

Research Paper

مقاله پژوهشی

Investigation of Floating Treatment Wetland and its Role in Wastewater Treatment of Textile Industry

بررسی فناوری تالاب تصفیه شناور و نقش آن در تصفیه فاضلاب صنعت نساجی

Lobat Taghavi^{1*} and Fatemeh Golrizkhatami²

1- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Ph.D. Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author, Email:

taghavi_lobat@yahoo.com

Received: 01/08/2021

Revised: 22/09/2021

Accepted: 14/10/2021

© IWWA

Abstract

The textile industry is one of the largest consumers of water and chemicals, so that each kilogram of textile product requires 100-200 liters of water. Therefore, due to the limited water resources available, having the most pollution among industrial activities and the need to comply with wastewater disposal standards in the environment necessitates wastewater treatment. This study was conducted by review-descriptive method using existing studies. In this article, a review of floating treatment wetland and its application in the wastewater treatment of the textile industry, the key factors affecting the treatment and the combined role of plants and bacteria for maximum purification of contaminated water are presented. Plant tissue in water, roots and rhizomes in sediments play a major role in pollutant treatment. Examining the results of the advantages and disadvantages of different methods in wastewater treatment of the textile industry shows that floating wetland technology is an alternative to traditional and expensive wastewater treatment methods. According to the researches, *Phragmites australis* is widely used in this technology. *Phragmites australis*, along with *Acinetobacter*, *Pseudomonas* and *Rhodococcus*, can reduce COD by 92%, BOD by 91%, dye by 86% and heavy metals by 87%.

Keywords: Bacteria, Floating treatment wetland, Plants, Pollutants, Textile effluent

لعبت تقوی^{۱*} و فاطمه گلریزخاتمی^۲

۱- دانشیار، گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول، ایمیل: taghavi_lobat@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۰

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۲

© انجمن آب و فاضلاب ایران

چکیده

صنعت نساجی از بزرگترین مصرف کنندگان آب و مواد شیمیایی است به طوری که در هر کیلوگرم محصول نساجی ۱۰۰-۲۰۰ لیتر آب نیاز است، بنابراین با توجه به محدودیت منابع آب در دسترس، دارا بودن بیشترین آلودگی در بین فعالیت های صنعتی و الزام به رعایت استانداردهای دفع فاضلاب در محیط ضرورت تصفیه پساب ایجاد می شود. این مطالعه به روش مروری - توصیفی با استفاده از مطالعات موجود انجام شد. در این مقاله مروری بر تالاب تصفیه شناور و کاربرد آن در تصفیه فاضلاب صنعت نساجی، عوامل کلیدی مؤثر در تصفیه و نقش ترکیبی گیاهان و باکتری ها به منظور راندمان حداکثری آب آلوده انجام شده است. بافت گیاه در آب و ریشه ها و ریزوم ها در رسوبات نقش عمده ای در تصفیه آلاینده دارند. بررسی نتایج مزایا و معایب روش های مختلف در تصفیه فاضلاب صنعت نساجی نشان می دهد فناوری تالاب شناور می تواند جایگزین روش های تصفیه سنتی و پرهزینه باشد. با توجه به بررسی های به عمل آمده، از گیاه نی در این فناوری به طور گسترده استفاده می شود. گیاه نی به همراه باکتری های آسینتوباکتر، سودوموناس و رودوکوکوس قادر به کاهش ۹۲ درصدی COD، ۹۱ درصدی BOD، ۸۶ درصدی رنگ و ۸۷ درصدی فلزات سنگین است.

کلمات کلیدی: تالاب تصفیه شناور، گیاهان، باکتری، فاضلاب صنعت نساجی، آلاینده

سپس ایالات متحده آمریکا قرار دارد (Ghaly et al., 2014; Kiran et al., 2017). این صنعت از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آب در جهان است، در بخش‌های تولید بخار، در دیگ‌های بخار به‌عنوان خنک‌کننده، چاپ، رنگرزی، آهارزنی، آهارگیری، سفیدگری، شرب و بهداشت کارکنان و مراحل دیگر آب مصرف می‌کند. تقریباً به‌ازای هر کیلوگرم محصول نساجی ۱۰۰-۲۰۰ لیتر آب باکیفیت بالا می‌طلبد و در نتیجه مقدار زیادی فاضلاب رنگی تولید می‌کند. لذا از بزرگ‌ترین آلوده‌کنندگان آب‌های جهان نیز به‌شمار می‌رود (Yin et al., 2017). در جدول ۱ درصد مصرف آب، انرژی و مواد شیمیایی در بخش‌های اصلی فرآوری صنعت نساجی نشان داده شده است.

صنایع، نقشی کلیدی در توسعه پایدار کشورها ایفا کرده و اغراق نیست اگر گفته شود حیات یک ملت در گرو پویایی بخش تولید و صنعت آن کشور است. هرچه چرخ دنده‌های صنعت، سریع‌تر و پر قدرت‌تر بچرخد، اقتصاد کشور قدرتمندتر و پویاتر خواهد بود. از این‌رو، فعال شدن هرچه بیشتر صنایع، در صدر برنامه‌های اقتصادی دولت‌ها قرار دارد (صراف‌زاده، ۱۳۹۶). صنعت نساجی تأثیر مثبتی بر توسعه اقتصادی در سراسر جهان دارد. حدود ۳۰ میلیون تن، تولید سالانه جهانی منسوجات است. چین مهم‌ترین صادرکننده انواع منسوجات است و پس از آن اتحادیه اروپا، هند و

جدول ۱- مصرف آب، انرژی و مواد شیمیایی در بخش‌های اصلی فرآوری صنعت نساجی (Uddin, 2019)

فرآیند	مصرف آب (%)	مصرف انرژی (%)	مصرف مواد شیمیایی (%)
تولید نخ	۲	۸	۲۲
تولید پارچه	۱۰	۸	۱۲
پردازش مرطوب (رنگرزی و چاپ)	۸۶	۷۹	۶۵
تولید پوشاک	۲	۵	۱
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

فلزات سنگین، نمک‌ها و سورفاکتانت‌ها است بنابراین بیشترین آلودگی را در بین فعالیت‌های صنعتی دارد (Munagapati and Kim, 2016).

صنعت نساجی از صنایع شدیداً شیمیایی است. در جدول ۲ آلاینده‌های هر بخش صنعت نساجی نشان داده شده است. چون فاضلاب آن حاوی رنگ‌ها و رنگ‌دانه‌ها، جامدات محلول و معلق،

جدول ۲- مشخصات پساب فرآیندهای صنعت نساجی (Dey and Islam, 2012)

فرآیند	آلاینده
آهارزنی	BOD, COD
آهارگیری	BOD, COD, جامدات معلق و محلول
سفیدگری	قلیابیت و جامدات معلق
مرسریزه کردن	جامدات محلول، BOD
رنگ زنی	فلزات سنگین، BOD، جامدات محلول و رنگ‌ها
چاپ	رنگ، کمی قلیابیت، BOD

فاضلاب صنعت نساجی در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. تالاب‌های تصفیه شناور (شکل ۱) انواع خدمات اکوسیستمی مربوط به فرآیندهای هیدرولوژیکی، بیولوژیکی و بیوژئوشیمیایی را انجام می‌دهند. سابقه استفاده از تالاب شناور برای تصفیه آب آلوده به دوران کلاسیک بازمی‌گردد.

