عملکرد تالاب مصنوعی در حذف کادمیم و سرب از فاضلاب نفتی با گیاه وتیور

مینا رئیسی[۱]، آزاده همتی[۲*]، علی افروس[۳]، سید ابوالحسن علوی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده نفت و مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده نفت و مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی آب، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

پیام‌نگار: azadehhemmati@yahoo.com

چکیده

ازآنجاکه در منطقه خوزستان، فاضلاب‌های مختلف صنعتی حاوی فلزات سنگین تولید می‌شود، این تحقیق به‌منظور بررسی کارایی سیستم تالاب مصنوعی با گیاه وتیور، جریان عمودی در حذف سرب و کادمیم از فاضلاب صنعتی انجام شده است. در این تحقیق از محیط کشت‌هایی به قطر ۶۰ و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شده است. غلظت ورودی کادمیم و سرب فاضلاب به سامانه، به ترتیب، ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است. در این تحقیق اثر دو عمق ۴۵ و ۷۰ سانتی‌متری و نیز زمان‌ماند ۵، ۱۰ و ۱۵ روز، کارآیی حذف، عامل انباشت زیستی و انتقال در سه تکرار به صورت آزمون دانکن بررسی شد. مطابق نتایج غلظت فلزات سرب و کادمیم، انباشت این دو فلز در اندام زیرزمینی، بیشتر از اندام هوایی است که می‌تواند به دلیل تحرک کم این عناصر از ریشه به اندام هوایی باشد. همچنین، شاخص انتقال کادمیم بیشتراز سرب است که بیانگر توانایی بالای انتقال این فلز در گیاه به‌شمار می‌آید.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۲۲

شماره صفحات: ۳۴ تا ۴۰

کلیدواژه ها: تالاب مصنوعی، وتیور، کادمیم، سرب، گیاه‌پالایی.

۱. مقدمه

چند سال اخیر عوامل متعددی سبب کاهش کیفیت منابع آبی و نیز آلودگی آن شده است. از این عوامل می‌توان عناصر سنگینی چون سرب و کادمیم موجود در فاضلاب‌های خروجی تصفیه‌خانه‌ها، رواناب‌های کشاورزی و سایر صنایع را ذکر کرد که آثار نامطلوبی بر کیفیت آب‌های مصرفی دارد. بنابر استانداردهای سازمان جهانی بهداشت، غلظت سرب در آب آشامیدنی به ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر محدود شده است. بنابر استاندارد آب آشامیدنی ایران، حد مجاز سرب در آب آشامیدنی ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر است. سرب و کادمیم به دلیل پراکنش گسترده در جوامع شهری و صنعتی و خطر بالقوه آن برای محیط‌زیست، سلامت انسان‌ها و حیوانات، سبب نگرانی‌های متعددی شده است. تصفیه فاضلاب به وسیله تالاب‌های مصنوعی که شبیه‌سازی شده تالاب‌های طبیعی‌اند، به دلیل رشد گیاهان ابزی،

* تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده نفت و مهندسی شیمی

بستر خاکی یا غیرخاکی در کاهش آلودگی‌های آب بسیار مؤثر عمل می‌کنند. بهره‌مندی از تالاب‌های مصنوعی حاوی گیاه وتیور یک ایده نوآورانه و جدید برای تصفیه فاضلاب و گیاه‌پالایی است[۱]. بسیاری از پژوهشگران، توانایی بالای این گیاه را در حذف سرب و کادمیم آب تأیید کرده[۲] و جزء گیاهان مناسب برای تصفیه آب‌های غنی از مواد مغذی می‌دانند[۳]. ازاین‌رو، دفع فاضلاب به سیستم‌های تالابی به‌عنوان گزینه‌ای مناسب نسبت به فنّاوری‌های متداول تصفیه فاضلاب می‌توان برگزید[۴]. طبق تحقیقات انجام شده، به‌منظور حذف فلزات سنگین توسط گیاه در خاک‌های آلوده به سرب، نیکل و آرسنیک، مشخص شد که این غلظت‌ها در اندام‌های مختلف گیاه کاملاً متفاوت است، به‌طوری‌که بیشترین غلظت در ریشه‌های گیاه گزارش شده است[۵]. اگرچه امکان حذف فلزات سنگین در سیستم تالاب مصنوعی شناخته‌شده است، جزئیات دقیق نوع گیاه و تأثیر زمان‌ماند و شرایط آب و هوایی مختلف نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد[۶]. هدف از این تحقیق، بررسی کارایی سیستم تالاب مصنوعی با جریان عمودی و نیز بررسی توانائی این گیاه در حذف سرب و کادمیم و کارآیی حذف این دو فلز سنگین از فاضلاب نفتی است.

