ارزیابی عملکرد گیاه جگن در تالاب مصنوعی جهت حذف سرب از فاضلاب

محمد حسین صیادی[1*]
نرگس سلمانی[2]

۱. دانشیار، گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

***مسئول مکاتبات:**
mh_sayadi@birjand.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۶۰۲۰۴۰۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۵
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

تالاب‌های مصنوعی سیستم‌های طبیعی هستند که توانایی تصفیه شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی را دارند و می‌توانند آلودگی‌های مختلف را از فاضلاب حذف نمایند. هدف از این مطالعه بررسی کارایی تالاب مصنوعی جریان زیرسطحی افقی در حذف سرب از پساب تصفیه‌خانه دانشگاه بیرجند بود. این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در دانشگاه بیرجند انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۲ حوضچه مستطیلی شکل بتونی به‌صورت موازی در محل موردنظر ساخته شدند. ابعاد کلی ۱۲ حوضچه با طول ۲۲۰، عرض ۷۵ و ارتفاع ۵۰ سانتیمتر بود. در ۶ حوضچه از شن درشت‌دانه و در ۶ حوضچه دیگر از شن ریزدانه استفاده شد که ۴ عدد از کل حوضچه‌ها به‌عنوان شاهد و بقیه حوضچه‌ها با جگن (*Carex canescens*) گیاه کاری شدند. الگوی جریان به‌صورت افقی از طریق یک لوله تقسیم و شیرآلات کنترل انجام شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد بیشترین مقدار حذف سرب مربوط به حوضچه گیاه‌دار پرشده با شن ریز به میزان ۵۱ درصد و کمترین حذف سرب مربوط به حوضچه بدون گیاه پرشده با شن درشت به میزان ۳۵ درصد بوده است. همچنین با افزایش زمان‌ماند هیدرولیکی بیشترین حذف انجام‌شده است. درنتیجه می‌توان گفت که بازده حذف فلز سرب در حوضچه گیاه‌دار با بستر ریزدانه و زمان‌ماند زیاد به بیشترین مقدار می‌رسد.

واژگان کلیدی: تالاب مصنوعی، پساب، سرب، حذف آلودگی.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین نیازهای انسان در هر جامعه آب است. با توجه به گسترش صنایع و پیشرفت فنّاوری، منابع آبی بیشتری مورداستفاده صنعت قرار می‌گیرند و روزبه‌روز این منابع آلوده‌تر می‌شوند. از عمده‌ترین آلاینده‌های محیطزیست وجود فلزات سنگین در پساب‌ها است که معمولاً در غلظت‌های بالا در فاضلاب صنایع یافت می‌شوند و موجب به خطر افتادن سلامت موجودات زنده و آسیب به محیط‌های آبی می‌گردد (شوکتی پور ثانی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از فلزات سنگین بسیار سمی سرب است که در کبد، استخوان‌ها، ماهیچه‌ها و بافت‌های مغز تجمع می‌یابد (طاهری قناد و همکاران، ۱۳۹۳). سرب موجود در منابع آبی عموماً ناشی از پساب‌های صنایع باتری‌سازی، رنگرزی و زباله‌های خانگی و صنایع غذایی است (Chen *et al.* 2005). بنابراین باید نسبت به حذف چنین موادی از منابع آبی اقدام نمود. روش‌های مختلفی برای کاهش مقدار یون‌های فلزی از فاضلاب‌ها وجود دارد که شامل اسمز معکوس، ترسیب شیمیایی، روش‌های متداول تصفیه بیولوژیکی و غیره می‌باشد. در میان روش‌های مختلف حذف فلزات سنگین، تالاب مصنوعی با توجه به کم‌هزینه بودن و سیستمی با تکنولوژی پایین‌تر، اما کارایی بالا دارای مزیت است که در رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی اثر مطلوبی داشته است (Vymazal, 2010; Werker *et al.*, 2002). از دیگر مزایای این روش می‌توان به این موارد اشاره کرد: ارزان برای ساخت و نگهداری، نیازمند به انرژی کم، تصفیه مؤثر فاضلاب، استفاده از مکان‌های مختلف، حفظ منابع آبی منطقه، تکنولوژی دوستدار محیطزیست، ایجاد فضای سبز زیبا و محل مناسب جهت جذب حیات‌وحش (پرندگان و خزندگان بومی) که موجب برقراری یک اکوسیستم پایدارمی‌گردد (Gholi Badlyans Kandy, 2002; Home and Muthgo, 2012).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

