Archive of SID

نقش گیاه تیره زنبق در دفع باکتری‌ها از فاضلاب در سیستم وتلند مصنوعی زیر سطحی

ذبیح ا... یوسفی (M.Sc)* علیرضا مصداقی نیا (Ph.D.)**
منصور غیاث الدین(Ph.D.)**
سیمین ناصری(Ph.D.)*** مریم شکری(Ph.D.)**** انوشیروان محسنی(Ph.D.)*
فروغ واعظی(Ph.D.)*****

سابقه و هدف : دفع باکتری ها توسط سیستم وتلند حاوی گیاهان ، در مطالعات متعدد توسط محققان گزارش شده است. این تحقیق برای تعیین کارآیی وتلندهای مصنوعی زیر سطحی در دفع باکتری های شاخص کلیفرم از فاضلاب خانگی با گیاه گونه Iris Pseudacorus معروف به Yellow Flag Iris از تیره زنبق و خانواده Iridaceae انجام گرفت.

مواد و روش‌ها : چهار رآکتور آزمایشگاهی در دو سری که درهرسری سه تای آن به ترتیب حاوی۱،۲و ۳ گیاه و یکی به عنوان شاهد (فاقد گیاه) بود ، در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت.درهر دو سری از رآکتور از گراول به عنوان مدیا استفاده شد. اندازه مؤثر گراول نخودی در این رآکتورها ۵ میلیمتر ، ضریب یکنواختی آنها ۲/۲ ، وضریب تخلخل ۳۳ درصد بود.MPN در ۱۰۰ میلی لیتر فاضلاب ورودی ۲۰۰۰۰ الی ۹۲۰۰۰۰۰۰ (۴/۳ الی ۷/۹۶ لگاریتم)کلیفرم بوده است.زمان ماند هیدرولیکی ۱ الی ۱۰ روز بوده است.الگوی جریان متناوب(منقطع)بود.با تزریق فاضلاب مسکونی به رآکتورها بعد از زمان ماند معین ، نمونه ها اخذ و برابر روش استاندارد شاخص کلیفرم مورد بررسی وشمارش قرار گرفت.

نتایج : کارآیی رآکتور قبل از سری شدن ۹۱/۷، ۹۲/۵، ۹۵/۸،و ۹۹/۷ درصد اما در مرحله دوم ۹۹/۲۹ ، ۹۹/۹۷ ، ۹۹/۹۹ ، و۹۹/۹۹۹ درصد به ترتیب برای رآکتور شاهد و رآکتورهای حاوی ۱، ۲ و ۳ گیاه بوده است که اختلاف میانگین بین رآکتورهای مرحله اول حاوی ۱،۲و۳ گیاه ورآکتور شاهددر حذف کلیفرم های مدفوعی با احتمال ۹۵درصد معنی دار نیست، امابین رآکتور های مرحله دوم سری شده با احتمال ۹۹درصد معنی دار است . نتایج نشان داد زمان ماند مناسب برای حذف کلیفرم ها در سیستم های وتلند مصنوعی ۵ الی ۶ روز می باشد.

استنتاج : نتایج این تحقیق نشان می دهد رآکتور وتلند مصنوعی با جریان زیر سطحی و با مدیای گراول حاوی گیاه تیره زنبق در زمان ماند ۵ الی ۶ روزه استاندارد پسآب های خروجی به آب های پذیرنده را از نظر کلیفرم تأمین می کند .

واژه های کلیدی : وتلند مصنوعی زیر سطحی، بستر گراول ، گیاه گونه Iris Pseudacorus (Yellow Flag Iris)، حذف کلیفرم‌ها

این تحقیق طی شماره ۱- ۷۷ در شورای پژوهشی دانشگاه ثبت گردیده و با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام پذیرفته است.

* عضو هیأت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران ✉ ساری- خیابان امیرمازندرانی- خیابان وصال شیرازی- دانشکده بهداشت
** استاد دانشگاه علوم پزشکی تهران ** دانشیاردانشگاه علوم پزشکی تهران
**** دانشیار دانشکده کشاورزی مازندران ***** استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

