بعد از دوره آزمایش نشان می‌دهد. افزایش غلظت نیترات به‌عنوان یک منبع اصلی و مورد نیاز گیاه تا حد تحمل آن منجر به افزایش رشد ساقه‌ها، تعداد و سبزینگی بهینه کلروفیل در برگ‌ها و توده ریشه‌ای می‌شود. همان‌طورکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت مواد مغذی موردنیاز گیاه در سامانه کشت در خاک، بیومس گیاهی افزایش یافته است. میزان تجمع EC بعد از آزمایش‌ها در ریشه، ساقه و برگ گیاه به‌ترتیب ۲/۹، ۲/۴ و ۱/۹ برابر شده است (جدول ۱). میزان نیترات در اندام زیرزمینی در سامانه کشت در خاک و شناور به‌ترتیب ۱/۴ و ۱/۱ برابر شده است.

تجمع نیترات در ساقه و برگ برای هر دو سامانه کشت در خاک و کشت شناور به‌ترتیب ۱/۱۲، ۱/۰۲، ۰ و ۱/۱۳ شده است. میزان نیترات در خاک پس از آزمایشات کاهش یافته است.

نتایج تعیین غلظت نیترات جریان ورودی و خروجی و راندمان حذف نیترات در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲، میانگین، حداکثر، حداقل، و انحراف معیار آن به‌ترتیب ۱۸/۴۹، ۲۰/۸۱، ۱۷/۸۱ و ۱/۰۸ mg/L است. در بین زمان‌های مورد بررسی، در زمان ماند ۵ روز غلظت نیترات خروجی بیشتر کاهش یافته است. همچنین سامانه کشت در خاک دارای راندمان حذف نیترات بیشتری بوده است.

جدول ۲- مقادیر غلظت نیترات آب جریان ورودی و خروجی و درصد حذف آن در سه زمان ماند

زمان‌ماند	دوره آزمایش		NO_3^- in (mg/L)	سامانه کشت در خاک		سامانه کشت شناور		شاهد	
				NO_3^-out (mg/L)	درصد حذف	NO_3^-out (mg/L)	درصد حذف	NO_3^- out (mg/L)	درصد حذف
۱ روز	۹۷/۰۳/۶	۹۷/۰۳/۷	۲۰/۸۱	۳۰/۱۶	۲۱/۶۷	۱۹/۲۸	۷/۳۵	۱۹/۳۳	۷/۱۱
	۹۷/۰۴/۱	۹۷/۰۴/۲	۱۷/۹۲	۱۱/۶۰	۳۵/۲۷	۱۴/۷۸	۱۷/۵۲	۱۷/۷۹	۰/۷۳
	۹۷/۰۵/۸	۹۷/۰۵/۹	۱۸/۰۳	۱۲/۵۸	۳۰/۲۳	۱۳/۷۸	۲۳/۵۷	۵۳/۱۷	۲/۷۷
	۹۷/۰۶/۵	۹۷/۰۶/۶	۱۸/۱۹	۱۶/۱۰	۱۱/۴۹	۱۲/۴۵	۹/۵۷	۱۷/۸۴	۱/۹۲
	۹۷/۰۷/۳	۹۷/۰۷/۴	۱۷/۸۱	۱۶/۷۰	۶/۲۳	۱۲/۹۰	۵/۱۱	۱۷/۴۰	۲/۳۰
	۹۷/۰۸/۶	۹۷/۰۸/۷	۱۸/۲۰	۱۷/۱۶	۵/۷۱	۱۷/۴۷	۴/۰۱	۱۷/۶۰	۳/۳۰
۳ روز	۹۷/۰۳/۷	۹۷/۰۳/۱۰	۲۰/۸۱	۱۴/۲۷	۳۱/۴۳	۱۴/۴۱	۳۰/۷۵	۱۸/۹۹	۸/۷۵
	۹۷/۰۴/۲	۹۷/۰۴/۵	۱۷/۹۲	۹/۷۸	۴۵/۴۲	۱۱/۷۹	۳۴/۲۱	۱۷/۷۶	۰/۰۲
	۹۷/۰۵/۱۰	۹۷/۰۵/۱۳	۱۸/۰۳	۹/۷۰	۴۶/۲۰	۱۱/۳۰	۳۷/۳۳	۱۷/۴۸	۳/۰۵
	۹۷/۰۶/۹	۹۷/۰۶/۱۱	۱۹/۱۸	۱۵/۶۷	۱۳/۸۵	۱۵/۷۳	۱۳/۵۲	۱۷/۷۵	۲/۴۲
	۹۷/۰۷/۴	۹۷/۰۷/۷	۱۷/۸۱	۱۶/۴۸	۷/۴۷	۱۶/۸۲	۵/۵۶	۱۷/۰۶	۴/۲۱
	۹۷/۰۸/۷	۹۷/۰۸/۱۰	۲۰/۱۸	۱۴/۷۴	۱۹/۰۱	۱۶/۳۰	۱۰/۴۴	۱۷/۱۴	۵/۸۲
۵ روز	۹۷/۰۳/۱۰	۹۷/۰۳/۱۵	۲۰/۸۱	۸/۵۶	۵۸/۸۷	۹/۸۴	۵۲/۷۲	۱۹/۳۱	۷/۲۱
	۹۷/۰۴/۹	۹۷/۰۴/۱۴	۱۷/۹۲	۹/۸۹	۴۴/۸۱	۱۰/۸۶	۳۹/۴۰	۱۷/۶۹	۱/۲۸
	۹۷/۰۵/۱۸	۹۷/۰۵/۲۳	۱۸/۰۳	۶/۱۱	۶۶/۱۱	۸/۹۳	۵۰/۴۷	۱۷/۴۶	۳/۱۶
	۹۷/۰۶/۲۰	۹۷/۰۶/۲۵	۱۸/۱۹	۱۱/۶۱	۳۶/۱۷	۱۲/۷۶	۲۹/۸۵	۱۷/۳۷	۴/۵۱
	۹۷/۰۷/۱۰	۹۷/۰۷/۱۵	۱۷/۸۱	۱۳/۵۱	۲۴/۱۴	۱۵/۶۹	۱۱/۹۰	۱۶/۷۹	۵/۷۳
	۹۷/۰۸/۱۰	۹۷/۰۸/۱۵	۱۸/۲۰	۱۳/۴۰	۲۶/۳۷	۱۴/۴۷	۲۰/۴۹	۱۷/۱۱	۵/۹۹