تالاب‌های مصنوعی طرح‌های جدیدی از سیستم‌های طبیعی بوده که اولین بار در اوایل دهه ۱۹۵۰ توسط دکتر کیت سیدل از انستیتوی Max Plank در آلمان غربی ارائه شد (Chen *et al.*, 2009; Stott *et al.*, 2003). تالاب مصنوعی یکی از سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب شامل حوضچه‌ای آب‌بندی‌شده با عناصری از قبیل ماده بستر، گیاه، عایق آب‌بند و قسمت‌های ورودی و خروجی می‌باشد. فاضلاب ورودی به این سیستم به‌واسطه حضور عواملی مثل گیاه، میکروارگانیسم و ماده بستر تحت تأثیر فرایندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرارگرفته و تصفیه می‌شود (Razavian, 2009). تالاب‌های مصنوعی برحسب نحوه جریان فاضلاب در آن‌ها، به سه گروه سیستم تالاب مصنوعی با جریان افقی، جریان عمودی و مرکب طبقه‌بندی می‌شوند (Hammer, 1989). در تالاب مصنوعی با جریان افقی که این پژوهش بر اساس آن انجام شد، فاضلاب موازی با امتداد بستر جریان می‌یابد و در حین حرکت به انتهای پایلوت تصفیه می‌گردد. در این نوع تالاب برحسب این‌که آب در بالا یا در زیر سطح خاک قرار گیرد به دو گروه تالاب با جریان سطحی و تالاب با جریان زیرسطحی تقسیم می‌شوند (Ekpo *et al.*, 2008). تالاب‌های با جریان افقی زیرسطحی شامل کانال‌ها یا ترانشه‌های با کف به نسبت نفوذناپذیر هستند. داخل این ترانشه‌ها توسط یک محیط متخلخل خنثی پرشده و در قسمت فوقانی آن، گیاهان برآمده مناسب کاشته شده است (Hammer, 1989). تالاب‌های زیرسطحی، برای شرایط اقلیمی سردسیری مناسب‌اند چون تصفیه در زیر سطح زمین اتفاق می‌افتد (Reed *et al.*, 1995). تاکنون تحقیقاتی در خصوص حذف آلاینده‌ها از فاضلاب توسط تالاب مصنوعی در ایران و سایر کشورها انجام‌شده است. در مطالعه‌ای منشوری و وثوقی (۱۳۸۷) به بررسی حذف فلزات سنگین توسط تالاب‌های مصنوعی پرداختند که در آن حذف کروم در تالاب مصنوعی ۹۹/۹۹ درصد به دست آمد و با زیادشدن زمان ماند در حالت مذکور، راندمان حذف کروم نیز افزایش یافت. Rahman (۲۰۱۴)، در مطالعه‌ای دیگر کارایی تالاب مصنوعی برای حذف آرسنیک از فاضلاب با گیاه سازوی افشان (Juncus effuses) را بررسی کردند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که این گیاه از اهمیت بالایی برای حذف فلزات سنگین برخوردار است. همچنین فضل‌الهی و اسلامیان (۱۳۹۲) مطالعه‌ای درزمینه‌ی کاربرد جگن در تالاب مصنوعی برای حذف مواد مغذی از پساب انجام دادند که نتایج نشان داد، گیاه جگن راندمان حذف بالایی برای مواد مغذی دارد و برای کاربرد در سیستم تالاب مصنوعی مناسب خواهد بود. البته برای هر منطقه باید مطالعات بیشتری صورت گیرد تا با توجه به شرایط منطقه و نوع پساب، مناسب‌ترین گیاه انتخاب گردد. با توجه به اینکه فعالیت‌های انسانی ازجمله پساب تصفیه‌خانه‌ها، فلزات سنگین بخصوص سرب را وارد محیط‌زیست می‌کنند و با تجمع آن‌ها در زنجیره‌های غذایی یکی از اصلی‌ترین مشکلات بهداشتی جوامع امروزی را بوجود آورده است و اکثر فن‌آوری‌های حذف فلزات از محیط زیست هزینه‌بر، وقت‌گیر و تخریب‌کننده‌ی محیط زیست می‌باشند (Zojaji *et al.*, 2015; Sayadi and Torabi, 2009)، هدف از این مطالعه بررسی کارایی تالاب مصنوعی جریان زیرسطحی افقی در حذف سرب از پساب تصفیه‌خانه دانشگاه بیرجند بود.