www.SID.ir

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

Archive of SID

مقدمه

امروزه طیف گسترده‌ای از سیستم‌های تصفیه وجود دارد که می‌توان آنها را برای تصفیه فاضلاب به کار برد. مشکلات عمده سیستم های متداول تصفیه فاضلاب را می توان بالا بودن هزینه های ساخت ، بالا بودن مصرف انرژی ، نیاز به بهره برداری پیچیده و نیاز به تصفیه و دفع لجن و استفاده از سیستم های مکانیزه ذکر کردکه عمدتاً از تکنولوژی بالا استفاده می‌کنند. اما سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب از تکنولوژی پایین برخوردارند ودر عین حال با کارآیی بالا همراهند(۱) . تنها وسایل مکانیکی در این سیستم‌ها، پمپ ها و لوله کشی برای انتقال فاضلاب است. قدمت وتلندها به قدمت زمین می‌رسد و بشر اولیه از تالاب ها یا وتلندها برای تصفیه و دفع فاضلاب استفاده می کرد اما وتلندهای مصنوعی که حدوداً ۴۰ سال قبل برای تصفیه فاضلاب وارد عرصه شده اند خصوصاً در ۱۰ سال اخیر تمایل زیاد به استفاده از این تکنولوژی پدیدار شد(۲). متاسفانه کشورهای در حال توسعه به جای استفاده از این سیستم‌های ارزان و مناسب به تبعیت از کشورهای پیشرفته به تکنولوژی های بالا روی آورده‌اند که با توجه به مشکلات متعدد تکنولوژی با مسایل متعدد بهره برداری و نگهداری و مصرف انرژی زیاد و غیره روبه رو شده اند واین در حالی است که استفاده از سیستم های طبیعی اکنون به علت عدم نیاز به انرژی وکارآیی بالا موردتوجه وعلاقه زیادکشورهای پیشرفته است به نحوی که اکنون هزاران وتلند در کشورهای پیشرفته وجود داردوکشورهای درحال توسعه هنوز درغفلت از مزایای این سیستم ها می‌باشند. اگر چه این سیستم ها به حد وفور درکشورهای درحال توسعه به صورت طبیعی وجود دارند، اما از بعد کارآیی این سیستم ها و بهینه سازی آنها ونیز گسترش سیستم های وتلند مصنوعی برای تصفیه فاضلاب، کشورهای در حال توسعه فقیرهستند (۱). استان مازندران با وجود حدود ۶۵۰ وتلند طبیعی و مساحت ۱۷۵۰۰ هکتار سطح تحت پوشش آب بندان‌های طبیعی(وتلندها)بیش از تمامی استان‌های کشور با این پدیده روبه رو است(۳).

وتلندها را گاهی به عنوان جعبه‌های سیاه تلقی می‌کنند که آب‌های آلوده را تمیز و شفاف می‌سازند. از نظر فنی وتلند طیف وسیعی از اکوسیستم مناطقی است که از شرایط خاک اشباع شده برخوردارند وگونه های گیاهی در آن غالبندو آب در دوره فصل رشد گیاهی در روی زمین یا زیر سطح زمین قرار می گیرد.وتلندها به دو گروه تقسیم می شوند: ۱- وتلندهای طبیعی، و ۲- وتلندهای مصنوعی. در وتلندهای طبیعی گیاهانی مثل نی وغیره به صورت خودرو در محل ذخیره فاضلاب مثل مرداب‌ها روییده و فاضلاب به صورت غیرکنترل شده تصفیه می شود. وتلندهای مصنوعی طرح های جدیدی از سیستم‌های طبیعی‌اند که اولین بار در اوایل دهه ۱۹۵۰ توسط دکتر کیت سیدل از انستیتوی ماکس پلانک در آلمان غربی ارایه شد. وتلندهای مصنوعی خود دو دسته‌اند: ۱- وتلندهای مصنوعی با جریان سطحی که سطح مایع یا فاضلاب در تماس با هواست واز خاک یا محیط مناسب دیگر بری رشد گیاهان برآمده از آب استفاده می شود، و ۲- وتلند های مصنوعی با جریان زیر سطحی که جریان مایع در زیر سطح گراول یا ماسه بر قرار می باشد. اجزای تشکیل دهنده وتلند های مصنوعی را گیاهان، بستری از خاک، ماسه یا گراول (برای کشت گیاهان و تقویت رشد میکرو ارگانیسم‌ها)، و عوامل بیولوژیکی تشکیل می دهند. نقش گیاهان در این سیستم تأمین اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم های هتروتروف در ناحیه ریشه و افزایش و تثبیت هدایت هیدرولیکی بستر، جذب مواد مغذی و غیره است.در وتلندهای مصنوعی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

www.SID.ir

Archive of SID

برای تصفیه فاضلاب استفاده می شود و آلاینده های مختلفی مثل مواد جامد معلق، مواد آلی، مواد ازته، فسفره، فلزات سنگین، عوامل میکروبی پاتوژن، و حتی مواد پیچیده شیمیایی تا حد قابل قبولی تصفیه می شوند (۴).