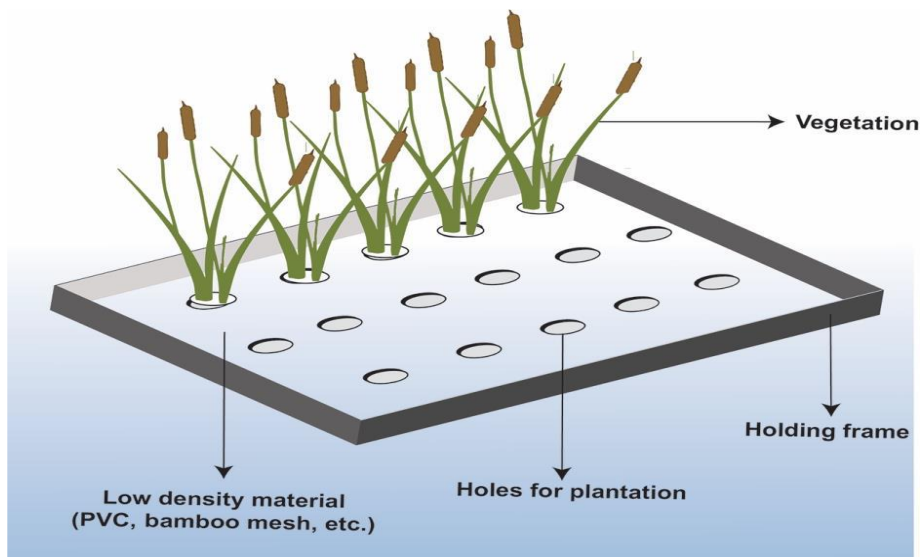
با توجه به رشد جمعیت و محدودیت منابع آب در دسترس، افزایش هزینه آب و الزام به رعایت استانداردهای دفع فاضلاب در محیط به‌منظور حفاظت از اکوسیستم و امکان بازیافت بعدی پساب تصفیه‌شده برای آبیاری یا استفاده مجدد در فرآیندهای کارخانه نساجی تصفیه پساب‌های آن ضروری است (Yaseen and Scholz, 2019; Yin et al., 2019). جدول ۳ استانداردهای

جدول ۳- استانداردهای فاضلاب صنعت نساجی در کشورهای مختلف (Ghaly et al., 2014)

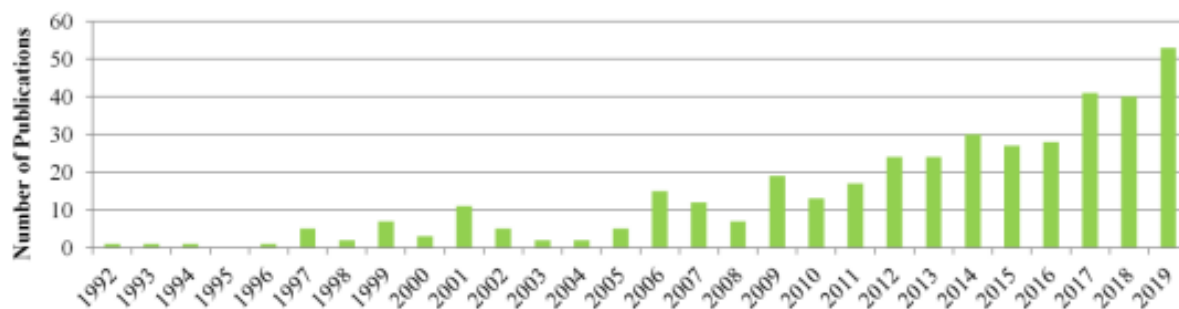
سریلانکا	بنگلادش	اندونزی	فیلیپین	تایلند	مکزیک	سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا	هنگ‌کنگ	دفتر استاندارد هند	چین	شورای وزیران محیط‌زیست کانادا	پارامتر
۶-۸/۵	۶/۵-۹	۶-۹	۶-۹	۵-۹	۶-۸/۵	۶-۹	۶-۱۰	۵/۵-۹	۶-۹	۶/۵-۸/۵	pH
۴۰	۴۰-۴۵		۴۰			۴۰	۴۳	۵۰		۳۰	دما (C°)
۳۰			-۲۰۰ ۱۰۰			۷ (Lovibond)	۱ (Lovibond)		۸۰	۱۰۰	رنگ (Pt-Co)
۲۱۰۰	۲۱۰۰		۱۲۰۰	-۵۰۰۰ ۲۰۰۰		۲۰۰۰		۲۱۰۰		۲۰۰۰	TDS (mg/L)
۵۰۰	۱۰۰	۶۰	۹۰	۳۰-۱۵۰		۳۰	۸۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۴۰	TSS (mg/L)
۲۰۰۰	۱۰۰۰					۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	سولفید (µg/L)
			۱۰۰۰			۱۰۰۰		۱۰۰۰		۱۰۰۰	کلر آزاد (µg/L)
۶۰۰	۲۰۰	۲۵۰	-۳۰۰ ۲۰۰	۱۲۰-۴۰۰	< ۱۲۵	۸۰	۲۰۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۸۰	COD (mg/L)
۲۰۰	۱۵۰	۸۵	۳۰-۲۰۰	۲۰-۶۰	< ۳۰	۵۰	۸۰۰	۳۰	۶۰	۵۰	BOD ₅ (mg/L)
۳۰	۱۰	۵	۵-۱۵	۳۰۰		۱۰	۲۰	۱۰			روغن و چربی (mg/L)
	-۸۰۰۰ ۴۵۰۰		-۲۰۰۰ ۱۰۰۰				≤ ۴۰۰۰			۶۰۰۰	اکسیژن محلول (µg/L)
۴۵۰۰۰	۱۰۰۰۰				۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰		۱۰۰۰۰		۱۳۰۰۰	نیترات (µg/L)
۶۰	۵۰۰۰					۰/۲	۵۰۰			۰/۱	آمونیاک (µg/L)
۲۰۰۰		۲۰۰۰				۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰	< ۴۰۰۰	فسفات (µg/L)
۲۴۰۰۰			۲۰۰۰۰۰			۲۰۰۰۰۰					کلسیم (µg/L)
۱۵۰۰۰۰						۲۰۰۰۰۰				۲۰۰۰۰	منیزیم (µg/L)
۵۰	۲۰۰۰	۵۰۰	۵۰-۵۰۰	۵۰۰	۵۰	< ۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰		۱	کروم (µg/L)
					۵۰۰۰	< ۱۰۰۰				۵	آلومینیم (µg/L)
۳۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	< ۱۰۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰۰	< ۱۰۰۰	مس (µg/L)
۵۰۰	۵۰۰۰		-۵۰۰۰ ۱۰۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰	۵	۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۵	منگنز (µg/L)
۱۰۰۰	۲۰۰۰	۵۰۰۰	-۲۰۰۰۰ ۱۰۰۰		۱۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		۳۰۰	آهن (µg/L)
۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰			۱۰۰۰۰	< ۱۰۰۰	۶۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰	روی (µg/L)
۱	۱۰		۵	۵		۰/۰۵	۱	۰/۰۱		۰/۰۲۶	جیوه (µg/L)

صنعتی و غیره استفاده می‌شود (Shahid et al., 2018). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود دو کشور ایالات متحده آمریکا و چین نسبت به سایر کشورها بیشترین مطالعات (بیش از ۵۲٪) را در این حیطه در دوره مورد بررسی (از ۱۹۹۲ تا سپتامبر ۲۰۱۹) انجام داده‌اند (Colares et al., 2020).