مواد و روش‌ها

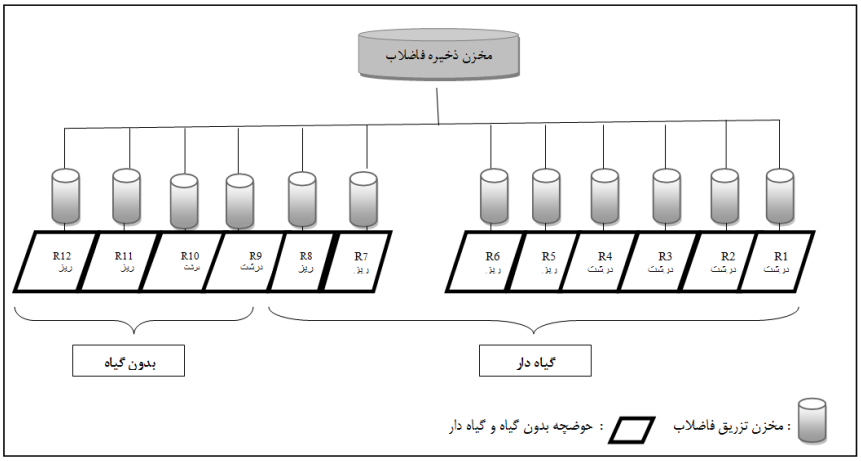
در این تحقیق که در تصفیه‌خانه دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۴ انجام شد، کارایی گیاه جگن به روش تالاب مصنوعی زیرسطحی افقی در حذف فلز سنگین سرب موردبررسی قرار گرفت. بدین منظور تعداد ۱۲ حوضچه مستطیلی شکل بتونی بانام‌های R1، R2، R3، R4، R5، R6، R7، R8، R9، R10، R11، R12 به‌صورت موازی در محل موردنظر ساخته شدند. ابعاد کلی ۱۲ حوضچه با طول ۲۲۰، عرض ۷۵ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر بود. شیب ۱/۵ درصد در کف بستر در نظر گرفته شد و به‌منظور عایق‌بندی بستر، از پلی‌اتیلن با چگالی پایین (LDPE) استفاده شد. منطقه‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای بستر هر حوضچه با استفاده از سنگ‌دانه‌های درشت‌دانه به قطر متوسط ۵ سانتی‌متر پر شد. در شش حوضچه R1، R2، R3، R4، R9 و R10 از شن درشت‌دانه و در حوضچه‌های R5، R6، R7، R8، R11، R12 از شن ریزدانه استفاده شد. سطح فاضلاب در هر حوضچه طبق طراحی انجام‌شده در فاصله ۵ سانتی‌متر از زیر سطح بالایی بستر نگه‌داشته شد. الگوی جریان به‌صورت افقی از طریق یک لوله تقسیم و شیرآلات کنترل انجام شد. جریان به‌صورت موازی از هر ۱۲ حوضچه با تنظیم بار هیدرولیکی صورت گرفت.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

پس از احداث پایلوت، فورا کاشت گیاه جگن انجام شد. این گیاه مطلوب برای تمامی شرایط تالاب است. سلول‌های R1، R2، R3، R4، R5، R6، R7، R8 با تراکم ۹ گیاه در هر مترمربع گیاه کاری و سلول‌های R9، R10، R11، R12 بدون گیاه به‌عنوان حوضچه‌های شاهد (بدون گیاه) در نظر گرفته شد. نمای سیستم تالاب در شکل ۲ نشان داده‌شده است، مشخصات حوضچه‌های مورداستفاده در تحقیق، در جدول ۲ و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فاضلاب ورودی مورداستفاده در تحقیق در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: پارامترهای فاضلاب ورودی در طول تحقیق.

پارامتر	pH	EC دسی زیمنس در متر	TDS میلی‌گرم در لیتر	DO میلی‌گرم در لیتر	دما سانتی‌گراد
میانگین	۷/۴۰	۲/۶۳	۱/۷۶	۰/۹۵	۱۷/۸۳



شکل ۱: طراحی سیستم کار حوضچه‌های تالاب مصنوعی در حذف سرب.