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

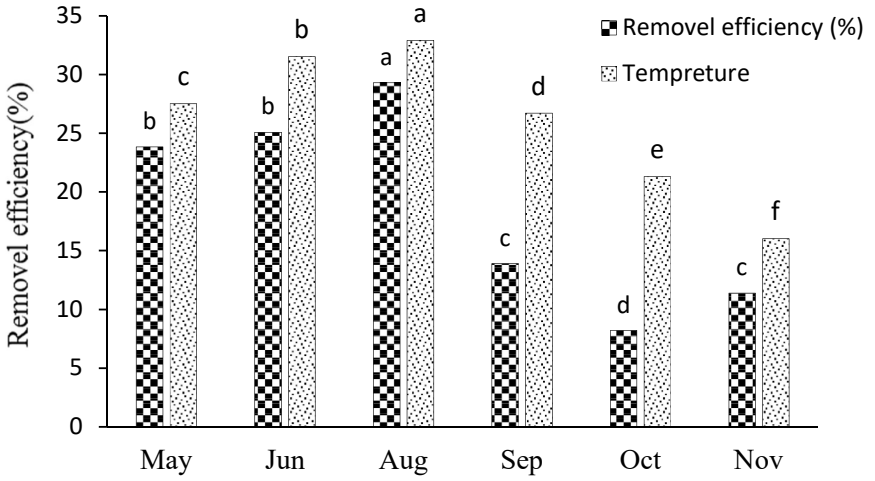
جدول ۳ تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش را بر درصد حذف نیترات آب شهری موردتحقیق نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد اثرات عامل‌های دما ـ نهفته در ماه دوره آزمایش (عامل فرعی)- نوع کشت گیاه در تالاب یا نوع سامانه (عامل اصلی)، زمان ماند (عامل اصلی) و اثر متقابل آنها بر درصد حذف نیترات در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شده است.

نمودار ۱ مقایسه میانگین اثر دوره آزمایش (ماه) را بر درصد حذف نیترات نشان می‌دهد. همان‌طور که نمودار ۲ نشان می‌دهد، درصد حذف نیترات برای بعضی دوره‌های آزمایش (به‌طور مثال بین دوره اول و چهارم یا بین دوره پنجم و ششم) معنی‌دار است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر درصد حذف نیترات

