Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره پنج، مردادماه ۹۸

بررسی کارایی تالاب مصنوعی سطحی حاوی گیاه نی در حذف برخی پیراسنجه-های شیمیایی فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی

فرشته پی‌نبر[۱]

سهیل سبحان اردکانی [*۲]

s_sobhan@iauh.ac.ir

مهدی ریاحی خرم[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: انتخاب فناوری مناسب برای تصفیه فاضلاب با توجه به شرایط آب و هوایی، اقتصادی و اجتماعی هر منطقه حایز اهمیت است. روش طبیعی پالایش آب‌های آلوده شـهری در تالاب مصنوعی حاوی نی، علاوه بر راهبری ساده، نیاز به فناوری ساده و مصرف انرژی کم در مقایسه با روش‌های معمول پالایش، روشی مناسب برای حذف آلاینده‌ها از آب بوده که در اصلاح و بهبود محیط‌زیست نیز موثر است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی کارایی حذف و یا کاهش برخی پیراسنجه‌های شیمیایی فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان به‌وسیله گیاه نی در تالاب مصنوعی سطحی انجام یافته است.

روش بررسی: سه راکتور به صورت پایلوت به روش تالاب مصنوعی سطحی با زمان ماند دو روز ساخته شد. نمونه‌ها با استفاده از ظروف مخصوص نمونه‌برداری از ورودی و خروجی رآکتور برداشت و مطابق با روش‌های استاندارد آنالیز شد و در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS مورد پردازش قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج بیانگر آن بود که کارایی حذف اکسیژن‌خواهی شیمیایی و کل جامدات معلق به ترتیب برابر با ۷۵٪ و ۸۰٪ بود.

بحث و نتیجه‌گیری: اگرچه کارایی حذف پیراسنجه‌های مورد ارزیابی در تالاب مصنوعی سطحی حاوی گیاه نی طی زمان ماند دو روز قابل‌توجه می‌باشد، اما با توجه به بالابودن غلظت پیراسنجه‌ها در خروجی تالاب، فاضلاب تصفیه شده شهرک صنعتی بوعلی از شرایط استاندارد برای استفاده در سایر کاربری‌ها به‌ویژه کشاورزی برخوردار نیست.

واژه های کلیدی : تالاب مصنوعی سطحی، گیاه نی، COD، TSS، شهرک صنعتی بوعلی همدان.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران *(مسوول مکاتبات).

۳- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.5, July, 2019

Evaluation of removal efficiency of some chemical parameters of Bu-Ali Industrial Estate wastewater using *Phragmites australis* in surface flow constructed wetland

Fereshteh Peynabar [1]
Soheil Sobhanardakani[2] *
s_sobhan@iauh.ac.ir
Mahdi Reyahi-Khoram [3]

Accepted: January 20, 2015 Received: February 2, 2014

Abstract

Background and Objective: Selection of appropriate technologies for wastewater treatment according to climate, economic and social conditions is very important. The use of non-advanced technology with low energy consumption wastewater treatment systems such as a constructed wetland is cost effective and contributes to environmental reclamation. The aim of this study was to determine the efficiency of surface flow constructed wetland in the removal of COD and TSS parameters from Bu-Ali industrial town wastewater.

Method: For the removal of COD and TSS parameters from Bu-Ali industrial town wastewater, three shallow artificial wetlands with retention time of 2 days were made as pilot. The samples were collected using specific containers from the input and output of the reactor and analyzed according to the standard methods. The obtained data were analyzed using the SPSS 18.0 statistical package.

Findings: The results showed that the removal efficiencies of COD and TSS were 75% and 80% respectively.

Discussion and Conclusion: Although the removal efficiencies of COD and TSS in the surface flow constructed wetland containing *Phragmites australis* are acceptable, the treated wastewater is not suitable for irrigation because of the high concentration of organic matter at the wetland output.

Keywords: Surface flow artificial wetland, *Phragmites australis*, COD, TSS, Bu-Ali industrial town

1- MSc Graduated in Environmental Science, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
2- Associate Professor, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. *(Corresponding Authour)
3- Assisstant Professor, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه رشد روزافزون جمعیت جهان، مشکلات زیادی را برای بشر ایجاد کرده است. یکی از آن‌ها آلوده شدن محیط‌زیست و به‌خصوص منابع آبی توسط فاضلاب‌های خانگی است که علاوه بر مخاطرات محیط‌زیستی گوناگون، سلامت بشر را نیز تهدید می‌کند (۱-۳).

