Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره ویژه۹۳

توانایی سرخس آزولا در حذف فلزات سنگین(Cr^{+3}-Ni^{+2}-Cu^{+2})

ندا رضایی [۱]

بنفشه برخوردار [۲ *]

dr.barkhordar@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۹**

چکیده

فلزات سنگین از سمی ترین آلایندها در محیط زیست می باشند که به دلیل عدم تجزیه پذیری، اثرات آلایندگی نظیر مسمومیت، بیماری، موتاسیون، ورود به زنجیره غذایی و ..... را به بار می آورند.

فلزات سنگین با روش های ترسیب شیمیایی، الکترولیز، کاربرد مواد منعقد کننده، سیستم های تبادل یونی، روش های غشایی، جذب سطحی، تبخیر و روش های بیولوژیک، حذف شده یا کاهش می یابند . در حال حاضرحذف آلاینده ها به خصوص فلزات سنگین از آب‌ها و پساب‌ها به وسیله جاذب‌های بیولوژیک به علت مزایایی چون ارزان قیمت بودن بیومس از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد .به همین جهت یک نوع سرخس آبزی کوچک به نام آزولا فیلیکولو ییدز (Azolla filiculoides) برای حذف فلزات سنگین Cr^{+3}، Ni^{+2} و Cu^{+2} درسیستم بسته مورد بررسی قرار گرفت .

آزمایشات به روش Batch و با تماس دادن مقدار مشخصی از سرخس خشک آزولا با محلول فلزات سنگین به صورت جداگانه و مخلوط انجام گرفته است. آزمایشات در زمان های ماند (دقیقه ۶۰ ، ۴۵ ، ۳۰ ، ۲۰ ، ۱۰ ،۵) ، PH های (۸ ، ۶ ، ۴ ، ۲) و دماهای (^{0}C ۴۰ ، ۳۰ ، ۲۰) انجام گرفته است. یافته ها نشان می دهند که با افزایش pH ، در صد حذف توسط آزولا افزایش می یابد و قابل ذکراست که دما تاثیر چندانی برحذف فلزات سنگین توسط آزولا ندارد.

نتایج بررسی حاکی از آن است که سرخس آبزی آزولا با درصد راندمان بالای ۹۷٪ در زمان ماند بهینه ۲۰ دقیقه قادر به حذف فلزات سنگین کروم، مس و نیکل به کمتر از حد مجاز تخلیه به محیط زیست می باشد و به خوبی در صنعت قابل استفاده می باشد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، جاذب های بیولوژیک، آزولا فیلیکولو ییدز

۱- محیط زیست، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاداسلامی، واحد پرند*(مسوول مکاتبات).

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه آلودگی محیط زیست از مسایل مهمی است که جوامع مختلف با آن مواجه اند. انسان در اثر فعالیت‌های روزمره و صنعتی خود مقادیر قابل توجهی آلاینده های مختلف وارد محیط می نماید.گسترش روز افزون صنایع ،توسعه شهرها، افزایش جمعیت و دخالت بی رویه بشر در طبیعت به تخریب بیش از پیش محیط زیست منجر گردیده است، به طوری که طی سال های گذشته تغییرات قابل ملاحظه ای به وجود آمده است. فلزات سنگین از سمی‌ترین آلاینده‌ها در محیط زیست می‌باشند که از منابع مختلفی مانند فرسایش طبیعی خاک، مواد زاید، معادن، شیرابه اماکن دفن بهداشتی، فاضلاب های شهری، رواناب های شهری و فاضلاب های صنعتی مختلف به خصوص آبکاری، الکترونیک و صنایع ذوب فلز، کاغذ سازی، رنگرزی، دباغی و ..... به محیط زیست تخلیه می‌شوند و به دلیل عدم تجزیه پذیری اثرات آلایندگی نظیر مسمومیت، بیماری، موتاسیون، ورود به زنجیره غذایی و... اثرات شدیدی را به بار می آورند(۱).

فلزات سنگین به روش های ترسیب شیمیایی، الکترولیز، کاربرد مواد منعقد کننده، سیستم های تبادل یونی، روش های غشایی، جذب سطحی، تبخیر و روش های بیولوژیک حذف یا کاهش می یابند.