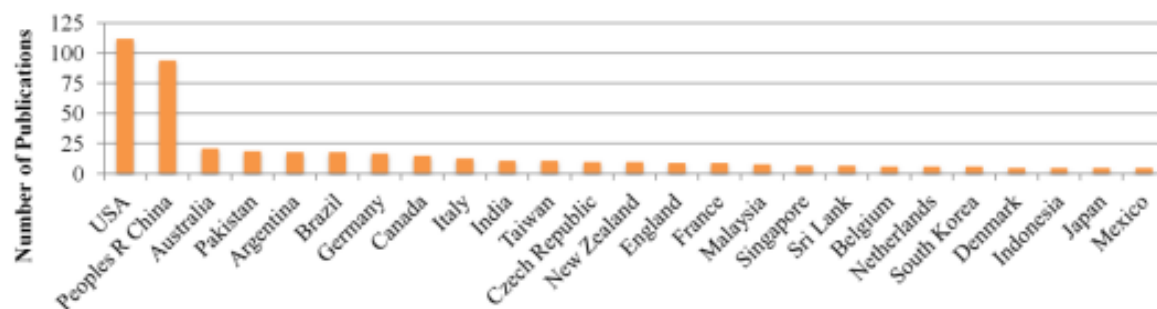
اولین بار برای پاک‌سازی دریاچه‌ها و رودخانه‌های یوتروفیک در آلمان و ژاپن به کار رفت. در حال حاضر از این فناوری برای تصفیه فاضلاب خانگی، فاضلاب شهری، آب‌های سطحی و زیرزمینی آلوده، زهاب اسیدی معادن، تصفیه آب غنی از مواد مغذی رواناب کشاورزی، فاضلاب کشتارگاه مرغ و خوک، فاضلاب



شکل ۱- شمایی از تالاب تصفیه شناور (Shahid et al., 2018)



(الف)



(ب)

شکل ۲- واژه «تالاب تصفیه شناور» از پایگاه داده Web of Science: (الف) تعداد انتشارات در هر سال؛ و (ب) کشورهایی که بیشترین مطالعات را انجام داده‌اند (Colares et al., 2020)

در تصفیه و نقش ترکیبی گیاهان و باکتری‌ها به منظور افزایش راندمان حذف مواد آلاینده است.

هدف از این مطالعه مروری بر فناوری تالاب تصفیه شناور و کاربرد آن در تصفیه فاضلاب صنعت نساجی، عوامل کلیدی مؤثر

بوده است.

۳- مبانی نظری تحقیق

این مطالعه به روش مروری-توصیفی بر روی مطالعات انجام شده در خصوص فناوری تالاب تصفیه شناور و نقش آن در تصفیه فاضلاب صنعت نساجی بر مبنای مرور مقالات موجود در پایگاه‌های گوگل اسکولار، ساینس دایرکت، ریسرچ گیت، مگیران، سیویلیکا و سید جمع‌آوری شد. معیار ورود اطلاعات، مقالات مرتبط با موضوع و حاوی کلمات کلیدی تحقیق تالاب تصفیه شناور، گیاهان، باکتری‌ها، فاضلاب صنعت نساجی و آلاینده‌ها

۳-۱- فناوری‌های موجود برای تصفیه فاضلاب نساجی

از فناوری‌های مختلف شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی برای تصفیه فاضلاب صنعت نساجی می‌توان استفاده کرد، اما هریک از این روش‌ها دارای محدودیت‌هایی است که در جدول ۴ به آن‌ها اشاره شده است.

جدول ۴- معایب فناوری‌های موجود برای تصفیه فاضلاب نساجی (Wei et al., 2020)

نوع	تکنیک	معایب
شیمیایی	روش ترکیبی انعقاد الکتریکی	در طول فرآیند pH باید کم‌تر از ۶ نگه‌داشته شود
	انعقاد و جذب با آلوم	افزایش غلظت سولفات و سولفید
	ازن زنی	ظرفیت کاهش COD پایینی دارد
	انعقاد شیمیایی	یک تکنیک آهسته است و مقدار زیادی لجن تولید می‌شود
	اکسیداسیون الکتروشیمیایی	نمک به‌عنوان آلودگی ثانویه
	تکنولوژی الکتروشیمیایی	تولید محصولات جانبی نامطلوب که می‌توانند برای محیط‌زیست مضر باشند
	روش مبادله یونی	در حذف همه رنگ‌ها مؤثر نیست
	سونولیز فوتوشیمیایی	نیازمند مقدار زیادی اکسیژن حل‌شده، هزینه بالا و تولید محصولات جانبی نامطلوب است
	انعقاد-فتوکاتالیستی نانو ذرات	تولید لجن، مشکل میزان نفوذ نور در فاضلاب‌های تیره و رنگی، هزینه بالای تهیه نانو ذرات و محدودیت استفاده از نانو ذرات
	فرآیند فنتون و فوتو-فنتون	تولید رسوب، تجمع یون‌های آهنی بلااستفاده و حفظ pH
فیزیکی	کربن فعال تجاری	هزینه بالای مواد، عملیات پرهزینه، ممکن است در حذف برخی رنگ‌ها و فلزات کار نکند، عملکرد بستگی به نوع مواد دارد
	جذب	یک فرآیند پرهزینه است
	تصفیه مبتنی بر غشا	نقص غشا ممکن است اتفاق بیفتد و روش پرهزینه‌ای است
زیستی	بیوفیلتر در مقیاس پایلوت	فیلتر زیستی به دلیل محدودیت‌های انتقال انبوه، قابلیت پایینی برای متابولیسم کردن ترکیبات آلی فرار هیدروفوبیک دارد
	استفاده از فارچ‌های سفید همراه با بیوراکتور	زمان ماند هیدرولیکی طولانی دارد و به راکتورهای بزرگی نیاز دارد
	ریز جلبک‌ها	شرایط سخت نگهداری و انتخاب جلبک مناسب ضروری است
	برکه‌های جلبک	حذف مؤثر فلزات سنگین

۳-۲- مزایای تالاب تصفیه شناور

از مزایای تالاب تصفیه شناور آن است که نیاز به حفاری و زمین اضافی ندارد. حجم ذخیره‌سازی تالاب را به دلیل طبیعت شناور آن کاهش نمی‌دهد. به ابزار تکنولوژیکی پیچیده‌ای برای نصب نیاز ندارد. برای اجرای عملیات و نگهداری آن به هیچ ورودی شیمیایی مصنوعی نیاز ندارد. بنابراین، سرمایه کم و هزینه‌های عملیاتی حداقل/هیچ، این فناوری را یک روش مقرون‌به‌صرفه و کاربردی، در مقایسه با فناوری‌های متداول تصفیه فاضلاب به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، برای تصفیه فاضلاب صنعتی

می‌سازد. می‌تواند در مناطق سیل خیز استفاده شود، چون نوسان یا طغیان به دلیل طبیعت شناور آن‌ها هیچ اثر زیان‌آوری بر روی تالاب تصفیه شناور ندارد. می‌تواند زیستگاه حیات وحش پایدار برای ماهی‌ها، پرندگان و بی‌مهرگان فراهم کند. می‌تواند به‌طور مؤثر برای حل مشکلات مرتبط با یوتریفیکاسیون به کار رود. به دلیل ارزش زیبایی‌شناسی بالا به‌عنوان یک تکنولوژی زیست‌محیطی امیدوارکننده ظاهر شد که می‌تواند با استفاده از گیاهان گل‌دار بیشتر افزایش یابد (Shahid et al., 2018).

