

## بررسی اثر گیاه وتیور و زمان ماند، در میزان کاهش BOD در تالاب مصنوعی شناور با جریان سطحی

صائب خوش نواز

مربی، گروه علوم آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران

Saeb.khoshnavaz@gmail.com

### چکیده

در تالاب‌های مصنوعی از نوع جریان سطحی با کشت گیاه روی صفحه‌های شناور، حجم گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌هایی که در اطراف ریشه گیاه زندگی می‌کنند، محیط مناسبی برای تصفیه فاضلاب فراهم خواهند نمود. به منظور بررسی اثر گیاه وتیور و زمان ماند فاضلاب، در کارایی تصفیه این نوع سامانه‌ها، بصورت پایلوت، شش حوضچه در شرکت کشت و صنعت نیشکر کارون واقع در استان خوزستان و ۲۰ کیلومتری شهرستان شوشتر ساخته شد. واحدها، بصورت موازی در کنارهم قرار گرفته و طول هر واحد سه متر، عرض یک متر و ارتفاع ۰/۸ متر بود. جریان پیوسته فاضلاب کشاورزی حاصل از شستشوی نی، از اواسط ماه دی تا اواسط ماه اسفند سال ۱۳۹۲ به مدت سه ماه در آنها برقرار شد. از شش حوضچه ساخته شده، سه واحد تحت کشت گیاه وتیور بصورت شناور و سه واحد دیگر، بدون گیاه (شاهد) در نظر گرفته شد. متوسط غلظت BOD فاضلاب ورودی به هر واحد  $98 \pm 3/57$  میلی گرم برلیترو زمان‌های ماند مورد آزمایش ۳، ۵ و ۷ روز بود. در طی دوره آزمایش، غلظت BOD ورودی و خروجی هر واحد، اندازه‌گیری و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نشان داد، اختلاف معنی‌داری بین سامانه‌های حاوی گیاه و فاقد گیاه (شاهد) در زمان‌های ماند وجود دارد. سامانه حاوی گیاه و زمان ماند هفت روز در ماه اسفند، دارای بیشترین مقدار بازده حذف، با میانگین ۵۸/۹۷ درصد بود. به عبارت دیگر، شرایط بهینه برای حصول حداکثر بازده حذف BOD از فاضلاب کشاورزی کشت و صنعت کارون، در سامانه تالاب مصنوعی شناور با کشت گیاه وتیور، در زمان ماند هفت روز بدست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** فاضلاب کشاورزی - زمان ماند - تالاب مصنوعی شناور.

## مقدمه

امروزه، تخلیه فاضلاب‌ها به آب‌های پذیرنده، بعنوان یکی از مشکلات اساسی طرح‌های صنعتی و کشاورزی به‌شمار می‌رود. این فاضلاب‌ها، به‌طور معمول حاوی مواد آلی، نیتروژن، فسفر، املاح محلول و ... هستند و هر کدام از این آلودگی‌ها، مشکلات خاص زیست‌محیطی ایجاد می‌نمایند. در نتیجه بدیهی است، تصفیه آب‌های نامتعارف نه تنها مطلوب است بلکه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر قلمداد می‌شود (۱۲). آلودگی‌های فاضلاب بیشتر به‌واسطه‌ی وجود مواد آلی در آنها نمودار می‌شود. برای نشان دادن درجه آلودگی فاضلاب به‌طور معمول به‌جای اینکه، مواد آلی موجود در فاضلاب را اندازه‌گیری کنند، مقدار اکسیژن لازم برای اکسیداسیون مواد نام برده را اندازه‌گیری می‌کنند. یکی از مهمترین روش‌های تعیین درجه آلودگی فاضلاب، اندازه‌گیری شاخص (Biochemical Oxygen Demand) BOD است. BOD عبارت است از مقدار اکسیژن لازم که باید به فاضلاب داده‌شود تا باکتری‌های هوازی، مواد آلی موجود در فاضلاب را اکسید نموده و به موادی پایدار نظیر نمک‌های معدنی تبدیل سازند (۱). بطور کلی، تصفیه فاضلاب‌ها به چهار مرحله، شامل تصفیه مقدماتی (water Preliminary