حذف فلزات سنگین و سایر آلاینده های موجود در آب و پساب ها با استفاده از سیستم های بیولوژیک در دهه های اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است، چرا که در تعدادی از روش‌های حذف فلزات سنگین وقتی کاربردشان توجیه اقتصادی دارد که غلظت اولیه این آلاینده‌ها از حد معینی بالاتر باشد، نظیر تبخیر، تعویض یونی و فرآیندهای غشایی. ازسوی دیگر روش‌هایی مانند ترسیب شیمیایی سبب تولید حجم زیادی لجن می‌شود که دفع آن مشکل ساز می باشد. قابل ذکر است روش‌های سیستم‌های غشایی نظیر اسمز معکوس و الکترولیز هزینه‌های اولیه و جاری بالایی دارند و روش انعقاد سازی نیز مصرف انرژی الکتریکی و هزینه زیادی در بردارد. به همین جهت توجه به روش های بیولوژیکی افزایش یافته است(۲).

آزولا نوعی سرخس آبزی از خانواده Salvinaceae است که از طریق یک نوع الگ همزیست به نام بلو گرین آلجی که نام علمی آن Anabaena azolla می باشد، در حفرهای برگی آن به صورت همزیست به‌سر می‌برد. این گیاه ازت هوا را تثبیت کرده و در اختیار برنج قرار می دهد (۳). آزولا در محیط‌های فاقد ازت معدنی سریع الرشد است. بنابراین مصرف ازت معدنی، رشد آزولا و در نهایت، قدرت تثبیت ازت توسط آزولا را کاهش می‌دهد(۴). لازم به ذکر است آزولا به علت تثبیت ازت در خاک موجب تقویت شالیزار شده و به خاطر ایجاد لایه‌ای در سطح آب از تبخیر آب و نیز رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌نماید(۵و۶) گیاه آزولا نه تنها به صورت علوفه مورد تغذیه حیوانات شیری قرار می‌گیرد، بلکه به عنوان بیومسی ارزان قیمت – به آسانی و در حجم زیاد قابل تهیه است. اکنون آزولا به عنوان یک جاذب بیولوژیک مطرح می باشد، که در مقاله حاضر به عنوان یک بیومس ارزان قیمت در جهت حذف فلزات سنگین (Cr^{3+}-Ni^{2+}-Cu^{2+}) به کار رفته است.

سرخس آبزی آزولا، همیشه سبز و در کلیه ایام سال قابل دسترس می باشد و گرچه این گیاه بومی ایران نمی باشد ولی در آب و هوای ایران به سرعت تکثیر یافته و تبدیل به معضل گشته است. بنابراین کاربرد آن به عنوان جاذب بیولوژیک نه تنها از حضور فلزات سنگین می کاهد، بلکه به دلیل رشد سریع در مناطق شمالی کشورمان نیازی به تولید و تکثیر آن نیز نمی باشد(۳).

روش بررسی

نمونه برداری: سرخس آبزی آزولا را از ایستگاه قلم گوده واقع در تالاب انزلی توسط تور جمع آوری نموده و پس از آبگیری اولیه به مدت ۴ساعت، ابتدا توسط آب ذرات و مواد زاید لابه‌لای اندام‌های گیاه را شستشو داده و سپس توسط آب مقطر جهت حذف احتمالی املاح و ذرات اضافی آبشویی نموده‌ایم. بعد از آن گیاهان را در سایه خشک نموده و در آخر نیز از الکی به قطر ۲- ۰/۰۵ میلی متر عبور داده و پس از طی این مرحله آن ها را در جای خنک و خشک در درون ظرف‌های شیشه‌ای نگه‌داری کرده‌ایم.

آماده سازی ظروف آزمایشگاهی: به منظور حذف احتمالی مواد معدنی از جدار ظروف، ابتدا آن ها را با اسید و سپس با آب مقطر شستشو داده و پس از خشک نمودن جهت انجام آزمایشات به کار برده‌اند.

نحوه انجام آزمایشات: یکی از روش های عمده جذب بیولوژیکی سیستم بسته (Batch) می باشد(۱).