۲. مواد و روش

این تحقیق، در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول انجام شده است. محیط کشت‌های استوانه ای به قطر ۶۰ و ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر انتخاب شد. گیاه وتیور در عمق ۱۰ سانتی‌متری محیط کشت و به تعداد ۵ بوته در فواصل منظم کشت و توسط فاضلاب با غلظت‌های ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، به ترتیب، کادمیم و سرب آبیاری شدند (اطلاعات مربوط به آنالیز فاضلاب‌ها به‌صورت خلاصه در جدول (۱) درج شده است). درانتهای فصل رشد گیاهان، طبق زمان مشخص شده از شیرهای جانبی تعبیه شده، فاضلاب نمونه گیری می‌شود. در این تحقیق سه زمان‌ماند ۵،۱۰ و ۱۵ روز و نیز دو عمق ۴۵ و ۷۰ سانتی‌متر بررسی شده است. در پایان دوره آزمایش اندام‌های مختلف گیاه جمع‌آوری و در آون به مدت ۷۲ ساعت با درجه حرارت ۷۰ درجه خشک شد. اندازه‌گیری میزان جذب کادمیم و سرب از نمونه‌های گیاهی آسیاب شده توسط دستگاه جذب اتمی[۷]، عامل غلظت فلز در بافت گیاه[1] [۸]، عامل انتقال[2] [۹] و بازده حذف از فاضلاب[3] [۱۰] محاسبه شد. به منظور ترسیم نمودارها، از نرم‌افزار EXCEL و برای آنالیز آماری نتایج از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ سودجسته‌ایم.

جدول ۱. آنالیز فاضلاب‌ها

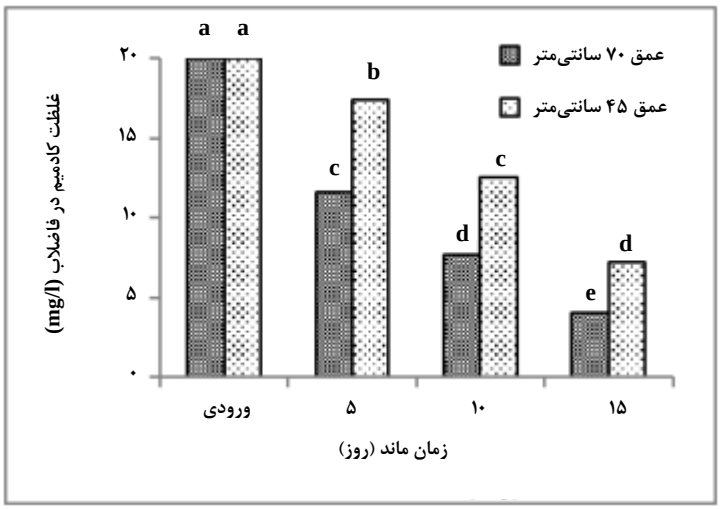
ردیف	پارامتر	روش اندازه‌گیری	یکا	غلظت واقعی	غلظت شبیه‌سازی‌شده
۱	کدورت	دستگاه کدورت سنج	NTU	۴۸	۲۱
۲	TSS	ASTM D 5907-13	میلی‌گرم در لیتر	۵۷	۲۶
۳	TDS	دستگاه TDS meter	میلی‌گرم در لیتر	۱۸۹۲	۹۵۴
۴	BOD	نورطیف نگاری	میلی‌گرم در لیتر	۳۴۲	۱۸۶
۵	مواد نفتی و گریس	ASTM D 3921-96	میلی‌گرم در لیتر	۹۳	۵۲
۶	کادمیم	دستگاه جذب اتمی	میلی‌گرم در لیتر	۲/۳	۲۰
۷	سرب	دستگاه جذب اتمی	میلی‌گرم در لیتر	۶/۴	۵۰