treatment Primary)، تصفیه اولیه (treatment Secondary) و تصفیه ثالث (تکمیلی) (advanced) (treatment Tertiary)) تقسیم‌بندی شده و سازوکارهای تصفیه به سه دسته شامل سازوکارهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم‌بندی می‌شوند. سازوکارهای فیزیکی شامل فعالیت‌هایی مانند آشغالگیری، شناورسازی، دانه‌گیری، ته‌نشینی، هوادهی و غیره، سازوکارهای شیمیایی شامل فعالیت‌هایی مانند انعقاد و لخته‌سازی، کلرزنی و غیره و سازوکارهای تصفیه بیولوژیکی به دو دسته فرآیندهای تند (لجن فعال و صافی چکنده) و فرآیندهای کند (لاگون‌ها و تالاب‌ها) تقسیم‌بندی می‌شوند. در تصفیه بیولوژیکی از موجودات زنده و میکروارگانیسم‌ها در کاهش آلودگی استفاده می‌شود (۱۴). تالاب‌های مصنوعی (Constructed wetlands) جزئی از خانواده تالاب‌ها هستند که بر خلاف نوع طبیعی آن، توسط انسان ساخته می‌شوند. امروزه، استفاده از تالاب‌های مصنوعی، بعنوان یکی از روش‌های کم‌هزینه تصفیه مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات بعمل آمده در راستای ارتقای بازده آن‌ها بطور قابل توجهی افزایش یافته‌است. فاضلابی که از سیستم تصفیه ثانویه خارج می‌شود، برای تصفیه

" خوش نواز، بررسی اثر گیاه وتیور و زمان ماند، در میزان کاهش BOD در تالاب مصنوعی شناور با جریان سطحی "

در معرض هوای آزاد قرار می گیرد و تأمین اکسیژن از تداوم هوادهی در سطح اتفاق می افتد. نمونه ای از تالاب های جریان سطحی، تالاب هایی بر مبنای استقرار گیاهان بر روی سطح آب (Free floating macrophyte based wetlands) هستند. در این تالاب ها، ریشه گیاهان برخلاف اینکه در خاک و رسوبات بستر قرار گیرند درون صفحه های شناور از جنس حصیر یا نی قرار می گیرند (۱۹)، (۲۴). قسمت های تحتانی ریشه گیاهان معلق در آب، سطح گسترده ای جهت رشد بیوفیلم (Biofilm) و بدام انداختن املاح معلق فراهم می سازند. شناور بودن گیاهان، باعث می شود که محدوده بیشتری از تغییر عمق آب را تحمل نموده و در صورت افزایش عمق آب، زمان ماند (Retention time) بیشتری برای تصفیه فاضلاب فراهم شود (۱۹). به تازگی، یکی از گیاهانی که جهت کشت در سامانه های تالابی مورد توجه واقع شده، گیاه وتیور ( Vetiveria Grass ) است. وتیور، گیاهی حاره ای، علفی، چندساله، از خانواده گرامینه (Gramineae) با سازگاری بوم شناختی بالا و تولید ماده خشک زیاد است که قابلیت سازگاری با شرایط مختلف محیطی را دارد. بسیاری از اکوتیپ های (Ecotypes) این گیاه در بعضی نقاط جهان یافت شده اند که از نظر

تکمیلی، می تواند وارد تالاب مصنوعی شده و در معرض نورخورشید، هوا و گیاهان آبی قرار گیرد تا در طی فرآیندهای مشخصی، عمل تصفیه نهایی انجام شود. پساب خروجی از این سیستم می تواند بدون مشکل وارد محیط زیست شده و یا در آبیاری و پرورش ماهی مورد استفاده قرار گیرد (۲۶). روش های متنوع و گوناگونی در حوزه تصفیه آب های آلوده با تالاب های مصنوعی وجود دارد که تمایز بین آنها مشکل است. تالاب های مصنوعی بر طبق الگوی بارگیری (جریان پیوسته یا جریان متناوب)، گیاهان غالب (بن در آب، شناور یا غوطه ور)، نوع فاضلاب (شهری، کشاورزی یا صنعتی) و جنس بستر (ریزدانه، درشت دانه و بدون بستر) قابل طبقه بندی هستند. علاوه بر آن، تالاب ها را بر اساس نحوه جریان فاضلاب در آنها می توان به دو گروه اصلی شامل تالاب های مصنوعی جریان سطحی (Surface-flow constructed wetlands) و تالاب های مصنوعی جریان زیر سطحی (Subsurface-flow constructed wetlands) تقسیم بندی نمود. تالاب های با جریان سطحی یا جریان آزاد آب سطحی (Free water surface flow(FWS)constructed wetlands)، ابتدا جریان آب از بالای سطح زمین عبور نموده و

