

رتبه اول دومین دوره مسابقه ایده‌های برتر در علوم و مهندسی آب و فاضلاب (محور کیفیت آب)
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران، سال ۱۳۹۹)

عنوان: بررسی کارایی فرایند تلفیقی الکتروکینتیک و گیاه‌پالایی با کمک گیاه نخل مرداب به‌روش هیدروپونیک در تصفیه فاضلاب

نگارنده: حدیثه حیدری

کارشناس ارشد بهداشت محیط، شرکت آب و فاضلاب استان فارس

تاریخ: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

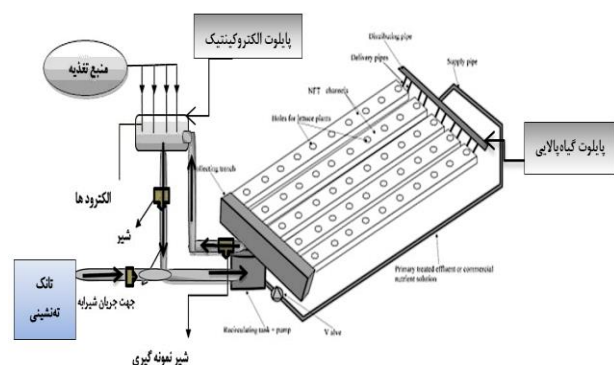
مقدمه

رابطه انسان عصر حاضر با محیط‌زیست دستخوش بحران است. این بحران در اثر دخالت و بهره‌برداری نامعقول و تخریب سودجویانه در محیط‌زیست ایجاد شده که اثرات زیان‌بار برای انسان و محیط اطراف او به همراه داشته است. افزایش جمعیت و گرایش مردم به الگوهای مصرف گرایانه از یک سو و توسعه فعالیت‌های تجاری و صنعتی از سوی دیگر مسئله آلودگی محیط‌زیست روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا کرده است. وجود فاضلاب‌های شهری و صنعتی یکی از عوامل آلودگی محیط‌زیست است؛ بنابراین لازم است، آن‌ها را جمع‌آوری، پالایش و تصفیه نمود و سپس آن‌ها را به طبیعت برگرداند. یکی از محدودیت‌های استفاده مجدد از پساب‌ها، وجود فلزات سنگین است که در بیشتر نقاط دنیا در فرم‌های فیزیکی و شیمیایی گوناگون و در غلظت‌های متفاوت به‌عنوان آلاینده محیط‌زیست، از طریق تخلیه پساب‌های متعدد از جمله پساب‌های شهری و صنعتی، وارد محیط می‌شوند. در میان فلزات سنگین سمی، جیوه، سرب و کادمیوم که سه عنصر بزرگ نامیده می‌شوند، به‌دلیل اثرهای مضر بر محیط‌زیست قابل‌توجه هستند؛ بنابراین حذف و یا کاهش میزان فلزات سنگین در پساب‌ها قبل از ورود به آب‌های زیرزمینی و یا آب‌هایی که در کشاورزی استفاده می‌شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش‌های مرسوم برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب عبارتند از: ترسیب شیمیایی، اکسیداسیون و یا کاهش شیمیایی، تبادل یونی، تیمار الکتروشیمیایی، اسمز معکوس و فیلتر کردن. این روش‌ها ممکن است چندان مؤثر نبوده و یا بسیار گران‌قیمت باشد؛ بنابراین توسعه روشی کم‌هزینه و سازگار با محیط‌زیست برای حذف فلزات سنگین از آب و فاضلاب اهمیت دارد. امروزه استفاده از روش‌های بیولوژیکی به‌عنوان روش کم‌هزینه و مؤثر در تصفیه و حذف فلزات سنگین از آب‌و‌خاک موردتوجه زیادی قرار گرفته است. یکی از روش‌های زیستی که در سال‌های اخیر همواره موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته، روش‌های گیاه‌پالایی است. گیاه‌پالایی روشی ارزان‌قیمت، دوستدار محیط‌زیست برای حذف آلاینده‌های مختلف از خاک و فاضلاب شناخته شده است. منظور از گیاه‌پالایی کاربرد گیاهان برای رفع یا کنترل آلودگی‌های آب و خاک است. گیاهان با استفاده از اندام ریشه،

ساقه و برگ آلاینده‌های گوناگون را از خاک یا آب یا فاضلاب دریافت و با انتقال به بافت‌های خود آن‌ها را جمع‌آوری می‌کنند. نمک‌های محلول، فلزات سنگین، مشتقات نفت و روغن و مواد رادیواکتیو از جمله آلاینده‌هایی است که تاکنون با استفاده از این روش از محیط‌های مختلف حذف شده است. در دو دهه گذشته، استفاده از گیاه‌پالایی در تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، هم‌چنین تصفیه خاک‌های کم‌عمق و آلوده رونق گرفته است. خورشید تأمین‌کننده اصلی انرژی در این روش است و به لحاظ تنوع مواد ثانویه ناشی از تصفیه بسیار پاک است.