از جمله انواع سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب می‌توان به سیستم طبیعی خاک (سیستم نفوذ موضعی، سیستم با سرعت کند، سیستم با سرعت تند و سیستم با جریان سطحی)، سیستم‌های آب‌زی (برکه‌های اختیاری، برکه‌های هوادهی ناقص و سیستم‌های گیاهی آب‌زی شناور) و سیستم تالاب‌ها اشاره کرد.

تالاب‌ها مناطقی هستند که حداقل در بعضی از فصول سال با گیاهان آب‌زی، با خاک اشباع از آب و کاملاً مرطوب که منجر به شرایط بی‌هوازی و محدود شدن گیاهان می‌شوند و با بستر غیرخاکی نظیر شن و یا سنگ که در بعضی از فصول سال اشباع از آب هستند، پوشیده شده‌اند (۴).

امروزه طیف گسترده‌ای از سیستم‌های تصفیه فاضلاب وجود دارد، اما اغلب آن‌ها دارای مشکلات عمده‌ای از جمله بالا بودن هزینه ساخت و مصرف انرژی، بهره‌برداری پیچیده، نیاز به تصفیه لجن دفعی، استفاده از فناوری بالا برای تصفیه فاضلاب، لزوم رعایت مقررات و استانداردهای حفاظت محیط‌زیست، اخذ مجوز برای تخلیه فاضلاب، عمق ناکافی و عدم انعطاف‌پذیری و کنترل سطح آب هستند. در صورتی که استفاده از سیستم‌های تصفیه طبیعی با فناوری پایین، مانند تالاب‌های مصنوعی، علاوه بر کاهش هزینه‌های اقتصادی، عدم مصرف یا مصرف ناچیز انرژی، به اصلاح محیط‌زیست نیز کمک می‌کند (۵-۸). بنابراین، امروزه در کشورهای توسعه یافته برای تصفیه فاضلاب خانگی و روان‌آب کشاورزی، فاضلاب صنایع، شیرابه محل دفن زباله، سیلاب و روان آب شهری، زلال‌سازی و تصفیه پیشرفته پساب، احیای دریاچه‌های غنی از مواد غذایی، تصفیه آب‌های آلوده به مواد مغذی نظیر نیترات و فسفات و انجام دنیتریفیکاسیون پساب‌ها پس از عمل نیتریفیکاسیون، از تالاب‌های مصنوعی استفاده می‌شود (۹-۱۱).

طراحی تالاب مصنوعی شامل انتخاب نوع و محل تالاب، تعیین استانداردهای تخلیه، ملاحظات قانونی و پیش‌تصفیه است. همچنین سازو کار حذف آلاینده‌ها در تالاب‌های مصنوعی شامل مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی از جمله جذب سطحی، جذب، ترسیب شیمیایی، ته‌نشینی، فیلتراسیون و ... است (۱۳-۱۲).

از جمله گیاهانی که در تالاب‌های مصنوعی به منظور تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به گونه‌های *Verbascum thapsus*، *Carex aquatilis*، *Arabidopsis thaliana*، *Acrus calamus*، *Typha latifolia* و از جمله *Phragmites australis* با سازگاری بالا نسبت به تغییر شرایط محیطی و بوم‌شناختی، ویژگی‌های ریخت‌شناختی و رشدی پایدار اشاره کرد که وسیع‌ترین پراکنش در بین گونه‌های نی را دارا می‌باشد (۱۴).

تحقیقات بیان‌گر آن است که استفاده از گیاهان آب‌زی به‌خصوص نیزارها، فرآیندی مطمئن، کارآمد، اقتصادی و ساده برای پالایش آب‌های آلوده شهری و روستایی، پساب‌های صنعتی، کشاورزی و دامی است که علاوه بر هزینه اندک، مصرف انرژی بسیار پایین و راهبری ساده، باعث رفع آلودگی محیط‌زیست و بهبود آن می‌شود (۱۵).

سبحان اردکانی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی که با هدف بررسی کارایی گیاه لویی در تالاب مصنوعی زیرسطحی در تصفیه فاضلاب شهری یزد انجام یافت، نتیجه گرفتند که کارایی حذف پیراسنجه های COD و TSS به‌ترتیب برابر با ٪۷۲ و ٪۸۵ بوده است (۱۶).