سازگاری با شرایط مختلف اقلیمی حائز اهمیت هستند. اگرچه گیاه وتیور به طور معمول دارای منشأ هندی است اما بطور وسیعی در سراسر کشور تایلند رشد می کند. گونه غالبی از آن که به طور معمول جهت کاشت بر سایر گونه ها ارجحیت دارد وتیور یازیزانیویدیس ( *Vetiveria zizanioides* ) نامیده می شود که دارای سرعت رشد خوبی در مرحله پنجه زنی بوده و بوته متراکمی را بوجود می آورد بطوری که قطر پایه هر بوته گیاه به حدود ۳۰ سانتی متر و ارتفاع آن به ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی متر می رسد (۲۰). این گیاه، از سال ۱۹۸۰، توسط بانک جهانی برای حفاظت از محیط زیست در دنیا، تحت عنوان (Vetiver Grass) VGT مورد ترویج قرار گرفت و در طول ۵۰ سال گذشته، با توجه به داشتن ریشه عمیق، در راستای اهداف آبخیزداری و حفظ آب و خاک در دنیا به آن توجه خاصی شد. از سوی دیگر، خصوصیات خاص این گیاه، در سازگاری با شرایط نامساعد طبیعی و تحمل آب و خاک حاوی غلظت بالای فلزات سنگین و مواد سمی به آن اجازه داد که حجم فوق العاده ای از مواد غذایی و فلزات سنگین را از منابع آب و اراضی آلوده پاک کند، و نظیر یک فوق انباشتگر عمل نماید (۸).

تاکنون، نمونه هایی از کاربرد تالاب های

مصنوعی حاوی گیاهان شناور در سطح محدود، جهت ارتقای کیفیت آب، بهبود شرایط زندگی موجودات زنده، توسعه جنبه زیبایی در حوضچه ها و دریاچه هایی که جنبه تزئینی و گردشگری داشته اند انجام گرفته است (۵). کاربرد اصلی تالاب هایی با گیاهان شناور در مواردی که بهبود کیفیت آب مدنظر قرار گرفته شامل تصفیه رواناب حاصل از سیل (۱۹) فاضلاب ها (۳، ۲۲) آب های آلوده حاصل از دامداری های پرورش خوک (۹) آب برکه ها (۲۱) دریاچه های شهری (۳) فاضلاب های کارخانه های لبنی (۱۸) و مخازن ذخیره آب (۷) بوده است. با این وجود، نمونه هایی شبیه به این تحقیق که در شرایط آب و هوای گرمسیری مانند خوزستان انجام شده باشد، متعدد نیستند. افزون بر این، اگرچه، ارزیابی کارایی تالاب ها در اثر حضور و نوع گیاهان توسط محققین دیگر انجام گرفته است (۲، ۱۹) آگاهی از تأثیر گونه های مختلف گیاهی روی کارایی تصفیه در تالاب هایی از نوع شناور و اثر وجود و عدم وجود گیاه در آنها محدود است (۱۰، ۱۳). از سال ۱۹۹۴، نمونه ای از تالاب های مصنوعی شناور، حاوی گیاه نی، با هدف کاهش آلودگی رواناب فرودگاه هیتروی لندن مورد استفاده قرار گرفته است. در بررسی هایی که توسط رویت و همکاران روی داده های این آزمایش انجام گرفت،

" خوش‌نواز، بررسی اثر گیاه وتیور و زمان‌ماند، در میزان کاهش BOD در تالاب مصنوعی شناور با جریان سطحی "

مناطق گرمسیری سریلانکا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، گیاه تیفا با ریشه بلندتر و رشد مناسبتر نسبت به کانا، با بازده ۸۰ درصد در کاهش BOD پنج روزه فاضلاب ورودی به تالاب، کارایی بالاتری دارد (۲۵). در تحقیق حاضر، کارایی حذف BOD فاضلاب کشاورزی حاصل از شستشوی نی، در تالاب شناور با جریان سطحی در شرکت کشت و صنعت نیشکر کارون ارزیابی شد. هدف از بررسی انجام‌شده، این بود که، توانایی تصفیه تالاب‌هایی از این دست، در آلودگی رایج فاضلاب کشت و صنعت نیشکر در منطقه خوزستان بررسی شود.