منابع تغییرات*	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	احتمال
(A) ماه	۲	۵۸۵/۸۶	۲۹۲/۹۳	۳۰۷/۶۹	۰/۰۰۰۱
(B) نوع سامانه	۲	۲۶۴/۱۹	۱۳۲/۱۰	۱۳۸/۷۵	۰/۰۰۰۱
(A×B) ماه × نوع سامانه	۴	۱۲۸/۹۷	۳۲/۲۴	۳۳/۸۷	۰/۰۰۰۱
(C) زمان ماند	۵	۳۰۷/۸۴	۶۱/۵۷	۶۴/۶۷	۰/۰۰۰۱
(A×C) ماه × زمان ماند	۱۰	۲۳۹/۳۴	۲۳/۹۳	۲۵/۱۴	۰/۰۰۰۱
(B×C) نوع سامانه × زمان ماند	۱۰	۷۲/۶۱	۱۷/۶	۴۸/۶	۰/۰۰۰۱
(A×B×C) ماه× نوع سامانه × زمان ماند	۲۰	۵۵/۰۴	۲/۷۵	۸۸/۲	۰/۰۰۰۳
(Error) خطا	۹۰	۴۸/۸۵	۰/۹۵		
مجموع	۱۴۳	۶۵/۱۷	۶۵/۵۵	۴۸/۵۸	

* در سطح اطمینان ۵ درصد میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند اختلاف معنی‌دار ندارند و یکسان فرض می‌شوند و میانگین‌هایی که حروف متفاوت دارند دارای اختلاف معنی‌دار معرفی می‌شوند.

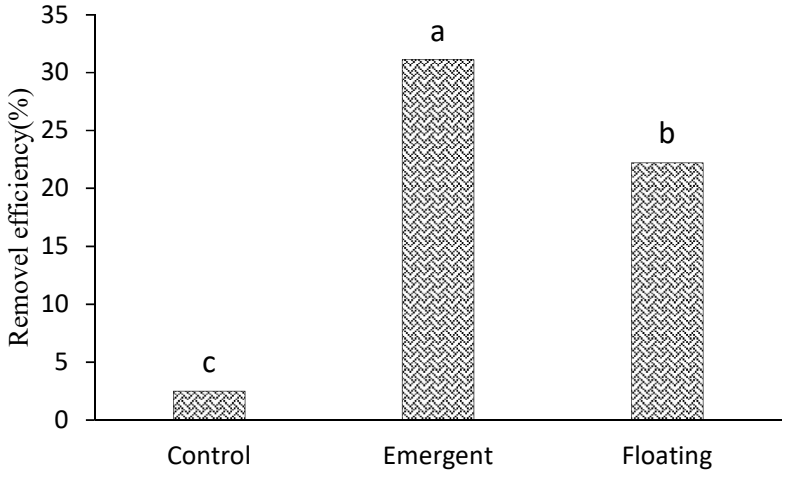


نمودار ۱- مقایسه میانگین اثر دوره آزمایش (ماه) بر درصد حذف نیترات (حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار)

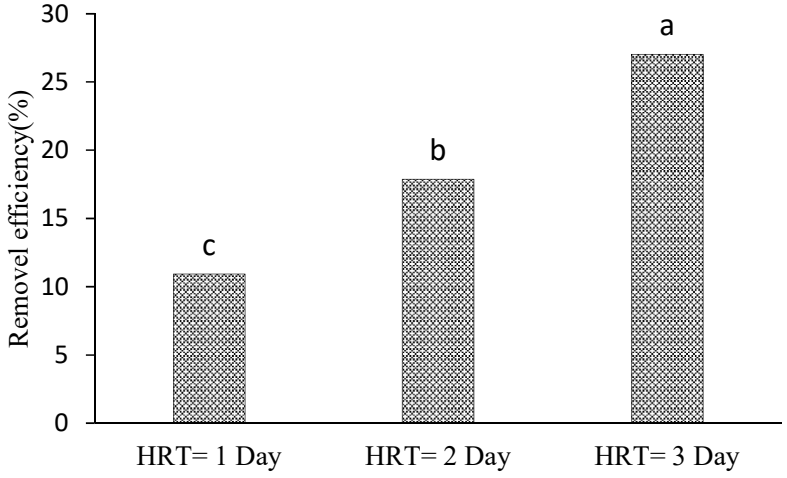
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

مقایسه میانگین تاثیر دما بر حذف نیترات نشان داد با افزایش دمای محیط، راندمان حذف نیترات سامانه‌ها افزایش یافته است؛ اما شیب افزایش درصد حذف نیترات کمتر از شیب افزایش دمای محیط است. همچنین، حداکثر درصد حذف نیترات در اوایل مرداد و اواخر تیر ۲۱/۲۹ درصد به‌دست آمد.