۳-۳- محدودیت‌های تالاب تصفیه شناور

نیاز به پشتیبانی برای اطمینان از شناوری بستر یا گیاهان بر روی آن در سطح آب دارد. برای عملکرد مناسب تالاب تصفیه شناور، حداقل عمق آب باید حفظ شود تا از رشد ریشه‌های گیاه به سمت رسوبات در تالاب تصفیه شناور جلوگیری شود. اگر آب هنگام طوفان بالا بیاید، بستر شناور در آب فرورفته و منجر به مرگ ماکروفیت‌ها و همچنین آسیب شدید به ساختار شناور می‌شود. اندازه بزرگ بسترهای شناور ممکن است منطقه را برای فعالیت‌های تفریحی مانند قایقرانی و ماهیگیری کاهش دهد. گیاهان باید به طور متناوب برداشت شوند. برداشت مناسب و مدیریت ماکروفیت‌ها نیاز به کارگر دارد. گیاهان مهاجم و نامطلوب ممکن است به ماکروفیت‌ها در تالاب تصفیه شناور آسیب بزنند و کارایی آن را به حداقل برسانند (Shahid et al., 2018). رشد بیش‌ازحد گیاهان آبی ریشه‌دار به خصوص در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری سبب ایجاد طعم، بو و رنگ در منابع آب، انسداد جریان آب، انسداد پمپ‌های آبیاری و اختلاف در طرح‌های برق‌آبی، تأخیر در رشد گیاهان آبی بزرگ نظیر برنج می‌شود (تک‌دستان و همکاران، ۱۳۸۵).

۳-۴- مراقبت و نگهداری از تالاب تصفیه شناور

حصیرهای شناور باید به‌اندازه کافی قوی باشند تا بار آلاینده گیاهان در محیط رشد را پشتیبانی کنند و در برابر آسیب ناشی از آفتاب، آب و باد سنگین برای پایداری طولانی‌مدت مقاوم باشند. با استفاده از انواع مختلف مواد شامل لوله‌های پلی‌وینیل کلرید، بامبو، فوم پلی استایرن، شبکه سیمی، مواد فیبری مانند فیبر نارگیل و بسیاری دیگر ساخته می‌شوند. باید مراقب بود که محیط کشت توانایی نگهداری آب کافی برای جذب گیاه و گردش هوا را داشته باشد تا شرایط هوازی را حفظ کند، در برابر غرقابی مقاوم باشد و pH ایده‌آل برای رشد گیاه داشته باشد. گیاهان می‌توانند بر روی بسترهای شناور با کاشت مستقیم و بذریابی دانه‌های گیاهان ایجاد شوند. انتخاب روش به نوع گونه‌های گیاهی، ساختار بستر شناور و شرایط محیطی و در دسترس بودن گیاهان بستگی دارد. بذریابی مستقیم می‌تواند روشی مقرون‌به‌صرفه و سریع برای پوشش گیاهی شبکه‌های بزرگ باشد و منجر به استقرار سریع گیاهان و نرخ رشد بالا شود. در منطقه بادی، احتمال گردش بیش‌ازحد بسترهای شناور را می‌توان با نصب بسترهای شناور کوچک به‌جای بسترهای بزرگ با پوشش گیاهی ارتفاع کم، به حداقل رساند. در آب‌وهوای گرم‌تر، پوشش گیاهی بر روی بسترهای شناور ممکن است محل زندگی

پشه و دیگر حشرات مشابه شود. این مشکل می‌تواند با حفظ شرایط هوازی، اسپری آب روی گیاهان، برداشت مکرر گیاهان و با استفاده از عوامل کنترل شیمیایی و بیولوژیکی تأیید شده برای این حشرات کنترل شود (Shahid et al., 2018).

۳-۵- نقش گیاهان در تالاب تصفیه شناور

کاهش جریان آب و آشفتگی سبب تثبیت بستر تالاب می‌شود. به دلیل تعلیق آزاد ریشه‌ها در ستون آب، تماس مستقیم بین آلاینده‌ها و جامعه میکروبی مربوط به ریشه ایجاد می‌شود، در فرآیندهای بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها مواد آلی را به مواد مغذی ساده تجزیه می‌کنند. در مقایسه بین گیاهان کامل و ریشه‌های گیاه، ریشه‌های گیاهی در تالاب تصفیه شناور درصد عالی حذف آلاینده را نشان دادند. این نشان می‌دهد که ریشه‌های گیاهان، برخی ترکیبات زیست فعال (آلکالوئیدها، فنیل پروپانوییدها، پلی کتیدها و ترپنوئیدها) را در آب آزاد و این ترکیبات زیست‌فعال به تغییر گونه‌های فلزی به شکل نامحلول کمک می‌کنند. ترشحات ریشه به دنیتریفیکاسیون کمک می‌کند. در آب‌های سطحی غنی از مواد مغذی کاهش‌دهندگان نیترات، نیترات را به گاز نیتروژن تبدیل کرده و آن را به اتمسفر آزاد می‌کنند. گونه‌های موجود در تالاب‌های شناور قادر به برداشت ازت به میزان ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال هستند. ریشه‌های گیاه فضایی را برای رشد میکروبی که برای تصفیه آب ضروری هستند را ایجاد می‌کنند. تعاملات میکروب - گیاه نقش مهمی در تصفیه آب ایفا می‌کند (Wei et al., 2020).

۳-۶- انتخاب گیاه مناسب

گیاهان مورد استفاده باید گونه غیر مهاجم، بومی، چندساله، با سرعت رشد سریع، سیستم ریشه گسترده، دائمی، قادر به تحمل سیل، عملکرد زیست‌توده بالا، تحمل بالا به آلاینده‌ها، توانایی بالای جذب و تجمع آلاینده‌ها را داشته باشند و بتوانند در محیط هیدروپونیک رشد کنند. بسیاری از انواع علف‌ها به‌خاطر ساختار متراکم ریشه خود که می‌توانند یک جامعه میکروبی را در خود جای دهند، در تالاب تصفیه شناور انتخاب می‌شوند. تولید اگزودای ریشه و کیفیت آن نیز حتی در ژنوتیپ‌های نزدیک به هم بسیار متفاوت است. این امر منجر به تفاوت‌های اساسی در جامعه میکروبی مرتبط و تحریک آن‌ها می‌شود. گونه‌های گیاهی خشکی، در مقایسه با گیاهان آبی شناور، ساختارهای ریشه‌ای طولانی و گسترده‌تری دارند و سطح وسیعی را برای فرآیند حذف آلاینده فراهم می‌کنند اما کمتر استفاده می‌شوند، زیرا توانایی گیاهان

فلزات سنگین که جز مهمی از فاضلاب نساجی است دارد (۸۷ تا ۹۹ درصد به دلیل زیست‌توده بالا) (Wei et al., 2020). نتایج بررسی بازا فکن و همکاران (۱۳۹۴) نشان می‌دهد از روپیا ماریتیمیا از تیره روپیاسه که گیاهی با تحمل بالای شوری، سرعت بالای رشد، بومی ایران، دسترسی آسان و قدرت بالای حذف نیتروژن و فسفر را دارد می‌توان استفاده کرد.