#### مواد و روش‌ها

محل انجام پژوهش، محوطه کارخانه نیشکر کارون بود. این کارخانه در ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان شوشتر و در شمال استان خوزستان واقع است. بونسونگ و همکار در سال ۲۰۰۸، برای تصفیه فاضلاب خانگی از کشت دو گونه متفاوت از گیاه وتیور روی صفحه‌های شناور در مقیاس آزمایشگاهی در محیط گلخانه استفاده کرد. این تحقیق در سه زمان‌ماند مختلف (۵، ۳ و ۷ روز) در مدت هشت هفته انجام شد (۴). با الهام از این تحقیق، برای کاهش آلودگی فاضلاب کشاورزی

مشخص شد، کارایی این سیستم مناسب و بازده کاهش آلودگی BOD در حدود ۴۳ درصد بود (۱۷). کاتسنویچ و همکاران، در سال ۲۰۰۹، کارایی پنج گونه گیاهی مختلف (فراگمیت (Phragmite)، براچاریا (Brachiaria)، تیفا (Typha)، تالیا (Thalia) و سیپراس (Cyperus)) را در سه نوع تالاب مصنوعی از لحاظ نحوه بارگذاری جریان، در نواحی گرمسیری کشور السالوادر، مورد بررسی قرار دادند. هدف از این تحقیق، کاهش چند مورد از آلودگی‌های رایج فاضلاب‌های خانگی از جمله BOD بود. ارزیابی سیستم، با استفاده از پایش روزانه غلظت آلودگی ورودی به سیستم و خروجی از آن، انجام شد. نتایج از این تحقیق نشان داد بعضی از گونه‌های گیاهی در نوع خاصی از سامانه‌های تالاب مصنوعی از لحاظ نحوه بارگذاری جریان، کارایی بالاتری در کاهش بار آلودگی فاضلاب دارند. بطور نمونه، کارایی گیاه تیفا (Typha) در سامانه تالابی با جریان سطحی برای کاهش آلودگی BOD با میانگین ۸۰/۷۹ درصد، از بقیه گونه‌های گیاهی بیشتر بود (۱۱).

ویراگودا و همکاران در سال ۲۰۱۲، کارایی سامانه تالاب حاوی دو گونه گیاهی (تیفا و کانا (Canna iridiflora)) در مقیاس آزمایشگاهی در

گرفته شد. نهال‌های وتیور با فاصله ۰/۲ متر از هم و دیواره‌ها، بر روی صفحات یونولیت به ضخامت ۲۰ میلی‌متر، بطوری که ریشه گیاهان در آب باشد استقرار یافتند. تعداد نهال‌های سامانه‌های حاوی گیاه ۱۴ عدد با تراکم کشت به‌طور تقریبی چهار نهال در مترمربع بود. با توجه به نوع سیستم جریان، جهت خروج پساب یک عدد لوله پی‌وی‌سی به قطر یک اینچ به فاصله ۷۰ سانتی‌متری از کف هر سامانه تعبیه شد. شکل (۱) نمایی از پایلوت سامانه‌های تالاب مصنوعی ساخته شده در کارخانه کشت و صنعت نیشکر کارون را نشان می‌دهد.

کشت و صنعت نیشکر با استفاده از سیستم تالابی شناور (Floating wetland system) شش حوضچه با مشخصات یکسان، در محیط باز ساخته شد. هر حوضچه با ابعاد سه متر طول، یک متر عرض و ۰/۸ متر ارتفاع بر روی زمین با استفاده از مصالح بنایی (بلوک سیمانی) ساخته شد. برای ایزوله نمودن سامانه‌ها، از ملات ماسه و سیمان نرم خوب مال‌کشی شده استفاده شد. در سه عدد از حوضچه‌ها، گیاه وتیور به صورت شناور کشت شد و برای مقایسه این سامانه‌ها با سامانه‌های فاقد گیاه، سه حوضچه بعدی بعنوان شاهد (بدون گیاه) در نظر



شکل (۱): نمایی از سامانه‌های تالاب مصنوعی احداث شده در محوطه کارخانه کشت و صنعت نیشکر کارون