جدول ۲: مشخصات حوضچه‌های مورداستفاده در تحقیق.

نام راکتور	مشخصات ماده بستر						مشخصات هیدرولیکی		
	لایه بالایی			لایه زیرین					
	D میلی‌متر	UC	N	D میلی‌متر	UC	N	Q لیتر در روز	HRT روز	HLRمیلی‌متر در روز
R1	۱۰-۱۸	۱/۵۲	۰/۳۷	۱۶-۲۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۱۰۰	۱	۶۶
R2	۱۰-۱۸	۱/۵۲	۰/۳۷	۱۶-۲۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۷۵	۲	۴۴
R3	۱۰-۱۸	۱/۵۲	۰/۳۷	۱۶-۲۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۵۰	۴	۳۳
R4	۱۰-۱۸	۱/۵۲	۰/۳۷	۱۶-۲۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۲۵	۶	۱۶/۵
R5	۴-۸	۱/۶	۰/۳۳	۶-۱۲	۱/۷۴	۰/۳۵	۱۰۰	۱	۶۶
R6	۴-۸	۱/۶	۰/۳۳	۶-۱۲	۱/۷۴	۰/۳۵	۷۵	۲	۴۴
R7	۴-۸	۱/۶	۰/۳۳	۶-۱۲	۱/۷۴	۰/۳۵	۵۰	۴	۳۳
R8	۴-۸	۱/۶	۰/۳۳	۶-۱۲	۱/۷۴	۰/۳۵	۲۵	۶	۱۶/۵
R9	۱۰-۱۸	۱/۵۲	۰/۳۷	۱۶-۲۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۱۰۰	۱	۶۶
R10	۱۰-۱۸	۱/۵۲	۰/۳۷	۱۶-۲۴	۱/۴۵	۰/۳۹	۵۰	۴	۳۳
R11	۴-۸	۱/۶	۰/۳۳	۶-۱۲	۱/۷۴	۰/۳۵	۱۰۰	۱	۶۶
R12	۴-۸	۱/۶	۰/۳۳	۶-۱۲	۱/۷۴	۰/۳۵	۵۰	۴	۳۳

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

برای انجام آزمایش‌های مربوطه نمونه‌برداری از پساب ورودی و خروجی در ظروف پلی‌اتیلن به حجم یک لیتر انجام‌شده و سپس در یک محفظه حاوی یخ در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری و به‌سرعت به محل آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها با ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۰ درصد مخلوط شده و پس از ۲۴ ساعت، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده و سپس با استفاده از کاغذ واتمن ۴۲ به‌عنوان صافی عبور داده شدند و در آخر نیز با اسید نیتریک ۱ درصد به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (APHA, 1998) و غلظت کل سرب از طریق دستگاه جذب اتمیContr AA700 با حد آشکارسازی (LOD) ۳/۵ میکروگرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. همچنین انحراف معیار نسبی (RSD) بین ۲/۴– ۳/۱۸ درصد محاسبه گردید. در هر نوبت نمونه‌گیری با ۳ تکرار از ورودی پساب به‌کل سیستم و خروجی از هر ۱۲ راکتور انجام شد که جمعاً ۳۶ نمونه تجزیه می‌گردید.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین غلظت سرب از مقادیر ورودی و خروجی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد.

نتایج

همان‌طور که در جدول‌های ۳، ۴ و۵ نشان می‌دهد بیشترین درصد حذف سرب در زمان‌های ماند ۱، ۲، ۴ و ۶ روز (با توجه به جدول۲) در زمان‌ماند ۶ روز می‌باشد. همچنین در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ تغییرات و درصد حذف میزان سرب ورودی و خروجی حوضچه‌های گیاه‌دار و بدون گیاه درشت‌دانه و ریزدانه تشریح شده است. با توجه به نتایج بدست آمده میانگین غلظت فلز سرب خروجی بسیار کمتر از مقادیر ورودی آن است و طبق جدول ۴ بیشترین مقدار حذف سرب مربوط به حوضچه ۸ به میزان ۵۱ درصد بوده است و کمترین حذف سرب مربوط به حوضچه ۹ به میزان ۳۵ درصد بوده است. میانگین درصد حذف در سلول‌های گیاه‌دار درشت‌دانه ۴۴/۵ و ریزدانه ۴۹/۵ درصد می‌باشد، همچنین در سلول‌های بدون گیاه ریزدانه ۴۵/۵ درصد و درشت‌دانه ۳۶ درصد بود که نشان‌دهنده‌ی کارایی حذف کمتر حوضچه شاهد که فاقد گیاه بوده می‌باشد و ازلحاظ آماری نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. با توجه به جدول ۲، در حوضچه ۹ بر اساس ماده بستر و مشخصات هیدرولیکی که میزان دبی ورودی بیشترین مقدار و زمان ماند آن کمترین مقدار بود، کمترین مقدار حذف (۳۵ درصد) برای سرب مشاهده شد.