پارامترهای مورد بررسی در این سیستم زمان ماند، دما و pH می باشندکه در دو قالب مخلوط فلزات و به صورت تک فلز سنگین مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱- بررسی تاثیر زمان ماند بر حذف فلزات سنگین در سیستم بسته

جهت بررسی تاثیر زمان ماند بر میزان حذف فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا، مقدار ۵ گرم آزولا با 200^{cc} محلول ۱۰میلی گرم در لیتر نیترات نیکل در زمان های ماند ۵-۱۰-۲۰-۳۰- ۴۵و۶۰ دقیقه به طور جداگانه تماس داده شدند. پس از صاف کردن محلول ها، نمونه ها جهت اندازه گیری با دستگاه جذب اتمی نگه داری گردیدند. مشابه همین آزمایش برای نیترات مس وسولفات پتاسیم کروم نیز انجام گردید. نتایج در جدول (۱) آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جهت بررسی تاثیر زمان ماند بر میزان حذف مخلوط فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا، مقدار ۵ گرم آزولا با 200^{cc} محلول۱۰میلی گرم در لیتر نیترات نیکل، نیترات مس و سولفات پتاسیم کروم با ۵ گرم آزولا در زمان ماند ۵-۱۰-۲۰-۳۰- ۴۵و۶۰ دقیقه تماس داده شدند. پس از صاف کردن محلول ها، نمونه ها جهت اندازه گیری با دستگاه جذب اتمی نگه داری گردیدند که نتایج در جدول (۲) آورده شده است.

۲- بررسی تاثیر دما بر حذف فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا

جهت بررسی تاثیر دما بر میزان حذف فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا، مقدار ۵ گرم آزولا را با 200^{cc} محلول ۱۰میلی گرم در لیتر نیترات نیکل، نیترات مس و سولفات پتاسیم کروم به طور جداگانه در دماهای ۲۰-۳۰-۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه تماس دادند که نتایج در جدول (۳) آورده شده است.جهت بررسی تاثیر دما بر میزان حذف مخلوط فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا ، مقدار ۵ گرم آزولا با 200^{cc} محلول ۱۰میلی گرم در لیتر نیترات نیکل، نیترات مس و سولفات پتاسیم کروم در دماهای ۲۰-۳۰-۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه تماس داده شدند که. نتایج آن نیز در جدول (۴) آورده شده است.

۳- بررسی تاثیر pH بر حذف فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا

جهت بررسی تاثیر pH بر میزان حذف فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا، مقدار 200^{cc}از محلول های نیترات نیکل، نیترات مس وسولفات پتاسیم کروم ساخته شده با اسید نیتریک غلیظ و سود رقیق به pH های۲- ۴- ۶ و ۸ رسیده و به طور جداگانه با ۵ گرم آزولای خشک مخلوط شده و پس از ۳۰ دقیقه تماس صاف گردیده و نمونه ها جهت اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی نگه داری شدند. جدول (۵) بیانگر نتایج حاصل از pH تاثیر می باشد.

جهت بررسی تاثیر pH بر میزان حذف مخلوط فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا، مقدار 200^{cc}از محلول های نیترات نیکل، نیترات مس و سولفات پتاسیم کروم ساخته شده به pH های۲- ۴- ۶ و۸ رسیده و با ۵ گرم آزولا خشک مخلوط شدند و پس از ۳۰ دقیقه تماس صاف گردیده و نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی نگه داری شدند. جدول (۶) بیانگر نتایج حاصل از pH می باشد.

یافته ها

همان طور که در بخش قبل اشاره شد، در این پژوهش کاهش غلظت فلزات سنگین با توجه به متغیرهای زمان ماند، دما و pH برای فلزات کرم، نیکل و مس توسط آزولا مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج در جداول ۱ الی ۶ آورده شده است.

همان گونه که در جداول ۱ و ۲ دیده می‌شود، متغیر زمان ماند (بین ۵ ، ۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ ، ۴۵ و ۶۰ دقیقه) در حذف تک تک و مخلوط فلزات تاثیری نداشته و در مجموع حتی در زمان ماند ۵ دقیقه بیش از ۹۰ درصد حذف مشاهده می گردد.