می‌توان با تغییر مقدار دبی، زمان‌های ماند متفاوتی را اعمال نمود. مقدار دبی ورودی به هر حوضچه، برای هر زمان ماند، بوسیله شیرهای گازی نصب شده روی هر مخزن ۲۲۰ لیتری تنظیم شد. مقدار غلظت BOD ورودی به حوضچه‌ها در ابتدای زمان ماند و غلظت BOD خروجی نیز در انتهای زمان ماند محاسبه شد. به

فاصله مورد استفاده در تحقیق، توسط یک عدد پمپ سانتریفوژ به مخزن ۵۰۰۰ لیتری منتقل و توسط لوله پلی اتیلن به مخزن‌های ۲۲۰ لیتری روی هر سامانه منتقل شد. جهت تنظیم ارتفاع آب واقع در مخزن ۲۲۰ لیتری، از شناورهای کولر آبی استفاده شد. با توجه به ثابت بودن حجم سامانه‌ها،

" خوش نواز، بررسی اثر گیاه وتیور و زمان ماند، در میزان کاهش BOD در تالاب مصنوعی شناور با جریان سطحی "

میلی گرم برلیتر و انحراف معیار آن ۳/۵۷ میلی گرم برلیتر بود. با اعمال جریان فاضلاب به هر سامانه در طول دوره زمان ماند، BOD خروجی و بازده حذف آن تعیین شد. نتایج مقایسه میانگین تأثیر نوع سامانه بر کارایی حذف BOD در سطح ۹۵ درصد در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که در جدول (۱) مشاهده می شود، بازده حذف BOD در سامانه حاوی گیاه، بیشتر از سامانه بدون گیاه (شاهد) است. در واقع از یک طرف، ساقه ها و ریزوم های پر پشت گیاه وتیور، محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم ها فراهم نموده و از طرف دیگر، برگ ها، ساقه ها و ریشه های گیاه، ورود اکسیژن به درون آب را تسهیل می کنند که این امر به نوبه خود، باعث اثر معنی دار در کاهش BOD فاضلاب شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر زمان ماند بر حذف BOD در سطح ۹۵ درصد، در جدول (۲) ارائه شده است. همانطور که در جدول (۲) مشهود است، افزایش زمان ماند از سه روز به هفت روز باعث افزایش کارایی حذف BOD شده بطوری که میانگین بازده حذف از ۲۴/۷۲ به ۴۶/۴۵ درصد رسیده است. در واقع، افزایش زمان ماند، باعث کاهش سرعت حرکت جریان در مسیر حوضچه شده و این امر باعث رسوب ذرات ریز

منظور بررسی تأثیر زمان ماندهای مختلف در بازده حذف BOD در فاضلاب کشاورزی مورد تحقیق، سه زمان ماند ۳، ۵ و ۷ روز در نظر گرفته شد و این عمل در سه ماه متوالی از ماه دی تا ماه اسفند ۱۳۹۲ تکرار شد. میزان BOD نمونه ها، به وسیله دستگاه BOD سنج الکترونیکی (BOD Sensor System) مدل BOD EVO SENSOR SYSTEM ساخت شرکت VELP ایتالیا و بر اساس روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب (Standard Methods for Examination of Water & Wastewater) اندازه گیری شد. محاسبه بازده حذف مواد مغذی فاضلاب نیز توسط رابطه  $R = (1 - \frac{C_o}{C_i}) \times 100$  انجام گرفت. در این رابطه،  $C_o$  غلظت BOD خروجی بر حسب میلی گرم برلیتر و  $C_i$  غلظت BOD ورودی بر حسب میلی گرم برلیتر است (۲۳). جهت تجزیه واریانس از نرم افزار آماری (SAS Statistical Analysis System) و جهت ترسیم نمودارها از نرم افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

## نتایج

با بررسی مقادیر بدست آمده از آزمایش های تعیین BOD، مشخص شد که مقدار میانگین BOD ورودی در طول دوره تحقیق برابر ۹۸

گیاه در محدوده ۲۹/۷۵ تا ۶۰/۳۵ درصد و در سامانه شاهد ۱۱/۵۶ تا ۳۸/۶۱ درصد بود و بیشترین میزان حذف BOD در سامانه حاوی گیاه با زمان ماند هفت روز به وقوع پیوست. در نهایت از شکل (۲) این چنین استنباط می شود که شیب افزایش

حاوی کربن قابل تجزیه می شود (۱۵). تغییرهای میانگین راندمان حذف BOD، در دو نوع تالاب مصنوعی شامل گیاه و تیور بصورت کشت شناور و بدون کشت (شاهد) در طی سه زمان ماند در شکل (۲) نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می شود، راندمان حذف در سامانه حاوی