برای رشد هیدروپونیک برای به‌دست آوردن حداکثر حذف آلاینده توسط تالاب تصفیه شناور مهم هست. گیاهان مختلف ظرفیت‌های آلاینده متفاوتی دارند که از یک‌گونه به گونه دیگر تغییر می‌کنند. گیاه نی^۱ فراوان‌ترین گونه مورد استفاده در تالاب‌های تصفیه شناور و پس از آن تیفا آنگستیفلیا^۲ و لویی^۳ هستند. گیاه *Phragmites australis* ظرفیت بالایی برای حذف

جدول ۵- استفاده از گونه‌های مختلف ماکروفیت در تالاب‌های تصفیه شناور (Wei et al., 2020)

کشور	گیاه	فاضلاب	قابلیت حذف
آرژانتین	<i>Typha domingensis</i>	رواناب سینتیک	دستیابی به ۹۵٪ حذف فسفر کل، فسفر واکنش‌پذیر محلول، NH_4^+ و NO_3^-
استرالیا	<i>Carex appressa</i>	رواناب منطقه مسکونی با تراکم کم	عملکرد حذف آلاینده‌ها برای TSS ۸۰٪، فسفر کل ۵۳٪، نیتروژن کل ۱۷٪
چین	<i>Iris pseudacorus</i>	مرحله ثانویه تصفیه سینتیک	حذف ۸۹/۴ درصدی TN در یک روز
اندونزی	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	فاضلاب نساجی	میانگین نرخ حذف کروم، BOD و COD به ترتیب ۴۰٪، ۹۸/۴۷٪ و ۸۹/۰۵٪ بود
نیوزلند	<i>Carex virgate</i>	فاضلاب طوفان	۴۱٪ TS، ۴۱٪ روی، ۳۹٪ مس و ۱۶٪ حذف مس حل‌شده بیشتر از برکه‌های بدون تصفیه شناور بود
نیوزلند	<i>Carex virgate</i>	فاضلاب خانگی	نرخ حذف فسفر به ترتیب ۴۴/۹ و ۲۹/۷ درصد بود
پاکستان	<i>Phragmites australis</i>	فاضلاب سینتیک آلوده به سوخت نفتی	غلظت هیدروکربن به COD ۹۵/۸٪، BOD به ۹۸/۶٪، COD به ۹۹/۷٪ و فنول به ۹۸/۹٪ کاهش یافت
پاکستان	<i>Phragmites australis</i> , <i>T. domingensis</i> , <i>Leptochloa fusca</i> <i>Brachia mutica</i>	گودال تثبیت آلوده به نفت	کاهش میزان COD، BOD، TDS، هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین به ترتیب ۹۷/۴٪، ۹۸/۹٪، ۸۲/۴٪، ۹۸/۱٪ و ۸۰٪ گزارش شده است
پاکستان	<i>Brachia mutica</i> <i>Phragmites australis</i>	فاضلاب تولیدشده در میدان نفتی	میزان COD، BOD به ترتیب ۹۳٪، ۹۷٪ و ۹۷٪ کاهش یافت
پاکستان	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha domingensis</i>	فاضلاب نساجی	رنگ، COD و BOD به ترتیب تا ۹۷٪، ۸۷٪ و ۹۲٪ کاهش یافتند
پاکستان	<i>Brachiaria mutica</i>	فاضلاب	میزان COD، BOD و نفت تقریباً تا ۸۰٪، ۹۵٪ و ۵۰٪ کاهش یافت.
پاکستان	<i>Typha domingensis</i> , <i>Pistia stratiotes</i> <i>Eichhornia crassipes</i>	فاضلاب نساجی	متوسط نرخ کاهش رنگ، COD و BOD به ترتیب ۵۷٪، ۷۲٪ و ۷۸٪ بود
پاکستان	<i>Phragmites australis</i> , <i>T. domingensis</i> , <i>Leptochloa fusca</i> <i>Brachia mutica</i>	گودال تثبیت آلوده به نفت	میزان COD، BOD و TDS تا ۷۹٪، ۸۸٪ و ۶۵٪ کاهش یافت
سريلانكا	<i>Eichhornia crassipes</i>	فاضلاب	نرخ حذف TP و TN به ترتیب ۷۴/۸ و ۵۵/۸ درصد بود
آمریکا	<i>Spartina patens</i>	تصفیه سینتیک فاضلاب آبی‌پروری	غلظت TP از ۱۷ تا ۴۰٪ کاهش یافت
آمریکا	<i>Pontederia cordata</i> <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	رواناب شهری	غلظت TP و TN در فاضلاب تصفیه‌شده به ۶۰٪ و ۴۰٪ کاهش یافت

هر دو گونه گیاهی رنگ، مواد آلی و فلزات سنگین را به مقدار زیاد از فاضلاب نساجی حذف کردند و پس از دوره هشت‌روزه بیشترین حذف توسط *P. australis* با کاهش ۹۲ درصدی COD، ۹۱ درصدی BOD، ۸۶ درصدی رنگ و ۸۷ درصدی فلزات همراه بود.

۳-۷- هم‌افزایی گیاه-باکتری در تالاب تصفیه شناور

(Tara et al. (2019) مطالعه‌ای به منظور بررسی پتانسیل تالاب تصفیه شناور بر روی *P. australis* و *Typha domingensis* در ترکیب با باکتری‌های *Pseudomonas-Acinetobacter junii* و *indoloxydans* *Rhodococcus sp.* انجام دادند. نتایج نشان داد

با تابستان می‌تواند با هوادهی بهبود یابد.

۴-۱-۴- تراکم پوشش گیاهی

نتایج مطالعات (Ibekwe et al., 2007) بر روی تالاب شناور دارای reeds و cattails نشان داد که نرخ حذف نیترات توسط جامعه میکروبی در زمین‌های مرطوب با ۵۰٪ پوشش گیاهی بیش از زمین‌های مرطوب دارای ۱۰۰٪ پوشش گیاهی بود. Chance and White, (2018) گزارش دادند که تالاب‌های شناور غیرهوازی با پوشش کاشت ۱۰۰٪، سطح اکسیژن محلول پایین‌تری نسبت به تالاب‌های شناور با پوشش کاشت ۵۰٪ داشتند. پوشش متراکم گیاه، تبادل گازی را محدود می‌کند.