قادری (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای نسبت به ارزیابی کارآیی و نقش نیزار مصنوعی زیرسطحی حاوی گونه نی در پالایش آب‌های آلوده شهری اقدام کرده و نتیجه گرفت که نیزار مصنوعی می‌تواند غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS را به‌ترتیب به ۳۶ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و پایین‌تر از میزان استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست تقلیل دهد (۱۷).

www.SID.ir

برقعی و نوربخش (۱۳۸۱) در مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی تصفیه‌پذیری فاضلاب پالایشگاه اصفهان به شیوه تالاب انجام یافت، نتیجه گرفتند که تالاب مصنوعی حاوی گیاه نی از کارایی بسیار بالا در کاهش بار آلودگی فاضلاب آلوده به مواد نفتی برخوردار بوده است (۱۸).

Cheng و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی کارایی تالاب‌های مصنوعی با جریان زیرسطحی حاوی گونه *Acrus calamus* برای تصفیه پساب ثانویه تصفیه‌خانه انجام یافت، نتیجه گرفتند که میانگین کارایی حذف اکسیژن‌خواهی شیمیایی برابر با ٪۵۱ بوده است (۱۹).

Calheiros António و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای که با هدف بررسی کارایی تصفیه فاضلاب صنعتی با استفاده از تالاب مصنوعی حاوی گونه‌های *Typha latifolia* و *Phragmites australis* در زمان‌های ماند ۲، ۵ و ۷ روز انجام یافت، نتیجه گرفتند که کارایی حذف COD فاضلاب توسط تالاب مصنوعی برابر با ٪۹۲ بوده است (۱۴).

Gersberg و همکاران (۱۹۸۶) در مطالعه‌ای که با هدف بررسی کارایی پالایش تصفیه فاضلاب توسط سیستم‌های تالابی انجام یافت، نتیجه گرفتند که زمان ماند هیدرولیکی و درجه حرارت بر کارایی سیستم‌ها به طور قابل توجهی تاثیرگذار بوده و کارایی حذف پیراسنجه TSS برابر با ٪۸۶ بوده است (۲۰).

با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش با هدف بررسی کارایی حذف و یا کاهش پیراسنجه‌های COD و TSS فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان توسط تالاب مصنوعی سطحی حاوی گیاه نی انجام یافت.

مواد و روش‌ها

برای بررسی کارایی تالاب مصنوعی سطحی حاوی گیاه نی در حذف پیراسنجه‌های COD و TSS شهرک صنعتی بوعلی، سه راکتور هر یک با ابعاد سه متر در یک متر احداث شد (۱۴ و ۲۰). دانه‌بندی درون راکتور به‌وسیله شن‌هایی با قطر درشت (۱۰-۲۵ میلی‌متر)، متوسط (۱۴-۸ میلی‌متر) و کوچک (۴-۱ میلی‌متر) انجام و همچنین مقداری خاک رس نیز به منظور بهبود محیط برای رشد ریشه گیاه به راکتور اضافه شد (۱۴ و ۱۶).

پس از ورود فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی به‌طور مستقیم به تالاب‌ها، تعداد ۲۰ نمونه از ورودی و ۲۰ نمونه از خروجی هر راکتور به‌صورت مرکب توسط ظروف پلی‌اتیلنی استریل برداشت شد. برای جلوگیری از بروز واکنش‌های ناخواسته، نمونه‌ها در کنار یخ نگه‌داری و به سرعت به آزمایشگاه منتقل شدند (۲۱ و ۲۲).

در آزمایشگاه پیراسنجه‌های COD و TSS نمونه‌ها بر اساس روش ارایه شده در ویرایش ۲۱ کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب (استاندارد متدز) مورد پردازش قرار گرفتند. بدین صورت که برای سنجش غلظت COD و TSS، به‌ترتیب از دستگاه‌های COD Digester ساخت کارخانه Jenway و TSS Meter مدل TSS740 ساخت کارخانه Partech استفاده شد (۲۲).

برای پردازش آماری داده‌ها از ویرایش ۱۹ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. بدین صورت که برای مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه‌ها در خروجی تالاب مورد مطالعه با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای آب‌های سطحی از آزمون تی تک‌نمونه‌ای و برای مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه‌ها بین ورودی و خروجی تالاب از آزمون تی زوجی استفاده شد.