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر نوع سامانه بر کارایی حذف BOD

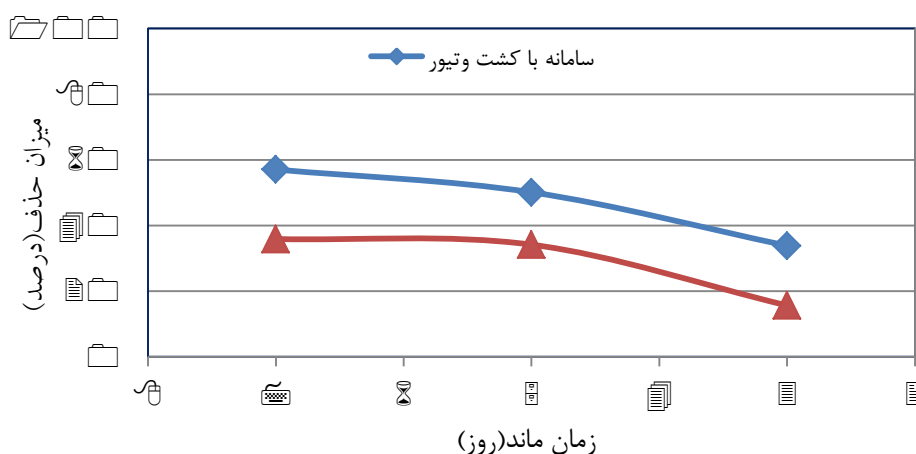
نوع سامانه		
شاهد	حاوی گیاه و تیور	
۲۸/۵۵b	۴۶/۹۹a	میانگین درصد حذف

\* حروف انگلیسی متفاوت معنی دار بودن در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر زمان ماند بر درصد حذف BOD

زمان ماند (روز)			
۷ روز	۵ روز	۳ روز	
۴۶/۴۵a	۴۲/۱۳b	۲۴/۷۲c	میانگین درصد

\* حروف انگلیسی متفاوت معنی دار بودن دو میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می دهد.



شکل ۲- تغییرات درصد حذف BOD در طی زمان ماند در سامانه های با و بدون گیاه و تیور.



"خوش نواز، بررسی اثر گیاه وتیور و زمان ماند، در میزان کاهش BOD در تالاب مصنوعی شناور با جریان سطحی "

راندمان حذف از زمان ماند سه روز به پنج روز بیشتر از شیب افزایش راندمان حذف از پنج به هفت روز در هر دو سامانه حاوی گیاه و فاقد آن است.

### بحث و نتیجه گیری

بطور کلی، با رسوب ذرات حاوی مواد آلی در سامانه های تالاب مصنوعی و تخریب ترکیب های کربن در فرآیند متابولیک، می توان BOD را حذف نمود (۱۵). نتایج حاصل از تحقیق ها نشان داد، سامانه های تالاب شناور، در کاهش BOD و نیتروژن معدنی آب های آلوده، بطور قابل ملاحظه ای مؤثر هستند. تجربه های بدست آمده از پژوهش های تالاب های حاوی گیاهان شناور، می تواند، بعنوان یک گزینه مناسب برای کاهش آلودگی رودخانه ها و دریاچه ها در مناطق گرمسیری، مورد استفاده قرار گیرد. برداشت و جمع آوری آسان گیاهان کشت شده در این فن آوری از دیگر محاسن این روش است (۲۵). در مورد کارایی حذف BOD از فاضلاب های مختلف در دنیا، تحقیقات متعددی صورت گرفته است اما استفاده از سامانه تالاب شناور حاوی گیاه وتیور برای کاهش BOD کشت و صنعت نیشکر در اقلیم گرمسیری خوزستان انجام نشده است. در این مقاله به برخی از آنها اشاره و با نتایج سایر محققین مقایسه می شود. پرابو و همکار در سال ۲۰۰۷، بازده