نمودار ۲ مقایسه میانگین اثر نوع سامانه را بر درصد حذف نیترات نشان می‌دهد. همان‌طور که نمودار ۲ نشان می‌دهد، از لحاظ آماری بین سه سامانه تالابی در حذف نیترات آب شهری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. تاثیر تیمار گیاه نخل مرداب بر غلظت‌های متوسط نیترات نشان داد، متوسط غلظت نیترات در تیمار گیاه نخل مرداب در سامانه کشت در خاک با راندمان حذف نیترات ۱۷/۶۸ درصد نسبت به سامانه‌های شناور با راندمان حذف نیترات ۱۴/۱۷ درصد و سامانه فاقد گیاه (شاهد) با راندمان حذف نیترات ۱۳/۲۷ درصد کارآمدتر بود.



نمودار ۲- مقایسه میانگین اثر نوع سامانه بر درصد حذف نیترات (حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار)



نمودار ۳- مقایسه میانگین اثر زمان ماند بر حذف نیترات (حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار)

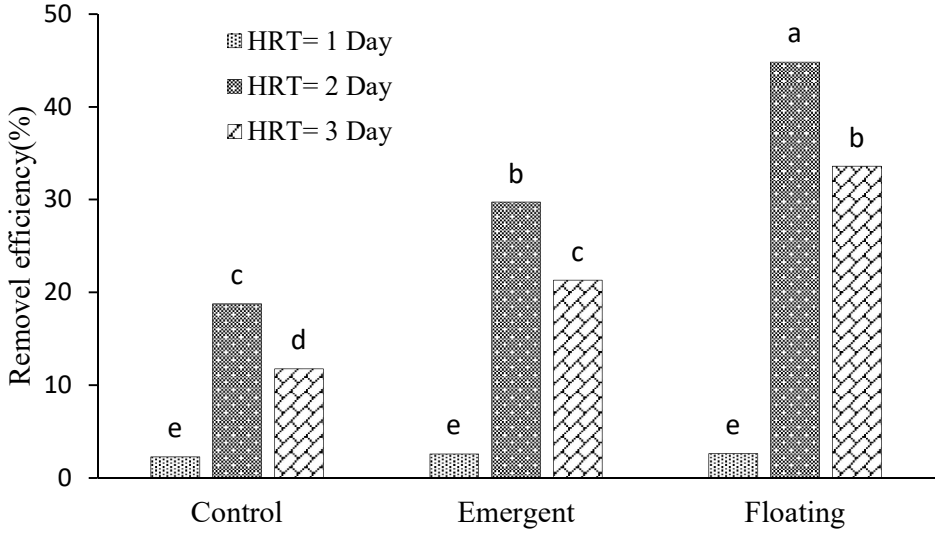
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

نمودار ۳ مقایسه میانگین اثر زمان ماند را بر حذف نیترات نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۳ مشخص شد از لحاظ آماری بین زمان ماندهای مختلف در حذف نیترات آب شهری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج نشان داد اعمال زمان ماند ۵ روز با راندمان حذف نیترات ۱۶/۵۳ درصد نسبت به زمان ماند ۳ روز با راندمان حذف نیترات ۱۵/۱۸ درصد و زمان ماند ۱ روز با راندمان حذف نیترات ۱۳/۴۱ درصد کارآمدتر بود.

نتایج بررسی اثر متقابل عوامل اصلی (نمودار ۴) نشان داد بسته به نوع سامانه تاثیر زمان ماند ۳ و ۵ روز در حذف نیترات متفاوت بوده است. به‌طوری‌که در حالتی‌که نوع سامانه کشت در خاک بود بیشترین کارایی برای این زمان ماندها به‌دست آمده است. از سوی دیگر برای زمان ماند یک روز نوع سامانه تاثیرگذار نبوده است به‌طوری‌که در هر سه سامانه اختلاف معنی‌دار برای زمان ماند یک روز مشاهده نگردید.

همان‌طورکه نمودار ۴ نشان می‌دهد، در همه زمان‌ماندها راندمان حذف نیترات آب شهری در سامانه‌های حاوی گیاه از سامانه شاهد (فاقد گیاه) بیشتر بود، طوری‌که متوسط راندمان حذف نیترات آب شهری در سامانه‌های ریشه در خاک (Emergent)، شناور (Floating) و شاهد (Unplanted) با زمان ماند ۱ روز به‌ترتیب ۱۴/۳۴، ۱۲/۰۹ و ۱۰/۵۱ درصد، با زمان ماند ۳ روز به‌ترتیب ۱۷/۶۲، ۱۵/۷۶و ۱۳/۵۴ درصد، با زمان ماند ۵ روز به‌ترتیب ۱۷/۷۵، ۱۷/۶۶ و ۱۶/۰۸ درصد به‌دست آمد. درنتیجه، حداکثر کارایی حذف نیترات در سامانه ریشه در خاک با زمان ماند ۵ روز به‌دست آمد.

