

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

عنوان:

بررسی قابلیت استفاده از انواع  
گیاهان آبی به منظور پایش زیستی  
اکوسیستم های مهم آبی کشور

مجری:

غلامرضا امینی رنجبر

شماره ثبت

۴۶۸۷۶

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی

عنوان پروژه : بررسی قابلیت استفاده از انواع گیاهان آبی به منظور پایش زیستی اکوسیستم های مهم آبی کشور

شماره مصوب پروژه : ۸۳۰۸۷-۰۰۰۰-۰۴-۰۰۰۰۰-۲۰۰۰۰-۲۰۳۱-۲

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : غلامرضا امینی رنجبر

نام و نام خانوادگی مجری مسئول ( اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد ) : -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : غلامرضا امینی رنجبر

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : نیما پورنگ، مریم فلاحی، حجت خداپرست، هادی بابائی، غلامرضا میرکی

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -

محل اجرا : استان گیلان

تاریخ شروع : ۸۳/۱۰/۱

مدت اجرا : ۵ سال

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۵

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

## «سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

پروژه: بررسی قابلیت استفاده از انواع گیاهان آبی به منظور پایش زیستی

اکوسیستم های مهم آبی کشور

کد مصوب: ۸۳۰۸۷-۰۰۰۰-۰۴-۰۰۰۰۰۰-۲۰۳۱-۲

شماره ثبت (فروست): ۴۶۸۷۶ تاریخ: ۹۴/۱/۲۲

با مسئولیت اجرایی جناب آقای غلامرضا امینی رنجبردارای مدرک تحصیلی

دکتری در رشته شیمی می باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ

۹۳/۳/۲۳ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در:

ستاد ■ پژوهشکده □ مرکز □ ایستگاه □

با سمت عضو هیئت علمی در موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور مشغول

بوده است.

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه
چکیده	.....	۱
۱- مقدمه	.....	۳
۱-۱- تالاب انزلی	.....	۳
۱-۲- گیاهان آبی	.....	۵
۱-۳- توان پالایش گیاهان آبی	.....	۶
۲- مواد و روشها	.....	۹
۲-۱- ایستگاههای نمونه برداری	.....	۹
۲-۲- نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها	.....	۹
۲-۳- هضم شیمیایی نمونه ها	.....	۱۰
۲-۴- اندازه گیری کل مواد آلی (TOM) در رسوبات	.....	۱۱
۲-۵- تهیه محلول های استاندارد	.....	۱۱
۲-۶- اندازه گیری فلزات سنگین در نمونه ها	.....	۱۱
۲-۷- آزمایشات در معرض گذاری	.....	۱۱
۲-۸- تجزیه و تحلیل های آماری	.....	۱۳
۳- نتایج	.....	۱۵
۳-۱- نتایج اندازه گیری های میدانی	.....	۱۵
۳-۲- نتایج در معرض گذاری های آزمایشگاهی	.....	۴۰
۴- بحث و نتیجه گیری	.....	۴۳
۴-۱- تحلیل عملکرد جذب فلزات توسط گیاهان آبی (سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا)	.....	۵۰
۴-۲- تحلیل ارتباط بین میزان عناصر، رسوبات، آب و گیاهان	.....	۵۴
۴-۳- تحلیل پارامترهای فیزیکوشیمیایی و رابطه آنها با میزان تجمع فلزات در گیاهان، آب و رسوبات	.....	۵۴
منابع	.....	۷۴
پیوست	.....	۷۸
چکیده انگلیسی	.....	۸۳

## چکیده

این پروژه تحقیقاتی در سالهای ۸۷-۸۶ با هدف بررسی امکان استفاده از گونه های مختلف گیاهان آبی (برگ شناور غیر آزاد، برگ شناور، آزاد و غوطه ور) به عنوان شاخص های زیستی تجمعی عناصر ضروری و غیرضروری شامل Ni, B, Cd, Pb, Cu, Mo, Se, Si, Cl, Zn, Cu, Mn, Fe, Na, Mg, Ca و ارزیابی میزان تحمل گیاهان آبی در قبال در معرض گذاری با عناصر مختلف و مطالعه نقش نسبی آب و رسوبات در جذب عناصر و نیز بررسی میزان تاثیر فاکتورهای حائز اهمیت محیطی (درجه حرارت، pH، شوری، اکسیژن محلول، کدورت کل مواد آلی) بر مقدار عناصر جذب شده در تالاب انزلی انجام گردید. نمونه های میدانی شامل گیاهان آبی هیدرو کوتیل ولگاریس، آزولا، سراتوفیلوم دمرسوم و تراپا ناتانس و همچنین آب و رسوبات از سه ایستگاه شامل منطقه شیجان، منطقه آبکنار و منطقه سیاکشیم در تالاب انزلی تهیه شده و با روشهای استاندارد هضم و با استفاده از دستگاههای ICP و جذب اتمی (AAS) اندازه گیری ها انجام شد. برای نمونه های آزمایشگاهی در معرض گذاری شده با فلزات Cu, Pb, Ni, Cd, Co, Zn شامل گیاهان آبی سراتوفیلوم، عدسک آبی و هیدرو کوتیل از محیط کشت های Hoogland's E+Medium (22,23), Swedish Standard (SIS), Lemna growth Medium 648 استفاده گردید. نتایج بدست آمده بیانگر آن است که در نمونه های میدانی اختلاف کاملاً معنی دار ( $p \leq 0/001$ ) بین گونه های گیاهی، ایستگاههای نمونه برداری و عناصر مورد نظر وجود داشته و بطور کلی ترتیب تجمع عناصر در گونه های گیاهی برترتیب زیر می باشد:  $Na < Ca < Mn < Fe < Zn < B < Cl < Cu < Ni < Si < Co < Pb < Mo < Cd$  و این نتایج با مطالعات تقریباً مشابه در سطوح ملی و بین المللی بطور نسبی همخوانی دارد. در مورد میزان تجمع فلزات در گیاهان و مقادیر شان در آب ایستگاههای مختلف ارتباط خاص و روشنی درخصوص آزولا و سراتوفیلوم قابل مشاهده نبوده اما در مورد گیاه هیدرو کوتیل بین روند میزان تجمع فلزات Ni, Cl, Zn در این گیاه و مقادیر آنها در آب شاهد هماهنگی بوده و این ارتباط در خصوص تجمع عناصر Co, Cl, Cu, Mn در گیاه تراپا و مقدارشان در آب ایستگاههای ۱ و ۳ مثبت می باشد. بین روند تغییرات میزان عناصر در گیاه هیدرو کوتیل و مقادیر آنها در رسوبات ایستگاههای سه گانه هماهنگی مثبت وجود داشته و این هماهنگی در مورد مقدار فلزات جذب شده Fe, Na, Mg, Ca در گیاه تراپا و میزان آنها در ایستگاههای ۱ و ۳ نیز مشهود است. در مورد گیاه آزولا و رسوبات ایستگاههای سه گانه فقط بین میزان عناصر Ni, Mg هماهنگی مثبت دیده میشود در حالیکه بین میزان تجمع فلزات در رسوبات ایستگاههای سه گانه گیاه سراتوفیلوم فقط فلز Co ارتباط مستقیم و مثبتی را نشان میدهد. روند تغییرات DO و pH و دمای آب با هم مشابه و از نظر ترتیب ایستگاه ۳ > ایستگاه یک > ایستگاه ۲ بوده در صورتیکه روند تغییرات و کدورت با هم هماهنگ و به لحاظ ترتیب ایستگاه ۳ > ایستگاه ۲ > ایستگاه یک و در مورد تغییرات TOM نیز روند خاصی مشاهده نگردید. نتایج مربوط به تجمع فلزات در نمونه های آزمایشگاهی نشان میدهد که سراتوفیلوم و هیدرو کوتیل رفتار تقریباً مشابهی داشته و در هر دو گیاه بیشترین جذب مربوط به فلزروی و کمترین جذب به ترتیب مربوط به فلزات کبالت و سرب می باشد. گیاه عدسک آبی بیشترین جذب

را از فلز روی و کمترین مقدار جذب را از عنصر کادمیوم داشته است. ترتیب فاکتور غلظت در نمونه های گیاهی آزمایشگاهی در معرض فلزات سنگین قرارداد شده بترتیب هیدور کوتیل > سراتوفیلوم > عدسک آبی می باشد.

واژگان کلیدی:

گیاهان آبی، عناصر ضروری، پایش زیستی، فاکتورهای محیطی، تالاب انزلی

## ۱- مقدمه

### ۱-۱- تالاب انزلی

این تالاب در حاشیه شمالی گیلان و در جنوب غربی دریای خزر واقع شده است. آبهای بیش از یازده رودخانه که از کوههای البرز سرچشمه می گردند، وارد این تالاب میشوند. تالاب انزلی از انواع تالابهای ساحلی کم عمق بوده و مانند اکثر تالابهای دنیا واجد ارزش و فوائد زیادی است که از نظر اکولوژی، گیاه شناسی، جانور شناسی، لیمنولوژی و هیدروبیولوژی دارای اهمیت بین المللی می باشد. این تالاب علاوه بر اهمیت اثر در افزایش تولیدات گیاهی و پروتئین سفید به عنوان مهمترین پشتوانه در تکثیر ماهیان اقتصادی شیلاتی دریای خزر و همچنین ارزشهای گردشگری، کنترل سیلاب های منطقه ای بوده و طی سالهای متمادی زمینه ارتباطات علمی، آموزش فرهنگی جهت محققین و پژوهشگران را فراهم نموده است.

تالاب انزلی دارای وسعتی حدود ۱۵۰ کیلومتر مربع می باشد و از نظر جغرافیائی میان  $37^{\circ}$  و  $30' 21''$  و  $49^{\circ}$  و  $38' 49''$  طول شرقی نصف النهار گرینویچ قرار گرفته و دارای چهاربخش نسبتاً متمایز می باشد.

۱- بخش شرقی که حوضچه شرقی را تشکیل میدهد.

۲- بخش مرکزی که شامل حوضچه مرکزی است.

۳- بخش غربی که حوضچه غربی را شامل میشود.

۴- بخش سیاه کشیم که در جنوب غربی قرار گرفته است.

این چهار بخش از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با مورفولوژیکی، فیتو اکولوژی و جغرافیایی یا یکدیگر تفاوت کلی دارند و سیستم های متفاوتی را تشکیل داده و بطور کلی این اکوسیستم آبی جزء آبهای شیرین داخلی دسته بندی می گردد. میزان بارش سالانه تالاب حدود ۲۰۰۰ میلی متر با متوسط رطوبت نسبی ۸۱ درصد می باشد و به همین دلیل تغییرات حرارتی شب و روز در آن زیاد نمی باشد (حق پناه، ۱۳۶۹ و منوری، ۱۳۶۹).

### ۱-۱-۱- منابع آلاینده تالاب انزلی

تالاب انزلی همواره از انواع آلاینده ها که معمولاً منشاء انسان ساخت دارند رنج برده است. در دهه های اخیر با افزایش رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی بر میزان کمی و کیفی آلاینده افزوده شده است. در بررسی و شناخت منابع مهم آلاینده این اکوسیستم آبی می توان به ترتیب اهمیت از ۱- فاضلابهای شهری و خانگی ۲- فاضلابهای صنعتی و مواد زائد جامد شهری و خانگی ۳- فاضلابهای صنعتی و مواد زائد جامد شهری، روستایی و صنعتی و کشتار گها ۴- پسابهای کشاورزی (کودها و سموم شیمیایی) نام برد.

### الف) فاضلابهای شهری و خانگی

فاضلابهای شهری ناشی از آبهای زائد است که از منازل، آبهای سطحی (روانابها) شهری، موسسات تجاری و کارخانجات صنعتی بطور مستقیم و غیر مستقیم به رودخانه تخلیه میشوند. این فاضلابها دارای مواد آلی و میکروبیهای بیماری زا بوده و به نسبت غلظت و حجم بسیاری بالایی که دارند از عمده ترین عوامل آلودگی منابع پذیرنده خود بحساب می آیند. آلودگی های تالاب بیشتر از راه رودخانه پیر بازار که تقریباً همه فاضلابهای شهر رشت را در بر می گیرد، وارد میشوند و فاضلاب همه مناطق مسکونی حاشیه رودخانه های اطراف این تالاب نیز به آن می ریزند (مفخم، ۱۳۷۵).

### ب) فاضلابهای صنعتی

صنایع مستقر در حوزه آبریز تالاب، از نظر محل استقرار، نوع و میزان بار آلودگی و محل تخلیه به رودخانه های ورودی از اهمیت ویژه ای برخوردارند. با توجه به اینکه از ۳۸ واحد صنعتی آلوده کننده در استان گیلان تعداد ۲۳ واحد آن در حاشیه تالاب انزلی و یا در مسیر رودخانه های منتهی به این تالاب واقع شده اند، اهمیت آنها در آلودگی تالاب بالاخص از لحاظ فاضلاب سنگین بخوبی روشن است (منوری، ۱۳۶۳).

### ج) مواد زائد جامد شهری-روستایی، صنعتی و کشتارگاهها

استفاده از رودخانه ها و نهرها برای تخلیه انواع زباله نه تنها با شدت بسیار در تمام منطقه ادامه دارد بلکه چنان ابعادی بخود گرفته که نتایج بسیار ناگواری را فراهم کرده است. تخلیه صدها تن زباله چهار شهر رشت، خمام، کوچصفهان و لشت نشاء در سرچشمه رودخانه سیاهرود، سرازیر نمودن انواع مواد زائد جامد کارگاهی، صنعتی، بیمارستانی، کشتارگاهها و دیگر وسایل اسقاط و مستعمل شهری و روستائی در حاشیه رودخانه های منتهی به تالاب و یا حاشیه آن علاوه بر ایجاد مناظر نامطلوب، باعث تخریب بیش از حد منابع آبی منطقه شده است.

### د) پسابهای کشاورزی

وجود مزارع متعدد و گسترده در طول مسیر رودها، نهرها و حاشیه تالاب همواره از منابع اصلی آلودگی این اکوسیستم بوده و استفاده از انواع کوده های شیمیایی، سموم دفع آفات نباتی و علف کشها به دلیل کاهش باروری زمین و مساعد شدن زمینه تکثیر انواع گیاهان هرز و آفات، مصرف روبه تزایدی را در منطقه باعث شده است. کودهای مورد مصرف عموماً از نوع اوره، فسفات آمونیم و سولفات آمونیم و در مراحل بعدی از سوپر فسفات تریپل، سولفات دو پتاس و نترات آمونیم است. بارانهایی که در فصول و ماههای مختلف می بارند، باقی مانده سموم و کودهای شیمیایی در زمینهای کشاورزی را از طریق زهکشها بصورت شیرابه وارد تالاب می کند.



بعضی از این زهکشها، عبارتند از تش، شیجان و بیجرود. در این زهکشها از جمله انهارى هستند که جهت آبیاری و زهکشی برنج زارها، آبهای سطحی حاصله از بارانهای را جمع آوری می کنند(اولا، ۱۳۶۹).

## ۱-۲- گیاهان آبی

نقش مهم و حیاتی گیاهان آبی در تالابها، اهمیت آنها را بالا برده و به دلیل اینکه مورد تغذیه جوامع آبی اعم از پرندگان، ماهیها و ... قرار گرفته و این اکوسیستمهای آبی را از خطرات نجات داده و مصونیت آنها را برای ادامه حیات و نقش آفرینی هایشان در ابعاد مختلف اکولوژیکی و بیولوژیکی و ... را تضمین می کند، دارای اهمیت می باشند. اما رویش بیش از حد این گیاهان در تالابها همواره آنها را به عنوان مهمترین عامل اصلی مرگ آنها مطرح نموده است. بطوریکه طبق قرائن آشکار در مورد تالاب انزلی یکی از علل پیری زودرس آن افزایش فوق العاده کمی و کیفی گیاهان آبی است.

گیاهان آبی بر حسب قرار گرفتن در سواحل از تقسیمات رویشی زیر پیروی می کنند.

۱- گیاهان غوطه ور ۲- گیاهان شناور (آزاد و غیر آزاد) ۳- گیاهان حاشیه ای (کنار آبی) ۴- بوته ها و علفهای آبی ۵- درختان ماندابی ۶- جنگلهای نواحی مرطوب (حرا و...).

رویش گیاهان آبی در تالاب امری طبیعی است و در حالت مخصوص شرایط تالابی، به علت ورود رسوبات ریز دانه مواد معلق در آب رودخانه سفید رود از شبکه آبیاری و شسته شدن سموم شیمیایی کودهای حاصلخیز کننده داخل مزارع در مواقع بارانهای شدید فصلی و وارد شدن این مواد با زهکشی طبیعی و شبکه آبیاری به داخل تالاب به رویش آنان توان بیشتری می دهد. بر اساس تحقیقات ولادیمیراسکایا کارشناس علمی اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۶۹ عمده ترین گیاهان آبی تالاب انزلی با توجه به ویژگیهای زیستگاه آنها در سه گروه معرفی می شوند (منوری، ۱۳۶۹؛ Wany & Lewis, 1992).

### ۱-۲-۱- گیاهان غوطه ور

این گیاهان شامل کلیه گیاهان غوطه ور در آب هستند که بخش اعظم ارگان های رویشی و تولید مثلی این گیاهان به حالت غوطه ور بوده و عموماً در سطح آب گل می دهند و محل استقرار این گیاهان عمدتاً در بخش های شرقی و غربی و کانالها و تابع تغییرات درجه حرارت، عمق و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب است. مهمترین گیاهان غوطه ور تالاب شامل گوشاب شانه ای، سراتو فیلوم شناور، میریوفیلوم، والیس نریای پیچیده، جلبک سبز آبی، جلبک سبز و ناجس مینور می باشند(منوری ۱۳۶۳).

بطور کلی گونه های غوطه ور پتانسل بیشتری برای جذب فلزات دارند (Rai et al., 1995; Jackson, ۱۹۹۵).