1. Bioconcentration Factor
2. Translocation Factor
3. Removing Efficiency

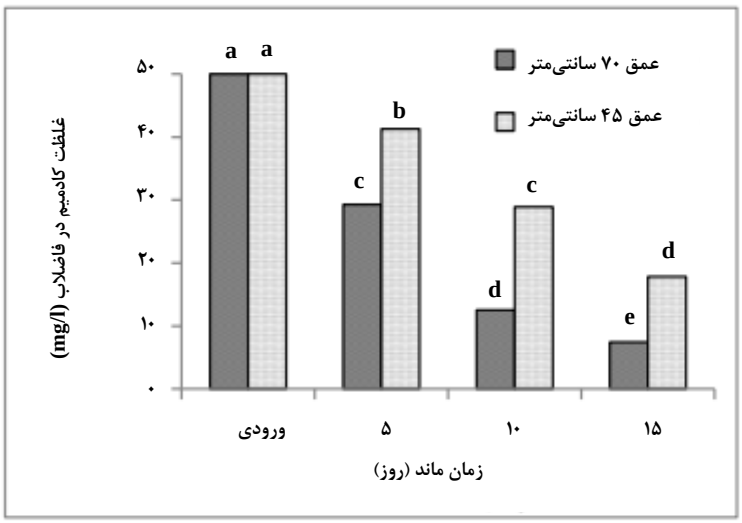
۳. نتایج و بحث

۳-۱ تأثیر زمان‌ماند و عمق در حذف آلاینده‌های کادمیم و سرب

با افزایش زمان‌ماند، غلظت هر دو فلز کادمیم (شکل (۱)- الف) و سرب (شکل (۱)- ب) در فاضلاب خروجی از دو عمق ۷۰ و ۴۵ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با توجه به نتایج مقدار حذف این عناصر از عمق ۷۰ سانتی‌متر به‌طور چشمگیری بیشتر از عمق ۴۵ سانتی‌متر است. به‌طوری‌که مقدار کاهش کادمیم با گذشت ۱۵ روز در عمق ۷۰ سانتی‌متر ۱۶میلی‌گرم بر لیتر و در عمق ۴۵ سانتی‌متر ۱۲/۸ میلی‌گرم بر لیتر است (شکل (۱)- الف). این مقادیر حذف برای فلز سرب، به ترتیب، ۴۲/۶ و ۳۲/۲ میلی‌گرم بر لیتر است (شکل (۱)- ب). گزارش‌هایی در خصوص حذف کادمیم و سرب توسط گیاه وتیور مشابه این تحقیق وجود دارد [۱۱]، برخی تحقیقات نشان می‌دهد با افزایش عمق و زمان‌ماند مقدار حذف فلزات سنگین توسط گیاه افزایش می‌یابد[۱۲] مطابق گزارش دیگر، باتوجه به این‌که بیشترین جذب فلز در ریشه گیاه است، بنابراین هرچه عمق بیشتر شود غلظت فلزات در فاضلاب خروجی کاهش می‌یابد[۲۰].