۴-۱-۵- برداشت گیاه

Yousaf et al. (2011) نشان داد که حدود نیمی از مواد مغذی در ساقه گیاهان تالابی جمع می‌شوند. از آنجا که ساقه‌های گیاه می‌توانند مواد مغذی بیشتری را در طول مرحله رویشی جمع کنند، زیست‌توده هوایی ارتباط مثبتی با حذف نیترژن و فسفر دارد. مطالعه Wang et al. (2014) برای به‌دست آوردن حداکثر حذف مواد مغذی بر روی علف‌های هرز و ساقه نرم به ترتیب برداشت در August/July و October را توصیه کرد. برداشت در ماه‌های July و October برای حداکثر حذف فسفر و نیترژن پیشنهاد شده است. در مطالعه‌ای که توسط Ahsan et al. (2017) در سنگاپور انجام شد نشان داده شد که مقدار فسفر و نیترژن در بافت‌های ساقه گیاه *Chrysopogon zizanioides* و *T. angustifolia* هنگامی که ساقه‌ها بالغ شدند، کاهش یافت. بنابراین توصیه شد که ساقه‌ها باید قبل از اوج فصل رشد برداشت شوند تا به حداکثر حذف مواد مغذی برسند.

۴-۲- حذف آلاینده‌های فاضلاب صنعت نساجی

میکروب‌ها جزء کلیدی چرخه بیوژئوشیمیایی و جریان انرژی در اکوسیستم آبی هستند. میکروب‌ها می‌توانند آلاینده‌های آلی/غیرآلی را تجزیه و غیرمعدنی کنند و نقش مهمی در حذف آلاینده‌ها از فاضلاب نساجی ایفا کنند (جدول ۶) (Wei et al., 2020).

کل فاضلاب تولیدی صنایع نساجی تهران حدود ۶۸۴۹۲۲۵ مترمکعب در سال و یا ۱۸۷۶۵ مترمکعب در روز است. نتایج بررسی کمی و کیفی فاضلاب صنایع نساجی واقع در منطقه ۲۱ تهران و مقایسه پساب آن با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست نشان داده است که صنعت نساجی بافت‌آزادی با $1200 \text{ m}^3/\text{day}$ ، نساجی جامه‌گران با میزان فاضلاب تولیدی

۴-۱- عوامل مؤثر بر عملکرد تالاب تصفیه شناور

۴-۱-۱- عمق آب

حداقل ۰/۸-۱ متر از عمق آب برای رشد افقی و عمودی ریشه موردنیاز است. افزایش عمق آب، عملکرد تصفیه را به دلیل افزایش زمان تماس آلاینده‌ها باریشه‌ها و بیوفیلم میکروبی افزایش می‌دهد. عواملی مانند نوع فاضلاب، هدف تصفیه و تغییرات جریان ورودی نیز انتخاب عمق آب را تعیین می‌کنند. به‌عنوان مثال، عمق کم آب برای حذف ذرات ریز و جامدات معلق به دلیل افزایش تماس بین ریشه‌ها، فاضلاب و میکروارگانیسم‌ها مناسب است. از سوی دیگر، عمق زیاد برای تصفیه جامدات معلق درشت مناسب‌تر است (Shahid et al., 2018).

۴-۱-۲- فصل و دما

رابطه مثبت بین دما و حذف مواد مغذی گزارش شده است (Wei et al., 2020). مطالعات نشان داده است که حذف مواد مغذی در طول فصل رشد گیاهان (Jun-Oct) حداکثر و در زمستان (Nov-Mar) حداقل بود (Afzal et al., 2011). حذف نیترژن مستقیماً به دما و فصل مربوط می‌شود. زیرا باکتری‌های درگیر در فرآیندهای نیترات سازی و نیترات‌زدایی به‌شدت به تغییرات دما حساس هستند. بیش‌ترین حذف TN در محدوده دمایی ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد ذکر شده است. افزایش دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد کاهش در مقدار TOC فاضلاب را نشان داد که نتیجه افزایش فعالیت میکروبی بود. در مقابل، بازده گیاهان برای حذف مواد آلی با تغییر دما از ۲۴ به ۴ درجه سانتی‌گراد به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. عملکرد تصفیه برای تمام آلاینده‌ها تنها به دما بستگی ندارد. به‌عنوان مثال، تغییر دما تأثیر کمی بر فرآیند حذف فسفر دارد، یعنی حتی در محدوده دمایی ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد در طول تابستان و پاییز، حذف فسفر تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (Shahid et al., 2018).

۴-۱-۳- هوادهی

Park et al., (2019) گزارش کردند تالاب تصفیه شناور هوادهی شده در مقابل تالاب تصفیه شناور غیر هوادهی شده، حذف مواد آلی، نیترژن و *e.coli* را از فاضلاب خانگی افزایش می‌دهد. Dunqiu et al. (2012) گزارش کردند حذف نیترات/نیتریت با افزایش نسبت گاز به آب از ۰ به ۵ واحد در تالاب تصفیه شناور از ۱/۷ به ۳۳/۸ درصد بهبود یافت. Ashraf et al. (2018) گزارش کردند کاهش COD در زمستان در مقایسه

در واحد صنعتی جنوب pH، EC، غلظت کلسیم، منیزیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات و در صنایع نساجی درخشان و تابان غلظت کلسیم، منیزیم، کلر و بی‌کربنات فراتر از حد مجاز غلظت این آلاینده‌ها بودند (رحمانی، ۱۳۸۲). نتایج بررسی Saharimoghaddam et al. (2019) بر روی پساب واحد نساجی کیمیای هم‌رنگ در استان البرز نشان داد کارایی گیاه *Phragmites australis* در حذف NO_3^- ، COD و TSS به ترتیب در محدوده ۴۰-۷۰، ۶۸-۷۲ و ۴۹-۷۱ درصد است. از آن‌جا که آلاینده‌های پساب صنایع نساجی مورد مطالعه در ایران از حد مجاز استاندارد فراتر است، از تکنولوژی تالاب تصفیه شناور می‌توان به‌عنوان روشی جدید، آسان، کارآمد و بی‌خطر استفاده نمود (جدول ۷).

۳۰۰ m^3/day و پاتن جامه با میزان فاضلاب تولیدی $250 \text{m}^3/\text{day}$ بیشترین سهم را در تولید فاضلاب دارند. بیشترین میزان pH پساب خروجی از صنایع منتخب در صنعت کاش‌بافی شعله با میزان (۱۰/۵) و در محدوده قلیایی است. بیشترین میزان BOD و COD پساب خروجی از صنایع منتخب متعلق به شرکت هم‌رنگ به‌میزان 400mg/L و 928mg/L است. صنعت نساجی مرسد مقادیری از TDS در حدود بالاتر از 5000mg/L وارد محیط‌زیست می‌کند (Rahmani and Gholami, 2013).