### ۱-۲-۲- گیاهان شناور

گیاهان شناور در اکثر نقاط تالاب به صورت پوشش یکپارچه ای سطح آب را پوشانده است و شامل گیاهانی است که ریشه و ساقه آنها در داخل آب قرار داشته و برگها و بویژه گل در خارج از آب ولی در تماس با آن یعنی به شکل شناور مشاهده میگردند. محل تجمع این گیاهان شناور در قسمت آرام آب می باشد عمده ترین گیاهان شناور در تالاب انزلی شامل نیلوفر آبی، سولوین، تراپا، هیدورکاریس، آزولا، مریم آبی، عدسک سرنیزه ای، عدسک آبی چند ریشه ای و علف هفت بند می باشد (منوری، ۱۳۶۹).

### ۱-۲-۳- گیاهان حاشیه ای

در این گیاهان ریشه در خاک، بخش پائینی گیاه در آب و برگها و گل ها در خارج از آب قرار دارند. این گیاهان که بطور معمول در قسمتهای حاشیه ای دریاچه ها و تالابها قرار می گیرند، امروزه در تمام بخشهای تالاب انزلی قابل مشاهده اند. مهمترین آنها در این اکوسیستم آبی شامل لویی پهن، اسپرغان، گوش دراز، نی و سپرپوش می باشند.

بر اساس تحقیقاتی که خاوری نژاد (۱۳۴۷) و کیمبال و همکاران (Kimball et al., 1974) انجام داده اند، ۳۷ گونه گیاهان آبی در تالاب شناسایی شده است که از این ۳۷ گونه ۱۴ گونه حاشیه ای، ۱۴ گونه شناور و ۹ گونه غوطه ور می باشند.

### ۱-۳- توان پالایش گیاهان آبی

بر اساس تحقیقات انجام شده گیاهان آبی توان پالایش آلودگیها بالاخص فلزات سنگین و ترکیبات آلی در آب را که توسط انواع فاضلاب ها، پسابها و مواد زائد جامد وارد اکوسیستمهای آبی میشوند را داشته و می توانند به عنوان شاخص های بیولوژیک در بافتهای مختلف شان عناصر سمی و خطرناکی مانند کادمیوم، سرب، نیکل، جیوه و ... را جذب نمایند. بطوریکه غلظت عناصر مزبور در آنها بیش از ۲ تا ۴۰۰۰ برابر غلظت شان در آب باشد (Fytianos et al., 1999, Brown et al., 1999, Leal et al., 1997).

البته کلیه گیاهان آبی قادر به جذب مواد نبوده اما از میان گیاهانی که دارای این خاصیت هستند می توان آزولا، سراتوفیلوم، پوتاموژتون، هیدروکوتیل و تیفارا نام برد. مطالعاتی که توسط سازمان محیط زیست در سال ۱۳۵۵ انجام گرفته نشان از فراوانی و توسعه بیش از حد ماکروفیتها بر پلانکتونها دارد که عامل اصلی این امر وجود مواد غذایی بیش از حد بالاخص نیتروژن و فسفر بوده که از طریق پسابها و فاضلابها شهری و روستائی صنعتی و کشاورزی وارد تالاب میشوند (منوری، ۱۳۶۹).

## ➤ فلزات

گیاهان آبی برای بقا و تداوم حیات خود در اکوسیستم های آبی از یک سو نیازمند جذب فلزاتی هستند که در زنجیره غذایی شان به عنوان عناصر ضروری و مغذی (Ca, Mg, Na, Mo, Fe, Mn و ...) شناخته شده اند و از سوی دیگر با توجه به توان و پتانسیلی که دارند می توانند با جذب عناصر غیر ضروری و بعضاً سمی و خطرناک (Pb, Cd, Ni, Hg, Co و ...) نقش مهمی را در جهت حذف اینگونه فلزات از محیطهای آبی ایفاء نمایند. معمولاً در اکوسیستمهای طبیعی و بدون قرار گرفتن در معرض آلاینده های شیمیایی انسان ساخت و در موارد طبیعی توان خودپالایی و دفع این آلاینده ها وجود دارد. اما در اکوسیستم های آبی که در معرض آلاینده هایی با هر منشا قرار دارند، گیاهان آبی نقش فیلتر کننده و پالایشگر را به عهده دارند.

## ◀ عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در ماکروفیتهای آبی

گیاهان آبی به لحاظ داشتن ظرفیت قابل توجه برای تجمع فلزات سنگین به عنوان شاخص آلودگی یا شاخص زیستی برای مطالعات زیست محیطی بسیار مفید هستند. جذب فلزات توسط ماکروفیتهای آبی متاثر از چندین عامل است. این عوامل به دو دسته تقسیم میشوند (Wany & Lewis, 1999; Guilizzoni, 1991):

۱- عوامل زیستی

۲- عوامل غیرزیستی

عوامل زیستی عبارتند از گونه، سن، تولید، انتقال مواد غذایی از یک نقطه گیاه به نقطه دیگر، مسیر بالا رفتن (برگ یا ریشه) و کیفیت بالا رفتن (زندگی یا مرگ). عوامل غیرزیستی دو دسته اند: ۱- شیمیایی شامل غلظت، مدت ارائه، مخلوط شدن، رقابت یونها و عوامل کمپلکس کننده ۲- محیطی شامل درجه حرارت، نور، فصل، pH، شوری و مواد مغذی گیاه.

با پایش زیستی منابع آبی از بروز تغییرات شدید و غیرقابل کنترل پارامترهای محیطی و به تبع آن بحران های زیست محیطی و صدمات جبران ناپذیر مانند مرگ و میر گسترده آبیان (بویژه گونه های اقتصادی) جلوگیری نموده و میزان خسارات را کاهش داد.

با توجه به اطلاعات و توضیحات مذکور، پروژه حاضر با اهداف مشخص ذیل برنامه ریزی و اجرا گردید:

- بررسی امکان استفاده از گونه های مختلف گیاهان آبی (برگ شناور، برگ شناور آزاد و غوطه ور) به منظور پایش زیستی کاهش زیستی تالاب انزلی. به عبارت دیگر بررسی امکان بکارگیری گونه های مختلف گیاهان آبی بعنوان شاخصهای زیستی تجمعی (accumulative bioindicators) یا شاخصهای زیستی حساس (sensitive bioindicators) عناصر ضروری (essential) و غیر ضروری (non-essential) مختلف.
- بررسی میزان بردباری و تحمل (tolerance) گیاهان آبی در قبال معرض گذاری (exposure) با عناصر گوناگون.

- مقایسه نقش نسبی آب و رسوبات در جذب عناصر توسط گیاهان آبی

- بررسی میزان تجمع عناصر مختلف در گیاهان آبی

بررسی میزان تاثیر پارامترهای حائز اهمیت محیطی (درجه حرارت، pH، شوری، اکسیژن محلول، کدورت) بر میزان جذب عناصر مورد نظر.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- ایستگاههای نمونه برداری

پس از بازدید و گشت در مناطق مختلف در سه منطقه از تالاب انزلی ایستگاههای نمونه برداری مشخص گردید:

جدول (۱) موقعیت ایستگاههای نمونه برداری

شماره ایستگاه	نام منطقه	مشخصات جغرافیایی
۱	شیجان	۳۷°۲۵' شمالی ۴۹°۳۰' شرقی
۲	آبکنار	۳۷°۲۵' شمالی ۴۹°۱۷' شرقی
۳	سیاه کشیم	۳۷°۲۴' شمالی ۴۹°۲۲' شرقی

### ۲-۲- نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

#### ۲-۲-۱- گیاهان آبی

در مرداد ماه سال ۸۶ از چهار گونه گیاهی مشتمل بر *Ceratophyllum demersum* (گونه غوطه ور)، *Hydrocotyl vulgaris* (گونه شناور غیر آزاد)، *Azolla filliculoides* (گونه شناور آزاد) و *Trapa natans* (گونه شناور غیر آزاد) نمونه برداری انجام گردید. پس از نمونه برداری نمونه های گیاهی از ایستگاههای فوق الذکر و انتقال به آزمایشگاه، آنها را با استفاده آب مقطر دوبار تقطیر شده به دقت شسته (به منظور جدا شدن ذرات رسوبی و سایر مواد زائد موجود در لابلای اندامهای خارجی گیاهان) و در داخل ظروف پتری علامت گذاری شده قرار داده شد و تا خشک شدن کامل در داخل آون (درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتیگراد) قرار داده شد. پس از خشک شدن کامل، نمونه ها در هاون چینی خرد گردید و بصورت پودر در آورده شد. تعداد نمونه گیاهی تهیه شده از هر ایستگاه ۱۲ نمونه به همراه یک شاهد بود.

#### ۲-۲-۲- نمونه های آب

نمونه های آب در هر ایستگاه به میزان ۴ لیتر (مخلوط از سه لایه سطحی، میانی و عمیق) بوسیله بطری نانس و در ظروف پلی اتیلن تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه توسط پمپ خلاء با کاغذ صافی ۴۲ صاف گردید و سپس با اسید نیتریک غلیظ فیکس گردید (AWWA, 1990).

**۳-۲-۲- نمونه های رسوب**

نمونه های رسوب از ایستگاههای سه گانه بوسیله گراب از نوع Eckmann (۲۲۵ سانتی متر مربع) و از رسوبات سطحی (۵ تا ۱۰ سانتی متر) انجام گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک نموده و بوسیله هاون کاملاً پودر و از الک ۶۳ میکرون عبور داده شد. تعداد نمونه رسوب از هر ایستگاه ۳ نمونه به همراه یک شاهد بود.

**۳-۲- هضم شیمیایی نمونه ها****۱-۳-۲- هضم تر برای نمونه های گیاهی**

برای هضم نمونه های گیاهی آماده شده، از مخلوط اسید نیتریک، اسید سولفوریک و اسید پرکلریک با نسبتهای ۱، ۱۵، ۱ برای عمل هضم تر استفاده گردید. ابتدا حدود ۰/۲ گرم (وزن نمونه های مختلف کمی با یکدیگر متفاوت است) از نمونه های پودر شده و آماده گیاهی را در لوله های مخصوص هضم ریخته و میزان ۱۱۵ml از اسید نیتریک به این نمونه ها اضافه کرده و به مدت ۲۴ ساعت به حال خود گذاشته شد (به منظور انجام پیش هضم) و سپس اسیدهای سولفوریک و پرکلریک به نمونه ها اضافه گردید. نمونه ها به ملایمت به وسیله هیتز مخصوص هضم حرارت داده شد تا زمانیکه بخار خرمایی رنگ  $\text{NO}_2$  خارج گردد. سپس میزان حرارت افزایش داده شد تا زمانی که مخلوط بجوشد. عمل هضم تا زمانیکه بخارات سفید رنگ اسید سولفوریک نمایان شود برای مدت ۱۵ دقیقه ادامه یافت. زمان هضم کامل حدود یک تا یک و نیم ساعت بود. سپس آنرا خنک کرده و با آب دوبار تقطیر شده به حجم ۲۵ml رسانده شد و تا زمان آنالیز دستگاهی در داخل ظروف پلی اتیلن مخصوص نگهداری شد. لازم بذکر است که کلیه ظروف نگهداری نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در اسیدنیتریک ۱۰ درصد مانده و سپس مورد استفاده قرار گرفت (Jonc, Valoon, 1985).

**۲-۳-۲- هضم تر برای نمونه های رسوب**

به میزان نیم گرم از رسوبات (نمونه های مختلف از ایستگاههای سه گانه) در داخل بالون ته گرد درب سمباده ای ریخته و با اضافه نمودن اسیدها نیتریک، سولفوریک و پرکلریک اسید (۲:۲:۴) به مدت یک شب برای رفلکس در زیر هود نگهداری گردید تا هضم ابتدایی انجام شود. سپس با قراردادن چند گلوله شیشه ای در بالون روی اجاق برقی شامل رفلکس برای مدت ۵ ساعت با حرارت کمتر از ۱۲۰ درجه سانتیگراد انجام گردید. پس از سرد کردن نمونه ابتدا با کاغذ صافی واتمن ۴۲ را در داخل قیف با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال شستشو داده و سپس نمونه را در بالن ژوژه صد میلی لیتر صاف گردید. جهت حذف تداخل با اضافه کردن کلریدپتاسیم ۱۰ درصد و استات آمونیم ۰/۱ مولار به نسبت ۱ و ۰/۵ میلی لیتر با استفاده از اسید کلریدریک

۰/۱ نرمال به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. نمونه های تهیه شده تا هنگام آنالیز در جای تاریک و خنک نگهداری شدند (Westerman, 1990).

#### ۴-۲- اندازه گیری کل مواد آلی (TOM) در رسوبات

اندازه گیری مقدار کلی مواد آلی رسوبات به روش سوزاندن و براساس روش استاندارد (Standard Method, 1996) انجام شد. برای انجام این کار ابتدا ۳ بوته چینی توزین گردیده و مقدار ۱۰ گرم از رسوبات را داخل بوته های چینی ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون واجد دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. سپس نمونه ها را از کوره خارج و درون دسیکاتور قرار داده و با دمای آزمایشگاه خنک شدند. بوته ها پس از توزین به درون آون دارای دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد منتقل و پس از ۸ ساعت آنها را از کوره خارج و داخل دسیکاتور قرار داده شدند. نهایتاً بوته ها مجدداً توزین و پس از استفاده از فرمول ذیل، میانگین سه عدد حاصل بعنوان TOM ایستگاه مورد نظر ثبت گردید.

$$TOM = \frac{B-C}{B-A} \times 100$$

در این فرمول:

A= وزن بوته خالی، B= وزن بوته بعد از کوره، C= وزن بوته بعد از آون

#### ۴-۵- تهیه محلول های استاندارد

محلولهای استاندارد فلزات مورد نظر از نمک های آنها تهیه گردید که عمدتاً یا نترات بوده یا سولفات. برای کالیبره کردن دستگاههای آنالیز ابتدا از محلول شاهد و سپس از محلولهای استاندارد استفاده گردید.

#### ۴-۶- اندازه گیری فلزات سنگین در نمونه ها

دستگاههای مورد استفاده برای آنالیز نمونه های مختلف گیاه، آب و رسوب دارای مشخصات ذیل بودند:

ICP: مدل Optima2100 ساخت کمپانی Perkin Elmer

AAS (با شعله): مدل IAAS 3110 ساخت کمپانی Perkin Elmer

#### ۴-۷- آزمایشات در معرض گذاری

در این مطالعه ابتدا میزان کمی از گیاهان آبی عدسک آبی، سراتوفیلوم و هیدروکوتیل از محیط طبیعی برداشت و اقدام به کشت آنها گردید. بدین منظور محیط کشت های مختلفی طراحی گشت که عبارتند از:

Swedish standard (SIS) Lemna growth medium0648 و

Hoagland's E+Medium (22,23)

محیط کشت: Swedish standard (SIS) Lemna growth medium:

محلولهای استوک ۱ تا ۵ را در ۱۲۰ درجه سانتیگراد بایستی بمدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو و یا توسط ممبران فیلتر ۰/۲ میکرون استریل شود. محلول استوک ۶ و ۷ نباید اتوکلاو شود بلکه توسط فقط ممبران فیلتر استریل گردد.

جدول ۲) ترکیب و میزان عناصر محیط کشت Swedish standard (SIS) Lemna growth medium

محیط کشت آماده شده		غلظت در محیط کشت آماده شده (میلیگرم در لیتر)	غلظت محلول استوک (گرم در لیتر)	ماده	شماره محلول استوک
غلظت (میلیگرم در لیتر)	عنصر				
۱۴:۳۲ ۶:۲/۴	Na;N K;P	۸۵	۸/۵	Na NO <sub>3</sub> KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	۱
۷/۴:۹/۸	Mg;S	۱۳/۴	۱/۳۴	MgCo <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	۲
۹/۸:۱۷/۵	Ca;Cl	۷۵	۱۵	Ca, Cl <sub>2</sub> ,2H <sub>2</sub> O	۳
۲/۳	C	۳۶	۷/۲	Na <sub>2</sub> Co <sub>3</sub>	۴
۰/۱۷	B	۲۰	۱	H <sub>3</sub> Bo <sub>3</sub>	۵
۰/۰۵۶	Mn	۱	۰/۲	MnCl <sub>2</sub> ,4H <sub>2</sub> O	
۰/۰۰۴	Mo	۰/۲	۰/۰۱	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	
۰/۰۱۱	Zn	۰/۰۱	۰/۰۵	ZnSO <sub>4</sub> ,7H <sub>2</sub> O	
۰/۰۰۱۳	Cu	۰/۰۵	۰/۰۰۵	CuSO <sub>4</sub> ,5H <sub>2</sub> O	
۰/۰۰۲	Co	۰/۰۰۵	۰/۰۱	Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ,6H <sub>2</sub> O	
۰/۱۷	Fe	۰/۰۱	۰/۱۷	FeCl <sub>3</sub> ,6H <sub>2</sub> O	۶
-	-	۰/۸۴	۰/۲۸	Na <sub>2</sub> -EDTA,2H <sub>2</sub> O	
-	-	۴۹۰	۴۹۰	MOPS ( buffer)	۷

محلول های استوک استریل شده باید تحت شرایط خنک و تاریک نگهداری شوند. محلولهای استوکی ۱الی ۵ پس از ۶ ماه دور ریخته شوند و محلول استوک ۶ و ۷ بمدت یکماه می توانند استفاده شوند. پس از ساخت محیط کشت ۳ تیمار و شاهد برای اجرای آزمایشات در نظر گرفته می شود. تیماربندی بر اساس غلظت های مختلف فلزات سنگین صورت می گیرد. غلظت فلزات سنگین در تیمارها بشرح ذیل می باشد.