(الف)



(ب)

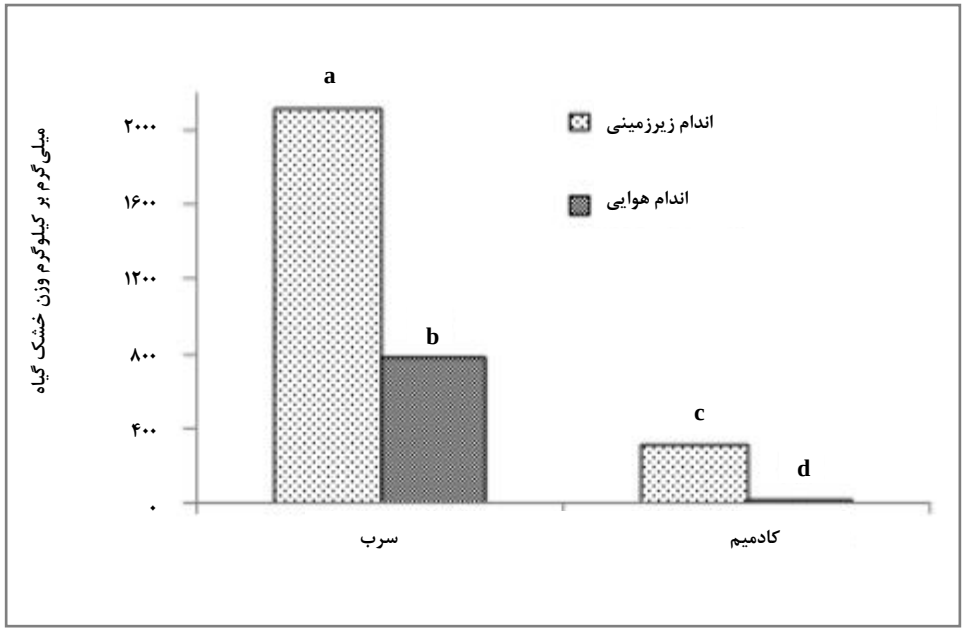
شکل ۱. زمان ماند و عمق در حذف آلاینده‌های کادمیم: (الف) و سرب؛ (ب) حروف مشترک حاکی از عدم تفاوت معنی‌داری است.

۳-۲ مقایسه اندام‌های گیاهی در جذب عناصر کادمیم و سرب

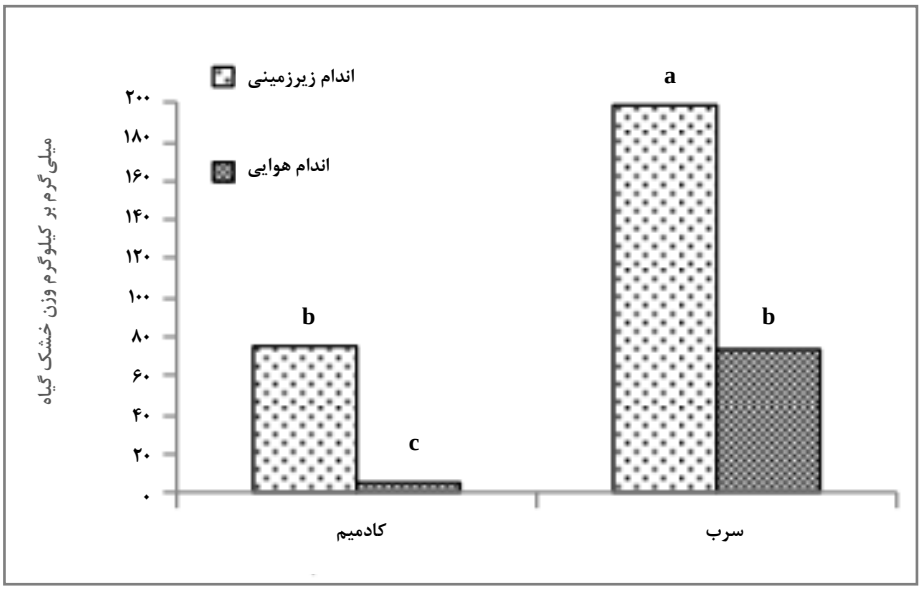
با توجه به نتایج، انباشت عناصر در اندام‌های گیاه متفاوت و این مقدار در اندام زیرزمینی بیشتر از اندام هوایی است (شکل (۲)). میزان جذب برای عنصرکادمیم در اندام زیرزمینی و اندام هوایی، به ترتیب، ۳۱۷/۵ و ۲۲/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه است. این مقادیر برای عنصر سرب، به ترتیب، ۲۱۰۷/۸ و ۷۷۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه بود. تحقیقات انجام‌شده در مقایسه انباشت فلزات سنگین در ریشه، ساقه و برگ، غلظت‌های یافت شده کاملاً متفاوت است، به‌طوری‌که بیشترین غلظت‌ها در ریشه گیاه گزارش شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد[۵]. همچنین، نتایج دیگری نیز نشان می‌دهد که جذب اندام هوایی گیاه نسبت به سایر اندام‌ها کمتر از فلزات سنگین است، به‌طوری‌که کمترین مقدار غلظت این عناصر در برگ است[۱۳]. تجمع فلز در ریشه‌ها معمولاً بسیار بیشتر از اندام‌های هوایی است که به دلیل انباشت در واکوئل‌ها (حفره‌های پروتوپلاستی) و سلول‌های ریشه است و به عنوان سازوکار سمیت‌زدایی در نظر گرفته می‌شود[۱۹].