دفع باکتری ها درمطالعات متعدد انجام شد(۷،۶،۵). وتلندها به عنوان فیلترهای بیولوژیکی به صورت ترکیبی از فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی درکاهش تعداد باکتری‌ها از فاضلاب ورودی نقش مؤثری دارند (۹،۸). فاکتورهای فیزیکی مثل فیلتراسیون، ته نشینی، تجمع، و اشعه ماوراء بنفش می‌باشند. مکانیسم‌های بیولوژیکی شامل هضم توسط نماتودها، پروتوزوآها ، کلادوسراها ، حمله باکتریو فاژها، و مرگ طبیعی و انتشار آنتی‌بیوتیک‌ها است. فاکتورهای شیمیایی شامل اکسیداسیون، جذب سطحی، و تماس با سموم منتشره توسط میکروارگانیسم‌ها و گیاهان می‌باشد(۱۰،۹). علاوه بر این نشان داده شد که ترشحات ریشه گیاهان آبزی معین(مثل گیاه فی Scirpus Lacustris)می تواند شاخص های مدفوعی (اشریشیا کلی) و باکتری‌های بیماری زای سالمونلا را از بین ببرد(۱۱،۹). نواحی معینی از ریشه ها شناخته شده اندکه در تولید ترکیبات منتشره از سلول‌های ریشه دخالت دارند یا فعالانه توسط فرآیندهای متابولیک منتشر می‌شوند وممکن است عامل باز دارنده رشد میکروارگانیسم های خاص گردند (۱۲). علاوه بر آن رشد فزاینده جمعیت‌های باکتریایی (مثل سودوموناس) در ناحیه ریزوسفر با فعالیت آنتی بیوتیکی ممکن است سبب مرگ کلیفرم ها شوند (۱۳). برخی محققان گزارش دادند دفع کلیفرم های کل عمدتاً در بسترهای حاوی گیاهان در مقایسه با بسترهای فاقد گیاه بالاتر است و نشان می دهد ماکروفیت ها نقش مهمی در دفع باکتری های شاخص آ لودگی توسط وتلندها دارند. دفع کلیفرم‌ها و کلیفرم های مدفوعی در وتلندهای مصنوعی‌ازسنتیک درجه۱تبعیت‌می‌کند(۷،۶). May و همکارانش درسال۱۹۹۰ و Butler و همکارانش در سال ۱۹۹۳دریافتندکه تعدادباکتری‌های هوازی و باکتری‌های کلیفرم به صورت خطی با طول بستر گیاهی کاهش نشان می‌دهد. Bavor و همکارانش اثبات کردند عمدتاً در زمان ماند مشابه، سیستم های تصفیه ماکروفیت‌ها، نسبت به سیستم های برکه، باکتری‌ها را بیشتر حذف می‌کنند. مکانیسم‌های دفع پاتوژن در وتلندها کاملاً شناخته شده نیست. فاکتورهای فیزیکی مثل فیلتراسیون مکانیکی، رسوب‌دهی، جذب سطحی، جذب اکسیژن توسط گیاهان وفاکتورهای بیولوژیکی مثل مرگ طبیعی، شکار یا آنتی‌بیوتیک های منتشره توسط ریشه‌های ماکروفیت ها ممکن است به عنوان مکانیسم‌های معین برای دفع باکتری‌ها در وتلندها مورد توجه قرار گیرند(۱۱،۱۰،۲). اگر چه ویلیام و همکارانش در سال ۱۹۹۵ جذب سطحی را به عنوان مکانیسم اصلی برای دفع پاتوژن پیش بینی کردند . نتایج بررسی ها این فرضیه را تقویت می نماید که مقداری از فرآورده‌های متابولیک منتشره توسط ماکروفیت‌ها به‌صورت‌همزیستی با باکتری‌های بیو فیلم عمل می‌کنند. این فرضیه میزان دفع بالای پاتوژن ها در مخازن حاوی گیاه را نسبت به مخازن حاوی گراول تنها شرح می دهد.

این تحقیق، به منظور بررسی کارایی وتلندهای مصنوعی با جریان زیر سطحی و بستر گراول و نقش گیاهان سریع رشد در حذف کلیفرم ها به عنوان شاخص آلودگی انجام شد و با توجه به شرایط بومی منطقه، گیاه گونه Iris Pseudacorus معروف به Yellow Flag Iris از تیره زنبق و خانواده Iridaceae برای این بررسی انتخاب و مورد تحقیق قرار گرفت.