تیمار اول:

غلظت (میلی گرم در لیتر)	تیمار اول
۰/۰۰۰۵	نیترات کادمیوم
۰/۰۴۹	نیترات روی
۰/۰۹۲	نیترات مس
۰/۰۰۱۷	نیترات کبالت
۰/۰۱۱۶	نیترات نیکل
۰/۰۱	نیترات سرب

تیمار دوم و سوم:

در تیمار دوم و سوم غلظت عناصر به ترتیب ۱/۵ الی ۲ برابر غلظت تیمار اول می باشد. برای شاهد و هر یک از تیمارها ۳ آکواریوم ۷ لیتری در نظر گرفته و ۶ لیتر آن توسط محیط کشت پر می شود. برای گیاهان سراتوفیلوم و هیدروکوتیل علاوه بر محیط کشت خاک به میزان ۱۷۰۰ الی ۱۷۵۰ گرم در کف آکواریوم اضافه می گردد. در آزمایش عدسک آبی به هر آکواریوم ۲۰ فروند، در مورد سراتوفیلوم ۵ قطعه توزین و اضافه می گردد و برای هیدورکوتیل نیز به میزان مشخصی توزین به هر آکواریوم اضافه می گردد. گیاه سراتوفیلوم در خاک کشت می گردد. بغیر از شاهد در تیمارها باندازه غلظت های تعیین شده برای هر تیمار (تیمار اول غلظت ذکر شده در جدول تیمار دوم یک و نیم برابر غلظت ذکر شده و تیمار سوم دو برابر غلظت ذکر شده) مخلوط فلزات سنگین اضافه می گردد. میزان نور لازم طی دوره اجرای آزمایشات ۱۰۰۰ لوکس نور سفید بوده و دما نیز کنترل شد. کلیه آکواریوم ها مجهز به هواده شده و تحت شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی، pH حدود ۷/۲ قرار می گیرد. کیفیت رشد گیاهان طی یک ماه و گاهای بیشتر تحت بررسی قرار گرفته و در پایان دوره مجدداً توزین و برای اندازه گیری میزان جذب فلزات سنگین به آزمایشگاه ارسال گردید. شایان ذکر است که آب و خاک هر نمونه نیز جهت آنالیز فلزات سنگین به آزمایشگاه فرستاده شد.

## ۸-۲- تجزیه و تحلیل های آماری

برای مشخص شدن نرمال بودن داده ها، از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده گردید. چون فرضیه نرمال بودن داده ها تایید گردید لذا مشخص شد که می توان از روش های آمار پارامتریک استفاده نمود (Daniel, 1977; Rees, 1991; Zar, 1999). برای تشخیص همگنی واریانس ها از آزمون Levene (Levene's test) استفاده شد. با توجه به ناهمگن بودن واریانس ها، تغییر شکل داده ها (data transformation) بر مبنای  $\ln(n+1)$  انجام گردید (Sokal and Rohlf, 1995; Zar, 1999). برای مشخص نمودن وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در تجمع عناصر مورد نظر

در گیاهان آبی نمونه برداری شده از ایستگاههای نمونه برداری از تجزیه واریانس سه طرفه (Three-way ANOVA) استفاده گردید (۱۶ عنصر  $\times$  ۳ ایستگاه  $\times$  ۴ گونه) و با توجه به مشاهده اختلاف معنی دار، برای مشخص شدن گروههای همگن از آزمون دانکن (Duncan's new multiple range test) استفاده گردید (Steel et al., 1997; Zar, 1999). به منظور بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در تجمع عناصر مورد نظر در هر یک از گونه های گیاه آبی مورد بررسی در این تحقیق از چهار تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد و با توجه به مشاهده اختلاف معنی دار، برای تشخیص گروههای همگن از آزمون دانکن استفاده گردید. علاوه بر این برای مقایسه ایستگاههای نمونه برداری از دیدگاه وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میزان تجمع عناصر در دو گونه *C. demersum* و *A. filiculoides* از دو تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد (با توجه به حضور دو گونه مزبور در هر سه ایستگاه نمونه برداری). از سوی دیگر به منظور مقایسه ایستگاههای ۱ و ۳ از دیدگاه وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میزان تجمع عناصر در گیاهان متعلق به گونه *T. natans* و همچنین برای مقایسه ایستگاههای ۱ و ۲ از نظر وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میزان تجمع عناصر در گونه *H. vulgaris* از دو آزمون T (Paired-Samples T Test) استفاده گردید. برای بررسی ایستگاههای نمونه برداری از دیدگاه مقادیر عناصر مورد نظر در آب و رسوبات منطقه مطالعاتی از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد و در موارد مشاهده اختلاف معنی دار از آزمون SNK (Student-Newman-Keuls) برای تشخیص گروه های همگن استفاده شد. برای گروه بندی عناصر مختلف از دیدگاه میزان تجمع در گیاهان آبی و رسوبات نمونه برداری شده از منطقه مطالعاتی و همچنین غلظت آنها در آب منطقه مطالعاتی از آنالیزهای خوشه‌ای با استفاده از مقیاس اقلیدسی (Euclidean distance) استفاده گردید. از ضرائب همبستگی پیرسون (Pearson) به منظور بررسی روابط میان عناصر تجمع یافته در گیاهان آبی استفاده شد. علاوه بر این روابط بین مقادیر عناصر در آب و خاک منطقه مطالعاتی از ضرائب همبستگی اسپیرمن (Spearman) استفاده گردید (Zar, 1999). آنالیزهای آماری فوق الذکر بر روی داده‌ها با استفاده از نسخه جدید بسته نرم افزاری SPSS (Version 17.0) انجام گردید.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- نتایج اندازه گیری های میدانی

در جدول ۳ ملاحظه می شود که در ایستگاه یک سراتوفیلوم بیشترین میانگین جذب را در رابطه با کلسیم داشته و عناصر دیگر شامل Fe, Mn, Mg و Na بترتیب میانگین جذب شان توسط این گیاه بعد از Ca قرار دارد. در این ایستگاه میانگین جذب Ni و B تقریباً مشابه یکدیگر است.

میانگین جذب Si بیش از Zn, Cu, Cl و Co توسط سراتوفیلوم در ایستگاه یک بوده و این در حالی است که بطور کلی نتایج جدول بیانگر این است که بیشترین میانگین جذب مربوط به کلسیم و کمترین آن مربوط به Se می باشد و عناصر Mo, Cd و Pb نیز هیچگونه جذبی توسط سراتوفیلوم در این ایستگاه نداشته اند.

جدول ۳) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های سراتوفیلوم گردآوری شده از ایستگاه یک.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	54300.00	158300.00	114766.6667	35911.51584
Mg	12	60300.00	99800.00	77891.6667	10918.57952
Na	12	51400.00	76700.00	65325.0000	7628.66901
Fe	12	67800.00	127500.00	98900.0000	16632.44365
Mn	12	65100.00	96000.00	80558.3333	8810.06226
Cu	12	11.73	27.85	16.1017	5.29723
Zn	12	44.75	84.75	61.6458	10.64695
Cl	12	40.00	100.00	71.8750	19.65975
Si	12	ND	588.90	142.4858	234.74778
Se	12	ND	0.48	0.0400	0.13856
Mo	12	ND	ND	ND	ND
Co	12	5.11	6.91	6.0558	0.55672
Cd	12	ND	ND	ND	ND
Pb	12	ND	ND	ND	ND
B	12	11.28	23.18	14.0733	2.96545
Ni	12	11.90	23.18	14.6458	2.97580

ND: Not-detected, LOD (Limit of Detection) for B: < 0.0057 ppm, for Ca: < 0.01ppm, for Cd: < 0.0027 ppm, for Co: < 0.007 ppm, for Cu: < 0.0097 ppm, for Fe: < 0.0046 ppm, for Mg: < 0.0016 ppm, for Mn: < 0.0014 ppm, for Mo: < 0.0079 ppm, for Na: < 0.069 ppm, for Ni: < 0.015 ppm, for Pb: < 0.042 ppm, for Se: < 0.075 ppm, for Si: < 0.012 ppm and for Zn: < 0.0059 ppm.

جدول ۴) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های سراتوفیلوم گردآوری شده از ایستگاه دو.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	44000.00	97500.00	67700.0000	14147.08451
Mg	12	132300.00	200300.00	163383.3333	20964.07461
Na	12	109000.00	167000.00	141658.3333	14773.65335
Fe	12	2900.00	4400.00	3566.6667	517.57008
Mn	12	22000.00	34100.00	27600.0000	3847.78567
Cu	12	5.20	10.13	6.9025	1.36148
Zn	12	80.50	444.25	230.1875	114.94604
Cl	12	ND	67.50	10.0000	19.82881
Si	12	ND	22.30	7.2042	6.45066
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	0.30	0.85	0.5792	0.18048
Co	12	2.83	4.30	3.6250	۰.37118
Cd	12	0.03	0.08	0.0492	0.01240
Pb	12	ND	1.50	0.4167	0.52585
B	12	9.73	18.58	14.4950	2.93522
Ni	12	6.10	8.48	7.0100	.62395

مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد، ND: Not-detected,

در جدول ۴ مشاهده میشود که در ایستگاه دوم سراتوفیلوم میانگین جذب کمتری از آهن را نسبت به Mg, Na و Ca و Mn نشان داده و بیشترین میانگین جذب در این ایستگاه مربوط به Mg بوده و Na, Ca, Mn و Fe بترتیب در رده های بعدی جذب توسط سراتوفیلوم قرار دارند.

میانگین جذب Ni توسط سراتوفیلوم در این ایستگاه در مقایسه با ایستگاه یک تقریباً نصف شده و در مقایسه با میانگین جذب B در ایستگاه مذکور تفاوت آشکاری را نشان میدهد.

میانگین جذب Zn بوسیله سراتوفیلوم در ایستگاه ۲ نزدیک به ۴ برابر بیش از ایستگاه یک می باشد و این در حالی است که در این ایستگاه میانگین جذب مس نسبت به ایستگاه یک به حدود نصف کاهش یافته است.

سلنیم هیچگونه جذبی توسط سراتوفیلوم در این ایستگاه نداشته و میانگین جذب Cl در ایستگاه ۲ در مقایسه با ایستگاه ۱ تقریباً به  $\frac{1}{7}$  رسیده است.

کادمیوم و سرب توسط سراتوفیلوم در ایستگاه ۲ در مقایسه با ایستگاه یک که هیچگونه جذبی نداشته اند، در این ایستگاه کمی میانگین جذب به نمایش گذاشته اند. کلاً در این ایستگاه بیشترین میانگین جذب متعلق به منیزیم و کمترین آن مربوط به کادمیوم می باشد.

جدول ۵) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های سراتوفیلوم گردآوری شده از ایستگاه سه.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	48000.00	139800.00	97308.3333	33607.45205
Mg	12	62300.00	203500.00	149300.0000	40845.38474
Na	12	90300.00	201500.00	150791.6667	30464.47882
Fe	12	8000.00	16300.00	12916.6667	2619.44940
Mn	12	20700.00	69600.00	50858.3333	14846.69895
Cu	12	4.35	8.18	6.3508	1.24032
Zn	12	24.00	61.75	37.8542	9.95128
Cl	12	ND	75.00	39.5833	22.88393
Si	12	ND	ND	ND	ND
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	ND	ND	ND	ND
Co	12	1.13	3.90	2.1942	.74800
Cd	12	ND	0.03	0.0092	0.01311
Pb	12	ND	2.00	0.5833	0.61546
B	12	21.83	45.15	35.1117	7.56401
Ni	12	1.73	4.83	3.3825	0.81553

مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد ND: Not-detected,

جدول ۵ نشان می دهد که سراتوفیلوم در ایستگاه ۳ بیشترین میانگین جذب را از سدیم داشته و میانگین جذب آهن در این ایستگاه از Ca, Mg و Mn کمتر می باشد. میانگین جذب سدیم در ایستگاه ۳ بیش از ایستگاه ۲ و تقریباً شش از دو برابر ایستگاه یک می باشد. سراتوفیلوم در این ایستگاه هیچگونه جذبی نسبت به Se, Si و Mo نشان نمی دهد اما مقدار جذب نیکل و کبالت در این ایستگاه در مقایسه با ایستگاه های یک و دو کمتر می باشد. ایستگاه ۳ مانند ایستگاه ۲ شاهد میانگین جذب کمی از سرب و کادمیوم می باشیم و اجمالاً اینکه در این ایستگاه بیشترین میانگین جذب توسط سراتوفیلوم در رابطه با سدیم بوده و کمترین آن مربوط به کادمیوم می باشد.

جدول ۶) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های تراپا گرد آوری شده از ایستگاه یک.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	27500.00	202800.00	82250.0000	51612.67462
Mg	12	51500.00	86300.00	66058.3333	10511.76469
Na	12	53300.00	101800.00	71441.6667	1380266498
Fe	12	34900.00	53000.00	42566.6667	5891.64791
Mn	12	33400.00	54800.00	42933.3333	6903.40276
Cu	12	8.13	13.10	10.7900	1.71724
Zn	12	23.00	45.00	34.2500	7.40853
Cl	12	ND	367.50	62.5000	111.98113
Si	12	1.35	18.38	10.4392	4.79638
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	ND	ND	ND	ND
Co	12	2.00	4.13	2.5258	0.55949
Cd	12	ND	ND	ND	ND
Pb	12	ND	ND	ND	ND
B	12	3.23	78.43	40.7725	29.18551
Ni	12	4.70	7.55	5.9450	0.81830

مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد، ND: Not-detected,

از مقایسه مقادیر میانگین جذب فلزات در جدول ۶ متوجه میشویم که گیاه تراپا در ایستگاه یک بیشترین میانگین جذب را از کلسیم داشته و میانگین جذب آهن نسبت به Ca, Mn, Na و Mg کمترین مقدار است. عناصر B و Cl در این ایستگاه توسط تراپا نسبت به Ni, Co, Si و Zn میانگین جذب بیشتری نشان داده و فلزاتی مثل سلنیم و مولیبدن، کادمیوم و سرب هیچگونه جذبی توسط این گیاه در ایستگاه یک ندارند. در مجموع بیشترین میانگین جذب توسط تراپا در ایستگاه یک در بین فلزاتی که جذب نشان داده اند، متعلق به کلسیم و کمترین آن به کبالت مربوطه میشود.

جدول ۷) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های تراپا گرد آوری شده از ایستگاه سه.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	41300.00	189300.00	96275.0000	43136.02428
Mg	12	67300.00	122500.00	94733.3333	18968.84208
Na	12	66400.00	129400.00	101258.3333	19372.30724
Fe	12	37700.00	134300.00	88650.0000	26094.94901
Mn	12	18000.00	64600.00	45916.6667	14882.86589
Cu	12	8.26	21.71	12.6267	3.57496
Zn	12	14.50	40.50	23.7850	7.74560
Cl	12	ND	75.00	28.7500	26.85187
Si	12	33.80	169.43	83.5317	40.70158
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	ND	ND	ND	ND
Co	12	1.68	5.48	3.5375	1.05039
Cd	12	ND	ND	ND	ND
Pb	12	ND	1.25	0.1042	0.36084
B	12	8.23	29.03	17.5825	5.51116
Ni	12	3.70	13.80	8.3375	2.90122

مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد ND: Not-detected,

در جدول ۷ شاهد این هستیم که گیاه تراپا در ایستگاه ۳ در بین عناصر Ca, Mg, Mn, Na و Fe بیشترین میانگین جذب را از سدیم و کمترین میانگین جذب را از منگنز داشته است. در این ایستگاه میانگین جذب Ca و Mg توسط تراپا به هم نزدیک بوده و نسبت به آهن مقداری فاصله دارد و در مقایسه با منگنز بیش از دو برابر جذب نشان داده اند.

میانگین جذب Cu, Co, Zn و Ni در ایستگاههای ۳ و یک تقریباً به هم نزدیک اند اما این میانگین در مورد در ایستگاه ۳ کمتر از نصف آن در ایستگاه یک رسیده است. همچنین میانگین جذب B توسط گیاه تراپا در ایستگاه یک بیش از دو برابر ایستگاه ۳ می باشد.

در کل تراپا در ایستگاه سه بیشترین میانگین جذب را در رابطه با سدیم و کمترین را نسبت به سرب نشان داده و ضمناً این گیاه هیچگونه جذبی را نسبت به عناصر Se, Mo و Cd در این ایستگاه به نمایش نگذاشته است.

جدول ۸) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های آزولا گرد آوری شده از ایستگاه یک.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	17300.00	88300.00	50525.0000	24196.51083
Mg	12	38000.00	61800.00	48775.0000	6008.19516
Na	12	118000.00	197500.00	156458.3333	21591.93698
Fe	12	27200.00	41300.00	34683.3333	3653.35048
Mn	12	23000.00	40200.00	29791.6667	3984.62005
Cu	12	9.23	17.28	10.9175	2.15087
Zn	12	17.50	30.50	23.6667	4.17424
Cl	12	1.80	30.25	11.7617	8.26339
Si	12	ND	3.23	0.3950	0.99273
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	ND	ND	ND	ND
Co	12	2.13	3.00	2.7100	.25556
Cd	12	ND	3.61	0.4083	1.07430
Pb	12	ND	0.50	0.2083	0.17944
B	12	17.50	33.20	24.1358	5.17675
Ni	12	3.40	5.20	4.6775	.53392

مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد، ND: Not-detected,

در جدول ۸ مشاهده میشود که گیاه آزولا در ایستگاه یک در رابطه با سدیم دارای بیشترین میانگین جذب بوده و Ca, Mg, Fe, Mn و رده های بعدی جذب را به خود اختصاص داده اند. در این ایستگاه مس و کلر از یکسو Zn و B و از سوی دیگر و Si و Cd میانگین جذب مشابهی توسط آزولا را دارند. آزولا در این ایستگاه هیچگونه جذبی نسبت به سلینم و مولیبدن نشان نداده و در مجموع بایستی گفت در ایستگاه یک گیاه آزولا بیشترین میانگین جذب را از سدیم و کمترین میانگین جذب را از عنصر سرب داشته است.



جدول ۹) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های آزولا گرد آوری شده از ایستگاه دو.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	95800.00	180800.00	141341.6667	25657.76361
Mg	12	76000.00	115500.00	100825.0000	10775.40339
Na	12	203300.00	335300.00	269425.0000	34271.99029
Fe	12	1500.00	16700.00	5833.3333	3996.89273
Mn	12	21600.00	35900.00	29116.6667	4001.55273
Cu	12	4.20	7.55	5.3075	0.95117
Zn	12	12.50	29.00	22.0000	5.83485
Cl	12	10.00	65.00	42.9167	14.95574
Si	12	ND	1.98	0.2900	0.68498
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	0.98	4.00	2.7475	0.82968
Co	12	1.10	1.68	1.3717	0.18566
Cd	12	0.01	0.15	0.1008	0.04055
Pb	12	ND	2.50	1.0833	0.81417
B	12	20.93	38.35	25.4758	4.71749
Ni	12	1.23	2.58	1.9742	0.38890

ND: Not-detected, مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد.