یکی از انواع روش‌های فرایند گیاه‌پالایی استفاده از روش هیدروپونیک است. سیستم هیدروپونیک و تالاب‌های ساخته شده خاکی، دو دسته اصلی سیستم‌های گیاه‌پالایی هستند. سیستم هیدروپونیک یک روش جدید برای کشت گیاهان در محیط بدون خاک بوده تا از بیماری‌های خاک و عوارض علف‌های هرز و محدودیت زمین جلوگیری شود. در فرایند گیاه‌پالایی به‌روش هیدروپونیک از گیاهان متعددی استفاده می‌شود که یکی از این گیاهان، گیاه نخل مرداب است. گیاه نخل مرداب با نام علمی *Cyperus alternifolius* از خانواده Cyperaceae است که می‌تواند در خاک‌های مرطوب و یا در مناطق خشن رشد یابد. نخل مرداب گیاهی چندساله است که در مناطق باتلاقی و مرطوب رشد می‌کند. این گیاه دارای ریشه‌های قوی و پیچیده با ویژگی‌های رشد سریع بوده؛ و قدرت بهره‌وری آن بالا است. به‌دلیل ظاهر زیبا می‌تواند به‌عنوان گیاه زینتی باشد و هم‌چنین می‌تواند چشم‌انداز خوبی را ایجاد کند. نخل مرداب درختی همیشه‌سبز دارای ساقه‌هایی با متوسط بلندی ۱۰۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر و قطر تنه ۵-۸ میلی‌متر است. یک گیاه تک‌لپه با رشد سریع است و این گیاه تکثیر راحت و رشد سریعی دارد. نخل مرداب می‌تواند به‌راحتی از طریق بذر، تقسیم گیاه یا برش تکثیر داد. گیاه نخل مرداب دارای ریشه زیرزمینی و ساقه‌های هوایی قوی که ساختار آن توخالی و بدون شاخه است. گیاه نخل مرداب یک گیاه یکپارچه با گل دوجنسی است. با توجه به وجود یک‌سری محدودیت‌ها از جمله آهسته بودن رشد گیاه و قادر بودن به حذف آلودگی از محیط‌های با آلودگی متوسط و کم، از تلفیق فرایند

مخزن این پایلوت ۲۰ لیتری بوده و مجهز به پمپ شناور مدل HAILEA-ACO-5504 برای پمپاژ بود. ابتدا فاضلاب وارد تانک ته‌نشینی شده و از طریق شیر متصل به آن وارد مخزن و توسط پمپ شناور ابتدا وارد سیستم هیدروپونیک شده و در اختیار گیاه جای‌گذاری شده قرار گرفت. پس از خروج از آن، وارد سیستم الکتروکینتیک شده و طی فرایندهای گوناگون الکترواسموزیس، مهاجرت الکتریکی، الکتروفورسیس و الکترولیز با کمک فرایند الکتروشیمیایی تجزیه و تخریب آلاینده‌ها صورت گرفت. این عمل تا پایان فرایند به صورت پیوسته انجام و در زمان‌های مشخص نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها انجام شد.



اندازه‌گیری فلزات سنگین

۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه را در یک بشر ریخته، سپس ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و چند عدد سنگ جوش به آن اضافه شد. یک شیشه ساعت به‌عنوان سرپوش و جلوگیری از آلودگی روی بشر قرار داده شد. نمونه بر روی هیتر قرار داده شد تا به آرامی به جوش و تبخیر درآید. حرارت دادن تا زمانی که حجم نمونه به ۱۰-۲۰ میلی‌لیتر باشد ادامه یافت. در هنگام عمل حرارت اسید نیتریک اضافه شد تا نمونه شفاف شود (هضم کامل). سپس نمونه به بالون ژوزه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل و به حجم رسانیده و کاملاً مخلوط شد. آن‌گاه نمونه برای سنجش فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی مدل AA500 اندازه‌گیری شد. برای آنالیز کردن داده‌ها از فاکتور راندمان (R) برای ارزیابی عملکرد کلی درصد حذف در هر زمان و برای هر پارامتر استفاده شد.

$$R(\%) = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100$$

که C_0 : غلظت اولیه (mg/L) و C_t : غلظت ثانویه (mg/L) هستند.