نمودار ۵ مقایسه میانگین اثر دوره آزمایش و نوع سامانه بر راندمان حذف نیترات را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار۵ مشاهده می‌شود بسته به ماه موردبررسی میزان حذف نیترات در سامانه‌های کشت در آب و خاک متفاوت بوده است. به‌طوری‌که در ماه‌های May، Jun و Aug نسبت به ماه‌های Sep، Oct و Nov حذف بیشتری اتفاق افتاده است. در تمام ماه‌ها میانگین مقادیر حذف به‌دست آمده برای سامانه شاهده فاقد تفاوت معنی‌داری نداشته است. بیشترین و کمترین راندمان حذف نیترات در سامانه کشت در خاک و شناور به ترتیب در مردادماه (۴۸ و ۳۸ درصد)



نمودار ۴- مقایسه میانگین اثر زمان ماند و نوع سامانه بر حذف نیترات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

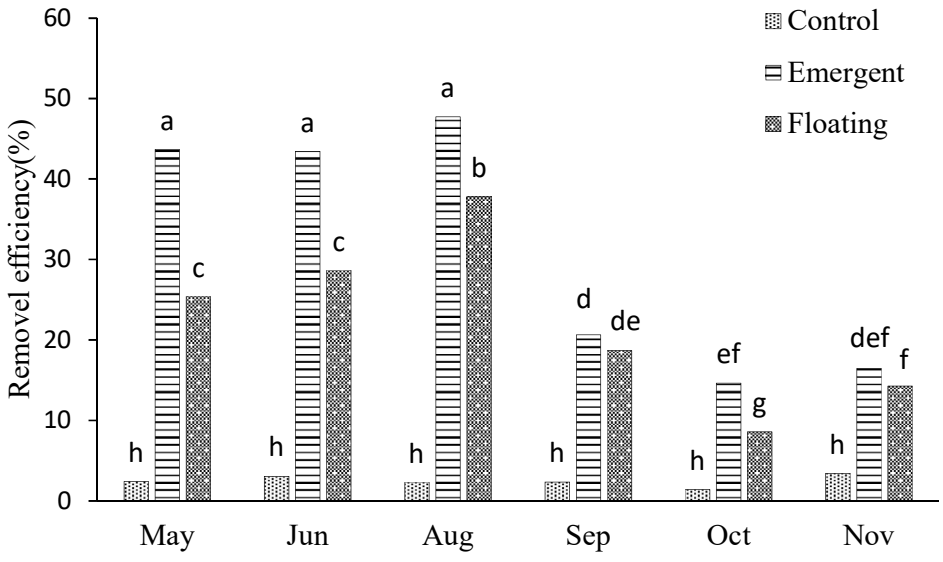
و آبان ماه (۱۵ و ۱۰ درصد) بوده است. سامانه شاهد نیز در مهرماه کمترین راندمان حذف و در سایر دوره‌ها، تقریبا راندمان حذف یکنواختی داشته است. بنابراین در گرم‌ترین ماه دوره آزمایش، بیشترین راندمان حذف نیترات توسط خاک و گیاه به دست آمد.

بحث

در سامانه‌های کشت در خاک حاوی گیاه نخل مرداب، بیشترین رشد اندام هوایی مشاهده شد. در این سامانه میزان افزایش ارتفاع تا حدود ۱۳۰ cm نیز مشاهده گردید. این در حالی است که در سامانه‌های کشت شناور حدود ۶۰ cm افزایش ارتفاع مشاهده شد.

جذب نیترات در اندام زیرزمینی بیشتر از اندام هوایی بوده است. با توجه به نتایج جدول ۱، به دلیل اینکه گیاهان چندساله مواد مغذی را در ریشه خود ذخیره نموده تا برای سال‌های بعدی مورد استفاده قرار دهند، میزان EC و نیترات در ریشه گیاه بیشتر از سایر اندام‌ها است. همچنین گیاه نیترات و EC خاک را نیز جذب نموده است. به همین دلیل میزان نیترات و EC در خاک پس از آزمایش‌ها کاهش یافته است. با توجه به جدول ۱، وزن خشک ریشه و اندام هوایی در طول دوره رشد در سامانه کشت در خاک نسبت به کشت شناور بیشتر افزایش یافته است. با توجه به نتایج جدول ۱، در هر سامانه میزان حذف با وزن ریشه گیاهی نیز ارتباط مستقیم دارد و هرچه وزن ریشه‌ها و ریزوم‌های گیاه بیشتر باشد میزان حذف نیترات در آن سامانه بیشتر است.