۳-۳ بررسی عامل انباشت زیستی

عامل انباشت زیستی، کارآیی گیاهی درجذب فلزات سنگین از خاک و انباشت آن‌ها در بافت‌های خوداست. بالا بودن این عامل برای اندام گیاه جزء پارامترهای مثبت در انتخاب آن به عنوان گیاه مناسب برای تثبیت آلاینده‌ها محسوب می‌شود. در این آزمایش، مقدار انباشت زیستی کادمیم برای اندام زیرزمینی و هوایی، به ترتیب، ۷۵/۶ و ۵/۵ به‌دست آمد. این مقادیر برای فلز سرب، به ترتیب، ۱۹۸/۸ و ۷۳/۱ بود. با توجه به این نتایج مقدار انباشت زیستی برای هر دو فلز در اندام زیرزمینی بیشتر بود و باهم تفاوت معنی‌داری دارند (شکل (۳)). بین مقادیر عناصر سنگین در آب آبیاری، انباشت این عناصر در خاک و مقدار این عناصر در گیاه رابطهٔ مستقیمی برقرار است[۱۴]. این عامل، توانایی گیاهان در اهداف گیاه‌پالایی را تأمین می‌کند. برخی از این فلزات مانند سرب در واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه کارکرد مشخصی ندارد، اما به علت شباهت شیمیایی با عناصر ضروری امکان جذب آن توسط گیاهان وذخیره در ریشه وجود دارد. در سایر مطالعات انجام شده اندام‌های زیر زمینی بیشترین انباشت زیستی فلزات را در مقایسه با اندام‌های هوایی داشتند که به دلیل دسترسی زیستی این عناصر به رسوبات است[۱۵].