حذف BOD جریان ورودی از فاضلاب کارخانه تولید شکر و کاغذ، توسط سامانه های حاوی سه گونه گیاهی فراگمیت، تیفا و سی پانگوری (C.pangorei) را به ترتیب ۷۷، ۷۴ و ۶۴ درصد بیان داشتند در حالی که غلظت BOD ورودی ۶۸ تا ۱۳۸ میلی گرم در لیتر بود (۱۶). در تحقیق حاضر، حداکثر بازده حذف BOD در سامانه حاوی گیاه با زمان ماند هفت روز، ۶۰/۳۵ درصد، در سامانه حاوی گیاه با زمان ماند پنج روز، ۵۶/۱۱ درصد و در سامانه حاوی گیاه با زمان ماند سه روز، ۳۶/۷۰ درصد بدست آمد در حالی که میانگین غلظت BOD جریان ورودی ۹۸ میلی گرم بر لیتر بود. با مقایسه نتایج بدست آمده از این تحقیق با پژوهش پرابو و همکار، پایین تر بودن بازده حذف BOD را می توان مشاهده نمود. با توجه به اینکه، دمای آب و محیط می تواند در فعالیت میکروارگانیسم ها مؤثر باشد بنابراین پایین بودن دما و کاهش نور خورشید رسیده به گیاه وتیور در بازه مورد پژوهش (زمستان) در کاهش راندمان حذف BOD مؤثر بوده است. با توجه به اینکه افزایش زمان ماند، باعث ازدیاد اکسیژن محلول و افزایش تجزیه مواد آلی فاضلاب خواهد شد، نتایج حاصل از تحقیق، بیانگر این موضوع بود. کالیروس و همکاران در سال ۲۰۰۷ کارایی دو گونه گیاهی فراگمیت و تیفا در حذف

باعث اختلاف معنی‌دار در بازده این سامانه‌ها خواهد شد. شرایط بهینه برای اخذ بالاترین نرخ حذف BOD در زمان‌ماند هفت روز و در سامانه حاوی گیاه و تیور رخ داد. با مقایسه سامانه حاوی گیاه و شاهد درمی‌یابیم که، گیاه و تیور قادر است غلظت بالای BOD فاضلاب ورودی به سامانه‌های تالابی از این نوع را تحمل نموده و در کاهش آلودگی آن‌ها مؤثر باشد.

### سپاسگزاری

این تحقیق از طرح پژوهشی "بررسی گیاه‌پالایی علف و تیور در سامانه تالاب مصنوعی با جریان سطحی آزاد در مقیاس آزمایشگاهی" که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد جامع شوشتر انجام شد استخراج شده است.

آلاینده‌های آلی فاضلاب کارخانه چرم‌سازی را بررسی کردند. در این تحقیق راندمان حذف BOD، ۴۱ درصد در زمان‌ماند ۳/۴ روز و ۵۸ درصد در زمان‌ماند ۶/۸ روز بدست‌آمد (۶). مقایسه نتایج تحقیق حاضر و این تحقیق، معنی‌دار بودن تأثیر زمان‌ماند بر بازده حذف BOD را به اثبات رساند. نتایج حاصل از پژوهش بونسنگ و همکار در ارزیابی سامانه تالاب حاوی گیاه شناور و تیور مشخص کرد، بازده حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب خانگی در مقایسه با سامانه‌های تالاب حاوی بستر خاکی (Soils as media) کمتر است اما این تفاوت در بازده حذف BOD قابل ملاحظه نبود (۴). با انجام تجزیه و تحلیل آماری داده‌های استخراج شده مشخص شد که انتخاب ترکیب مناسب زمان‌ماند و نوع سامانه تالاب مصنوعی

### References

### منابع مورد استفاده

۱. منزوی م. ت. (۱۳۸۶). فاضلاب شهری-تصفیه فاضلاب. جلد دوم. ویرایش دوم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ص ۲۵۳
2. Allen W.C, Hook P.B, Biederman J.A and Stein O.R. (2002). Temperature and wetland plant species effects on wastewater treatment and root zone oxidation. Journal of Environmental Quality (31): 1010-1016.
3. Ash R and Troung P.(2003). The use of Vetiver grass wetlands for sewerage treatment in Australia. Proceedings of 3rd International Conference on Vetiver. Guangzhou.china. pp.131-141
4. Boonsong K and Chansiri M. (2008). Domestic wastewater treatment using vetiver grass cultivated with floating platform technique. Assumption University: J. Technol. 12 (2): 73-80.