مواد و روش ها

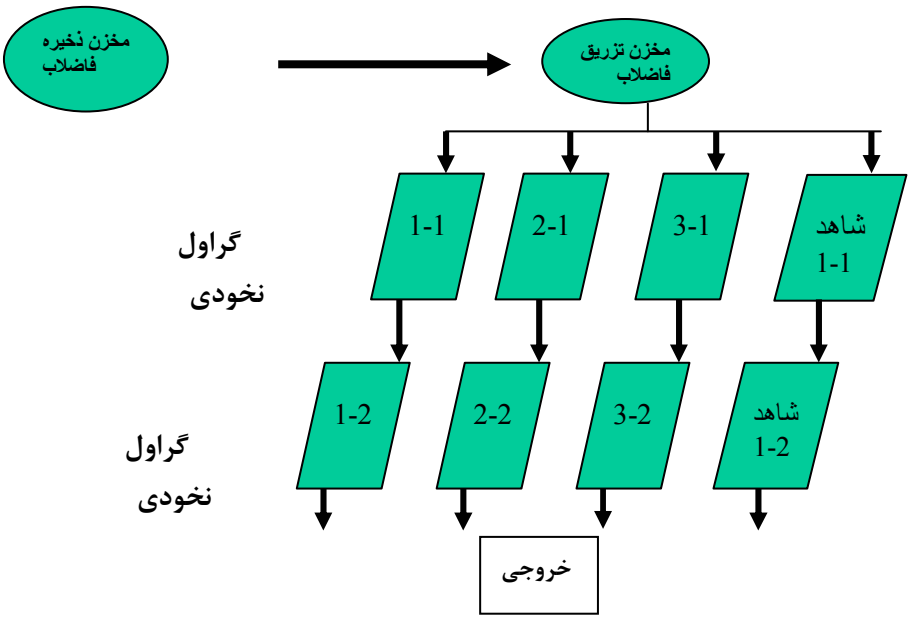
چهار رآکتور آزمایشگاهی در دو سری که در هر

www.SID.ir

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

Archive of SID

سری سه تای آن به‌ترتیب حاوی۲،۱ و۳ گیاه و یکی به‌عنوان شاهد(فاقدگیاه) بود، در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. درهر دو سری از رآکتور از گراول به عنوان مدیا استفاده شد. **رآکتورهای** حاوی گراول ریز در هر سری از نظر تراکم گیاهی متفاوت اما از نظر مدیا، ضریب تخلخل، بار هیدرولیکی، ومساحت و ابعاد کاملاً مشابه بودند. اندازه مؤثر گراول نخودی دراین رآکتورها ۵ میلیمتر، ضریب یکنواختی آنها ۲/۲، وضریب تخلخل ۳۳ درصد بود. MPN[1] در ۱۰۰ میلی لیتر فاضلاب ورودی ۲۰۰۰۰ الی ۹۲۰۰۰۰۰۰ (۴/۳ الی ۷/۹۶ لگاریتم) کلیفرم بوده است. زمان ماند هیدرولیکی ۱ الی ۱۰ روز بوده است. الگوی جریان متناوب (منقطع) بود. فاضلاب شهری یک شهرک مسکونی به صورت دوره‌ای وارد رآکتورها می‌شد و در زمان ماندهای مختلف سیستم مورد بررسی قرار گرفت. پس از بررسی سیستم در زمان ماند مناسب، غلظت‌های مختلف مورد تحقیق قرار گرفت. نمونه ها از قسمت ورودی، میانی، و خروجی اخذ و پس از رقیق سازی به روش تخمیر چند لوله ای کشت داده شد و برابر روش استاندارد میزان کلیفرم مدفوعی مورد بررسی وشمارش قرارگرفت. وضعیت استقرار رآکتورها درتصویر شمارۀ۱ و مشخصات فیزیکی رآکتورها در جدول شمارۀ ۱ نشان داده شده است.



تصویر شمارۀ ۱: طراحی سیستم کار رآکتورهای وتلند مصنوعی در حذف کلیفرم‌های مدفوعی.