سخن آخر

این پژوهش با توجه به این‌که گیاه نخل مرداب مناسب و بومی منطقه ایران و نحوه تکثیر آن آسان بوده از نظر اقتصادی کاملاً باصرفه و ارزان‌قیمت است. با توجه به این‌که میزان رشد گیاه آهسته است از فرایند الکتروکینتیک به‌منظور تحرک بیشتر آلاینده‌های موجود در فاضلاب توسط فرایندهای مختلف که سرعت انجام فرایند و میزان درصد فلزات سنگین را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد استفاده می‌شود.

الکتروکینتیک استفاده می‌شود. پالایش الکتروکینتیک یک تکنولوژی نویدبخش برای پاک‌سازی آب‌ها و خاک‌های آلوده است. آلاینده‌های موجود توسط مکانیسم‌هایی نظیر الکترواسموزیس (حرکت مایع بینابینی)، مهاجرت الکتریکی، الکتروفورسیس حرکت ذرات باردار کلوئیدها مهاجرت می‌نمایند. در این فرایند از یک میدان الکتریکی استفاده می‌شود.

ایده پیشنهادی

پژوهش حاضر میزان درصد حذف آلاینده‌های آلی و معدنی و فلزات سنگین از فاضلاب‌های شهری و صنعتی توسط فرایند تلفیقی الکتروکینتیک و گیاه‌پالایی با کمک گیاه نخل مرداب به روش هیدروپونیک را مورد بررسی قرار می‌دهد.

روش پیشنهادی

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و بر مبنای ماهیت روش نیز می‌توان آن را در گروه تحقیقات کاربردی-تجربی دانست. در این پژوهش از یک پایلوت برای اندازه‌گیری پارامترهای pH و هدایت الکتریکی، شبه‌فلز آرسنیک و فلزات سنگین شامل (مس، سرب، آهن، کادمیوم و روی)، فاضلاب شهری مورد ارزیابی قرار گرفته است. نمونه‌گیری به‌شیوه منظم و سیستماتیک و برای مدت‌زمانی برابر سه ماه در طی هشت نوبت از پایلوت موردنظر صورت گرفته است.

نحوه کشت گیاه نخل مرداب

انتخاب گونه گیاهی محدود به پژوهش‌های نظری و گونه‌های تحت کشت در ایران است. برای انتخاب نمونه گیاه نخل مرداب از برگ‌هایی که دارای لکه یا زرد رنگ یا ظاهر غیرطبیعی بودند صرف‌نظر شد. گیاه نخل مرداب از گل‌فروشی‌ها تهیه و قلمه‌هایی با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر برداشته و پس از کوتاه کردن برگ‌ها و چیدن برگ‌های خشکیده آن با قیچی، آن‌ها را در بطری‌های آب گذاشته و برای زمانی برابر ۳ تا ۴ هفته پس از ریشه زنی کامل، هر کدام از قلمه‌ها را در محل‌های کاشت گیاه در پایلوت قرار داده شد.

پایلوت آزمایشگاهی گیاه‌پالایی و الکتروکینتیک

یک پایلوت آزمایشگاهی گیاه‌پالایی ساخت کشور ایران، از جنس PVC با ابعاد (۱۰۰×۱۲۰×۲۰۰) سانتی‌متر، دارای ۲۴ حفره در فواصل ۲۰ سانتی‌متری برای جایگذاری گیاه تهیه شد. مخزن الکتروکینتیک ساخت کشور ایران از جنس پلکسی گلاس، با ابعاد (۵۰×۸۰×۱۰۰) سانتی‌متر و دربرگیرنده ۸ الکتروستیل (۴ الکتروند آند و ۴ الکترود کاتد)، با ابعاد (۱۰×۱۰×۴۰) سانتی‌متر با سطح مؤثر 40 cm^2 بود. مطابق با مطالعات انجام‌شده، الکترودها به‌صورت یک‌درمیان با فاصله ۲ سانتی‌متر از هم به‌صورت عمودی درون راکتور تعبیه شد. هر ۸ الکتروند توسط سیم‌های رابط به منبع دیجیتالی هم‌سو کننده جریان برق با ولتاژ ۳۰ ولت و شدت جریان الکتریکی ۵ آمپر متصل شد.