جدول ۳: تغییرات و درصد حذف سرب ورودی و خروجی حوضچه‌های گیاه‌دار درشت‌دانه.

نام سلول	R4	R3	R2	R1
اندازه ماده بستر	درشت‌دانه گیاه‌دار	درشت‌دانه گیاه‌دار	درشت‌دانه گیاه‌دار	درشت‌دانه گیاه‌دار
دبی (لیتر در روز)	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
سرب ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶
سرب خروجی (میلی‌گرم در لیتر)	۱۱/۳۵ ±۶/۲۱	۱۱/۷۲ ±۶/۳۲	۱۱/۹۴ ±۵/۸۴	۱۲/۵۱ ±۶/۰۶
درصد حذف	۴۷	۴۵	۴۴	۴۲

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

جدول ٤: تغییرات و درصد حذف سرب ورودی و خروجی حوضچه‌های گیاه‌دار ریزدانه.

نام سلول	R8	R7	R6	R5
اندازه ماده بستر	ریزدانه گیاه‌دار	ریزدانه گیاه‌دار	ریزدانه گیاه‌دار	ریزدانه گیاه‌دار
دبی (لیتر در روز)	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
سرب ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶
سرب خروجی (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰/ ۵۳ ±۶/۳۳	۱۰/۷۹ ±۶/۹۰	۱۰/۹۸ ±۶/۴۱	۱۱/۰۸ ±۶/۰۵
درصد حذف	۵۱	۵۰	۴۹	۴۸

جدول ۵: تغییرات و درصد حذف سرب ورودی و خروجی حوضچه‌های بدون گیاه درشت‌دانه و ریزدانه.

نام سلول	R12	R11	R10	R9
اندازه ماده بستر	ریزدانه بدون گیاه	ریزدانه بدون گیاه	درشت‌دانه بدون گیاه	درشت‌دانه بدون گیاه
دبی (لیتر در روز)	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰
سرب ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶
سرب خروجی (میلی‌گرم در لیتر)	۱۱/۵۴ ±۶/۴۳	۱۱/۸۶ ±۶/۱۱	۱۳/۵۰ ±۶/۶۲	۱۳/۹۵ ±۶/۸۰
درصد حذف	۴۶	۴۵	۳۷	۳۵