1-Must Probable Number (بیشترین احتمال حضور کلیفرم)

www.SID.ir

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

Archive of SID

جدول شمارهٔ ۱ : مشخصات رآکتورهای مورد استفاده در تحقیق

زمان ماند (روز)	تعداد گیاه	نسبت طول به عرض	سطح افقی (cm2)	سطح عرضی (cm2)	نوع مدیا	تخلخل (٪)	عمق گراول (cm)	ضریب یکنواختی	اندازه موثر mm	حجم گراول (لیتر)	حجم رآکتور (لیتر)	شماره رآکتور
۱۰-۱	۳	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	۱-۱
۱۰-۱	۲	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	۲-۱
۱۰-۱	۱	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	۳-۱
۱۰-۱	-	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	شاهد۱-۱
۱۰-۱	۳	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	۱-۲
۱۰-۱	۲	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	۲-۲
۱۰-۱	۱	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	۳-۲
۱۰-۱	-	۳-۶	۱۳۲۰	۸۸۰	گراول	۳۳	۴۵	۲،۲	۵	۵۷	۷۳	شاهد۲-۱

نـتـایـج

این بررسی نشان می‌دهد زمان ماند هیدرلیکی مناسب برای حذف مؤثر کلیفرم‌های مدفوعی ۵ الی ۶ روز می‌باشد. نتایج حاکی است غلظت کلیفرم‌های مدفوعی در فاضلاب ورودی به سیستم در محدوده ۴/۳ الی ۷/۹۶ لگاریتم (۲۰۰۰۰ الی ۹۲۰۰۰۰۰۰ کلیفرم) قرار دارد. این درحالی است که غلظت کلیفرم‌های مدفوعی در خروجی رآکتور حاوی گراول نخودی با تراکم گیاهی ۱و۲و۳ عدد در هر رآکتور به ترتیب در محدوده ۳/۶۵ الی ۵/۳۸ ، ۳/۳۶ الی ۵/۱۷ و ۳/۳۲ الی ۳/۹۵ و در رآکتور شاهد (بدون گیاه) در محدوده ۳/۹۵ الی ۵/۶ لگاریتم قرار دارد(جدول شمارهٔ ۲). غلظت کلیفرم‌های مدفوعی در خروجی رآکتورهای سری دوم حاوی گراول نخودی با تراکم گیاهی ۱و۲و۳ عدد در هر رآکتور به ترتیب در محدوده ۲/۹۱ الی ۳/۲۶ ، ۲/۰۴ الی۲/۷۴ و ۱/۵۳ الی ۲/۴۵ و در رآکتور شاهد (بدون گیاه)در محدوده ۳/۲۱ الی ۳/۷۵ لگاریتم قرار گرفت (جدول‌شمارهٔ۲). درتصویر شمارهٔ۲ وضعیت رآکتورهای سری شده گراول ریز در غلظت‌های مختلف کلیفرم، در زمان ماند ۵ روزه نشان داده شده است. کارآیی رآکتورها در دو مرحله از تحقیق در جدول شمارهٔ ۳ نشان داده شده است.

جدول شمارهٔ ۲ : وضعیت کاهش کلیفرم‌های مدفوعی در پساب‌های رآکتورهای سری شده گراول نخودی(بر حسب لگاریتم)

رآکتور۲-۳ (۳گیاه)	رآکتور۱-۳ (۳گیاه)	رآکتور۲-۲ (۲گیاه)	رآکتور۱-۲ (۲گیاه)	رآکتور۲-۱ (۱گیاه)	رآکتور۱-۱ (۱گیاه)	شا هد ۲-۱	شاهد ۱-۱	ورودی
۲،۰۴	۳،۶	۲،۵۴	۴،۱۴	۳،۲۶	۴،۳۶	۳،۴۵	۴،۴۸	۷،۹۶
۱،۵۳	۳،۵۵	۲،۰۴	۳،۷۵	۲،۹۶	۳،۹۵	۳،۳۱	۴،۱۷	۷،۲۶
۲،۰۴	۳،۹۵	۲،۲۳	۴،۴۱	۳،۱۴	۴،۶۳	۳،۶۴	۴،۷۲	۷،۲
۱،۹۱	۳،۷۸	۲،۲۱	۵،۱۷	۲،۹۱	۵،۳۸	۳،۲۱	۵،۶	۶،۹۸
۲،۱	۳،۴۸	۲،۴۵	۴،۲۸	۳،۳۲	۴،۶۳	۳،۷۵	۴،۷۸	۵،۹
۲،۴۵	۳،۲۳	۲،۷۴	۳،۳۶	۳،۰۶	۳،۶۵	۳،۵۴	۳،۹۵	۴،۳