همانطور که در جدول ۹ ملاحظه میشود در ایستگاه ۲ آزولا باز هم مشابه به ایستگاه یک بیشترین میانگین جذب را از عنصر سدیم از خود نشان داده است. میانگین جذب کلسیم و منیزیم در این ایستگاه در مقایسه با ایستگاه یک بترتیب حدود ۳ و ۲ برابر شده است و در عین حال کمترین میانگین جذب در بین فلزات Ca, Mg, Na, Fe و Mn در این ایستگاه مربوط به آهن است. در ایستگاه ۲ گیاه آزولا باز هم همانند ایستگاه یک هیچگونه جذبی نسبت به Se نشان نداده در حالیکه نسبت به Mo کمی جذب نشان میدهد. میانگین جذب B توسط آزولا در ایستگاه ۲ مشابه ایستگاه ۱ می باشد. گیاه آزولا در این ایستگاه میانگین جذبی حدود ۵ برابر نسبت به سرب در مقایسه با ایستگاه یک نشان داده و این در صورتی است که میانگین جذب نیکل و کبالت نسبت به ایستگاه مذکور به نصف کاهش یافته است. بطور کلی می توان گفت که آزولا در ایستگاه ۲ بیشترین میانگین جذب را در بین همه عناصر مطرح از سدیم و کمترین آن را از کادمیوم داشته است.

جدول ۱۰) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های آزولا گردآوری شده از ایستگاه سه.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	22500.00	50500.00	35750.0000	8194.51036
Mg	12	23600.00	46800.00	36883.3333	7166.82170
Na	12	105300.00	202800.00	158733.3333	28947.10955
Fe	12	3300.00	9000.00	5991.6667	1406.77473
Mn	12	11200.00	29300.00	20750.0000	4638.47545
Cu	12	5.38	14.10	10.3192	2.65413
Zn	12	110.25	523.25	219.2917	123.09904
Cl	12	ND	35.00	6.0417	10.36045
Si	12	1.88	29.85	13.8792	7.89012
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	1.30	3.98	2.8508	0.72640
Co	12	1.68	2.88	2.3517	0.38288
Cd	12	ND	0.02	0.0100	0.00853
Pb	12	1.00	2.00	1.5208	0.36084
B	12	2.75	9.35	5.9350	1.87027
Ni	12	3.28	8.00	5.1025	1.31487

مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد ND: Not-detected,

جدول ۱۰ نشان میدهد که گیاه آزولا در ایستگاه ۳ مشابه ایستگاههای ۱ و ۲ بیشترین میانگین جذب را از سدیم داشته و این مقدار حدود ۲ برابر میانگین جذب این فلز توسط آزولا در ایستگاههای مذکور می باشند. میانگین جذب آهن توسط آزولا در این ایستگاه در بین عناصر Ca, Mg, Na, Mn و Fe کمترین مقدار و تقریباً مشابه ایستگاه ۲ می باشد.

آزولا در این ایستگاه میانگین جذب کلسیم و منیزیم بترتیب  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{1}{3}$  مقادیر ایستگاه ۲ داشته است. میانگین جذب B و Ni نیز مقادیر شان بترتیب حدود  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{1}{3}$  در ایستگاه ۳ نسبت به ایستگاه ۲ کاهش یافته است. سلنیم کماکان مشابه ایستگاههای ۱ و ۲ هیچگونه جذبی توسط آزولا در ایستگاه ۳ نداشته است. میانگین جذب مس و روی توسط آزولا در ایستگاه ۳ در مقایسه با ایستگاه ۲ بترتیب تقریباً ۲ و ۱۰ برابر شده است. همچنین میانگین جذب عنصر Si نیز تفاوت فاحشی را در مقایسه با ایستگاههای ۱ و ۲ در این ایستگاه نشان میدهد و خیلی بالاتر از آنهاست و این در حالی است که میانگین جذب کلر در ایستگاه ۳ به  $\frac{1}{7}$  آن در ایستگاه ۲ رسیده است. کلاً می توان گفت که گیاه آزولا در ایستگاه ۳ بیشترین میانگین جذب را از سدیم. کمترین را از کادمیوم داشته است. یعنی مشابه ایستگاه ۲.

جدول ۱۱) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های هیدروکوتیل گرد آوری شده از ایستگاه یک.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	60500.00	178000.00	111000.0000	36337.18356
Mg	12	28300.00	77500.00	48833.3333	14840.26055
Na	12	20600.00	57600.00	36250.0000	10708.06833
Fe	12	28400.00	130500.00	63425.0000	28901.84407
Mn	12	16300.00	71900.00	41175.0000	15515.62995
Cu	12	10.73	29.00	21.6792	6.05320
Zn	12	21.75	64.00	43.6458	12.23188
Cl	12	ND	82.50	35.6875	23.22546
Si	12	4.03	61.93	26.5742	14.92797
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	ND	ND	ND	ND
Co	12	2.65	9.48	5.5067	2.05767
Cd	12	ND	0.39	0.0983	0.14427
Pb	12	ND	3.25	0.8542	1.24981
B	12	6.93	24.25	15.1433	4.69569
Ni	12	6.03	24.08	13.1750	5.02460

ND: Not-detected, مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد

مشاهدات در جدول ۱۱ بیانگر این است که گیاه هیدروکوتیل در ایستگاه یک در بین عناصر Mg, Ca, Mn, Fe و Na بیشترین میانگین جذب را از کلسیم و کمترین را از Na داشته است. همانطور که ملاحظه میشود در این ایستگاه جذب کلسیم بیش از ۲ برابر میانگین جذب Mg و Mn و تقریباً ۲ برابر Fe و حدود ۳ برابر عنصر سدیم می باشد.

در ایستگاه یک میانگین جذب عناصر Ni و B توسط هیدورکوتیل تقریباً یکسان بوده و هیچگونه جذبی از سلینیم و مولیبدن بوسیله این گیاه شاهد نیستیم. اما نسبت به کادمیوم کمی جذب نشان داده شده است. میانگین جذب فلز روی در مقایسه با فلز مس بیش از دو برابر در این ایستگاه می باشد. بطور کلی در ایستگاه یک هیدورکوتیل بیشترین میانگین جذب را نسبت به کلسیم و کمترین میانگین جذب را نسبت به کادمیوم از خود نشان داده است.

جدول ۱۲) آمار توصیفی مربوط به میزان تجمع عناصر مختلف (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در نمونه های هیدروکوتیل گرد آوری شده از ایستگاه دو.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Ca	12	119000.00	252800.00	157066.6667	36519.46762
Mg	12	99500.00	140300.00	116066.6667	11569.89301
Na	12	259800.00	335000.00	294900.0000	25028.02066
Fe	12	1800.00	3100.00	2433.3333	435.54216
Mn	12	5800.00	9100.00	7033.3333	913.86625
Cu	12	5.80	11.25	8.2942	1.76340
Zn	12	130.75	209.25	169.0625	24.26748
Cl	12	7.50	42.50	20.6250	10.00710
Si	12	ND	6.23	1.2142	1.88782
Se	12	ND	ND	ND	ND
Mo	12	0.35	1.45	0.6050	0.29565
Co	12	0.25	0.58	0.3933	0.07632
Cd	12	0.10	0.18	0.1408	0.02811
Pb	12	2.00	5.25	3.5000	0.98857
B	12	22.08	37.23	29.6325	5.13483
Ni	12	0.53	1.55	1.0500	0.35496

ND: Not-detected, مقادیر LOD برای عناصر مختلف مشابه جدول شماره ۱ می باشد

همانطور که در جدول ۱۲ ملاحظه میشود گیاه هیدورکوتیل در ایستگاه ۲ بیشترین میانگین جذب را در بین عناصر، از فلز سدیم و کمترین آن را از بین ۵ عنصر بالای جدول از آهن از خود نشان داده است و ترتیب میانگین جذب بشکل  $Na > Ca > Mg > Mn > Fe$  می باشد. میانگین جذب Pb و B در این ایستگاه بترتیب تقریباً دو و بیش از ۴ برابر میانگین جذب همین عناصر در ایستگاه ۱ توسط هیدورکوتیل بوده است. مقایسه میانگین جذب نیکل، سیلیسیم و کبالت در ایستگاه ۲ توسط این گیاه کاهش شدیدی را نشان میدهد و همچنین میانگین جذب روی، مس و کلر در این ایستگاه در مقایسه با ایستگاه یک قابل توجه است و این در حالی است که میانگین جذب روی در ایستگاه ۲ حدود ۴ برابر ایستگاه ۱ بوده است. Mo در مقایسه با ایستگاه ۱ جذب کمی را توسط هیدورکوتیل در این ایستگاه نشان میدهد. بطور کلی میانگین جذب عنصر سدیم توسط هیدورکوتیل در ایستگاه ۲ بیشترین و کادمیوم کمترین می باشد.

جدول ۱۳) نتایج تجزیه واریانس سه طرفه به منظور آزمون این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی داری میان گونه ها، عناصر و ایستگاههای نمونه برداری از دیدگاه تجمع عناصر در گیاهان وجود ندارد.

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F-ratios	P-value
Corrected Model	36202.608	149	242.971	941.754	≤0.0001
Intercept	40190.085	1	40190.085	155776.810	≤0.0001
Species	15.525	3	5.175	20.058	≤0.0001
Sampling Sites	8.176	2	4.088	15.844	≤0.0001
Elements	34006.469	14	2429.034	9414.936	≤0.0001
Species * Sites	33.097	4	8.274	32.071	≤0.0001
Species * Elements	179.949	42	4.284	16.607	≤0.0001
Sites * Elements	262.596	28	9.378	36.351	≤0.0001
Species * Sites * Elements	384.447	56	6.865	26.609	≤0.0001
Error	425.696	1650	0.258		
Total	78212.914	1800			
Corrected Total	36628.305	1799			

جدول ۱۴) نتایج آزمون های دانکن ( $P \leq 0.05$ ) برای مشخص نمودن گروه های همگن عناصر، ایستگاههای نمونه برداری و گونه های گیاهان (گروه هایی که باحروف لاتین مشابه مشخص گردیده اند، فاقد اختلاف معنی دار می باشند).

عناصر	Cd <sup>a</sup>	Mo <sup>b</sup>	Pb <sup>b</sup>	Co <sup>c</sup>	Si <sup>d</sup>	Ni <sup>d</sup>	Cu <sup>e</sup>	Cl <sup>f</sup>	B <sup>g</sup>	Zn <sup>h</sup>	Fe <sup>i</sup>	Mn <sup>j</sup>	Mg <sup>k</sup>	Ca <sup>k</sup>	Na <sup>l</sup>
ایستگاهها	2 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	1 <sup>c</sup>												
گونه ها	Az <sup>a</sup>	Hy <sup>b</sup>	Ce <sup>b</sup>	Tr <sup>b</sup>											

Az: *Azolla filiculoides*, Hy: *Hydrocotyle vulgaris*, Ce: *Ceratophyllum demersum*, Tr: *Trapa natans*

از جداول شماره ۱۳ و ۱۴ می توان چنین استنتاج نمود:

الف) اختلاف کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.0001$ ) بین گونه های گیاهی، ایستگاههای نمونه برداری، عناصر مورد نظر و تعامل (interaction) بین آنها وجود دارد.

ب) بطور کلی ترتیب تجمع عناصر در گونه های گیاهی مورد نظر به ترتیب زیر می باشد:

Cd < Mo, Pb < Co < Si, Ni < Cu < Cl < B < Zn < Fe < Mn < Mg, Ca < Na

ج) ایستگاههای نمونه برداری (از نظر میزان تجمع عناصر در تمامی گونه های گیاهی) در سه گروه کاملاً مجزا قابل طبقه بندی می باشند.

د) در میان گونه های گیاهی مورد مطالعه در این تحقیق *A. filiculoides* در گروهی مجزا و سه گونه دیگر نیز در یک گروه قابل طبقه بندی می باشند.

جدول ۱۵) نتایج ۴ آنالیزواریانس یک طرفه به منظور آزمون این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی داری میان میزان تجمع عناصر مورد بررسی در هر یک از گونه های نمونه برداری شده وجود ندارد. مقادیر میانگین و انحراف معیار (درون پرانتزها) میزان تجمع عناصر نیز ارائه گردیده است (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک). بافتیابی که باحروف لاتین مشابه مشخص گردیده اند، فاقد اختلاف معنی دار می باشند (بر مبنای آزمون دانکن).

Species	Elements															df	F-ratios	P-value
	B	Ca	Cd	Cl	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Si	Zn			
<i>Ceratophyllum demersum</i>	d	h	a	d	b	c	f	h	g	a	h	c	a	b	e			
	21.22 (11.07)	93258.33 (34804.96)	0.019 (0.023)	40.48 (32.65)	3.95 (1.71)	9.78 (5.51)	38461.11 (44528.46)	130191.66 (46267.18)	53005.55 (24113.91)	0.19 (0.29)	119258.33 (43460.63)	8.34 (5.07)	0.33 (0.51)	49.89 (147.47)	109.89 (108.43)	14	1044.50	≤0.0001
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	d	h	a	d	b	d	f	g	f	a	i	c	b	c	e			
	22.38 (8.82)	134033.33 (42695.84)	0.12 (0.10)	28.15 (19.10)	2.95 (2.97)	14.98 (8.11)	32929.16 (37013.78)	82450.00 (36722.80)	24104.16 (20484.55)	0.30 (0.37)	165575.00 (133441.18)	7.11 (7.10)	2.1771 (1.74375)	13.89 (16.61)	106.35 (66.75)	14	626.15	≤0.0001
<i>Trapa natans</i>	d	g	a	e	b	cd	fg	g	f	a	g	c	a	e	d			
	29.17 (23.71)	89262.50 (47066.38)	ND (81.48169)	45.6250 (0.97)	3.03 (2.89874)	11.7083 (29937.81)	65608.33 (20962.68)	80395.83 (11447.65)	44425.00 (22416.99)	ND (2.41641)	86350.00 (2.41641)	7.1412 (0.25)	0.05 (46.87)	46.98 (9.13)	29.01 (9.13)	14	1024.38	≤0.0001
<i>Azolla filiculoides</i>	f	j	a	e	c	e	h	j	i	bc	k	d	b	c	g			
	18.5156 (9.91061)	75872.22 (51514.94)	0.17 (0.62)	20.24 (19.88)	2.14 (0.63)	8.84 (3.23)	15502.77 (14108.30)	62161.11 (29274.99)	26552.77 (5846.34)	1.86 (1.47)	194872.22 (60318.92)	3.9181 (1.62935)	0.9375 (0.75208)	4.85 (7.86)	88.31 (116.62)	14	1407.92	≤0.0001

ND: Not-detected

با توجه به جدول شماره ۱۵ نتایج ذیل قابل استنتاج می باشند:

الف) میان میزان تجمع عناصر مورد بررسی در تمامی چهار گونه مورد نظر اختلاف کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.0001$ ) وجود دارد.

ب) در مورد گونه *C. demersum* ترتیب تجمع عناصر به ترتیب زیر می باشد:

Cd , Mo, Pb < Co, Si < Ni , Cu < Cl , B < Zn < Fe < Mn < Mg, Ca, Na

ج) در مورد گونه *H. vulgaris* ترتیب تجمع عناصر به ترتیب زیر می باشد:

Cd , Mo < Pb , Co < Ni , Si < Cu , B , Cl < Zn < Mn , Fe < Mg < Ca < Na

د) در مورد گونه *T. natans* ترتیب تجمع عناصر به ترتیب زیر است:

Cd , Mo, Pb < Co < Ni , Cu < Zn , B < Cl , Si < Mn < Fe , Mg , Na, Ca

ه) در مورد گونه *A. filiculoides* ترتیب تجمع عناصر به ترتیب زیر است:

Cd < Mo, Pb < Co, Si < Ni < Cl, Cu < B < Zn < Fe < Mn < Mg, Ca < Na

جدول ۱۶) نتایج ۲ آنالیز واریانس یک طرفه به منظور آزمون این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی داری میان ایستگاههای نمونه برداری از نظر میزان تجمع عناصر مورد بررسی در نمونه های متعلق به دو گونه *C. demersum* و *A. filiculoides* وجود ندارد.

Species	df	F-ratio	P-value
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	0.566	≤0.568
<i>Azolla filiculoides</i>	2	0.028	≤0.972

با توجه به نتایج حاصله از جدول فوق، اختلاف معنی داری بین سه ایستگاه نمونه برداری از دیدگاه میزان تجمع عناصر مورد نظر در نمونه های متعلق به دو گونه *C. demersum* و *A. filiculoides* وجود ندارد.

جدول ۱۷) نتایج دو آزمون *T* (*Paired-Samples T Test*) به منظور مقایسه ایستگاههای ۱ و ۳ از دیدگاه وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میزان تجمع عناصر در گیاهان متعلق به گونه *T. natans* و همچنین برای مقایسه ایستگاههای ۱ و ۲ از نظر وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میزان تجمع عناصر در گونه *H. vulgaris*.

Species	df	t	P-value
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	179	2.770	≤0.006
<i>Trapa natans</i>	179	3.379	≤0.001

با توجه به نتایج حاصله از جدول فوق، اختلاف کاملاً معنی داری بین ایستگاههای ۱ و ۳ ( $P \leq 0.001$ ) از دیدگاه میزان تجمع عناصر در نمونه های متعلق به گونه *T. natans* و همچنین بین ایستگاههای ۱ و ۲ ( $P \leq 0.006$ ) از نظر میزان تجمع عناصر در نمونه های گونه *H. vulgaris* وجود دارد. در مورد گونه نخست بطور کلی میزان تجمع عناصر در نمونه های گردآوری شده از ایستگاه ۳ بیشتر بود و در مورد گونه دوم مقادیر بالاتری از تجمع عناصر در گیاهان نمونه برداری شده از ایستگاه ۱ مشاهده گردید.

جدول ۱۸) نتایج ۱۰ آزمون Kruskal-Wallis به منظور آزمون این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی داری میان ایستگاههای نمونه برداری از دیدگاه تجمع عناصر مختلف در رسوبات وجود ندارد. مقادیر میانگین و انحراف معیار (درون پرانتزها) نیز ارائه گردیده است (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک). ایستگاههایی که با حروف لاتین مشابه مشخص گردیده اند، فاقد اختلاف معنی دار می باشند (بر مبنای آزمون SNK،  $P \leq 0.05$ ).