با توجه به جدول ۲، در تمام دوره‌ها غلظت نیترات آب استفاده شده در آزمایش از خرداد تا آبان ماه (دوره آزمایش)، بیشتر از حد استانداردهای مجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست در تخلیه آب شهری آلوده به نیترات به آب‌های زیرزمینی (۱۵ میلی‌گرم بر لیتر نیترات) است. در همه دوره‌ها این مقدار بیشتر از حد استاندارد و لزوم استفاده از یک سیستم تصفیه آب شهری در جهت کاهش نیترات توجیه‌پذیر است.



نمودار ۵- مقایسه میانگین اثر دوره آزمایش و نوع سامانه بر راندمان حذف نیترات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

مطالعات Khoshnavaz و همکاران (۱۷) نشان داد درجه حرارت به‌واسطه تاثیر بر میزان فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاهان باعث افزایش راندمان جذب مواد غذایی می‌شود. همچنین فرایندهای تصفیه بیولوژیکی به درجه حرارت وابسته است و مشابه تکثیر و توزیع ارگانیسم‌های آبزی با اثرگذاری بر میزان فعل و انفعالات شیمیایی و سوخت و ساز ارگانیسم‌ها، نقش مهمی در انتقال اکسیژن محیط به تالاب، ازدیاد اکسیژن محلول در آب و درنهایت اکسیداسیون مواد آلی ایفا می‌کند. قابل ذکر است، در استان گلستان، شرایط دمایی جهت فرایند نیتریفیکاسیون در اکثر ماه‌های سال مطلوب بوده و این‌گونه تالاب‌ها از کارایی تصفیه مناسبی برخوردار هستند. یکی از مناسب‌ترین مکانیسم‌های حذف نیتروژن در سامانه‌های تالابی، دی نیتریفیکاسیون است.

مطابق نمودار ۳، در سامانه‌های حاوی گیاه نخل مرداب به‌صورت کشت در خاک، به علت غالب بودن پدیده دی نیتریفیکاسیون، حذف نیترات نسبت به سامانه کشت شناور بیشتر بود. در سیستم‌های تالابی، به‌طور قابل ملاحظه‌ای، حذف نیتروژن به فعالیت‌های میکروبی، باکتری‌ها در ناحیه محیط ریشه وابسته است، درحالی‌که حذف نیترات، بیشتر به عواملی نظیر درجه حرارت و وجود اکسیژن کافی و در دسترس بستگی دارد.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد، در کل زمان‌های ماند، حذف نیترات سامانه ریشه در خاک به علت غالب بودن پدیده دی نیتریفیکاسیون از سامانه کشت شناور و سامانه شاهد بیشتر بود. مطالعه Vymazal و همکاران (۸) نشان داد به‌طورکلی سامانه‌های تالاب مصنوعی حاوی گیاه آبزی در کاهش مواد آلی و مواد غذایی آب‌های آلوده کارآمدند و راندمان حذف مواد آلی آنها بیشتر از راندمان حذف مواد غذایی است. با این وجود نتایج کلی پژوهش تاثیر بیشتر تالاب‌های مصنوعی گیاهی در حذف مواد غذایی نسبت به تالاب‌های مصنوعی بدون گیاه را نشان داد؛ زیرا در تالاب‌های دارای گیاه علاوه بر جذب مواد غذایی، ریشه‌های گیاهان یک زیستگاه مناسب برای فعالیت‌های میکروبی فراهم می‌کنند و سبب افزایش جمعیت‌های میکروبی در این تالاب‌ها نسبت به تالاب‌های بدون گیاه می‌شوند و از طرفی در حذف مواد غذایی در همه تالاب‌ها فرایندهای میکروبی نقش اصلی دارند. همچنین گیاهان آبزی با انتشار اکسیژن به‌وسیله فرایند فتوسنتز در محیط‌های آبی، اکسیژن لازم برای اکسید شدن آمونیوم به نیترات را به‌وسیله باکتری فراهم می‌کنند. همچنین فرایند تنفس گیاهی می‌تواند سطح اکسیژن در تالاب‌ها را کاهش داده و فرایند دنیتریفیکاسیون را فعال کند و نیترات را به گاز نیتروژن تبدیل نماید. نتایج این تحقیق با تحقیقات Ayyasamy و همکاران (۱۱) و Tu و همکاران (۱۲) مطابقت داشته است.