اندازه موثر گراول= ۵ میلیمتر، ضریب یکنواختی = ۲/۲ ، زمان ماند هیدرولیکی = ۵ روز

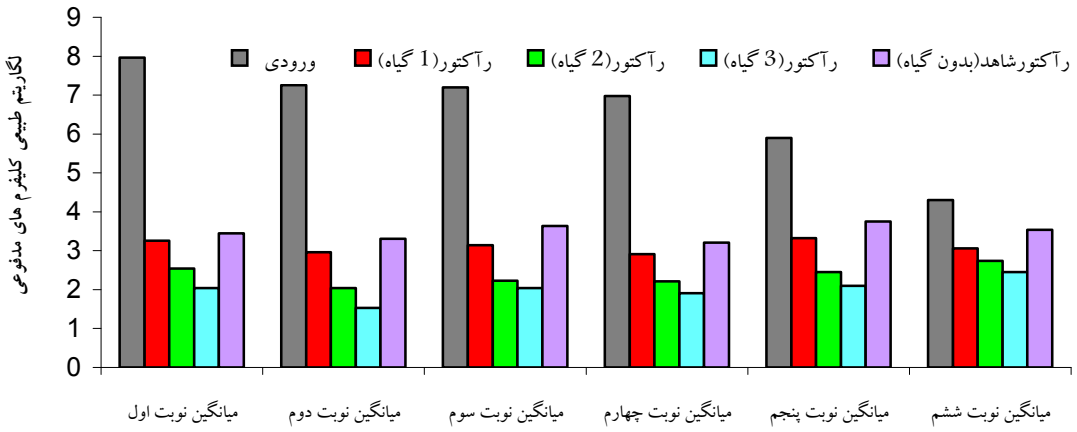
www.SID.ir

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

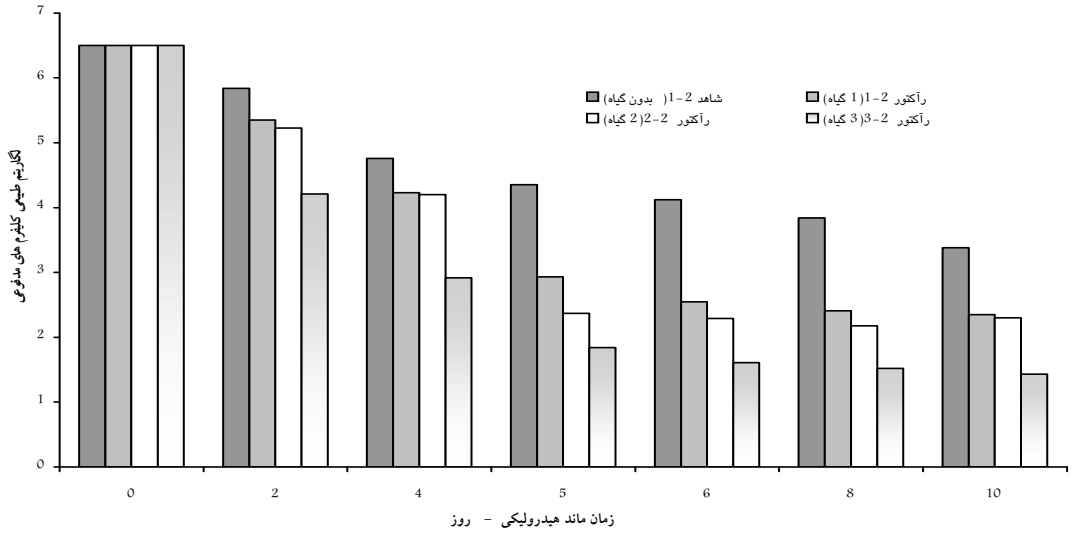
Archive of SID

جدول شمارهٔ۳: کارآیی رآکتورها در زمان ماند ۵ روزه قبل و بعد از سری شدن در دفع کلیفرم‌های مدفوعی

کارآیی رآکتور قبل از سری شدن	کارآیی رآکتور بعد از سری شدن
رآکتور شاهد بدون گیاه=۹۱/۷٪	رآکتور شاهد بدون گیاه=۹۹/۲۹٪
رآکتور حاوی گراول نخودی(۱ گیاه)=۹۳/۵ ٪	رآکتور حاوی گراول نخودی(۱ گیاه)=۹۹/۹۷٪
رآکتور حاوی گراول نخودی(۲ گیاه)=۹۵/۸ ٪	رآکتور حاوی گراول نخودی(۲ گیاه)=۹۹/۹۹٪
رآکتور حاوی گراول نخودی(۳ گیاه)=۹۹/۷٪	رآکتور حاوی گراول نخودی(۳ گیاه)=۹۹/۹۹۹٪



تصویر شمارهٔ ۲ : مقایسه رآکتورهای سری گراول ریز در دفع کلیفرم‌های مدفوعی.