عناصر	ایستگاههای نمونه برداری			H	P-value
	1	2	3		
Mn	0.1133 (0.01155)	0.1633 (0.02887)	0.1100 (0.01000)	5.778	$\leq 0.056$
Ca	a 1.9233 (0.38280)	A 3.4367 (1.24597)	b 8.2600 (0.37363)	6.489	$\leq 0.039$
Mg	a 0.9233 (0.02082)	B 1.2867 (0.09292)	a 0.8467 (0.020982)	7.200	$\leq 0.027$
Ni	53.9000 $\pm 8.26559$	71.6333 $\pm 8.71225$	49.1333 $\pm 3.48473$	5.600	$\leq 0.061$
Co	17.6667 (1.45717)	13.9333 (2.75379)	11.4667 (3.35012)	4.356	$\leq 0.113$
Na	0.0667 (0.00577)	0.1867 (0.06028)	0.0833 (0.03215)	5.728	$\leq 0.057$
Zn	b 103.8000 (2.86182)	a 69.4667 (8.61704)	a 60.5333 (0.50332)	7.200	$\leq 0.027$
Cu	a 43.9333 (0.37859)	b 59.2000 (4.73181)	a 39.6000 (1.05357)	7.200	$\leq 0.027$
Fe	3.8667 (0.10693)	4.1700 (0.49729)	3.1900 (0.04359)	5.600	$\leq 0.061$
Pb	b 7.4667 (2.15484)	a 0.0000 (0.00000)	b 3.6000 (3.10483)	6.713	$\leq 0.035$

با توجه به نتایج مندرج در این جدول، از میان عناصر اندازه گیری شده در نمونه های رسوبات سه ایستگاه نمونه برداری، به جز عناصر Mn، Ni، Co، Na و Fe در مورد سایر عناصر اختلاف معنی داری بین ایستگاهها از نظر تجمع در رسوبات مشاهده می گردد. در این ایستگاهها با استفاده از نتایج آزمون SNK می توان ایستگاهها را

گروه بندی نمود:

Ca: 1, 2 < 3

Mg: 3, 1 < 2

Zn: 3, 2 < 1

Cu: 3, 1 > 2

Pb: 2 > 3, 1



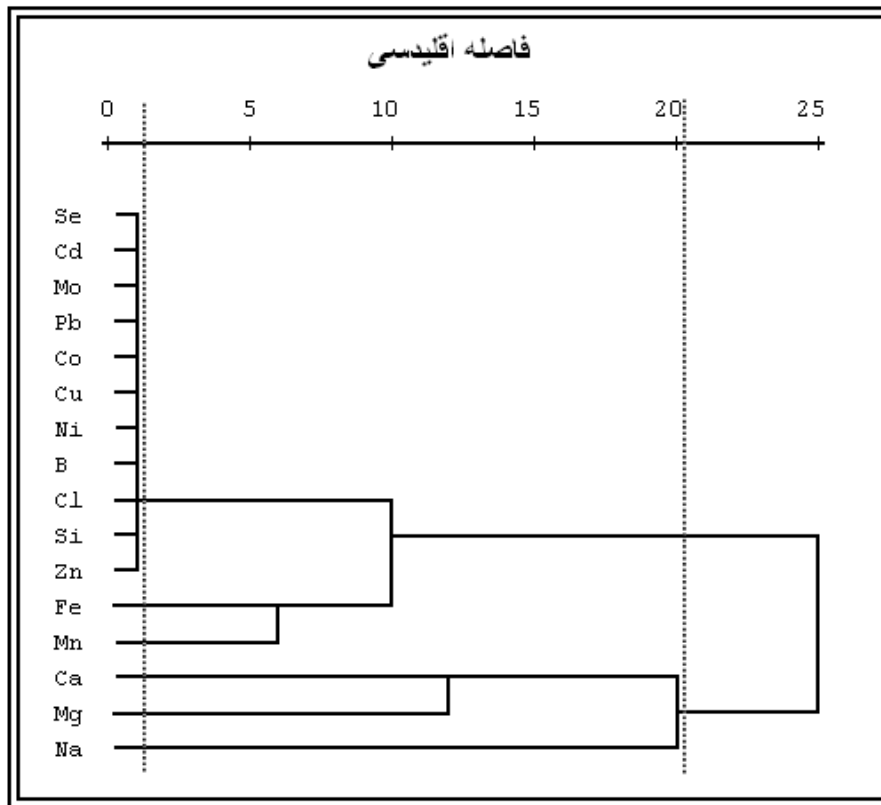
جدول ۱۹) نتایج ۱۰ آزمون Kruskal-Wallis به منظور آزمون این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی داری میان ایستگاههای نمونه برداری از دیدگاه غلظت عناصر مختلف در آب وجود ندارد. مقادیر میانگین وانحراف معیار (درون پرانتزها) نیز ارائه گردیده است (بر حسب گرم بر لیتر). ایستگاههایی که با حروف لاتین مشابه مشخص گردیده اند، فاقد اختلاف معنی دار می باشند (بر مبنای آزمون SNK،  $P \leq 0.05$ ).

عناصر	ایستگاههای نمونه برداری			H	P-value
	1	2	3		
Cl	c 240.3333 (6.02771)	b 86.7667 (6.61539)	a 72.1000 (5.40093)	7.200	$\leq 0.027$
Ca	c 78.8667 (1.27017)	b 58.5667 (1.23423)	a 32.2433 (1.06613)	7.261	$\leq 0.027$
Mn	b 0.3500 (0.00000)	a 0.1300 (0.02646)	c 0.6133 (0.09609)	7.448	$\leq 0.024$
Mg	c 30.2333 (0.64291)	b 19.0000 (0.10000)	a 15.9000 (0.264580)	7.200	$\leq 0.027$
Ni	0.0333 (0.01528)	0.0300 (0.02646)	0.2833 (0.37820)	4.949	$\leq 0.084$
Co	0.0067 (0.01155)	0.0100 (0.01000)	0.0300 (0.01000)	4.667	$\leq 0.097$
Na	80.5000 (0.75498)	30.8333 (0.15275)	30.9333 (1.09697)	5.600	$\leq 0.061$
Zn	.0600 (0.03606)	.0833 (0.04163)	1.3367 (0.48014)	5.804	$\leq 0.055$
Cu	a 0.0033 (0.00577)	a 0.0100 (0.01000)	b 2.7433 (0.34530)	6.006	$\leq 0.050$
Fe	0.0767 (0.01155)	0.0900 (0.03606)	0.0200 (0.00000)	5.658	$\leq 0.059$

با توجه به نتایج مندرج در این جدول، از میان عناصر اندازه گیری شده در نمونه های آب سه ایستگاه نمونه برداری، به جز عناصر Ni، Co، Na، Zn و Fe در مورد سایر عناصر اختلاف معنی داری بین ایستگاهها از نظر تجمع در رسوبات مشاهده می گردد. در این ایستگاهها با استفاده از نتایج آزمون SNK می توان ایستگاهها را

گروه بندی نمود:

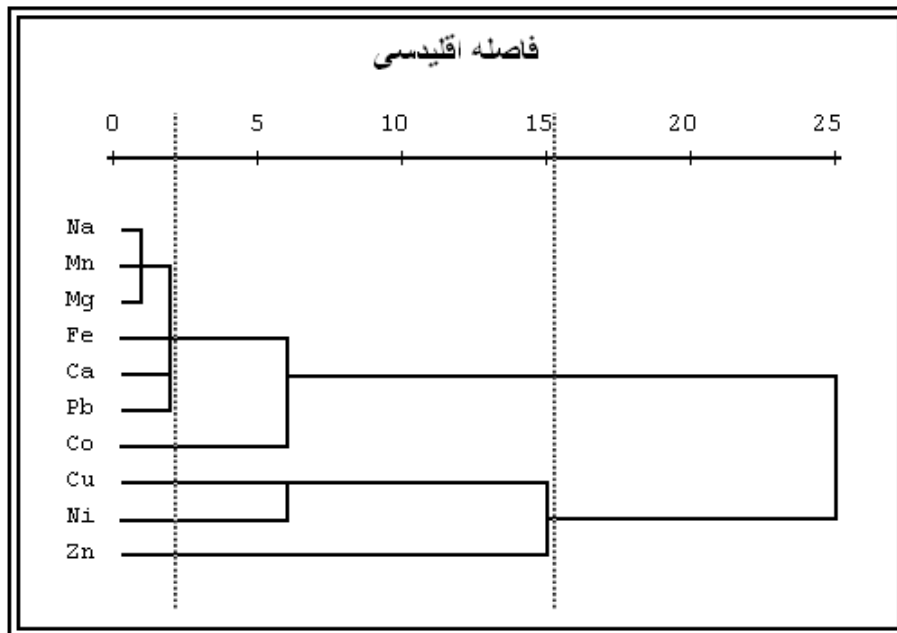
Cl: 3 < 2 < 1  
 Ca: 3 < 2 < 1  
 Mn: 2 < 1 < 3  
 Mg: 3 < 2 < 1  
 Cu: 1, 2 < 3



شکل ۱) دندروگرام آنالیز خوشه ای برای گروه بندی عناصر مختلف از دیدگاه میزان تجمع در گیاهان آبی نمونه برداری شده از منطقه مطالعاتی.

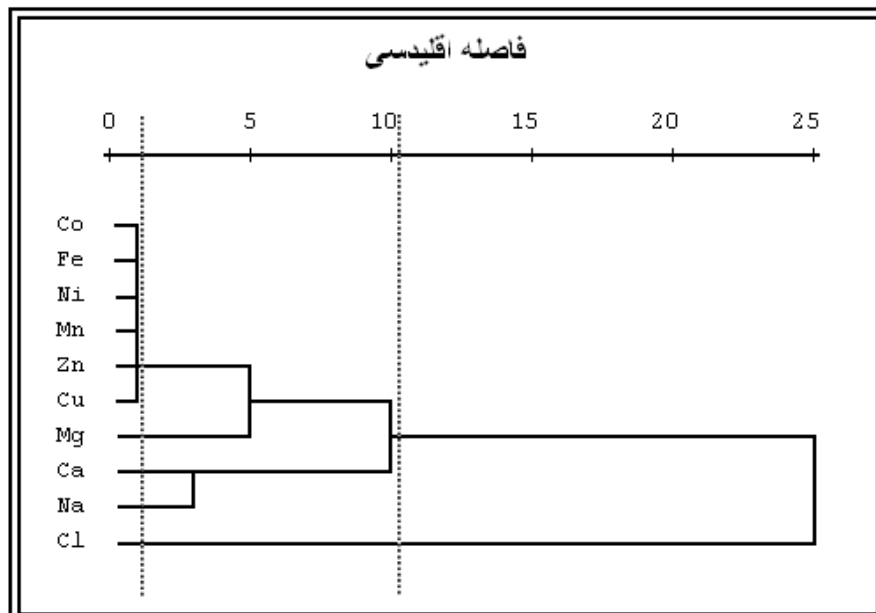
با در نظر گرفتن شکل شماره ۱ مشخص می گردد که چنانچه خطوط عمودی فرضی در فواصل تقریبی ۱ و ۲۰ در نظر گرفته شوند، در تقسیم بندی نخست عناصر Se، Cd، Mo، Pb، Co، Cu، Ni، B، Cl، Si و Zn در یک گروه و عناصر دیگر بصورت مجزا قرار می گیرند و در تقسیم بندی دوم عناصر Ca، Mg و Na در یک گروه و عناصر دیگر در گروه دوم قرار می گیرند.

با مقایسه نتایج آزمون دانکن برای مشخص شدن گروه های همگن عناصر (جدول ۱۴) و دندروگرام آنالیز خوشه ای عناصر تجمع یافته گیاهان آبی (شکل ۱)، تشابه قابل ملاحظه ای بین نتایج دو نوع آزمون قابل تشخیص می باشد.



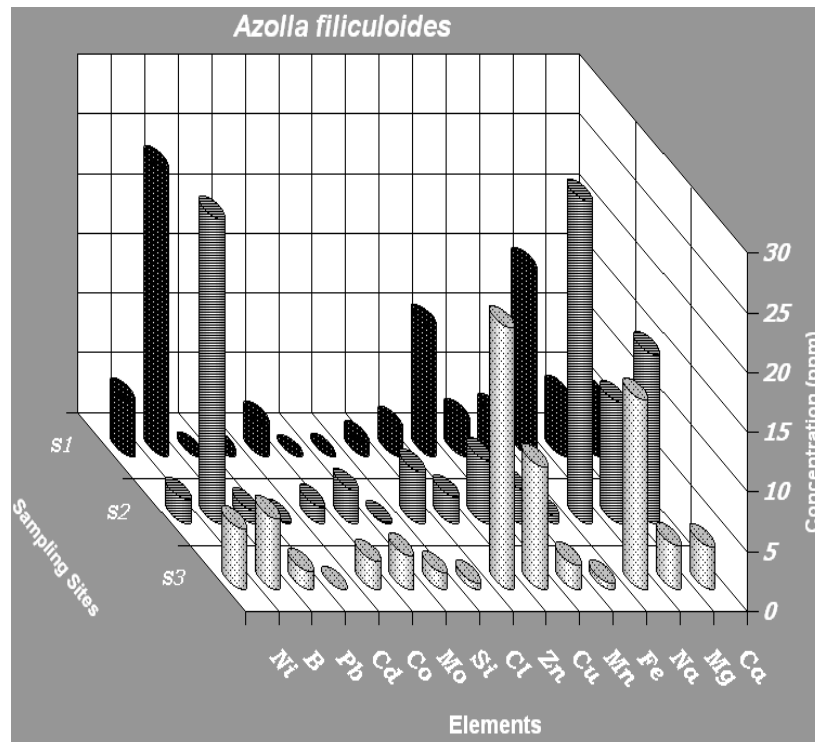
شکل ۲) دندروگرام آنالیز خوشه ای برای گروه بندی عناصر مختلف از دیدگاه میزان تجمع در رسوبات منطقه مطالعاتی.

با در نظر گرفتن شکل شماره ۲ مشخص می گردد که چنانچه خطوط عمودی فرضی در فواصل تقریبی ۲ و ۱۵ در نظر گرفته شوند، در تقسیم بندی نخست عناصر Na، Mn، Mg، Fe، Ca و Pb در یک گروه و عناصر دیگر بصورت مجزا قرار می گیرند و در تقسیم بندی دوم عناصر Na، Mn، Mg، Fe، Ca، Pb و Co در یک گروه و عناصر دیگر در گروه دوم جای می گیرند.

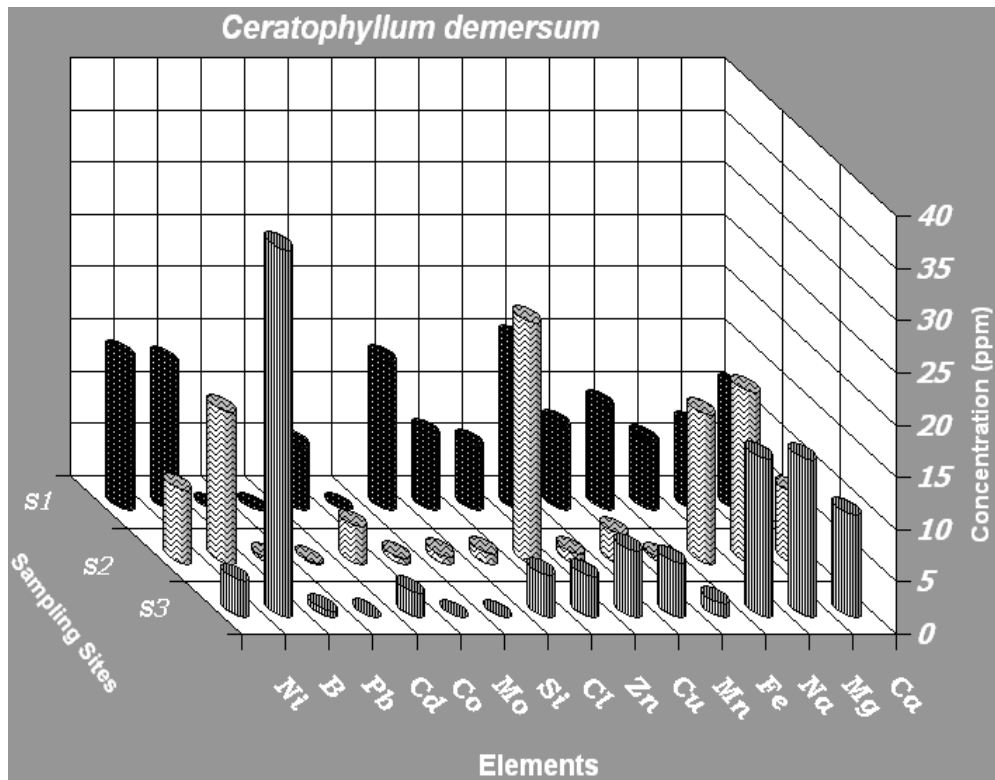


شکل ۳) دندروگرام آنالیز خوشه ای برای گروه بندی عناصر مختلف از دیدگاه میزان تجمع در آب منطقه مطالعاتی.