در آزمون متغیر دما (بین ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سیلیوس) نیز در هر حالت درصد حذف برای کلیه پارامترها بیش از ۹۰ درصد به دست آمده است و تغییرات دما تاثیری بر میزان حذف نمی گذارد .هم‌چنین متغیر pH از ۲ تا ۸ نیز حذف بسیار بالایی، تقریبا ۹۸ درصد را دارا می باشد و با افزایش pH میزان حذف فلزات افزایش می یابد .

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- نتایج تغییرات زمان ماند در حذف فلزات سنگین کروم ، نیکل و مس

زمان (دقیقه)	نیترات نیکل ۱۰ (mg/lit)		نیترات مس ۱۰ (mg/lit)		سولفات پتاسیم کروم ۱۰ (mg/lit)	
	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)
۵	۱/۰۷۸	۸۹/۲	۰/۵۲۱	۹۴/۷	۰/۳۲۹	۹۶/۷
۱۰	۱/۲۵۶	۸۷/۳	۰/۴۱۱	۹۵/۸	۰/۱۸۸	۹۸/۱
۲۰	۰/۸۷۰	۹۱/۳	۰/۳۵۱	۹۶/۴	۰/۲۷۶	۹۷/۲
۳۰	۰/۵۹۱	۹۴	۰/۳۱۹	۹۶/۸	۰/۱۷۶	۹۸/۲
۴۵	۰/۷۱۹	۹۲/۸	۰ /۳۵۴	۹۶/۴	۰/۲۵۲	۹۷/۴
۶۰	۱/۳۵۷	۸۶/۴	۰/۸۱۳	۹۱/۸	۰/۲۰۱	۹۷/۹

جدول ۲ - نتایج تغییرات زمان ماند در حذف مخلوط فلزات سنگین کروم، نیکل و مس

زمان (دقیقه)	نیترات نیکل ۱۰ (mg/lit)		نیترات مس ۱۰(mg/lit)		سولفات پتاسیم کروم ۱۰ (mg/lit)	
	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)
۵	۰/۴۱۴	۹۵	۰/۴۷۹	۹۵/۲	۰/۱۹۳	۹۸
۱۰	۰/۴۱۸	۹۵/۸	۰/۲۰۸	۹۷/۹	۰/۳۷۴	۹۶/۲
۲۰	۰/۳۵۴	۹۶/۴	۰/۲۲۴	۹۷/۷	۰/۳۰۹	۹۶/۹
۳۰	۰/۳۵۴	۹۶/۴	۰/۲۰۴	۹۷/۹	۰/۳۵۱	۹۶/۴
۴۵	۰/۳۴۴	۹۶/۵	۰ /۱۹۲	۹۸	۰/۳۶۳	۹۶/۳
۶۰	۰/۲۹۲	۹۷	۰/۴۰۹	۹۵/۹	۰/۱۲۹	۹۸/۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج تغییرات دما در حذف فلزات سنگین کروم، نیکل و مس

دما	نیترات نیکل ۱۰ (mg/lit)		نیترات مس ۱۰ (mg/lit)		سولفات پتاسیم کروم ۱۰ (mg/lit)	
	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)
۲۰	۰/۶۷۷	۹۳/۲	۰/۳۷۱	۹۶/۲	۰/۲۱۸	۹۷/۸
۳۰	۲/۰۴۱	۸۹/۵	۰/۳۰۹	۹۶/۹	۰/۲۹۶	۹۷
۴۰	۰/۵۰۸	۹۴/۹	۰/۳۴۲	۹۶/۵	۰/۳۵۱	۹۶/۴