بحث و نتیجه‌گیری

گیاهان در سیستم تالاب مصنوعی، با جذب آب و مواد مغذی سبب کاهش مواد مغذی فاضلاب و تولید اکسیژن موردنیاز میکروارگانیسم‌های هتروتروف شده بطوریکه محیط مناسبی را برای رشد میکروب‌ها ایجاد می‌کنند، همچنین دارای اثرات زیباشناختی می‌باشند. در تحقیق حاضر، کارایی گیاه جگن در حذف فلز سرب بررسی شد. در شرایطی که غلظت اولیه سرب در تمام سلول‌ها یکسان بود با توجه به جدول‌های ۳،۴ و ۵ مشاهده شد که در سلول‌های گیاه‌دار میانگین حذف سرب ۴۷ درصد است و میانگین حذف سرب در سلول‌های بدون گیاه ۴۰ درصد است، این نتایج نشان داد که درصد حذف سرب در سلول‌های گیاه دار بیشتر است، میانگین درصد حذف فلز سرب برای گروه شاهد (بدون کاشت جگن) در محدوده ۳۶ الی ۴۵/۵ درصد است و این در حالی است که درصد حذف این فلز برای گروه مورد (با کاشت جگن) در محدوده ۴۴/۵ الی ۴۹/۵ درصد قرار دارد که این تفاوت به حضور گیاه در سلول‌ها برمی‌گردد. پس می‌توان نتیجه گرفت گیاه تأثیر مطلوبی در حذف سرب دارد بطوریکه در طی چهار مرحله جذب سطحی، اختلاط، رسوب‌شیمیایی و جذب ریشه‌ای سبب حذف سرب شده است (صیادی و همکاران ۱۳۹۵). درحالی‌که Yousefi و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از تالاب مصنوعی در سلول‌های دارای گیاه نی درصد حذف سرب را در محدوده ۳۵ الی ۷۵ درصد به دست آوردند؛ اما Home و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که به‌منظور بهره‌وری از مخلوط‌های مختلف ماکروفیت در از بین بردن فلزات سنگین (سرب و روی و کادمیوم) با استفاده از تالاب مصنوعی انجام دادند عنوان کردند که بیشترین درصد حذف به میزان ۸۹/۸ درصد با گونه‌ی پاپیروس بود. Yousefi و همکاران (۲۰۰۱) نقش گیاه تیره زنبق در دفع باکتری‌ها از فاضلاب در سیستم تالاب مصنوعی را بررسی کردند، این تحقیق نشان داد گیاهان و ریزوم های گیاهی تأثیر مثبتی بر کار آیی تالاب مصنوعی زیرسطحی در حذف آلاینده‌ها از فاضلاب‌های خانگی و شهری دارند. نتایج آماری طبق آزمون یک‌طرفه (ANOVA) نشان داد که بین حذف سرب در حوضچه‌های گیاه دار و بدون گیاه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد ($P\leq ۰/۰۵$). Gersberg و همکاران (۱۹۸۶) در تحقیقی بیان کردند که گیاهان نقش مهمی در تصفیه فاضلاب توسط تالاب‌های مصنوعی دارند. این مطالعه همچنین نشان داد که ارتباط معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین حضور گیاه و راندمان حذف وجود دارد و با کاشت گیاه درصد حذف افزایش‌یافته است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

با توجه به جدول‌های ۳ و ۴ درصد حذف در حوضچه‌هایی که ماده بستر آن‌ها ریزدانه (با میانگین ۴۸ درصد) است نسبت به حوضچه‌هایی با ماده بستر درشت‌دانه (با میانگین ۴۱ درصد) بیشتر است. در حوضچه‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ به علت ماده بستر با اندازه ریز درصد حذف بالا بوده و در حوضچه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ با اندازه درشت درصد حذف کاهش‌یافته است، میانگین درصد حذف سرب در سلول‌های ریزدانه ۴۸ درصد بوده و در سلول‌های درشت‌دانه ۴۱ درصد بوده است، پس می‌توان نتیجه گرفت اگر حوضچه‌ها با ماده بستر ریزدانه باشند درصد حذف بیشتری دارند که علت آن سطح تماس بیشتر می‌باشد (صیادی و کارگر، ۱۳۹۳). Chen و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی به بررسی راندمان حذف فلزات سنگین در تالاب مصنوعی با بسترهای مختلف پرداختند، در این مطالعه از بسترهای مورد آزمایش کک و ماسه برای حذف سرب، روی و مس استفاده کردند و بالاترین اثر حذف سرب را در سیستم شن و ماسه بین ۹۵-۹۹ درصد نشان داده‌اند، بطوریکه نتایج آماری طبق آزمون یک‌طرفه (ANOVA) نشان داد که بین حذف سرب در بستر ریزدانه و درشت‌دانه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد ($P\leq ۰/۰۱$). کارگر و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش نمودند استفاده از شن با اندازه کوچک‌تر منجر به افزایش بازده حذف می‌گردد که نتایج آن با نتایج این تحقیق مطابقت دارد و بر اساس گزارش محققان نوع ماده بستر نقش قابل‌توجهی در حذف سرب تالاب‌های مصنوعی دارد.