نتیجه‌گیری

تالاب‌های مصنوعی به‌عنوان یک تکنولوژی مدرن و فناوری سبز با انرژی کم و الزامات عملیاتی کمتر، جایگزینی مناسب برای سیستم‌های تصفیه متعارف، مخصوصا برای جوامع کوچک و مکان‌های دورافتاده هستند. در تحقیق حاضر، کارایی تصفیه تالاب‌های جریان سطحی برای آب شهری بررسی شد تا بتوان از نتایج آن در افزایش کارایی سامانه‌های موجود تصفیه و همچنین در ارتقای کیفیت آب شهری تخلیه شده به محیط‌زیست استفاده کرد. در این تحقیق میانگین حداکثر درصد حذف نیترات با مقدار ۱۷/۷۵ درصد در ماه خرداد به‌دست آمد. همچنین، میانگین درصد حذف ماده غذایی نیترات آب شهری مورد استفاده در سامانه‌های کشت در خاک، شناور و شاهد به‌ترتیب ۱۶/۵۳، ۱۵/۱۸، ۱۳/۲۷ درصد بود و میانگین حداکثر درصد حذف نیترات با مقدار ۱۷/۶۸ درصد به زمان‌ماند ۵ روز تعلق داشت. با توجه به مدت استقرار و به‌کارگیری سیستم تالاب مصنوعی که در مراحل ابتدایی و عدم بلوغ گیاه قرار داشت، نتایج نشان داد سامانه‌های تالاب مصنوعی با کشت گیاهان روی صفحات شناور (کشت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

هیدروپونیک) نسبت به سامانه کشت در خاک راندمان حذف نیترات پایین‌تری دارند. هرچند استفاده از این روش فوایدی از جمله برداشت آسان گیاهان آبزی و امکان‌پذیری تحمل نوسانات سطح آب در سامانه تالابی دارد.

براساس نتایج به‌دست آمده به کمک فرایند تالاب مصنوعی در مدت ۱۸۰ روز با فرض غلظت ثابت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات حدود ۴۸ درصد توسط گیاه نخل مرداب در سامانه کشت در خاک و حدود ۴۲ درصد توسط گیاه نخل مرداب در سامانه کشت شناور و حدود ۳۸ درصد در سامانه فاقد گیاه حذف شد. در سامانه کشت در خاک حاوی گیاه نخل مرداب، بیشترین رشد اندام هوایی و اندام زیرزمینی مشاهده شد که این امر به دلیل تامین مواد موردنیاز گیاه بوده و نشان‌دهنده نقش سایر عناصر به‌عنوان عامل محدودکننده در رشد گیاه است ولی رشد ساقه و اندام زیرآب، در سامانه کشت شناور حاوی گیاه نخل مرداب، نسبت به سامانه کشت در خاک خیلی کمتر مشاهده شد. از نتایج می‌توان این‌گونه برداشت نمود که در هر سامانه میزان حذف با وزن ریشه گیاهی نیز ارتباط مستقیم دارد و هرچه وزن ریشه‌ها و ریزوم‌های گیاه بیشتر باشد میزان حذف نیترات در آن سامانه بیشتر است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، تالاب مصنوعی فرایندی مقرون به‌صرفه، سازگار با محیط‌زیست و مورد قبول برای کشور است و با افزایش مطالعات در این زمینه می‌توان گامی نوین در راستای خدمت به کشور به‌خصوص حل مشکل آلودگی آب برداشت.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "کاهش نیترات از آب با استفاده از گیاه نخل مرداب در تالاب مصنوعی جریان سطحی" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۷ است که با حمایت دانشگاه گنبدکاووس اجرا شده است.