جدول۴ – نتایج تاثیر دما بر حذف مخلوط فلزات سنگین کروم، نیکل و مس

دما	نیترات نیکل ۱۰ (mg/lit)		نیترات مس ۱۰ (mg/lit)		سولفات پتاسیم کروم ۱۰ (mg/lit)	
	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)
۲۰	۰/۳۵۸	۹۶/۴	۰/۱۹۵	۹۸	۰/۳۱۷	۹۶/۸
۳۰	۰/۳۳۷	۹۶/۶	۰/۱۹۰	۹۸/۱	۰/۳۹۹	۹۶
۴۰	۰/۳۵۲	۹۶/۴	۰/۱۶۵	۹۸/۳	۰/۴۲۶	۹۵/۷

جدول۵- تغییرات pH در حذف فلزات سنگین کروم، نیکل و مس

PH	نیترات نیکل ۱۰ (mg/lit)		نیترات مس ۱۰ (mg/lit)		سولفات پتاسیم کروم ۱۰ (mg/lit)	
	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)
۲	۱/۵۱۲	۸۴/۸	۱/۵۴۰	۸۶/۴	۰/۹۱۷	۹۰/۸
۴	۰/۷۰۵	۹۲/۹	۰/۲۰۰	۹۸	۰/۳۲۷	۹۶/۷
۶	۰/۵۷۳	۹۴/۲	۰/۲۱۳	۹۷/۸	۰/۲۱۲	۹۷/۸
۸	۰/۴۹۱	۹۵	۰/۱۵۹	۹۸/۴	۰/۱۳۲	۹۸/۶

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶ – نتایج تغییرات pH در حذف مخلوط فلزات سنگین کروم ، نیکل و مس

pH	نیترات نیکل ۱۰ (mg/lit)		نیترات مس ۱۰ (mg/lit)		سولفات پتاسیم کروم ۱۰ (mg/lit)	
	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)	غلظت باقی مانده (mg/lit)	درصد حذف (%)
۲	۰/۵۲۶	۹۴/۳	۰/۴۵۷	۹۵/۴	۰/۱۳۹	۹۸/۶
۴	۰/۳۲۸	۹۶/۷	۰/۱۵۹	۹۸/۴	۰/۲۶۸	۹۷/۳
۶	۰/۳۳۵	۹۶/۶	۰/۱۷۳	۹۸/۲	۰/۲۶۱	۹۷/۳
۸	۰/۳۳۱	۹۶/۶	۰/۲۹۶	۹۷	۰/۱۴۰	۹۸/۶

بحث و نتیجه گیری

با توجه به این‌که روش‌های متعارف تصفیه شیمیایی اغلب به دلیل تشکیل کمپلکس های مختلف با مشکلاتی مواجه می باشند و قادر به حذف کامل فلزات سنگین نمی‌باشند و از سوی دیگر پر هزینه هستند، در سیستم‌های رقیق کارایی چندانی ندارند ولی روش‌های بیولوژیکی از نظر اقتصادی به طور مطلوبی با روش‌های شیمیایی قابل قیاس می‌باشندو شرایط اقتصادی جدیدی را فراهم می‌آورند. روش‌های بیولوژیک نه تنها هزینه راه اندازی و نگه داری سالیانه‌ی زیادی نسبت به سایر روش‌ها ندارند، بلکه به دلیل عدم حضور موادشیمیایی و هم‌چنین نیاز به مصرف کم انرژی و تعداد کارگر در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است. اگرچه در این روش مقدار مواد زاید قابل توجه است، اما در مقابل بازیافت آب و پتانسیل آن زیاد است. قابل ذکر است که این روش قادر به تصفیه فاضلابی با ppm ۳۰۰۰-۱۰۰۰ فلز سنگین می‌باشد. ظرفیت این روش بین lit/min ۵۰-۲۰ (مقیاس کوچک تا متوسط) است.