تصویر شمارهٔ ۳ : کاهش کلیفرم‌های مدفوعی در برابر زمان ماند هیدرولیکی در رآکتورها(گراول نخودی سری).

www.SID.ir
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

Archive of SID

نتایج آنالیز آماری بر روی اطلاعات به‌دست آمده از روند کاهش کلیفرم‌ها در سیستم نشان می‌دهد که:

۱- اختلاف میانگین بین رآکتورهای مرحله اول حاوی ۱و۲و۳ گیاه ورآکتور شاهد درحذف کلیفرم‌های مدفوعی با احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است(Pv<۰/۰۵) و تنها بین رآکتور حاوی ۳ گیاه و شاهد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

۲- اختلاف میانگین بین رآکتور حاوی گراول نخودی سری شده دارای ۱و۲و۳ گیاه ورآکتور شاهد در حذف کلیفرم‌های مدفوعی با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است (Pv< ۰/۰۱).

۳-آنالیز آماری نشان دادکه در مرحله دوم، اختلاف میانگین بین رآکتور حاوی گراول نخودی دارای۳ گیاه و رآکتور شاهد در حذف کلیفرم‌های مدفوعی با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است (Pv< ۰/۱). همچنین با احتمال ۹۵ درصد تفاوت بین رآکتور حاوی ۱ گیاه و شاهد معنی‌دار است (Pv< ۰/۰۵). همچنین با احتمال ۹۹درصد تفاوت بین رآکتور حاوی ۲ گیاه و شاهد معنی‌دار می باشد (Pv< ۰/۰۱)، اما بین رآکتور ۲ و۳ تفاوت معنی‌دار نیست (Pv< ۰/۰۵). در مقایسه رآکتور ۱و ۲با احتمال ۹۹درصد اختلاف معنی دار است. همچنین بین رآکتور ۱و۳ گیاه با احتمال ۹۹درصد اختلاف معنی دار است(Pv< ۰/۰۱).

بحث

این نتایج نشان داد گر چه رآکتورهای مرحله اول در کاهش کلیفرم‌ها تأثیر جدّی داشته‌اند وبه علت شرایط هیدرولیکی و فیزیکی (مثل طول رآکتور ونسبت طول‌به عرض وغیره) و بارمیکروبی و بارآلی دردسترسی به استانداردهای دفع پسآب موفق نبوده‌اند، اما بعد از قرار دادن یک‌سری رآکتورمشابه در ادامه این راکتورها و تغییر شرایط هیدرولیکی (مثل افزایش نسبت طول به عرض به میزان دو برابر وغیره) و کاهش بار سطحی آلی و میکروبی شرایط عوض شد و نتیجه مطلوب به‌دست آمد که در دو تصویر شمارهٔ ۲ و ۳ مشاهده می شود.

با توجه به استاندارد پساب‌های خروجی به آب‌های پذیرنده در حد ۴۰۰ کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر (۲/۶ لگاریتم)، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد رآکتور شاهد در زمان ماند ۱۰ روزه غلظت کلیفرم‌های مدفوعی را تا ۳/۳۸ لگاریتم کاهش می‌دهد که حد استاندارد را تأمین نمی کند اما رآکتور گراول نخودی حاوی ۲و۳ گیاه در زمان ماند ۵ روزه به ترتیب به ۲/۳۷ و ۱/۸۴ لگاریتم دست یافته‌اند که پایین‌تر از محدوده استاندارد می‌باشد و استانداردهای دفع پسآب به محیط زیست را تأمین می‌کند(تصویر شمارهٔ ۳). زمان ماند هیدرلیکی مناسب برای حذف مؤثر کلیفرم های مدفوعی ۵ الی ۶ روز می‌باشد که با غالب مقالات علمی و دستآوردهای تحقیقاتی دنیا مطابقت دارد (۱۴،۱۰).

این تحقیق نشان داد گیاهان و ریزوم‌های گیاهی تأثیر مثبتی بر کارآیی وتلندهای مصنوعی زیر سطحی در حذف کلیفرم ها از فاضلاب های خانگی و شهری دارند. نتایج این تحقیق با تحقیقات قبلی(۱۴،۱۰) مطابقت داردکه نشان دادند ماکروفیت‌ها نقش فعالی در دفع میکروارگانیسم ها از فاضلاب دارند.