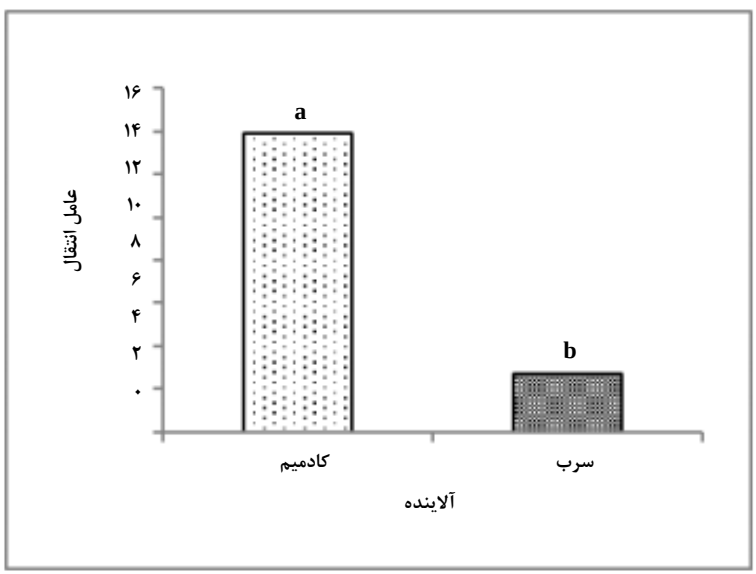
شکل ۲. مقایسه اندام‌های گیاهی در جذب عناصر کادمیوم و سرب.



شکل ۳. بررسی عامل انباشت زیستی برای اندام‌های گیاهی در جذب عناصر کادمیم و سرب.

۳-۴ بررسی عامل انتقال

عامل انتقال در گیاه از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا در این روش، هدف اصلی برداشت اندام هوایی گیاه است. با توجه به نتایج (شکل (۴))، عامل انتقال دو فلز کادمیم و سرب برای گیاه وتیور، به ترتیب، ۱۳/۹ و ۲/۷ است. به بیان دیگر، گیاه وتیور کادمیم را پنج برابر سرب از اندام زیرزمینی به اندام هوایی انتقال می‌دهد. چنانچه شاخص انتقال بین ۰/۰۱ تا ۱ باشد، به این معنی است که حالت انباشت و دسترسی در گیاه، متوسط است[۱۶] که با توجه به نتایج گیاه وتیور از شاخص انتقال بالایی برای این عناصر برخوردار است. همچنین، برخی تحقیقات نشان داد که شاخص انتقال سرب ۱۰ برابر کمتر از کادمیم است[۱۷]. طبق گزارشی، سرب علاوه بر قابلیت زیست‌فراهمی کم از ریشه به اندام هوایی نیز به‌طور ضعیفی انتقال می‌یابد[۲۱].



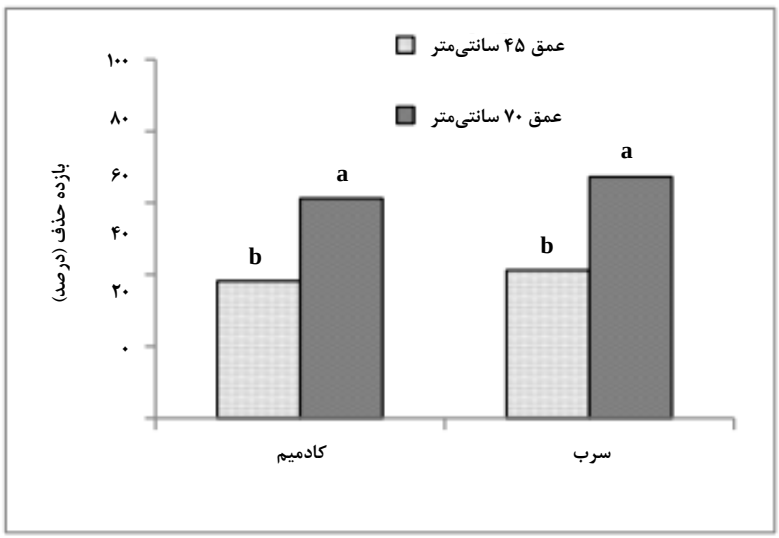
شکل ۴. بررسی عامل انتقال برای عناصر کادمیم و سرب.