نتایج بررسی خصوصیات شیمیایی و غلظت برخی عناصر سنگین در پساب واحدهای صنعتی نساجی شهر یزد نشان داد که در یزدباف غلظت کلسیم، منیزیم، کلرور، سولفات و بی‌کربنات،

جدول ۶- کاربرد باکتری‌ها برای حذف رنگ از فاضلاب نساجی (Wei et al., 2020)

باکتری	رنگ
<i>Bacillus firmus</i>	Reactive Blue 160
<i>Ps Oerskovia paurometabola</i>	Acid Red 14
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Thiosphaera pantotropha</i>	Reactive Yellow 14
<i>Enterobacter sp. CV-S1</i>	Crystal Violet
<i>Serratia sp. RN34</i>	Reactive Yellow 2
<i>Paracoccus sp. GSM2</i>	Reactive Violet 5
<i>Staphylococcus hominis RMLRT03</i>	Acid Orange
<i>Bacillus cereus RMLAU1</i>	Orange II (Acid Orange 7)
<i>Enterococcus faecalis strain ZL</i>	Acid Orange 7
<i>Pseudomonas aeruginosa strain BCH</i>	Orange 3R (RO3R)
<i>Anoxybacillus pushchinoensis</i> , <i>Anoxybacillus kamchatkensis</i> <i>Anoxybacillus flavithermus</i>	Reactive Black 5
<i>Citrobacter sp. CK3</i>	Reactive Red 180
<i>Bacillus Fusiformis kmk 5</i>	Disperse Blue 79 (DB79) Acid Orange 10 (AO10)
<i>Pseudomonas sp. SUK1</i>	Red BLI
<i>Brevibacillus sp.</i>	Toluidine Blue dye (TB)
Bacterial strains 1CX and SAD4i	Acid Orange 7
<i>Pseudomonas luteola</i>	Azo Dye RP2B

جدول ۷- حذف مواد آلی، مواد جامد، مواد مغذی و فلزات سنگین موجود در فاضلاب نساجی با استفاده از تالاب تصفیه شناور

منبع	نتیجه	پارامتر
Rehman et al. (2018)	کارایی تالاب تصفیه شناور برای حذف COD و BOD به ترتیب از ۱۷ تا ۸۴ درصد و ۳۶ تا ۹۰ درصد متغیر است.	مواد آلی
Tara et al. (2019)	با استفاده از تالاب تصفیه شناور کاهش TSS را از ۳۹۱ به ۱۴۱ میلی‌گرم در لیتر، TDS را از ۴۵۶۹ به ۱۶۳۲ میلی‌گرم در لیتر و TS را از ۴۹۶۱ به ۱۷۳۳ میلی‌گرم در لیتر در تصفیه فاضلاب نساجی گزارش کردند	مواد جامد
Singh et al. (2014) Harrison and Wilson (1985)	نرخ حذف فسفر را ۰/۰۸۶ گرم بر مترمربع در روز تحت شرایط کنترل شده در مطالعه تالاب تصفیه شناور گزارش دادند. تالاب تصفیه شناور در مدت‌زمان هفت روز ۴۸٪ فسفر را از فاضلاب نساجی حاوی مواد مغذی حذف کرد.	مواد مغذی
Ladislav et al. (2015)	جذب Ni و Zn را در برگ و ریشه گونه‌های <i>Juncus</i> و <i>Carex</i> رشد یافته در تالاب تصفیه شناور مورد بررسی قرار دادند. غلظت نیکل در برگ‌های این دو گونه به ترتیب ۳۱-۲۳ میکروگرم در گرم و در ریشه ۱۱۳-۱۳۱ میکروگرم در گرم بود. تجمع روی در برگ‌ها ۴۵-۸۰ میکروگرم در گرم و در ریشه‌ها ۲۱۰ و ۱۶۸ میکروگرم در گرم بود. نسبت ریشه به برگ، برای نیکل و روی به ترتیب بین ۲/۶ و ۵/۷ بود.	فلزات سنگین

ارزش غذایی گیاهان، آلاینده‌های تجمع یافته در بخش‌های گیاه و تأثیر نهایی بر محصولات حیوانی و انتقال در زنجیره غذایی دارد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- *Phragmites australis*
- 2- *Typha angustifolia*
- 3- *Typha latifolia*

۷- مراجع

بازافکن، م.ح.، احمدی مقدم، م.، صاکی، ح.، و تکدستان، ا. (۱۳۹۴)، "بررسی کارایی گیاه روپیا ماریتیما در حذف TN، TSS، COD و TP از فاضلاب شور"، کنگره بین‌المللی پایداری در معماری و شهرسازی معاصر خاورمیانه، دبی، امارات متحده عربی.

تکدستان، ا.، جعفر زاده حقیقی، ن.ا.، فاخری رئوف، ف.، و رئیسی، ط. (۱۳۸۵)، "بررسی مشکلات ناشی از گیاهان آبی ریشه‌دار (علف‌های هرز آبی) در منابع تأمین آب و روش‌های مختلف کنترل آن‌ها"، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران.

رحمانی، ح.ر. (۱۳۸۲)، "خصوصیات شیمیایی و غلظت برخی عناصر سنگین در پساب واحدهای صنعتی نساجی شهر یزد"، محیط‌شناسی، ۲۹(۳۱)، ۳۱-۳۶.

صراف زاده، م.ح. (۱۳۹۶)، "مدیریت پایدار و توأمان منابع و مصارف آب در صنایع"، علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۲(۲)، ۲.

Afzal, M., Yousaf, S., Reichenauer, T.G., Kuffner, M., and Sessitsch, A., (2011), "Soil type affects plant colonization, activity and catabolic gene expression of inoculated bacterial strains during phytoremediation of diesel", *Journal of Hazardous Materials*, 186(2), 1568-1575.

Ahsan, M.T., Najam-ul-haq, M., Idrees, M., Ullah, I., and Afzal, M., (2017), "Bacterial endophytes enhance phytostabilization in soils contaminated with uranium and lead", *International Journal of Phytoremediation*, 19(10), 937-946.

Ashraf, S., Afzal, M., Rehman, K., Naveed, M., and Zahir, Z., (2018), "Plant-endophyte synergism in constructed wetlands enhances the remediation of tannery effluent", *Water Science and Technology*, 77(5), 1262-1270.

Chance, L.M.G., and White, S.A., (2018), "Aeration and plant coverage influence floating treatment wetland remediation efficacy", *Ecological Engineering*, 122, 62-68.

نتایج بررسی خصوصیات شیمیایی و غلظت برخی عناصر سنگین در پساب واحدهای صنعتی نساجی شهر یزد نشان داد که در یزد باف غلظت کلسیم، منیزیم، کلور، سولفات و بی‌کربنات، در واحد صنعتی جنوب pH، EC، غلظت کلسیم، منیزیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات و در صنایع نساجی درخشان و تابان غلظت کلسیم، منیزیم، کلر و بی‌کربنات فراتر از حد مجاز غلظت این آلاینده‌ها بودند (رحمانی، ۱۳۸۲). نتایج بررسی (Saharimoghaddam et al. (2019) بر روی پساب واحد نساجی کیمیای هم‌رنگ در استان البرز نشان داد کارایی گیاه *Phragmites australis* در حذف NO_3^- ، COD و TSS به ترتیب در محدوده ۴۰-۷۰، ۶۸-۷۲ و ۴۹-۷۱ درصد است. از آن‌جا که آلاینده‌های پساب صنایع نساجی مورد مطالعه در ایران از حد مجاز استاندارد فراتر است، از تکنولوژی تالاب تصفیه شناور می‌توان به‌عنوان روشی جدید، آسان، کارآمد و بی‌خطر استفاده نمود.