" خوش نواز، بررسی اثر گیاه وتیور و زمان ماند، در میزان کاهش BOD در تالاب مصنوعی شناور با جریان سطحی "

5. **Burgess N.D and Hirons G.J.M. (1992).** Creation and management of artificial nesting sites for wetland birds. *Journal of Environmental Management*. 4 (34): 285-295.
6. **Calheiros C.S.C, Rangel A.O.S.S and Castro P.M.L. (2007).** Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. *Water Res.* 41: 1790-1798.
7. **Garbutt P. (2004).** An investigation into the application of floating reed bed and barley straw techniques for the remediation of eutrophic waters. *Water Environment Journal*. 3 (19): 174-180.
8. **Greenfield J.C.(1988).** Vetiver grass(*Vetiveria Zizanioides*): A method of vegetative soil and moisture conservation. seminar on the vetiver system presented at the World Bank. Washington D.C.
9. **Hubbard R.K, Gascho G.J, Newton G.L and 47(6):1963-1972 (2004).** Use of floating vegetation to remove nutrients from swine lagoon wastewater. *Transactions of ASAE*. 6 (47): 1963-1972.
10. **Kansiime F and Bruggen J.J.a.V. (2001).** Distribution and retention of faecal coliforms in the Nakivubo wetland in Kampala, Uganda. *Water Science and Technology*. 12 (44): 199-206.
11. **Katsenovicha Y.P, Hummel-Batistab A, Ravineta A.J and Millera J.F. (2009).** Performance evaluation of constructed wetlands in a tropical region. *Ecological Engineering*. 35: 1529-1537.
12. **Kenneth M and Vigil P.E. (2003).** *Clean Water An Introduction to Water Quality and Water Pollution Control*. Second Edition. Oregon State University Press. Corvallis.
13. **Kyambadde J, Kansiime F, Gumaelius L and Dalhammar G. (2004).** A comparative study of *Cyperus papyrus* and *Miscanthidium violaceum* based constructed wetlands for wastewater treatment in a tropical climate. *Water Research*. 2 (38): 475-485.
14. **Metcalf & Eddy Inc. (2003).** *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse*. Tchobanoglous G., Burton F. L. and Stensel H. D. (eds.) Fourth Edition. McGraw-Hill. New York.
15. **Mitsch W.J. (1994).** *Global wetlands: old world and new*. Editor (ed.). Elsevier. Philadelphia. 309-324
16. **Prabu P.C and Udayasoorian C.U. (2007).** Treatment of pulp and paper mill effluent using constructed wetland. *EJEAFChe*. 6: 1689-1701.
17. **Revitt D.M, Worrall P and Brewer D. (2001).** The integration of constructed wetlands into a treatment system for airport runoff. *Water Science and Technology*. 44: 469-476.
18. **Sooknah R.D and Wilkie A.C. (2004).** Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecological Engineering*. (22): 27-42.
19. **Tanner C.C and Headlby T.R. (2011).** Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. *Ecological Engineering*. (37): 474-486.
20. **Truong P.N.(2000).** *The Global Impact of Vetiver Grass Technology on the Environment*.

- Proceedings of the Second International Conference on Vetiver. Bangkok.Thailand. pp.48–61
21. **Tsujino R, Fujita N, Katayama M, Kawase D, Matsui K, Seo A, Shimamura T, Takemon Y, Tsujimura N, Yumoto T and Ushimaru A. (2010).** Restoration of floating mat bog vegetation after eutrophication damages by improving water quality in a small pond. *Limnology*. (11): 289–297.
  22. **Vandemoortel A.M.K, Meers E, Pauw N.D and Tack F.M.G. (2010).** Effects of vegetation, season and temperature on the removal of pollutants in experimental floating treatment wetlands. *Water, Air, and Soil Pollution*. (212): 181-297.
  23. **Vymazal J.(2005).** Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe. In: *Nutrient Management in Agricultural Watersheds: A Wetland Solution*, Dunne E. J., Reddy K. R. and Carton O. T. (eds.) Wageningen Academic Publishers. Wageningen.The Netherlands. pp. 230-244.
  24. **Vymazal J.(2010).** *Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands*. Springer. Dordrecht.
  25. **Weragoda S.K, Jinadasa K.B.S.N, Zhang D.Q, Gersberg R.M, Tan S.K, Tanaka N and Jern N.W. (2012).** Tropical Application of Floating Treatment Wetlands. *Wetlands*. 32: 955–961.
  26. **Yosefi Z.(2009).** Comparison of natural wastewater treatment system and conventional wastewater treatment system. Proceedings of the 1st Conference of Wetland in Kermanshah. Kermanshah, Iran.