۳-۵ بررسی کارآیی حذف کادمیم و سرب

از عوامل مهم دیگر که درواقع توانایی گیاه را برای حذف آلاینده از محیط نشان می‌دهد، عبارت است از بازده حذف. با توجه به نتایج (شکل (۵)) میانگین مشاهدات حذف کادمیم برای زمان‌های مانند مختلف در عمق‌های ۴۵ و ۷۰ سانتی‌متری، به ترتیب، ۳۸/۲ و ۶۱/۲ درصد به دست آمد. این مقادیر برای فلز سرب، به ترتیب، ۴۱/۳۳ و ۶۷/۲ درصد بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود. درصد کارآیی حذف برای عمق ۷۰ سانتی‌متری بیشتر از ۴۵ سانتی‌متر است. این اختلاف برای کادمیم در سطح ۵ درصد و برای فلز سرب در سطح یک درصد معنی‌دار است. طی پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص تأثیر عمق محیط کشت در کارآیی حذف فلزات سنگین توسط گیاه از محیط اظهارشده که با افزایش عمق به دلیل کاهش غلظت فلزات کارآیی حذف افزایش می‌یابد[۱۲] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین، این افزایش کارآیی جذب در عمق می‌تواند به دلیل جذب ریشه گیاه در عمق بیشتر باشد. در تحقیقات مشابهی که به‌منظور بررسی کارایی حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی توسط گیاه انجام شده، مشخص شد که کارآیی حذف در فاضلاب برای فلزات مختلف می‌تواند متفاوت باشد[۱۸].

۴. نتیجه‌گیری کلی

باگذشت زمان، مقدار حذف فلزات سنگین از محیط به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد؛ این مقدار حذف آلاینده‌ها با افزایش عمق و زمان‌ماند افزایش می‌یابد. مقدار حذف آلاینده و غلظت آن در اندام‌های گیاه متفاوت است. غلظت سرب وکادمیم در اندام‌های زیرزمینی بیشتر از اندام هوایی است. عامل انتقال کادمیم و سرب، به ترتیب، با مقادیر ۱۳/۹ و ۲/۷ نشان می‌دهد که وتیور گیاهی مناسب برای عمل گیاه‌پالایی است و این مقدار برای کادمیم به‌طور چشمگیری بیشتر از سرب است. مقدار حذف کادمیم برای زمان‌ماند مختلف در عمق‌های ۴۵ و ۷۰ سانتی‌متری، به ترتیب، ۳۸/۲ و ۶۱/۲ درصد و برای فلز سرب، به ترتیب، ۴۱/۳۳ و ۶۷/۲ درصد است. همان‌طور که مشاهده می‌شود راندمان حذف برای عمق ۷۰ سانتی‌متری بیشتر از ۴۵ سانتی‌متر است. این اختلاف برای کادمیم در سطح ۵ درصد و برای فلز سرب در سطح یک درصد معنی‌دار است با توجه به نتایج بازده حذف کادمیم و سرب از فاضلاب، به نظر می‌رسد که به دلیل حضور بیشتر ریشه و کاهش غلظت فلزات سنگین در این عمق است. با توجه به گسترده بودن این موضوع پیشنهاد می‌شود که تأثیر انواع مختلف سامانه‌های نیزار مصنوعی بر اساس نوع جریان (افقی، عمودی و ترکیبی) بر کارآیی حذف آلاینده‌ها و همچنین توان پالایشی سایر گونه‌های گیاهی بررسی و مقایسه شود.



شکل ۵. بررسی بازده حذف برای عناصر کادمیم و سرب.

مراجع

[1] Truong, P., "Vetiver system for water quality improvement", Proceeding of the Third International Vetiver Conference, Guangzhou, Chaina, (2003).

[2] Shuh-Ren, J., Ying-Feng, L., "Seasonal effect on ammonia nitrogen removal by constructed wetlands treating polluted river water in southern Taiwan:, Environmental Pollution, 127: 291-301, (2004).

[3] Zheng, C., Tu, C., Chen, H., "Preliminary study on purification of eutrophic water with vetiver", Paper Presented at The International Vetiver Grass Technology Workshop, Fuxhou, China, (1997).