۵- نتیجه‌گیری

تالاب تصفیه شناور می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب و جایگزین روش‌های تصفیه سنتی و پرهزینه تصفیه فاضلاب نساجی باشد. ترکیب توأم گیاهان و بیوفیلم در تالاب‌های تصفیه شناور می‌تواند ذرات جامد، ماده آلی، رنگ‌ها، رنگ‌دانه‌ها و فلزات سنگین را حذف کند. *P. australis* و *T. Domingensis* به‌طور گسترده در تصفیه فاضلاب نساجی به روش تالاب تصفیه شناور استفاده می‌شوند. تالاب‌های تصفیه شناور مقرون‌به‌صرفه هستند، اما برای عملکرد بلندمدت به مراقبت و نگهداری مناسب نیاز دارند. به‌منظور افزایش راندمان می‌توان در ویژگی‌هایی مانند انتخاب گیاه، بیوفیلم و هوادهی تغییراتی اعمال نمود. تحقیقات بیشتری به‌منظور شناسایی گونه‌های باکتریایی که قادر به تشکیل کلونی برای تصفیه پساب نساجی با توجه به بار آلاینده هستند، موردنیاز است. بیشتر مطالعات انجام‌شده در تصفیه پساب نساجی با کمک تالاب‌های تصفیه شناور در مقیاس آزمایشگاهی و برای مدت‌زمان کوتاهی انجام شدند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در مقیاس وسیع کاربرد تالاب‌های تصفیه شناور در تصفیه فاضلاب نساجی در شرایط محیط طبیعی بررسی شود. باید به‌طور عمیق عملکرد تالاب‌های تصفیه شناور تحت تغییرات دما، بارش و دیگر شرایط محیطی مورد تحلیل قرار بگیرد. تحقیقات گسترده برای دفع ایمن آلاینده‌های استخراج شده از فاضلاب تصفیه‌شده و دفع مناسب زیست‌توده گیاهی برداشت‌شده و لاش برگ نیاز است. استفاده از علف‌های برداشت‌شده به‌عنوان علوفه دام نیاز به بررسی دقیق

- biodiesel from plant and microalgae", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 216-245.
- Tara, N., Arslan, M., Hussain, Z., Iqbal, M., Khan, Q.M., and Afzal, M., (2019), "On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater", *Journal of Cleaner Production*, 217, 541-548.
- Uddin, F., (2019), "Introductory chapter: Textile manufacturing processes", In: *Textile Manufacturing Processes*, IntechOpen.
- Wang, C.-Y., Sample, D.J., and Bell, C., (2014), "Vegetation effects on floating treatment wetland nutrient removal and harvesting strategies in urban stormwater ponds" *Science of the Total Environment*, 499, 384-393.
- Wei, F., Shahid, M.J., Alnusairi, G.S.H., Afzal, M., Khan, A., El-Esawi, M.A., Abbas, Z., Wei, K., Zaheer, I.E., and Rizwan, M., (2020), "Implementation of floating treatment wetlands for textile wastewater management: A review", *Sustainability*, 12(14), 5801.
- Yaseen, D.A., and Scholz, M., (2019), "Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(2), 1193-1226.
- Yin, H., Guo, H., Qiu, P., Yi, L., and Li, J., (2017), "Case analysis on textile wastewater subjected to combined physicochemical-biological treatment and ozonation", *Desalination and Water Treatment*, 66, 140-148.
- Yin, H., Qiu, P., Qian, Y., Kong, Z., Zheng, X., Tang, Z., and Guo, H., (2019), "Textile wastewater treatment for water reuse: a case study", *Processes*, 7(1), 34.
- Yousaf, S., Afzal, M., Reichenauer, T.G., Brady, C.L., and Sessitsch, A., (2011), "Hydrocarbon degradation, plant colonization and gene expression of alkane degradation genes by endophytic *Enterobacter ludwigii* strains", *Environmental Pollution*, 159(10), 2675-2683.
- Colares, G.S., Dell'Osbel, N., Wiesel, P.G., Oliveira, G.A., Lemos, P.Z., da Silva, F.P., Lutterbeck, C.A., and Kist, L.T., (2020), "Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis", *Science of the Total Environment*, 714, 136776.
- Dey, S., and Islam, A., (2012), "A review on textile wastewater characterization in Bangladesh", *Resources and Environment*, 5(1), 15-44.
- Dunqiu, W., Shaoyuan, B., Mingyu, W., Qinglin, X., Yinian, Z., and Hua, Z., (2012), "Effect of artificial aeration, temperature, and structure on nutrient removal in constructed floating islands", *Water Environment Research*, 84(5), 405-410.
- Ghaly, A.E., Ananthashankar, R., Alhattab, M., and Ramakrishnan, V.V., (2014), "Production, characterization and treatment of textile effluents: A critical review", *Chemical Engineering and Process Technology*, 5(1), 1-18.
- Harrison, R.M., and Wilson, S.J., (1985), "The chemical composition of highway drainage waters III. Runoff water metal speciation characteristics", *Science of the Total Environment*, 43(2), 89-102.
- Ibekwe, A.M., Lyon, S.R., Leddy, M., and Jacobson-Meyers, M., (2007), "Impact of plant density and microbial composition on water quality from a free water surface constructed wetland", *Journal of Applied Microbiology*, 102(4), 921-936.
- Kiran, S., Adeel, S., Nosheen, S., Hassan, A., Usman, M., and Rafique, M.A., (2017), "Recent trends in textile effluent treatments: A review", *Advanced Materials for Wastewater Treatment*, 29, 29-49.
- Ladislav, S., Gerente, C., Chazarenc, F., Brisson, J., and Andres, Y., (2015), "Floating treatment wetlands for heavy metal removal in highway stormwater ponds", *Ecological Engineering*, 80, 85-91.
- Munagapati, V.S., and Kim, D.S., (2016), "Adsorption of anionic azo dye Congo Red from aqueous solution by Cationic Modified Orange Peel Powder", *Journal of Molecular Liquids*, 220, 540-548.
- Park, J.B.K., Sukias, J.P.S., and Tanner, C.C., (2019), "Floating treatment wetlands supplemented with aeration and biofilm attachment surfaces for efficient domestic wastewater treatment", *Ecological Engineering*, 139, 105582.
- Rahmani, Z., and Gholami, M., (2013), "Determination of quality and quantity textile industry wastewater located in 21 area (zone) and comparison their effluent with environmental protection organization standards in 1389", *Iran Occupational Health*, 10(4), 25-32.
- Saharimoghaddam, N., Massoudinejad, M., and Ghaderpoori, M., (2019), "Removal of pollutants (COD, TSS, and NO_3^-) from textile effluent using *Gambusia* fish and *Phragmites australis* in constructed wetlands", *Environmental Geochemistry and Health*, 41(3), 1433-1444.
- Shahid, M.J., Arslan, M., Ali, S., Siddique, M., and Afzal, M., (2018), "Floating wetlands: An innovative tool for wastewater treatment", *Clean Soil Air Water*, 46(10), 1800120.
- Singh, B., Guldhe, A., Rawat, I., and Bux, F., (2014), "Towards a sustainable approach for development of



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.