References

1. Islam MS, Ahmed MK, Raknuzzaman M, Habibullah -Al- Mamun M, Islam MK. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecological Indicators. 2015;48:282-91.
2. Huo T, Lu G, Wang Y, Ren L. A study on impact of livestock and poultry breeding pollution on water environment safety in Shandong Province. In: Zhang C, Tang H, editors. Advances in water resources and hydraulic engineering. New York: Springer; 2009.
3. Wu M, Tang X, Li Q, Yang W, Jin F, Tang M, et al. Review of ecological engineering solutions for rural non-point source water pollution control in Hubei Province, China. Water, Air, & Soil Pollution. 2013;224(5):1561.
4. McCutcheon SC, Schnoor JL. Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants. New York: John Wiley & Sons; 2004.
5. Ali H, Khan E, Sajad MA. Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. Chemosphere. 2013;91(7):869-81.
6. Lasat MM. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. Journal of Environmental Quality. 2002;31(1):109-20.
7. Yousefi Z, Mesdaghinia A. The role of Water hyacinth in bacterial removel at the subsurface artificial wetland. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2001;11(31):7-15 (in Persian).
8. Vymazal J. Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. Water Science and Technology. 2001;44(11-12):369-74.
9. Sadeghi Afjeh M, Bagheri Marandi G, Zohuriaan-Mehr MJ. Nitrate removal from aqueous solutions by adsorption onto hydrogel-rice husk biochar compos-

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

ite. Water Environment Research. 2020;92(6):934-47.
10. Ansari AA, Naeem M, Gill SS, AlZuaibr FM. Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. The Egyptian Journal of Aquatic Research. 2020. doi: 10.1016/j.ejar.2020.03.002.
11. Ayyasamy P, Rajakumar S, Sathishkumar M, Swaminathan K, Shanthi K, Lakshmanaperumalsamy P, et al. Nitrate removal from synthetic medium and groundwater with aquatic macrophytes. Desalination. 2009;242(1-3):286-96.
12. Tu Y, Chiang P, Yang J, Chen S, Kao C. Application of a constructed wetland system for polluted stream remediation. Journal of Hydrology. 2014;510:70-78.
13. Kotti IP, Gikas GD, Tsihrintzis VA. Effect of operational and design parameters on removal efficiency of pilot-scale FWS constructed wetlands and comparison with HSF systems. Ecological Engineering. 2010;36(7):862-75.
14. Weragoda SK, Jinadasa KBSN, Zhang DQ, Gersberg RM, Tan SK, Tanaka N, et al. Tropical Application of Floating Treatment Wetlands. Wetlands. 2012;32(5):955-61.
15. Kayima JK, Mayo AW. Nitrogen removal buffer capacity of the Lubigi wetland in Uganda. Journal of Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2020:102883.
16. APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
17. Khoshnavaz S, Boroomand Nasab S, Moazed H, Naseri A, Izadpanah Z. Phosphate removal from karun agro-industry inc agricultural wastewater through vetiver planation, and within free water surface constructed wetland. Iranian Journal of Soil and Water Research. 2015;46(3):509-18 (in Persian).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Investigating the efficiency of surface flow constructed wetlands by using Cyperus alternifolius plants for nitrate removal from water

Reza Nazarpoor[1], Masumeh Farasati[1,*], Abolhasan Fathaabadi[1], Mohamad Gholizadeh[2]
1- Watershed Management Department, Agricultural Faculty, Gonbad University, Gonbad, Iran
2- Fisheries Department, Agricultural Faculty, Gonbad University, Gonbad, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 29 February 2020
Revised: 1 June 2020
Accepted: 7 June 2020
Published: 20 June 2020

Keywords: Constructed wetland, Nitrate removal, Cyperus alternifolius, Surface flow

ABSTRACT

Background and Objective: Synthetic wetlands are engineering systems that use natural plants, soils and organisms to purify municipal polluted water and remove nitrate.

Materials and Methods: In this study, three systems were considerd as soil culture, three systems as plant cultivation on floating plates and three other systems without plant and porous bed as. The experiments were done three times within six months. The hydraulic retention times were 1, 3 and 5 days. The experimental design consisted of a factorial split-plot design. The analysis of variance showed that the efficiency of nitrate removal was affected by the type of constructed wetland, HRT, and temperature changes ($p \leq 0.01$).

Results: At the HRT of 1 day, the average efficiency of nitrate removal by the soil culture, plant cultivation on floating plates and control were 14.34%, 12.09% and 10.51%, respectively. At the HRT of 3 days, the average efficiencies were 17.62%, 15.76% and 13.54%, respectively. At the HRT of 5 days, the efficiencies were increased and they were 17.75%, 17.66% and 16.08%, respectively.

Conclusion: The results showed that the soil culture were more efficinet in removing nitrate .Also, the Cyperus alternifolius plant has the potential of nitrate phytoremediation.

***Corresponding Author:**
farasati2760@gmail.com

Please cite this article as: Nazarpoor R, Farasati M, Fathaabadi A, Gholizadeh M. Investigating the efficiency of surface flow constructed wetlands by using Cyperus alternifolius plants for nitrate removal from water. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(1):135-48.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]