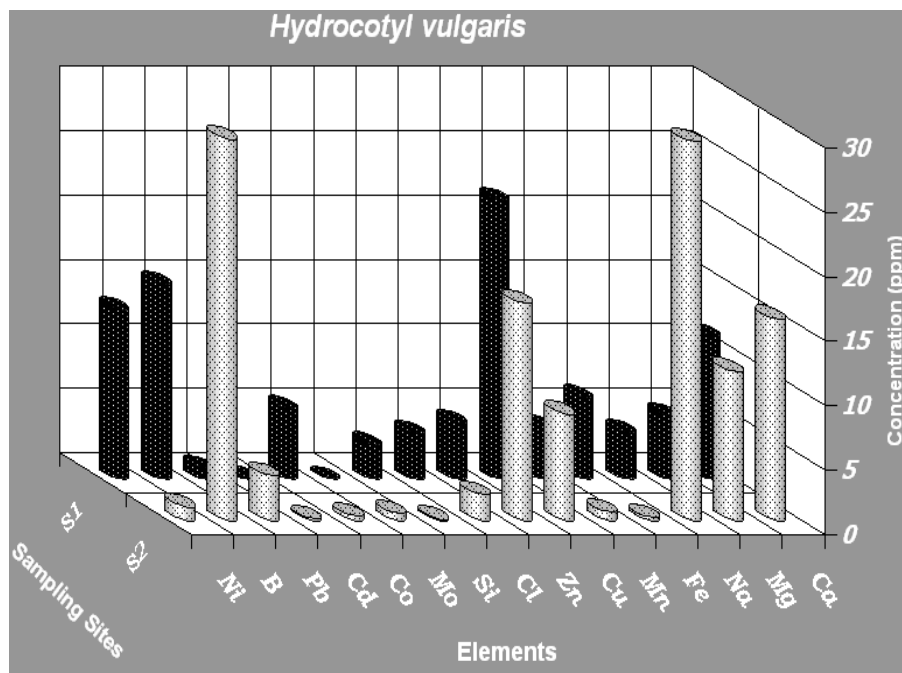
با در نظر گرفتن شکل شماره ۳ مشخص می گردد که اگر خطوط عمودی فرضی در فواصل تقریبی ۱ و ۱۰ در نظر گرفته شوند، در تقسیم بندی نخست عناصر Co، Fe، Ni، Mn، Zn و Cu در یک گروه و عناصر دیگر بصورت مجزا قرار می گیرند و در تقسیم بندی دوم بجز Cl که بصورت مجزا قرار می گیرد، سایر عناصر در یک گروه قابل طبقه بندی می باشند.



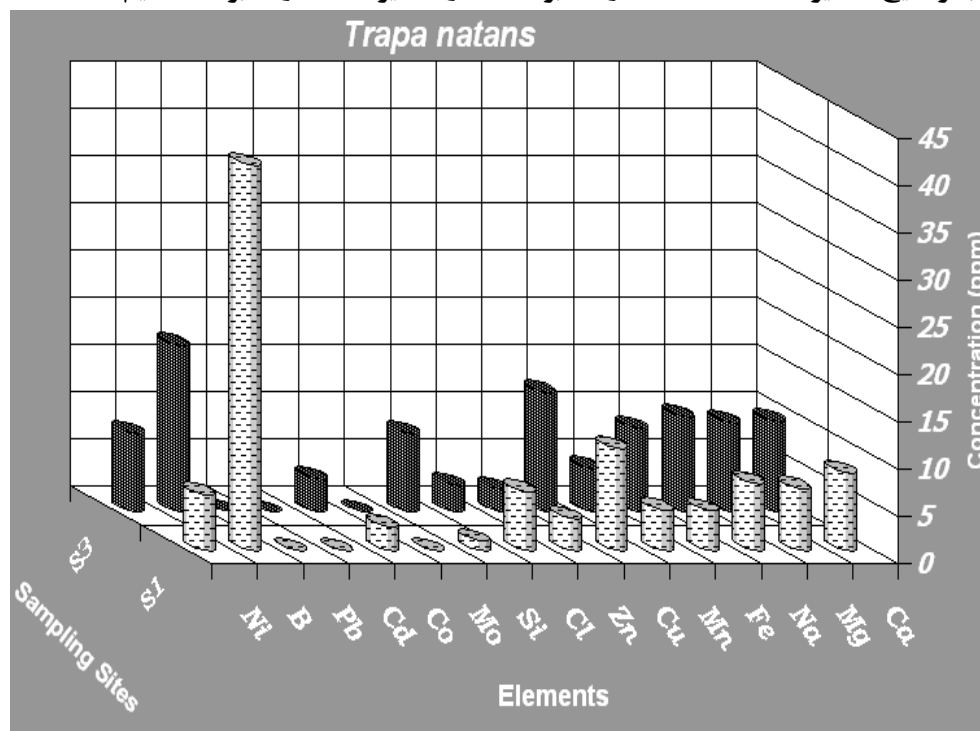
شکل ۴) مقایسه میزان تجمع عناصر مختلف در نمونه های متعلق به گونه *Azolla filiculoides* که از ۳ ایستگاه نمونه برداری در تالاب انزلی نمونه برداری شده اند. به منظور امکان پذیر شدن مقایسه بهتر نتایج مقادیر *Ca*، *Fe*، *Mn* و *Mg* بر ۱۰۰۰۰ و مقادیر *Zn*، *Cl* و *Si* بر ۱۰ تقسیم شده اند.



شکل ۵) مقایسه میزان تجمع عناصر مختلف در نمونه های متعلق به گونه *Ceratophyllum demersum*، که از ۳ ایستگاه نمونه برداری در تالاب انزلی نمونه برداری شده اند. به منظور امکان پذیر شدن مقایسه بهتر نتایج مقادیر *Ca*، *Fe*، *Mn* و *Mg* و *Na* بر ۱۰۰۰۰ و مقادیر *Zn*، *Cl* و *Si* بر ۱۰ تقسیم شده اند.



شکل ۶) مقایسه میزان تجمع عناصر مختلف در نمونه های متعلق به گونه *Hydrocotyl vulgaris* که از ۳ ایستگاه نمونه برداری در تالاب انزلی نمونه برداری شده اند. به منظور امکان پذیر شدن مقایسه بهتر نتایج مقادیر *Ca, Fe, Mn, Mg, Na* بر ۱۰۰۰۰ و مقادیر *Zn, Cl* و *Si* بر ۱۰ تقسیم شده اند.



شکل ۷) مقایسه میزان تجمع عناصر مختلف در نمونه های متعلق به گونه *Trapa natans* که از ۳ ایستگاه نمونه برداری در تالاب انزلی نمونه برداری شده اند. به منظور امکان پذیر شدن مقایسه بهتر نتایج مقادیر *Ca, Fe, Mn, Mg, Na* بر ۱۰۰۰۰ و مقادیر *Zn, Cl* و *Si* بر ۱۰ تقسیم شده اند.

جدول ۲۰ ضوابط همبستگی پیوسون بین عناصر مختلف تجمع یافته در گیاهان آبی نمونه برداری شده در منطقه مطالعاتی.

		Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Si	Se	Mo	Co	Cd	Pb	B	Ni
Ca	ضریب همبستگی	1															
	سطح معنی دار																
Mg	ضریب همبستگی	0.318 <sup>***</sup>	1														
	سطح معنی دار	0.000															
Na	ضریب همبستگی	0.354 <sup>***</sup>	0.372 <sup>***</sup>	1													
	سطح معنی دار	0.000	0.000														
Fe	ضریب همبستگی	0.109	-0.264 <sup>***</sup>	-0.632 <sup>***</sup>	1												
	سطح معنی دار	0.236	0.004	0.000													
Mn	ضریب همبستگی	0.157	0.095	-0.540 <sup>***</sup>	0.737 <sup>***</sup>	1											
	سطح معنی دار	0.087	0.302	0.000	0.000												
Cu	ضریب همبستگی	0.111	-0.361 <sup>***</sup>	-0.535 <sup>***</sup>	0.657 <sup>***</sup>	0.475 <sup>***</sup>	1										
	سطح معنی دار	0.226	0.000	0.000	0.000	0.000											
Zn	ضریب همبستگی	-0.159	0.200 <sup>*</sup>	0.261 <sup>***</sup>	-0.405 <sup>***</sup>	-0.362 <sup>***</sup>	-0.125	1									
	سطح معنی دار	0.084	0.029	0.004	0.000	0.000	0.174										
Cl	ضریب همبستگی	0.232 <sup>*</sup>	0.048	-0.146	0.273 <sup>***</sup>	0.440 <sup>***</sup>	0.178	-0.234 <sup>*</sup>	1								
	سطح معنی دار	0.011	0.600	.1120	.0030	0.000	0.052	0.010									
Si	ضریب همبستگی	0.129	-0.043	-0.241 <sup>***</sup>	0.471 <sup>***</sup>	0.408 <sup>***</sup>	0.260 <sup>***</sup>	-0.082	0.105	1							
	سطح معنی دار	0.162	0.643	0.008	0.000	.0000	0.004	0.375	0.256								
Se	ضریب همبستگی	0.107	-0.016	-0.087	0.184 <sup>*</sup>	0.194 <sup>*</sup>	0.029	-0.018	0.015	0.527 <sup>***</sup>	1						
	سطح معنی دار	0.244	0.858	0.346	0.044	0.034	.7530	0.847	0.872	0.000							
Mo	ضریب همبستگی	-0.008	-0.115	0.536 <sup>***</sup>	-0.495 <sup>***</sup>	-0.383 <sup>***</sup>	-0.299 <sup>***</sup>	0.330 <sup>***</sup>	-0.136	-0.151	-0.055	1					
	سطح معنی دار	0.928	0.210	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.139	0.099	0.554						
Co	ضریب همبستگی	0.006	-0.117	-0.699 <sup>***</sup>	-0.722 <sup>***</sup>	0.749 <sup>***</sup>	0.731 <sup>***</sup>	-0.106	0.225 <sup>*</sup>	0.347 <sup>***</sup>	0.139	-0.355 <sup>***</sup>	1				
	سطح معنی دار	0.951	0.203	0.000	.0000	.0000	0.000	0.248	0.014	0.000	0.129	0.000					
Cd	ضریب همبستگی	-0.083	-0.108	0.060	-0.060	-0.162	-0.051	-0.052	-0.050	-0.069	-0.021	-0.026	-0.096	1			
	سطح معنی دار	0.366	0.240	0.518	0.516	0.078	0.577	0.574	0.589	0.451	0.816	.7820	0.299				

ادامه جدول ۲۰ :

	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Si	Se	Mo	Co	Cd	Pb	B	Ni
Pb	ضریب همبستگی	0.269 <sup>***</sup>	0.056	0.610 <sup>***</sup>	-0.451 <sup>***</sup>	-0.601 <sup>***</sup>	-0.206 <sup>**</sup>	0.340 <sup>***</sup>	-0.193 <sup>**</sup>	-0.169	-0.064	0.327 <sup>***</sup>	-0.558 <sup>***</sup>	0.098	1	
	سطح معنی دار	0.003	0.545	0.000	.0000	0.000	0.024	0.000	0.035	0.065	.4870	.0000	0.000	0.289		
B	ضریب همبستگی	0.295 <sup>***</sup>	0.274 <sup>***</sup>	0.191 <sup>**</sup>	-0.113	0.071	-0.126	-0.268 <sup>***</sup>	0.162	-0.156	-0.071	-0.214 <sup>**</sup>	-0.273 <sup>***</sup>	0.071	0.024	1
	سطح معنی دار	0.001	0.002	0.037	0.220	0.444	0.170	0.003	.0770	0.088	0.442	0.019	0.003	0.442	0.796	
Ni	ضریب همبستگی	0.069	-0.182 <sup>**</sup>	-0.693 <sup>***</sup>	0.758 <sup>***</sup>	0.724 <sup>***</sup>	0.787 <sup>***</sup>	-0.098	0.242 <sup>***</sup>	0.322 <sup>***</sup>	0.126	-0.350 <sup>***</sup>	0.955 <sup>***</sup>	-0.100	-0.480 <sup>***</sup>	-
	سطح معنی دار	0.454	0.047	.0000	0.000	0.000	0.000	0.285	0.008	0.000	0.169	0.000	0.000	0.276	0.000	0.004

\*\* معنی دار در سطح ۰.۰۱ ، \*\*\* معنی دار در سطح ۰.۰۰۱

با توجه به جدول شماره ۲۰ موارد ذیل قابل استنباط می باشند:

الف) همبستگی مثبت و معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) در مورد Ca-Cl, B-Na, Fe-Se, Co-Cl قابل تشخیص می باشند.

ب) همبستگی مثبت و کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) در مورد

Zn-Na, Mo-Na, Pb-Na, Ca-Mg, Na-Ca, Pb-Ca, B-Ca, Na-Mg, Fe-Mg, Fe-Mn, Cu-Fe, Fe-Cl, Fe-Si, Fe-Co, Fe-Ni, Cu-Si, Cu-Co, Cu-Ni, Zn-Mo, Zn-Pb, Ni-Cl, Se-Si, Si-Co, Si-Ni, Mo-Pb, Co-N

ج) همبستگی منفی و معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) در مورد Pb-Cl, Mo-B, Cu-Pb, Zn-Cl قابل تشخیص است.

د) همبستگی منفی و کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) در مورد Pb-Ni, B-Ni, Mo-Co, Mo-Ni, Co-Pb, Co-B, Fe-Na,

Mn-Na, Cu-Na, Si-Na, Co-Na, Ni-Na, Zn-Fe, Fe-Mo, Fe-Pb, Cu-Mo, Zn-B

ه) در سایر موارد هیچگونه ارتباطی بین عناصر مورد نظر مشاهده نمی گردد.



جدول (۲۱) ضرائب همبستگی اسپیرمن بین عناصر مختلف تجمع یافته در رسوبات منطقه مطالعاتی.

		Pb	Fe	Cu	Zn	Na	Co	Ni	Mg	Mn	Ca
Pb	ضریب همبستگی	1.000									
	سطح معنی دار										
Fe	ضریب همبستگی	-0.153	1.000								
	سطح معنی دار	0.695									
Cu	ضریب همبستگی	-0.509	0.800**	1.000							
	سطح معنی دار	0.162	0.010								
Zn	ضریب همبستگی	0.424	0.717*	0.483							
	سطح معنی دار	0.256	0.030	0.187							
Na	ضریب همبستگی	-0.701*	0.443	0.732*	-0.102	1.000					
	سطح معنی دار	0.035	0.233	0.025	0.794						
Co	ضریب همبستگی	0.407	0.417	0.083	0.617	-0.119	1.000				
	سطح معنی دار	0.277	0.265	.831	0.077	0.760					
Ni	ضریب همبستگی	-0.712*	0.683*	0.767*	0.183	0.579	-0.083	1.000			
	سطح معنی دار	0.031	0.042	0.016	0.637	0.102	0.831				
Mg	ضریب همبستگی	-0.525	0.717*	0.933**	0.467	0.732*	0.167	0.700*	1.000		
	سطح معنی دار	0.146	0.030	0.000	0.205	0.025	0.668	0.036			

		Pb	Fe	Cu	Zn	Na	Co	Ni	Mg	Mn	Ca
Mn	ضریب همبستگی	-0.783*	0.385	0.718*	-0.043	0.755*	-0.017	0.598	0.752*	1.000	
	سطح معنی دار	0.013	0.307	0.029	0.913	0.019	0.965	0.089	0.019		
Ca	ضریب همبستگی	-0.356	-0.767*	-0.550	-0.983**	-0.026	-0.583	-0.233	-0.550	0.009	1.000
	سطح معنی دار	0.347	0.016	0.125	0.000	0.948	0.099	0.546	0.125	0.983	.

\* معنی دار در سطح ۰,۰۵ ، \*\* معنی دار در سطح ۰,۰۱

با توجه به جدول شماره ۲۱ موارد ذیل قابل استنباط می باشند:

الف) همبستگی مثبت و معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) در مورد Fe-Zn, Fe-Ni, Fe-Mg, Cu-Na, Cu-Ni, Cu-Mn, Na-Mg,

Na-Mn, Ni-Mg, Mg-Mn قابل تشخیص می باشند.

ب) همبستگی مثبت و کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) در مورد Fe-Cu, Cu-Mg مشاهده می شود.

ج) همبستگی منفی و معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) در مورد Pb-Na, Pb-Ni, Pb-Mn, Fe-Ca قابل تشخیص است.

د) همبستگی منفی و کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) در مورد Zn-Ca مشاهده می گردد.

ه) در سایر موارد هیچگونه ارتباطی بین عناصر مورد نظر مشاهده نمی گردد.

جدول ۲۲) ضرائب همبستگی اسپیرمن بین غلظت عناصر مختلف در آب منطقه مطالعاتی.

		Cl	Ca	Mn	Mg	Ni	Na	Zn	Co	Cu	Fe
Cl	ضریب همبستگی	1.000									
	سطح معنی دار										
Ca	ضریب همبستگی	0.812**	1.000								
	سطح معنی دار	0.008									
Mn	ضریب همبستگی	-0.441	-0.477	1.000							
	سطح معنی دار	0.235	0.195								
Mg	ضریب همبستگی	0.833**	0.962**	-0.441	1.000						
	سطح معنی دار	0.005	0.000	0.235							
Ni	ضریب همبستگی	-0.580	-0.612	0.624	-0.580	1.000					
	سطح معنی دار	0.102	0.080	0.073	0.102						
Na	ضریب همبستگی	0.533	0.661	0.220	0.750*	-0.185	1.000				
	سطح معنی دار	0.139	0.053	0.569	0.020	0.634					
Zn	ضریب همبستگی	-0.762*	-0.777*	0.630	-0.803**	0.633	-0.469	1.000			
	سطح معنی دار	0.017	0.014	0.069	0.009	0.067	0.203				
Co	ضریب همبستگی	-0.707*	-0.641	0.491	-0.725*	0.661	-0.414	0.450	1.000		
	سطح معنی دار	0.033	0.063	0.179	0.027	0.053	0.268	0.224			

		Cl	Ca	Mn	Mg	Ni	Na	Zn	Co	Cu	Fe
Cu	ضریب همبستگی	-0.783*	-0.782*	0.606	-0.877**	0.511	-0.536	0.919**	0.599	1.000	
	سطح معنی دار	0.013	0.013	0.084	0.002	0.160	0.137	0.000	0.088		
Fe	ضریب همبستگی	0.707*	0.603	-0.641	0.672*	-0.755*	0.196	-0.547	-0.864**	-0.683*	1.000
	سطح معنی دار	0.033	0.086	0.063	0.047	0.019	0.614	0.127	0.003	0.043	

\* معنی دار در سطح ۰,۰۵ ، \*\* معنی دار در سطح ۰,۰۱

با توجه به جدول شماره ۲۲ موارد ذیل قابل استنباط می باشند:

الف) همبستگی مثبت و معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) در مورد Fe-Cl, Mg-Na, Mg-Fe قابل تشخیص می باشند.

ب) همبستگی مثبت و کاملاً معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) در مورد Ca-Cl, Mg-Cl, Ca-Mg, Zn-Cu مشاهده می شود.