نتایج تحقیق نشان داد که میانگین بازده حذف سرب در سلول‌های R1 و R5 (با میانگین ۴۵ درصد) نسبت سلول‌های R4 و R8 (با میانگین ۴۹ درصد) کاهش پیداکرده است. این امر نشان‌دهنده اثر مثبت کاهش دبی بر عملکرد سیستم تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی افقی در حذف سرب هست، بر اساس جدول‌های ۳، ۴ و ۵ با کاهش دبی زمان‌ماند بیشتر و به نسبت درصد حذف سرب بیشتر شده است. با توجه به این می‌توان گفت در این تالاب بهترین زمانی که بیشترین حذف را داشته ۶ روز با دبی ۲۵ لیتر در روز بوده است بطوریکه طبق نتایج آماری طبق آزمون یک‌طرفه (ANOVA) بین حذف سرب و دبی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد ($P\leq ۰/۰۵$). طاهری قناد و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای دریافتند در شرایط بهینه زمان‌ماند ۵ روز بیشترین درصد حذف را داشته است. همچنین Yousefi و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای دیگر بیان کردند که بیشترین میزان حذف سرب در گروه مورد یا حوضچه دارای نی برای زمان‌ماند هیدرولیکی ۶ روز با میزان حذف ۷۵ درصد بوده است. همچنین Yousefi و همکاران (۲۰۰۱) گزارش نمودند، حوضچه تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی و با مدیای گراول حاوی گیاه تیره زنبق در زمان‌ماند ۵ الی ۶ روزه استاندارد پساب‌های خروجی به آب‌های پذیرنده را ازنظر کلیفرم تأمین می‌کند. مطابق اظهارات منشوری و وثوقی (۱۳۸۷)، هر چه زمان‌ماند طولانی‌تر و مقدار دبی کمتر باشد عملکرد سیستم نیزار مصنوعی بیشتر می‌شود؛ بنابراین با توجه به مطالعه تحقیقات قبلی، راندمان حذف به‌دست‌آمده از سیستم حاضر با مطالعات قبلی انجام‌گرفته ازنظر درصد حذف مطابقت دارد.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بازده حذف فلز سرب در شرایطی که غلظت اولیه سرب در همه‌ی سلول‌ها برابر، زمان‌ماند زیاد و در حضور گیاه باشد و همچنین از ماده بستر ریزدانه استفاده شود، به بیشترین مقدار می‌رسد، چون هر چه زمان‌ماند بیشتر باشد گیاه فرصت بیشتری برای حذف خواهد داشت. بدیهی است دستیابی به چنین بازده بالایی بدون نیاز به هزینه زیاد و همچنین آثار سوء زیست‌محیطی بسیار مطلوب می‌باشد. درنتیجه می‌توان در شهر بیرجند با فراهم کردن شرایط مناسب نگهداری از سیستم تالاب مصنوعی ریزدانه گیاه‌دار به‌عنوان تصفیه ثانویه برای حذف فلز سنگین سرب در پساب‌های شهری استفاده کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که در بررسی‌های بعدی برای ارزیابی این نوع تصفیه، از جریان مرکب و عمودی استفاده شود و کارایی گیاهان دیگر و سایر عناصر سنگین نیز موردبررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از همکاری‌های ارزشمند مسئولین محترم دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست دانشگاه بیرجند به جهت فراهم نمودن امکانات و تجهیزات لازم جهت انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

منابع

شوکتی پورثانی، ا.، شریعت، م.، جعفر زاده حقیقی، ن. و نبی زاده، ر.، ۱۳۸۷. حذف فلزات از پساب‌ها با استفاده مجدد از یک دورریز، مثال موردی حذف املاح کادمیوم با استفاده از خاک رنگ‌بر صنایع روغن نباتی. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست، شماره ۳۶ ، صفحات ۴۶-۴۱ .

طاهری قناد، س.، معاضد، ه.، برومند نسب، س. و جعفر زاده، ن.، ۱۳۹۳. بررسی اثر گیاه نی و زمان‌ماند هیدرولیکی در بازده حذف سرب در تالاب مصنوعی افقی زیرسطحی. مجله محیط‌شناسی، دوره ۴، صفحات ۹۴۷-۹۳۷.

فضل الهی، ه. و اسلامیان، س.، ۱۳۹۲. کاربرد جگن در تالاب مصنوعی برای حذف مواد مغذی از پساب. پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

کارگر، ر.، دوستی، م. و صیادی، م. ح.، ۱۳۹۱. بررسی عملکرد تالاب مصنوعی جریان زیرسطحی افقی در حذف ترکیبات نیتروژن از فاضلاب در اقلیم سرد و خشک، مطالعه موردی: شهر بیرجند. مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، صفحات ۴۷-۳۸.

صیادی، م.ح.، ارثیا، ف. و نصرت آبادی، ف.، ۱۳۹۵. بررسی عملکرد تالاب مصنوعی در حذف فلز کروم توسط گیاه نی، مطالعه موردی: شهر بیرجند. فصلنامه بیوتکنولوژی دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۵۳-۶۲.