بررسی نتایج آزمایشات تاثیر زمان ماند بر حذف فلزات سنگین در سیستم بسته حاکی از آنست که درصد حذف فلزات نیکل، مس و کروم در زمان ماند ۵ دقیقه به ترتیب۸۹/۲٪، ۹۴/۷٪ و ۹۶/۷٪ بوده است که این راندمان در زمان ماند ۶۰ دقیقه به۸۴/۶٪، ۹۱/۸٪ و ۹۷/۹٪ رسیده است. این خود بیانگر آن است که مقداری از رسوبات نیکل و مس با افزایش زمان ماند به صورت محلول به محیط بازگشته‌اند و در مورد کروم راندمان حذف با افزایش زمان ماند افزایش می یابد (افزایش تقریبی ۱/۵٪). اگر چه راندمان حذف با افزایش زمان ماند تغییر چندانی نمی‌کند،(به دلیل آن که ساز و کار حذف، جذب سطحی به وسیله آزولا می باشد، ولی بهترین زمان ماند جهت حذف فلزات سنگین توسط توده خشک آزولا زمان ماند ۲۰ دقیقه می باشد، چرا که بالاترین ضریب اطمینان و نیز اختلاط را داراست. شایان ذکر است که این زمان ماند نیز در صنعت توصیه می گردد زیرا علاوه بر دارا بودن مزایای ذکر شده نیاز به افزایش بیش از حد حجم تانک ها نمی باشد که سبب افزایش فضای اشغالی و هزینه ها گردد.

مقایسه توانایی آزولا در حذف سه فلز سنگین کروم، نیکل و مس به صورت مجزا نشان دهنده آنست که راندمان حذف به صورت رابطه Cr>Cu>Ni می باشد و از آنجایی که جرم اتمی کروم، مس و نیکل به ترتیب ۵۲.۰۱ ، ۶۳.۵۴ و ۵۸.۷۱ گرم می باشند، مشخص می گردد که کروم به‌دلیل دارا بودن ظرفیت بالاتر درصد حذف بیشتری دارد و از طرفی با افزایش جرم مولکولی در صد حذف افزایش می یابد و مس درصد حذف بالاتری نسبت به نیکل داراست . نتایج فوق کاملا با ساز و کار جذب سطحی مطابقت دارد.

بررسی نتایج آزمایشات تاثیر pH بر حذف فلزات سنگین در سیستم بسته حاکی از آنست که به طور کلی افزایش pH تاثیر چندانی بر راندمان حذف ندارد .

بررسی نتایج آزمایشات تاثیر دما بر حذف فلزات سنگین در سیستم بسته حاکی از آنست که مکانیسم حذف فلزات سنگین توسط آزولا مستقل از دما می باشد .

نتیجه کلی که از این تحقیقات می گیریم این است که سرخس آبزی آزولا قادر به کاهش فلزات سنگین کروم، نیکل و مس موجود در فاضلاب می‌باشد و می تواند غلظت باقی مانده فلزات را به حد مجاز تخلیه به محیط زیست برساند .

منابع

۱. رخشان، روحان، بررسی و بهینه سازی شرایط حذف فلزات سنگین روی- کادمیوم – نیکل- سرب از پساب ها به وسیله سرخس آبزی آزولاو همزیست جلبکی آن در تالاب انزلی، پایان نامه دکتری شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلام ی واحد تهران شمال، ۱۳۸۴، صفحات ۲۲ ال ی ۴۶

www.SID.ir

Archive of SID

۲. برخوردار، بنفشه، بررسی حذف و بازیافت فلزات سنگین کروم – نیکل - مس توسط توده خشک جلبکی – پایان نامه دکتری مهندس ی محیط ز یست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۲، صفحات ۱ ال ی ۶۴

۳. فرخ، علیرضا، نقش آزولا در افزایش برنج ، مجله زیتون، ۱۳۸۸، شماره ۱۹۶، صفحات ۱۴ الی ۱۹

4. Singth, P.K., Dash, H. P., Kashyap, A. k and H.D.KumarBlue- green- algal growth and N_2 fixation at nitrogen and phosphorus rice field , 2th edition , Mac Grow Hill ,1999 , pages 35 - 78

5. Diara, H.F., H. Vanbrandt., Diop, A.M and C. Vanhove, Azolla and its use in rice culture in West Africa. Sigthed in: Azolla Utilization , 3th edition , Mac Grow Hill ,1999 , pages 77 - 93

6. Kulascoriya,S.A.,Hirimburegama,W.K and S.W Abeysekera , Use of azolla in srilanka.Fujia academy of agriculture science.fuzho,Fugian (china)international rice research institute , first edition , John Wiwlly , 2000 , pages 67- 109

www.SID.ir