نتایج

نتایج غلظت قرائت شده پیراسنجه های COD و TSS فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی به تفکیک ورودی و خروجی تالاب مصنوعی، نتایج آزمون تی زوجی به منظور مقایسه پیراسنجه‌ها بین ورودی و خروجی تالاب و همچنین نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای به منظور مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه‌ها در خروجی تالاب با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای COD و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای TSS) (۳) به‌ترتیب در جداول ۱ تا ۳ ارایه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS به‌تفکیک ورودی و خروجی تالاب مصنوعی

Table 1. The mean concentrations of COD and TSS in the input and output of the constructed wetland

		COD	TSS
تالاب‌مصنوعی حاوی گیاه نی	میانگین ورودی	۱۱۷۴/۱۸۵±۳/۱	۹۵۲/۱۴۸±۶/۶
	میانگین خروجی	۲۸۷/۵۵±۴/۹	۱۸۷/۴۲±۴/۳

جدول ۲- مقایسه پیراسنجه‌های COD و TSS بین ورودی و خروجی تالاب مصنوعی

Table 2. Comparison of the COD and TSS parameters between the input and output of constructed wetland

	تفاضل میانگین‌ها	تفاضل انحراف معیار	خطای استاندارد تفاضل میانگین‌ها	فاصله اطمینان برای تفاضل میانگین‌ها		آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
				کران بالا	کران پایین			
ورودی قبل از لاگون - خروجی بعد از لاگون مربوط به پیراسنجه COD	۸۹۵/۹	۲۴۲/۳	۵۴/۱	۱۰۰۹/۳	۷۸۲/۴	۱۶/۵	۱۹	۰/۰۰۰
ورودی قبل از لاگون - خروجی بعد از لاگون مربوط به پیراسنجه TSS	۷۶۵/۱۵	۱۱۷/۴	۲۶/۲	۸۲۰/۱	۷۱۰/۱۷	۲۹/۱		

نتایج آزمون تی زوجی (جدول ۲) بیان‌گر آن بود که میانگین غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS در ورودی و خروجی تالاب با یکدیگر اختلاف معنی‌دار آماری داشته ($p < ۰/۰۵$) و در خروجی تالاب میانگین غلظت هر دو پیراسنجه به نحو محسوسی کاهش یافته است.

جدول ۳- نتایج مقایسه آماری میانگین غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS با حد استاندارد به تفکیک ورودی و خروجی تالاب مصنوعی

Table 3. The results of the statistical comparison of the mean concentration of COD and TSS parameters with maximum permissible limit in the input and output of the constructed wetland

پیراسنجه	ارزش آزمون = ۲۰۰					
	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	تفاوت میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪	
					کران بالا	کران پایین
COD ورودی	۱۶/۵	۱۹	۰/۰۰۰	۹۷۴/۳	۱۰۹۷/۳	۸۵۱/۲
COD خروجی	۴/۳۳۱			۷۸/۴	۱۱۶/۲۹	۴۰/۵۱
ارزش آزمون = ۱۰۰						
TSS ورودی	۳۱/۳	۱۹	۰/۰۰۰	۸۵۲/۶	۹۰۹/۴	۷۹۵/۷
TSS خروجی	۴/۱۳۱			۸۷/۴۵	۱۳۱/۷۶	۴۳/۱۴

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای (جدول ۳) بیان‌گر آن بود که میانگین غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS هم در ورودی و هم در خروجی تالاب مصنوعی با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای آب‌های سطحی اختلاف معنی‌دار آماری داشته ($p < ۰/۰۵$) و در هر دو مورد بیش‌تر از حد استاندارد بوده است.

بحث و نتیجه گیری

بررسی میانگین غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS به تفکیک ورودی و خروجی تالاب به‌ترتیب بیان‌گر کارایی حذف

www.SID.ir

۷۶٪ و ۸۰٪ این پیراسنجه‌ها طی ۲ روز زمان ماند بود (جدول ۱). بنابراین هرچند کارایی حذف COD و TSS در سیستم مورد ارزیابی بسیار قابل ملاحظه بود، اما می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به بالا بودن بار فاضلاب ورودی، زمان ماند دو روز برای دستیابی به استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست کافی نبوده است.

با توجه به نتایج حاصل، می‌توان اذعان کرد که پالایش آب‌های آلوده توسط نیزارها، روشی مناسب برای حذف و یا کاهش آلاینده‌ها محسوب می‌شود و تنها عامل محدودکننده در کاربرد این قبیل روش‌ها، زمین مورد نیاز برای طراحی و اجرای سیستم است که آن هم به‌دلیل مجاورت اکثر کلان‌شهرهای کشور با اراضی بایر و بیابانی، نه تنها مشکلی ایجاد نمی‌کند، بلکه به بیابان‌زدایی نیز منجر خواهد شد. بنابراین، این امر علاوه بر هزینه کم، فناوری ساده و مصرف پایین انرژی (۱۵)، در اصلاح و بهبود محیط‌زیست نیز نقش مؤثری داشته و می‌تواند به‌عنوان یک روش پالایش زیستی (ثانویه)، جایگزین روش‌های رایج شوند (۱۷).