صیادی، م.ح. و کارگر، ر.، ۱۳۹۳. تالاب‌های مصنوعی، گزینه‌ای زیست‌محیطی برای تصفیه فاضلاب. فصلنامه علوم و مهندسی محیطزیست، دوره ۲، شماره ۵، صفحات ۵۷-۶۵.

منشوری، م. و وثوقی، م.، ۱۳۸۷. حذف فلزات سنگین توسط نیزارهای مصنوعی. دومین همایش ملی بهداشت محیط، تهران، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران.

APHA., 1998. WPCF, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20pp.

Chen, J. Z., Tao, X. C., Xu, J., Zhang, T. and Liu, Z. L., 2005. Biosortption of lead, cadmium and mercury by immobilized Microcystisaeruginosa in a column. Process Biochemistry, 40(12):3675-3679.

Chen, M., Tang, Y., Li, X. and Yu, Z., 2009. Study on the Heavy Metals Removal Efficiencies of Constructed Wetlands with Different Substrates. Journal of Water Resource and Protection, 1:1-57.

Ekpo, K. E., Asia, L. O., Amayo, K. O., and Jegede, D. A., 2008. Determination of lead, cadmium and mercury in surrounding water and organs of some species of fish from Ikpobariver in Benin city, Nigeria. International Journal of Physical Science, 3(11): 289-292.

Gersberg, R. M., Elkins, B. V., Lyon, S. R. and Goldman, C. R., 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. Water Research, 20(3): 363-368.

Gholi Badlyans Kandy, G., 2002. The design of physical, chemical biological sewage. Water and Electricity Industry Publication, 246pp.

Hammer, D. A., 1989. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment - Municipal, Industrial & Agricultural. Lewis Publ., Chelsea, MI.

Home, P. G. and Muthigo, K. G., 2012. Proceedings of the 2012 JKUAT Scientific, Technological and Industrialization Conference . Assessment of the efficiency of different mixes of macrophytes in removing heavy metals from wastewater using constructed wetland , Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Nairobi, Kenya.

Rahman, K. Z., 2014. Removal and fate of arsenic in the rhizosphere of *Juncus effuses* treating artificial wastewater in laboratory-scale constructed wetlands. Ecological Engineering, 69: 93–105.

Razavian, S. O., 2009. Enuluating the role of artificial wetland in rural wastewater treatment. M.Sc. Thesis, School of Natural and Agriculture Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch.

Reed, S. C., Crites, R. W. and Middlebrooks, E. J., 1995. Natural Systems for Waste Management and Treatment – Second Edi) on, McGraw Hill Co, New York.

Sayadi, M. H., Kargar, R., Doosti, M. R. and Salehi, H., 2012. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment: a worldwide review. Proceedings of the international academy of ecology and environmental sciences, 2(4): 204-222.

Sayadi, M. H. and Torabi, S., 2009. Geochemistry of soil and human health: A review. Pollution Research, 28(2):257-262.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]

Stott, R., May, E. and Mara, D. D., 2003. Parasite removal by natural wastewater treatment systems: performance of waste stabilization ponds and constructed wetlands. Water Science and Technology, 48(2): 97-104.

Vymazal, J., 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment. Water, 2:530-549.

Werker, A. G., Dougherty, J.M., McHenry, J.L. and Van Loon, W. A., 2002. Treatment variability for wetland wastewater treatment design in cold climates. Ecological Engineering, 19(1): 1-11.

Wood, A., 1995. Constructed wetlands in water pollution control: Fundamentals to their understanding. Water Science and Technology, 32(3): 21-29.

Yousefi, Z., Mashayekh Salehi, A. and Mohamadpur Tahamtan, R., 2013. Efficacy of Hybrid Constructed Wetland in Removing Lead and Cadmium from Wastewater. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23(97): 258-269.

Yousefi, Z., Mesdaghinia, A., Giaseddin, M., Naseri, S., Shokri, M. and Mohseni-Bandpi, A., 2001. Role of Iran Pseudacorus plant in removal of bacteria in subsurface constructed wetland. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 11(31): 7-15.

Zojaji, F., Hassani, A. H. and Sayadi, M. H., 2015. A comparative study on heavy metal content of plants irrigated with tap and wastewater. International Journal of Environmental Science and Technology, 12(3): 865-870.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25]