[4] Badekobi, A., Ranaei, F.,"Plant growth and Sewage purifying microorganisms in artificial Canebrake", Proceedings of the Conference on the Environmental Impact of Agricultural Wastewater on Surface Water and Groundwater. 45-64, (2001).

[5] Marques, A. P. G. C., Moreira, H., Rangel, A. O. S. S., Castro, P. M. L., "Arsenic, lead and nickel accumulation in rubus ulmifolius growing in contaminated soil in Portugal", Journal of Hazardous Materials, 165: 174-179, (2009).

[6] Kadlec, R. H., Knight, R. L, Treatment wetland, CRC Press, Boca Raton, Florida, 893 pp, (1996).

[7] Figueroa, F. L., Bueno, A., Korbee, N., Santos, R., Mata, L., Schuenhoff, A, "Accumulation of mycosporine-like amino acids in Asparagopsis armata grown in tanks with fishpond effluents of gilthead sea bream Asparus aurata", Journal World Aquac, 39: 692–699, (2008).

[8] Zayed, A., Lytle, M., Terry, N., "Accumulation and Volatilization of Different Chemical Species of Selenium by Plants", Planta, 206: 284-292, (1998).

[9] Baker, A. J. M., "Accumulators and Excluders Strategies in Response of Plants to Heavy Metals", Journal of Plant Nutrition, 3: 643-654, (1981).

[10] Vymazal, J., Kropfelova, L., "Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow", Springer, Springer Science + Business Media B. V.; ISBN 978-1-4020-8579-6; e-ISBN 978-1-4020-8580-2, (2008).

[11] Shu, W., Ye, Z., Lan, C., Zhang, Z., Wong, M., "Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of paspalum distichum and cynodon dactylon", Envion pollut, 120: 445-453, (2002).

[12] Ghosh, M. Singh, S., "A Review on phytoremediation of heavy Metals and utilization of its by products", Applied ecology and enviromental research, 3:1-18, (2005).

[13] Bragato, C., Schiavon, M., Polese, R., Ertani, A., Pittarello, M., Malagoli, M., "Seasonal variations of Cu, Zn, Ni and Cr concentration in Phragmites australis (Cav.) Trin ex steudel in a constructed wetland of North Italy", Journal Desalination 246: 35-44, (2009).

[14] Sillanppa, M., Jansson, H., "Status of cadmium, lead, cobalt, and selenium in soils and plant of thirty countries", FAO soils Bulletin Rome, Italy, 65p, (1992).

[15] Pais, I., Jones, J. B., The Handbook of Trace Elements. St. Luice Press, Florida, pp 223, (2000).

[16] Kabata-Pendias, A., Pendias, H., Trace Elements in Soils and Plants, 3rd Edit, Bocaraton NewYork, CRC Press, 403 p, (2000).

[17] Wang, G., Su, M. Y., Chen, Y. H., Lin, F. F., Luo, D., Gao, S. F., "Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edibleparts of six vegetable species in southeastern China", Journal of Environmental Pollution, 144:127-135, (2006).

[18] Neghipour, D., Taghavi, K., Sedaghat Hoor, S., Vaezzadeh, M., "Investigation of the efficiency of water duckweed (Lemna minor) in the removal of heavy metals from aqueous solutions", Quarterly Journal of Wetland Ecology, Islamic Azad University of Ahvaz, 7: 49-56, (2016).

[19] Shankar Ganesh, K., P. Sundaramoorthy & A. L. A. Chidambaram, "Chromium toxicity effect on blackgram, soybean and paddy, Pollution Research",, 25(4): 257-26, (2006).

[20] Marin, M., C., Varga, Mihaly- Cozmuta, L., Peter, A., Mihaly- Cozmuta, A., Boltea, D., "Evaluation of the phytoremediation potential of the populous tremula in tailing ponds, Bulletin UASVM Agriculture",, 66(2):124-131, (2009).

[21] Huang, J. W., Cunningham, S. D. "Lead phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation".New Phytol, 145: 75-84, (1996).