بدیهی است که لایه های میکروبی چسبیده به ریشه‌ها سطوح مناسبی را برای فعالیت اکسیداسیون بیولوژیکی فراهم می سازند. در این بررسی گیاه گونه Iris Pseudacorus معروف به Yellow Flag Iris ازتیره زنبق و خانواده Iridaceae با ریزوم‌های حجیم و مؤثر کارآیی خود را در سیستم نشان دادو به عنوان یکی از گیاهان مناسب در وتلندهای تصفیه فاضلاب قابل مطرح است. با توجه به این موضوع که این گیاه بومی منطقه شمال کشور و نیز غالب استان‌های کشور می‌باشد، استفاده از سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب خصوصاً

www.SID.ir

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

Archive of SID

وتلندها در حقیقت‌گامی مناسب در بهره‌گیری زیبوتکنولوژی و جلوگیری از تخریب محیط زیست بدون استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران که با پشتوانه مالی از این طرح تحقیقاتی ما را در این حرکت یاری کردند و نیز از اساتید معزز راهنما و مشاور که در غنای علمی تحقیق نقش داشته اندو کلیه کسانی که به نحوی ما را مساعدت کرده اند تشکر و قدر دانی می‌شود.

فهرست منابع

1. Macros V. S. Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment countries. ***Wat. Sci. & Tech.*** 1996; 33(3): 59-72.
2. Kadlec R.H, Knight R.L. ***Treatment wetlands by CRC.*** Press LLC, 1996.
۳. شکری، مریم؛ صفاییان، نصرت ا... . بررسی اکولوژیک آبیندان‌ها، شناخت، معرفی و کاربرد گیاهان آبزی در آبیندان‌های مازندران، دانشکده کشاورزی مازندران. ***گزارش طرح تحقیقاتی***، سال ۱۳۷۰.
4. Sherwood C,Reed E,Joe Middlebrooks, Ronald W. Crites. Natural systems for waste management and treatment. McGraw Hill Company, 1988.
5. Batchelor A, Scott W.E, and Wood A. Constructed wetlands research program in South Africa, In: ***Constructed wetlands in water pollution*** (Adv. Wat. Pollut. Control No.11), Cooper P.F. and Findlater B.C. (eds.), Pergamon Press, Oxford, 1990: 373-382.
6. Bavor H.J, Roser D.J, Fisher P.J, and Smalls I.C. Performance of solid matrix wetland systems viewed as fixed bioreactors, In: ***Constructed wetlands for wastewater treatment,*** D.A. Hammer (ed.), Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1989: 646-656.
7. Gersberg R.M, Brenner R, Lyon S.R, and Elkins B.V. Survival of bacteria and viruses in municiplal wastewater applied to artificial wetland, In: ***Aquatic plants for water treatment and resource recovery,*** Reddy K.R, Smith W.H. (eds.), Florida: Magnolia Publishing, Lando, 1987: 237-245.
8. Beix H. Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands; transport mechanisms and rates. In: ***Constructed wetlands for water quality improvement,*** Moshiri, G.A. (ed.), Lewis Publisher/ CRC Press, Boca Raton, Florida, 1993: 391-398.
9. Vincent G, Dallaire S, and Lauzer D. Antimicrobial properties of roots exudate of three macrophytes: Mentha aquatica L., Phragmites australis(cav) Trin and Scirpus Lacustris I. In: ***Preprinted wetland systems for water pollution control***, Prec.Conf.ICWS secretriat, Guangzhou, P. R. China, 1994: 290-296.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

www.SID.ir

Archive of SID

10. Gersberg R.M, Gearheart R.A, and Ives M. Phatogens removal in Constructed wetlands, In: ***Constructed wetlands for wastewater treatment Hammer***, D. A. (ed) Chelsea, Michigan, Levis publishers, 1989: 431-445.
11. Seidel K. Macrophytes and water purification, In: ***Biological control of water pollution*** Tourbier, J. and Pierson R. W. (eds); Pennsylvania: University of Philadelphia Press, 1976: 109-120.
12. Bowen G.D, and Rovira A.D. Microbial colonization of plant roots. ***Annual Rev. Phytopathol.*** 1976; No. (12): 181-192.
13. Broadbent P, Baker F, Waterworth Y. Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungi roots pathogens in Australian soils, ***Aust. J. Biol. Sa.*** 1971; (24): 925-944.
14. Tanner C.C, Clayton S.S, and Upsdell M.P. Effect of Loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewaters in constructed wetlands-I. Removal of oxygen demand, suspendede solid and faecal coliforms. ***Wat. Res.*** 1995; 29(1): 17-26.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-06-04]

www.SID.ir