نتایج پردازش آماری داده‌ها بیان‌گر آن بود که میانگین غلظت اولیه اکسیژن‌خواهی شیمیایی و کل جامدات معلق فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی پس از عبور از تالاب مصنوعی به‌ترتیب بین ۷۸۲/۴ تا ۱۰۰۹/۳ و ۷۱۰/۱۷ تا ۸۲۰/۱ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته است (جدول ۲). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که میانگین غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS فاضلاب بعد از ورود به تالاب مصنوعی کاهش یافته است.

در مقایسه نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های سایر پژوهش‌ها می‌توان به تشابه موجود با دستاورد مطالعات سبحان اردکانی و همکاران (۱۳۹۱) که نسبت به بررسی کارایی تالاب مصنوعی زیرسطحی حاوی گیاه لویی در تصفیه فاضلاب شهری یزد اقدام کرده و نتیجه گرفتند که کارایی حذف پیراسنجه‌های COD و TSS به‌ترتیب برابر با ۷۲٪ و ۸۵٪ بوده است، (۱۶)، قادری (۱۳۸۳) که نسبت به بررسی کارآیی نیزار مصنوعی زیرسطحی واجد گیاه نی در پالایش آب‌های آلوده شهری تهران اقدام کرد و نتیجه گرفت که نیزار مصنوعی قادر است غلظت پیراسنجه‌های COD و TSS نمونه‌ها را به‌ترتیب تا ۷۰٪ و ۸۰٪ کاهش دهد (۱۷)، احرامپوش و همکاران (۱۳۸۶) که طی مطالعه خود نتیجه گرفتند نرخ حذف شوینده‌های خطی و مواد آلی از فاضلاب شهر یزد توسط تالاب مصنوعی زیرسطحی ۶۰٪ بوده است (۲۳)، Liao و همکاران (۲۰۰۳) که نسبت به بررسی کارایی گونه‌های گیاهی نخل مرداب و وتیور در کاهش غلظت پیراسنجه COD طی زمان ماند دو روز اقدام کرده و نتیجه گرفتند که کارایی حذف این پیراسنجه برابر با ۷۴٪ بوده است (۷)، Cheng و همکاران (۲۰۰۹) که نسبت به بررسی کارایی تالاب مصنوعی با جریان عمودی در تصفیه فاضلاب خانگی اقدام کرده و نتیجه گرفتند که کارایی حذف COD توسط ترکیبات گیاهی از ۵۹٪ تا ۶۲٪ متغیر بوده است (۸) و Calheiros António و همکاران (۲۰۰۹) که کارایی حذف COD فاضلاب صنعتی در تالاب مصنوعی زیرسطحی افقی حاوی دو گونه گیاهی *Typha latifolia* و *Phragmites australis* را برابر با ۸۸٪ گزارش کردند (۱۴)، اشاره کرد.

نتایج مطالعه حاضر بیان‌گر کارایی بالای تالاب مصنوعی سطحی حاوی گیاه نی در حذف پیراسنجه‌های COD و TSS فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان علی‌رغم وجود مشکلاتی از قبیل بار آلودگی بالای ورودی به تالاب، دمای بالا و تبخیر زیاد و مدت زمان کوتاه نمونه‌برداری بود. بنابراین، می‌توان به توانایی بالای گونه گیاهی *Phragmites australis* در تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی اذعان کرد.

تشکر و قدردانی

از شرکت شهرک‌های صنعتی استان همدان که پژوهشگران را در اجرای این مطالعه یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

Reference

1. Hammer, D.A. 2002. Handbook of Surfactant Analysis. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc, New York, pp. 18-25.
2. Sobhanardakani, S., Habibi, M., Behbahaninia, A. 2015. Investigation of accumulation of Pb and Cd in tissue

www.SID.ir

Archive of SID

of leek (*Allium ampeloprasum persicum*) and peppermint (*Mentha piperita*) treated with sewage sludge of Qods Town treatment plant, Tehran. Journal of Food Hygiene, 5(3): 21-30. (In Persian)