جدول ۲۳) مقادیر مربوط به فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در ایستگاههای سه گانه

TOM (%)	کدورت (f.t.u)	دما (°C)	pH	EC (ms/cm)	DO (mg/lit)	ایستگاه /فاکتور
۶/۴	۸۶	۲۷	۷/۷۹	۱/۲۱	۵/۶	یک
۷/۱۰	۲۹	۲۹	۸/۰۲	۰/۵۸	۱۰/۶	دو
۹/۳۴	۸	۲۶	۷/۲۱	۰/۵۵	۴/۶	سه

### ۲-۳- نتایج در معرض گذاری های آزمایشگاهی

طی بررسیهای انجام شده کشت سه گیاه مورد آزمایش در دو محیط کشت ساخته شده نشان داد که رشد در محیط کشت Swedish Standard (SIS) lemma growth medium بیش از E+Medium(22,23)Hoagland,s بوده است. بطور کلی هر یک از گیاهان آبی مورد آزمایش پس از طی زمان مورد نظر در هر آکواریوم مجدداً توزین و به آزمایشگاه ارسال گردید.

### الف- نتایج تاثیر فلزات سنگین بر روی عدسک آبی :

همانطور که در جدول شماره ۲۴ ملاحظه میگردد نتایج حاصله در پایان دوره آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت عناصر سنگین بیوماس نهایی موجود کاسته می شود. بطوریکه در دو برابر غلظت تیمار اول کمترین بیوماس مشاهده می گردد. میزان افزایش وزن در شاهد بیش از سایر تیمارها بوده است.

جدول شماره ۲۴) تاثیر فلزات سنگین بر روی رشد گیاه عدسک آبی

تیمار	تکرار	وزن اولیه (گرم)	وزن پس از ۳۰ روز (گرم)	میانگین افزایش وزن در هر تیمار (گرم)
شاهد	۱	۰/۱۲۵	۴/۸۷۰	۴/۴۶۹
	۲	۰/۱۱۰	۴/۹۱۲	
	۳	۰/۱۰۲	۳/۹۶۲	
۱	۱	۰/۱۰۳	۲/۳۵۲	۳/۹۷۳
	۲	۰/۱۱۰	۵/۸۵۰	
	۳	۰/۱۰۱	۴/۰۳۱	
۲	۱	۰/۱۰۷	۳/۵۴۰	۳/۲۴۲
	۲	۰/۱۱۲	۴/۲۱۹	
	۳	۰/۱۰۰	۲/۲۷۸	
۳	۱	۰/۱۲۰	۱/۸۳۱	۱/۶۰۷
	۲	۰/۱۱۰	۱/۳۰۵	
	۳	۰/۱۱۵	۲/۰۳۰	

### ب- نتایج تاثیر فلزات سنگین بر روی سراتوفیلوم:

بر اساس جدول شماره ۲۵ نتایج نشان داد که افزایش میزان غلظت فلزات سنگین افزایش وزن گیاه سراتوفیلوم کاهش می یابد. ولیکن فقط در تیمار ۱/۵ برابر غلظت تیمار اول کاهش وزن مشاهده می گردد.

جدول ۲۵) تاثیر فلزات سنگین بر روی رشد گیاه سراتوفیلوم

تیمار	تکرار	وزن اولیه (گرم)	وزن پس از ۳۰ روز (گرم)	میانگین افزایش وزن در هر تیمار (گرم)
شاهد	۱	۴/۴۵۱	۹/۴۸۰	۸/۱۰۷
	۲	۷/۵۳۸	۲۰/۹۴۶	
	۳	۵/۶۰۶	۱۱/۴۹۰	
	۱	۴/۷۱۲	۹/۴۶۱	

تیمار	تکرار	وزن اولیه (گرم)	وزن پس از ۳۰ روز (گرم)	میانگین افزایش وزن در هر تیمار (گرم)
۱	۲	۷/۱۷۲	۲۱/۳۸۴	۸/۰۷۲
	۳	۴/۳۹۰	۹/۶۴۵	
۲	۱	۵/۱۲۷	۱۱/۷۳۴	۵/۳۵۸
	۲	۵/۳۱۵	۱۱/۴۰۴	
	۳	۵/۷۰۷	۹/۰۸۷	
۳	۱	۶/۰۵۸	۱۹/۳۵۴	۱۲/۶۶
	۲	۳/۳۱۱	۱۵/۶۷۳	
	۳	۳/۰۶۴	۱۵/۳۸۲	

**ج- نتایج تاثیر فلزات سنگین بر روی گیاه هیدروکوتیل و لگاریس:**

بر اساس جدول شماره ۲۶ نتایج نشان می دهد که با افزایش غلظت فلزات سنگین میزان وزن به استثناء تیمار اول کاهش می یابد.

**جدول شماره ۲۶) تاثیر فلزات سنگین بر روی رشد گیاه هیدورکوتیل و لگاریس:**

تیمار	تکرار	وزن اولیه (گرم)	وزن پس از ۳۰ روز (گرم)	میانگین افزایش وزن در هر تیمار (گرم)
شاهد	۱	۴۲	۸۵/۹۲۳	۵۲/۶۲۲
	۲	۳۶	۹۵/۷۳۰	
	۳	۴۵	۷۰/۵۹۵	
۱	۱	۳۹	۷۰/۱۸۵	۳۳/۵۱۳
	۲	۴۱	۳۹/۱۸۵	
	۳	۳۹	۱۰۹/۱۲۹	
۲	۱	۴۱	۱۱۲/۶۲۸	۴۱/۹۲
	۲	۴۳	۳۵/۹۳۶	
	۳	۳۸	۹۹/۱۹۸	
۳	۱	۴۱	۶۲/۴۳۲	۴۰/۰۱۳
	۲	۳۸	۸۹/۲۳۸	
	۳	۳۷	۸۴/۳۶۹	

## ۴- بحث و نتیجه گیری

یافته های تحقیقاتی مربوط به میزان و جذب فلزات در گیاهان، آب و رسوبات و اثرات مربوط به پارامترهای فیزیکی شیمیایی:

برای مدیریت کیفیت آب در تالاب ها و بطور کلی در اکوسیستمهای مشابه، داشتن استراتژی های مشخص به منظور حذف یا کاهش آلاینده های ناشی از مواد شیمیایی بالاخص فلزات سنگین، این مسئله مهم است که چه نوع گیاه آبی با چه اولویتی، در چه زمانی و با چه شیوه ای از محیط آبی برداشت شود. امروزه تکنیک جذب فلزات سنگین توسط ماکروفیت ها و گیاهان پالایشگر یک نوع فن آوری زیستی است و این روش یقیناً می تواند به عنوان یک روش برای ارزیابی و توسعه پایدار اکوسیستم ها اثرگذار و تعیین کننده باشد. اگر این روش به درستی و گیاهان آبی با مطالعه دقیق و حساب شده بکار گرفته شوند بعنوان یک روش و ابزار طبیعی و غیرقابل جایگزین مهمترین نقش را می توانند در بقاء و پایداری تالابها و دیگر اکوسیستم های آبی مشابه ایفاء نمایند.

تالابهای طبیعی می توانند قرنها در جهت تصفیه پسابها و جلوگیری از تخریب اکوسیستم های طبیعی (دریاچه ها، دریاها و اقیانوس ها) عمل کرده و در تعادل مواد آلی، مواد مغذی (نوترینت ها K,N,P) و کاهش غلظت آلاینده های شیمیایی مانند فلزات سنگین، مواد شیمیایی آلی و بیماری زا نقش اساسی داشته باشند. گیاهان آبی می توانند به عنوان شاخص های بیولوژیک بیانگر تغییرات در وضعیت محیط های آبی به لحاظ فیزیکی و یوتریفیکاسیون اتفاق افتاده در اکوسیستم های آبی بوده و هر گونه تخریب و تغییر در توزیع آنها می تواند وضعیت حیاتی و زیست سایر موجودات حاضر در محیط آبی را بدنبال داشته باشد (Sand-Jensen et al., 2000; Germ and Gaberscik, 2003).

مناطق تالابی در واقع نقش یک فیلتر طبیعی را جهت کاهش یا حذف آلاینده های منتقل شده از طریق رودخانه ها ایفاء می کنند و این مهم به کمک ماکروفیت ها که بشکل بسیار موثری در پالایش آبهای سطحی عمل می کنند، انجام میشود (Gopal 2003). گیاهان آبی (ماکروفیت ها) بواسطه رشد سریع و تنوعی که در محیطهای آبی دارند، می توانند به میزان بالایی جذب کننده و پالایش دهنده آلاینده های شیمیایی و بالاخص فلزات بوده و آنها را در اندامهای مختلف شان ذخیره نمایند (Peverly et al., 1995; Weis et al. 2004 Boldantoni et al., 2004). بنابراین نقش تالابها در بهبود کیفیت آب به عنوان یک منطقه بین خشکی و اکوسیستم های آبی بزرگ (دریاها و اقیانوس ها) و تنوع و فراوانی گونه های آبی در بدنه خود بسیار مهم و حیاتی است (GoodFrey et al., 1985, Mitsch and Gosselink 1993).

اهمیت نقش ماکروفیتها در محیطهای آبی بواسطه:

۱- جلوگیری از ورود آلاینده ها به زنجیره غذایی

۲- پالایش و پاکسازی اکوسیستم های آبی

۳- پایش زیستی محیط‌های آبی

۴- عملکرد بیورژنوشیمیایی و عدم ورود عناصر و مواد سمی و خطرناک به زنجیره غذایی

بوده و کاربرد آنها در مقایسه با جلبکها دارای مزیت‌هایی از جمله، طول عمر بیشتر، سازگاری و مقاومت بیشتر نسبت به میزان و نوع فلزات سنگین و وجود زیاده خیلی بیشتر به جلبکها می باشند (Phillips, 1977). از لحاظ شرایط استفاده از ماکروفیتها به عنوان شاخص زیستی اینکه اولاً گونه‌ها بایستی در منطقه بومی باشند، ثانیاً به راحتی قابل دسترس باشند، ثالثاً: قابلیت تجمع فلزات در حد آستانه مجاز را داشته باشند، رابعاً به لحاظ آماری بایستی دارای ارتباط معنی دار در فراوانی فلز مورد نظر و غلظت آن در محیط (آب و رسوب) باشند (Phillips, 1977).

از عوامل موثر در مکانیسم و کیفیت جذب فلزات بالاخص فلزات سنگین توسط ماکروفیت ها می توان به ۱- ژنوشیمی رسوبات ۲- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی ۳- فیزیولوژی گیاه ۴- تفاوت های ژنوتیپی گیاهان اشاره کرد (Outridge and Noller, 1991).

میزان جذب فلزات در ماکروفیتها در مناطق تالابی معمولاً تابعی است از میزان موجود از این فلزات و در دسترس بود نشان در محیط آبی، رسوبات و همچنین دینامیک آنها (Larsen and Schierup, 1981; HardJet and Ozimek, 2002) و از دیدگاهی دیگر اساس مکانیسم پالایش آلاینده ها در اکوسیستم های آبی به رسوبات، نوع و توان ماکروفیتها بستگی دارد (Hutchinson, 1975; Serra et al., 2004).

ماکروفیتها در اکوسیستم های آبی بستری هستند برای تغلیظ زیستی و تجمع فلزات و نقش ویژه ای در چرخه بیورژنوشیمیایی مواد غذایی و مهار فلزات غیرضروری از محیط های آبی دارند (Brayan, 1975; Chow et al., 1976). نوع و رفتار متفاوت گونه های مختلف ماکروفیتی در اکوسیستم های آبی عاملی است موثر در جذب بعضی از عناصر موجود در محیط (Jackson and Kalf, 1993; Gibbs, 1973) و معمولاً ماکروفیت ها فلزات را در شکل یونی جذب می کنند و فلزات در هر شکلی قابل جذب نیستند و بطور مثال فلزات در وضعیت پیوندهای سولفیدی پیوندا مواد آلی یا ترکیب با اکسی و هیدوراکسی های آهن و منگنز قابل جذب نمی باشند (Anderson, 1975; Fitter and Hay, 1993).

ماکروفیت ها میتوانند فلزات سنگین را از آب، رسوبات و آب و یا آب و رسوب و هوا جذب کنند (Crowder, Jackson, 1998; 1991) و معمولاً فلزات توسط یونهای منفی موجود در دیواره سلولی گیاهان آبی به دام می افتند (مثلاً تجمع در آپوپلاست) (Salt et al., 1999) البته امکان دارد با توجه با ساختار شیمیایی، عملکرد بیولوژیکی و رفتار فیزیولوژیکی ماکروفیتی فقط بخشی یا نیمی از فلزات موجود در محیط جذب دیواره های سلولی و... شوند (Ramos et al., 2002, Cataldo et al., 1983).

بطور کلی گیاهان آبی (ماکروفیت ها) با سه روش یا الگو عمل پالایش را در کوسیستم های آبی انجام میدهند (Virendra and Tripathi, 2008).



۱- از طریق دیوارهای سلولی

۲- از طریق تجمع دادن در ریشه (عموماً)

۳- از طریق تجمع دادن در همه اندامها و اجزاء خود.

نوع پیوند بین فلزات و رسوبات و آب متفاوت است. به همین جهت فلزات محلول در آب به آسانی و با سرعت بیشتری می توانند به اندامهای مختلف گیاهان آبی منتقل شوند (Lewomber et al., 1996; Guilizzoni, 19991) بعضی از فلزات که هیچگونه کاربرد و تناسبی با ساختار شیمیایی و نیاز فیزیولوژیک گیاهان آبی ندارند یا خیلی کم جذب میشوند و یا اینکه اصلاً جذبی صورت نمی گیرد (Virendra and Tripathi, 2008).

اثرات فلزات سنگین در موجودات آبی در پنج مقوله می گنجد (Connell and Miller, 1986):

۱- مورفولوژیکی / هستولوژیکی

۲- فیزیولوژیکی (رشد، چرخه حیات و گسترش)

۳- بیوشیمیایی (فعالتهای آنزیمی و...)

۴- رفتار عصبی - فیزیولوژیکی

۵- تولید مثلی

قسمت اعظم فلزات در اکوسیستم های آبی دارای منشاء غیر نقطه ای هستند تا نقطه ای، مثل پسابها، فاضلاب های شهری، خانگی و کشاورزی. وجود ریشه زیاد یا برگهای پهن و فراوان در یک گیاه آبی می تواند یک پارامتر تعیین کننده برای جذب بیشتر فلزات سنگین باشد (Virendra and Tripathi, 2008).

عموماً گیاهان آبی در اندامهای هوایی که تحت تاثیر نوسانات فتوسنتز هستند، جذب کمتری از فلزات را نشان میدهند (Pevery et al., 1995; Ye et al., 2003; Baldantoni et al., 2004) و جالب اینکه جذب فلزات سنگین توسط اندامهای هوایی ماکروفیت ها در تالابهای مختلف با هم متفاوت است (Cardwell et al., 2002).

تجمع فلزات سنگین در گیاهان آبی در محیطهای آبی می تواند تحت تاثیر تغییرات ساختار جوامع زیستی، فعالتهای بیولوژیکی و ساختار شیمیایی آنها باشد (Chester and Stoner, 1974) و سرعت جذب فلزات غیر ضروری در اکوسیستم های با وضعیت نرمال و یا تقریباً نرمال نسبت به فلزات ضروری خیلی کمتر است (Cloudia et al., 2006).

میزان جذب فلزات توسط ماکروفیت هایی که دارای ریشه سطحی در رسوبات بوده و آن دسته از ماکروفیتهای که دارای ریشه عمیق تری در رسوبات که می توانند از شرایط اکسید شده تری برخوردار باشند، متفاوت است. بطوریکه دسته اول از توان جذب کمتر و دسته دوم از پتانسیل جذب بیشتری توسط گیاهان آبی برخوردارند (Ruben et al., 2005).

معمولاً فلزات در گونه های شناور در برگها جذب می شود (Clemens et al., 2002) و برگ گیاهان غوطه ور نقش بسزایی در پذیرش و جذب فلزات سنگین دارند (Guilizzoni, 1991). مطالعات نشان میدهد که میزان فلزات

سنگین در ماکروفیتها مستقیماً با مقدار عناصر مغذی (N,P) ارتباط دارد (Vazquez et al., 2000). بعضی از فلزات مثل Cu, Zn, Mn, Ni, Co در غلظتهای مناسب و ضروری بعنوان میکرونوتریت عمل کرده و در تغذیه ماکروفیت ها نقش مهمی دارند و از منظری دیگر و بعضی از فلزات مانند Cu, Cd, Zn در اندامهای مختلف بکندی یا بطور معمول تحرک داشته و پاره ای مانند Pb غیرمتحرک اند (Virendra and Tripathi, 2008).

بطور کلی دو نوع فعل و انفعال یا تعامل بین گیاهان آبرزی و فلزات سنگین وجود دارد. از یک طرف اثرات منفی این فلزات بر روی گیاهان مذکور مطرح است و از سوی دیگر این گیاهان فی ذاتاً میکانیسم مقاومت خود را در قبال عناصر و مواد سمی دارند فلزات سنگین در غلظت مناسب در گیاهان آبرزی می توانند فعالیتهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تنظیم کننده در تولید محصولات متابولیک مانند کلاتاتیون، اسیدآگزالیک، سیترات و پیوندهای پروتئینی فلزی و دفع یکسری سموم نقش مهمی داشته باشند (Schuiping and Cheng, 2003) و از سوی دیگر در غلظت بالا فلزات سنگین در گیاهان آبرزی مشکلاتی از قبیل کاهش عملیات فتوسنتز، تخریب دیواره های سلولی، کاهش کلروپلاسم، کاهش رشد اندامهای گیاهی، ایجاد اختلال در فعالیتهای کروموزومی و ژنتیکی و فعالیتهای DNA و اختلالات متابولیکی را در پی داشته باشد (Zha and Bi, 1999).