3. Sobhanardakani, S., Jafari, S.M., Ehteshami, M. 2016. Evaluation of efficiency of electrochemical process for COD and TSS removal from raisin finishing wastewater. Journal of Environmental Science and Technology, 18(SI 2): 493-506. (In Persian)
4. Martin, E.J., Martin, E.T. 1991. Technologies for Small Water and Wastewater System. 1th ed., John Wiley and Sons, Inc, New York.
5. Marcos, V.S. 1996. Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment countries, Water Science and Technology, 33(3): 59-72.
6. Brix, H 1993. Macrophyte-mediate oxygen transfers in wetland: Transport mechanisms and rate. In: Moshiri, G.A. (Ed.), Constructed wetlands for water quality improvement. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, p. 391-398.
7. Liao, X., Lou, S., Wu, Y., Wang, Z. 2003. Studies on the abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for ping farm wastewater treatment, Proceedings of the Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China.
8. Cheng, X.Y., Liang, M.Q., Chen, W.Y., Liu, X.C., Chen, Z.H. 2009. Growth and contaminant removal effect of several plant in constructed wetlands, Journal of Integrative Plant Biology, 51(3): 325-335.
9. Higgins, M.J., Rock, C.A., Bouchard, R. 1993. Controlling Agricultural Run-off by the Use of Constructed Wetlands. In Constructed Wetland for Water Quality Improvement; Moshiri, G.A., Ed; lewis Publisher: Boca Raton, FL, USA, pp. 359-367.
10. Moore, M.T., Rodgers, J.H., Cooper, C.M., Smith, S.Jr. 2000. Constructed wetland for mitigation of Atrazine-associated agricultural runoff. Environmental Pollution, 110(3): 393-399.
11. Vymazal, J., Kröpfelová, L. 2008. Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow, Springer, 566 p.
12. Kadlec, R.H., Knight, R.L. 1996. Treatment Wetlands, CRC Press/Lewis Publisher: Boca Raton, FL, USA.
13. Watson, J.T., Reed, S.C., Kadlec, R.H., Knight, R.L., Whitehouse, A.E. 1991. Performance Expectations and Loading Rates for Constructed Wetlands. In Constructed Wetlands for Wastewater Treatment; Municipal, Industrial, and Agricultural. ed. Hammer, D.A. Lewis Publishing, Inc, pp. 319-353.
14. Calheiros António, O.S.S., Rangel, B., Paula, M.L., Castro, H.L., Cristina, S.C. 2009. Treatment of industrial wastewater with two-stage constructed wetlands planted with *Typha latifolia* and *Phragmites australis*, Bioresource Technology, 100: 3205-3213.
15. Van Oostrom, A.J., Russell, J.M. 1992. Denitrification in constructed wastewater wetlands receiving high concentrations of nitrate, Water Science and Technology, 29(4): 7-14.
16. Sobhanardakani, S., Ayatollahi, S., Ehteshami, M., Hossein-Shahi, D.,

www.SID.ir

Ghelmani, S.V., Salehi-Vaziri, A., Talebi, P. 2013. The efficiency of *Typha Latifolica* in subsurface flow constructed wetland for wastewater treatment. Journal of Health & Development, 1(4): 265-274. (In Persian)

17. Ghaderi, A. 2004. Investigation of Wetland Plants Role as a Natural Treatment for the Urban Polluted Water in Tehran, With Artificial Canebrake. Geography and Development, 2(3): 107-120. (In Persian)
18. Borghei, M., Nourbakhsh, S.M.R. 2002. Survey of industrial wastewater treatment of Isfahan Refinery using artificial wetland. Journal of Environmental Science and Technology, 4(4): 15-24. (In Persian)
19. Cheng, B., Hu, C.W., Zhao, Y.J. 2011. Effects of plants development and pollutant loading on performance of vertical subsurface flow constructed wetland, International Journal of Environmental Sciencd and Technology, 8(1): 177-186.
20. Gersberg, R.M., Elkins, B.V., Lyon, S.R., Goldman, C.R. 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands, Water Research, 20(3): 363-368.
21. Sobhanardakani, S., Mehrabi, Z., Ehteshami, M. 2014. Effect of aquaculture farms wastewater on physicochemical parameters of Kabkian River, 2011-12. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 24(113): 140-149. (In Persian)
22. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, Washington, D.C., USA, p. 541.
23. Ehrampoosh, M.H., Karimi, B., Rahimi, S., Talebi, P., Ghalmani, S.V. 2007. Survey of removal efficiency of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) and organic matters from city of Yazd municipal wastewater in the first six months of the year 2008 using subsurface flow constructed wetland. Toloo-e- Behdasht, 6(3-4): 74-84. (In Persian)

www.SID.ir