همچنین غلظت بیش از حد مجاز فلزات سنگین در ماکروفیت ها می تواند باعث اختلال در تولیدات سلولی و تقسیم های سلولی (Moe and Lee, 1992) و تغییر و تخریب ساختار شیمیایی و ساختمان سلولی و کاهش میتوکندری و کلروپلاستها و ایجاد اختلال در ترکیب پلی پپتیدها شود (Peng and Wang, 1991) و یا اینکه موجب ایجاد استرس و اختلال در فعالیتهای آنزیم هایی مثل SOD, POD, CAT که به عنوان آنزیم های حفظ گیاهان از آنها یاد میشود گردد، بالاخص فلزاتی مانند Cd, Pb, Hg, Fe, Ni, Cr که مقدار کم و مناسب آنها می تواند عامل افزایش فعالیتهای آنزیمهای فوق الذکر میشود (Ma 2000, Yang et al., 2001) میزان جذب بعضی از فلزات مانند Zn, Fe در ماکروفیتها، در حضور فلزات دیگر مانند Cd افزایش می یابد (Xu and Yang, 1995) امکان دارد که جذب کمتر بعضی از فلزات توسط یک گیاه آبرزی که دارای برگ های پهن و فراوان است، بخاطر کوتاهی عمر برگ باشد (Dilek and Ahmet, 2004). عدم جذب بعضی از فلزات می تواند تحت تاثیر باقی ماندن آنها در رسوب بشکل فسفات (مثلاً فسفات روی یا فسفات مس) باشد (Kauval et al., 2004).

گونه های شناور آزاد که دارای ریشه هستند، ظرفیت پذیرش و جذب کاتیونهای فلزی و آنیونهای مواد مغذی (N,P) را دارند. (Kadlec, 2000) بواسطه تولیدات بالایشان و توان بالای جذب مواد مغذی و همچنین آسانی ذخیره و برداشت برای مهندسی تالابها درخصوص حذف آلاینده ها و بهبود وضعیت و کیفیت آب تالابها بسیار مناسب اند (Sookanh and Wilkie, 2004) و از طرفی گونه های غوطه ور، شناور آزاد، کنار آبرزی و شناور غیر آزاد نیز پتانسیل قابل توجهی برای به دام انداختن کاتیونهای فلزی دارند (Jatun et al., 2008, Rai et al., 1995; Jackson, 1998).

از لحاظ دسته بندی عناصر در جوامع گیاهی میتوان به عناصر ضروری و غیر ضروری اشاره داشت. فلزاتی همچون Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Se, Zn که تقریباً یک درصد در خاک ها و رسوبات یافت می شوند، به عنوان عناصر ناچیز و کم مقدار (Trace element) تلقی شده و این عناصر کم مقدار شامل فلزات، شبه فلزات و رادیو نوکلئیدها می باشند. البته عنصر Se به عنوان یک غیر فلز شناخته شده است. بعضی از عناصر دارای ظرفیت های (والانس های) پیوندی متفاوت بوده و میزان سمیت گوناگونی دارند و این درجه سمیت در میان عناصر ضروری و غیر ضروری بستگی به غلظت شان در محیط زیست، مقدار pH، پتاسیل اکسید و احیاء و ظرفیت تبادل کاتیونی آنها متفاوت است. عنصری به عنوان عنصر ضروری شناخته میشود که اولاً کمبود آن موجب جلوگیری از تکامل زنجیره حیاتی شود، ثانیاً بطریقی بایستی کمبود آن در جهت سیکل حیاتی تامین شود و ثالثاً نقش آن جنبه تغذیه ای داشته و این ضرورت جدای از شرایط میکروبی و شیمیایی خاک مطرح باشد ( Prasad and Strzalka, 2002).

#### روی (Zn):

روی یک عنصر ضروری (در حد مجاز و غلظت مناسب) در ماکروفیت ها برای رشد نرمال و طبیعی محسوب شده و در تشکیل کربوکسیل پپتیدها، DNA، پلیمریزه کردن RNA، متابولیسم نیتروژن، تشکیل و تولید بذور، تولید کربوهیدرات، تولید نشاسته، تولید کلروفیل، سیستم آنزیم ها و هورمونهای رشد گیاهان نقش و اهمیت ویژه دارد (Prasad and Strzalka 2002). اما در غلظت بالا سمی و خطرناک بوده و تداوم تجمع آن در گیاهان بیش از ۲۰-۵ ppm موجب بروز اثرات سمی شده و کاهش تولید مثلی و اختلال و استرس در فعالیتهای آنزیمی و تولید کلروفیل می گردد (Allen, 1989; Erdie et al, 2002). بعضی از گیاهان آبی مثل پوتاموژتون پکتیناتوس توان جذب ۷۱۸۰ ppm روی را توسط برگهایشان دارند (Kejian et al., 2008).

#### مس (Cu):

مس بعنوان یک عنصر ضروری برای فعال کردن چندین آنزیم، شرکت در واکنشهای اکسیداسیون و احیاء نقش غیر مستقیم در تولید کلروفیل و افزایش قند دارد (Leep, 1981; Parsad and Strzalka, 2002) و در غلظتهای بالا و غیر مجاز موجب سمیت، کاهش عمل فتوسنتز، کاهش سنتز پروتئین، کاهش بعضی از فعالیتهای فیزیولوژیکی، کاهش رشد و فرآیند باز تولیدی، کاهش سنتز پروتئینی، کاهش بعضی از فعالیتهای فیزیولوژیکی، کاهش رشد و فرآیند باز تولیدی، کاهش سطح تیلاکوئید و اختلال در سیستم تنفسی شود ( Prasad and Strzalka, 2002 ) این عنصر همچون Zn, Fe, Pb, Co بیشتر تمایل به جذب از طریق ریشه ها را دارد (Stoltz and Greger 2002; Claudia et al, 2006).

**کادمیوم (Cd):**

بعنوان یک عنصر غیر ضروری، سمی و سنگین در خاکهای آلوده (۲-۰/۰۵ ppm) بوده (Pendias, 1992) اما اگر در محیط آبی در معرض آلودگی شدید باشد ماکروفیتها از طریق ریشه پتانسیل جذب آن را تا ۱۰۰ ppm دارند بطور مثال گیاه آبی پوتاموژتون pectinatus نیز توسط برگهایش ۵۹۶ ppm را جذب کرده است (Kejian et al., 2008). Cd نوعاً در ماکروفیتها از طریق ریشه جذب و به برگها میرسد و با تاثیر بر میزان فتوسنتز و فلورسنس کلروفیل و جذب نوتریت ها باعث کاهش رشد آنها می شود (Vitendra and Tripathi, 2008) ضمناً کادمیوم می تواند به کمک یک یون مانند  $Ca^{2+}$  متحرک شده و در اندامهای مختلف جذب شود.

**نیکل (Ni):**

نیکل به عنوان یک عنصر ضروری با غلظت در حد ضرورت، در رشد گیاهان آبی نقش داشته و احتمالاً در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی نیز اهمیت دارد و وجود این عنصر برای ترکیب آنزیم اوره ضروری است و سرعت حرکت آن در درون گیاهان آبی بالاست. میزان نرمال نیکل در گیاهان ۵-۵ ppm بوده و بیش از ۵ ppm ایجاد سمیت می کند (Allen, 1989) و غلظت بالای این عنصر در ماکروفیتها منجر به کاهش تولید و رشد، کاهش تولیدات پروتئین و کاهش میزان کلروفیل ها و آنزیم ها می شود (Prasad and Strzalak, 2002). کمبود Ni در گیاهان نیز باعث تجمع اوره در برگها گردیده و منجر به نکروز آنها میشود (Taiz and Zeigler, 1998).

**سرب (Pb):**

Pb بعنوان یک عنصر غیر ضروری برای گیاهان آبی شناخته شده و در حد ۳۰-۳۰۰ ppm سمی و خطرناک می باشد (Roos, 1994). این عنصر در pH پایین امکان افزایش جذب اش توسط ماکروفیت ها فراهم می گردد (Lakatos, 1985, Lepp, 1981) و سرعت و میزان تحرک آن در بافتهای گیاهی مانند ریشه ماکروفیتها خیلی کمتر از Zn و Cd می باشد (Koepe, 1981). بعضی از ماکروفیتها مانند پوتاموژتون پکتیناتوس تا ۶۰۴ ppm توسط برگهایش می تواند جذب سرب داشته باشد (Kejian et al., 2008).

**منگنز (Mn):**

Mn با غلظت مناسب و در حد ضرورت در گیاهان آبی همانند Cu در تشکیل و ترکیب بیوسنتز پروتئین ها و سنتز کلروفیل نقش داشته و باعث افزایش میزان کلسیم و فسفر در آنها می شود (Prasad and Strzalak, 2002) و همچنین باعث فعال شدن چندین آنزیم از قبیل دی کربوکسیلاز و دی هیدروژناز شده و کمبود آن در گیاهان آبی باعث صدمه به ساختمان مواد فنلی و لیگینی که در جلوگیری در عفونت های خارجی نقش دارند، می گردد (Prasad and Strzalak, 2002). منگنز اضافی بیشتر در اندامهایی مثل کلروپلاست، دیواره های سلولی باقی

مانده و این بستگی به نوع گیاه دارد (Lidon and Teixeira, 2000; Lyte et al., 1996). جذب منگنز در ماکروفیتهای موجود در اکوسیستم های آب تا حدود زیادی وابسته به خواص فیزیکی و شیمیایی آب و رسوب دارد، پارامترهایی مثل pH و معمولا ارتباط مثبتی از لحاظ تجمع Mn در گیاهان آبی و میزان آن در رسوب وجود داشته و در محیطهای با حضور بالای Mn از تجمع Cd در اندامهای مختلف گیاهان آبی کاسته میشود (Kejian et al., 2008).

#### کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg):

یون کلسیم بعنوان یک عامل تنظیم کننده در ساختار دیواره های سلول گیاهان آبی و پایداری غشاء سلولی اهمیت و نقش دارد و عنصر منیزیم نیز در گیاهان آبی در تشکیل کلروفیل میزان آنزیم ATP و بیوسنتز پروتئین حائز اهمیت می باشد (Prasad and strzalak, 2002).

#### مولیبدن (Mo)

عنصر مولیبدن در ماکروفیت ها بطور کلی گیاهان در کنترل متابولیسم نیتروژن نقش داشته و همچنین در فعالیت چندین آنزیم مانند نیتروژناز، گزانتین، اکسیداز دی هیدروژناز، الدئیداکسیداز و سولفیت اکسیداز و همینطور در تثبیت نیتروژنی در ماکروفیتها و تغذیه و رشد گیاهان دارای اهمیت خاص بوده و کمبود آن ممکن است کاهش و کمبود نیتروژن را در پی داشته باشد (Prasad and Strzalak, 2002, Taiz and Zeigor, 1998).

#### آهن (Fe):

عنصر آهن در گیاهان برای سنتز کلروفیل، فرواکسین و تشکیل سیتوکروم ها ضروری بوده و در تثبیت نیتروژن نیز نقش داشته و برای انتقال الکترون در عملیات فتوسنتز و کاهش نترات و سولفات در گیاهان اهمیت دارد. فلز آهن در غلظتهای بالا برای ماکروفیت ها سمی و خطرناک بوده و باعث کاهش اکسیژن، اختلالات فیزیوژنیک، استرس های اکسیداسیون و احیائی، ایجاد اختلال در تولید پروتئین ها، DNA و آسیب زدن به غشاء سلولی می گردد (Prasad and Strzalak, 2002).

#### بر (B) و کلر (Cl<sup>-</sup>):

عنصر بر یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان بالاخص گیاهان بزرگ شناخته شده است. البته در غلظت های بالا می تواند مشکلاتی را ایجاد کند. کمبود بر باعث اختلال در رشد گیاهان شده و این عنصر معمولا از طریق رشد گیاهان آبی جذب میشود (Mukherjee, 2005). یون Cl در ماکروفیت های محیط های آبی در فرآیند اسمز و واکنشهای فتوسنتزی نقش داشته و اهمیت خاص دارد (Prasad and Strzalak, 2002).

**کبالت (Co):**

عنصر کبالت با غلظت در حد مجاز و مناسب جزو عناصر ضروری برای رشد و حیات ماکروبیتهای شناخته شده و به عنوان یک عنصر ریزمغذی مورد توجه است (Kunzel et al., 2001). اما همین عنصر در غلظت های بالا و اضافی برای ماکروبیتهای غیر ضروری بوده و ایجاد سمیت می کند (Prasad and Strzalak, 2002). مقایسه میزان یا میانگین جذب فلزات بویژه فلزات سنگین توسط ماکروبیتهای کار مشکلی است چرا که اولاً منشاء آلاینده ها و ثانیاً زمان نمونه برداری، سن گیاهان و ثالثاً وضعیت فیزیکوشیمیایی آب و شرایط اقلیمی حاکم بر اکوسیستم های آبی متفاوت بوده و همچنین سرعت جذب فلزات در گیاهان مختلف ممکن است کاملاً با هم فرق داشته باشد. با مرور و تعمیق در کارهای تحقیقاتی گذشته در سایر مراکز علمی و تحقیقاتی جهان متوجه میشویم که برای ارزیابی، بررسی و تحلیل پتانسیل گیاهان آبی در جذب فلزات و بخصوص فلزات سنگین، این بررسی ها بر روی گیاهان آبی مشخص، حداقل برای یک سال و در طول چهار فصل به همراه اندازه گیری های دقیق میزان فلزات در گیاهان، آب و رسوبات و اندازه گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی موثر در کمیت و کیفیت جذب عناصر در گیاهان و میزان موجود آنها در آب و رسوب محیطهای آبی انجام شده و بعد به مقایسه و جمع بندی مشخص از عملکرد ماکروبیتهای پرداخته و عموماً نظرات قاطع و قابل توجهی را ابراز داشته اند.

### ۱-۴- تحلیل عملکرد جذب فلزات توسط گیاهان آبی (سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا)

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۱۵ می توان گفت روند جذب عناصر Cu, Pb, Cd, Zn توسط گیاه سراتوفیلوم در این تحقیق با یافته های کنشلو (۱۳۷۶) تطبیق داشته و همچنین در مطالعه ای که حسینی زاده (۱۳۷۷) بر روی گونه ای تراپا و هیدروکوتیل انجام داده، روند جذب Cu, Pb, Cd, Zn در آن مطالعه با یافته های کار تحقیقی کنونی مطابقت دارد. میانگین جذب کادمیوم توسط سراتوفیلوم در تحقیق حاضر در مقایسه با یافته های کنشلو (۱۳۷۶) که بر روی دو گونه پوتاموژتون و فراگماتیس بترتیب مقادیر ppm ۰/۶۹ و ۰/۹۱ می باشد بیانگر پتانسیل کمتر سراتوفیلوم در جذب کادمیوم نسبت به دو گیاه مذکور می باشد، اما مقایسه میانگین جذب عنصر روی در مطالعه مذکور نشان از پتانسیل بالاتر برای جذب روی توسط سراتوفیلوم (ppm ۱۰۶/۸۹) نسبت به پوتاموژتون و فراگماتیس دارد که بترتیب ppm ۲۴/۷۵ و ۲۱/۱۵ جذب را از روی نشان داده اند. در مورد میانگین جذب عنصر سرب توسط سراتوفیلوم و آزولا در تحقیق کنونی که به ترتیب ppm ۰/۳۳ و ۰/۹۴ جذب را داشته اند در مقایسه با یافته های کنشلو (۱۳۷۶) توسط پوتاموژتون و فراگماتیس که بترتیب ppm ۱۰/۴۵ و ۱۲/۹۷ است بیانگر عملکرد خیلی کمتر سراتوفیلوم و آزولا در جذب سرب بوده و نشان میدهد که پوتاموژتون و فراگماتیس از توان جذب بالاتری در رابطه با سرب برخوردارند.

درخصوص میانگین جذب Cu توسط سراتوفیلوم و آزولا که بترتیب ppm ۹/۷۸ و ۸/۸۴ می باشد در مقایسه با یافته های کنشلو (۱۳۷۶) که در مورد دو گیاه مذکور بترتیب ppm ۶/۲۸ و ۹/۰۹ است، بیانگر این است که سراتوفیلوم عملکرد بهتر و آزولا تقریباً عملکرد یکسانی داشته است.

میانگین جذب عنصر روی توسط تراپا و هیدرو کوتیل در تحقیق حاضر که بترتیب ppm ۲۹/۰۱ و ۱۰۶/۳۵ می باشد در مقایسه با یافته های حسینی زاده (۱۳۷۷) که در خصوص جذب روی بوسیله تراپا و هیدرو کوتیل بترتیب ppm ۲۷/۵۴ و ۱۰/۴۷ است، نشان میدهد که تراپا تقریباً یکسان عمل کرده و اما جذب بالای روی در تحقیق حاضر بیانگر افزایش میزان قابل توجه روی در تالاب انزلی طی دهسال اخیر می باشد. همچنین میانگین جذب Cu توسط تراپا و هیدرو کوتیل در تحقیق کنونی که بترتیب ppm ۱۱/۷ و ۱۴/۹۸ می باشد با یافته های کار تحقیقی مذکور (حسینی زاده، ۱۳۷۷) که بترتیب ppm ۱۱/۴۳ و ۱۰/۴۷ بوده است، نشان دهنده عملکرد تقریباً یکسان می باشد.

میانگین جذب کادمیوم در تحقیق حاضر در تراپا و هیدرو کوتیل با ارقام مربوط به این عنصر که در مطالعه حسینی زاده (۱۳۷۷) که بترتیب ppm ۰/۸۷ و ۰/۹۲ است. می تواند نشان دهنده کاهش آلودگی کادمیوم در محیط تالاب در چند سال گذشته باشد و یا اینکه سایر عوامل فیزیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی متفاوت در دو مقطع کار تحقیقی این اختلاف را باعث شده باشد.

در مطالعه ای که Lilite et al., 2006 بر روی تعداد زیادی از ماکروفیت های دریاچه Sevan ارمنستان برای ارزیابی میزان جذب فلزات انجام داده اند، ترتیب میانگین جذب:  $Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > Cu > Co > Ni > Pb > Cd$  بوده است که با ترتیب جذب در کار تحقیقی حاضر همخوانی بسیار بالایی دارد. درخصوص میانگین جذب در کار مطالعاتی فوق الذکر گیاهان متعلق به جنسهای Sargassum, Lemna از Ca بترتیب ppm ۲۳/۴۱ و ۲۱۹۸۲ و از Mg بترتیب ppm ۲۱۷/۰۶ و ۱۴۲۰/۵ و از Mn بترتیب ppm ۴۲۷/۱ و ۴۳۲/۶ و از Ni هر دو گیاه جذبی نداشته و از Zn بترتیب ppm ۱۰/۲۳ و ۰/۱۰۰ و از Co بترتیب ppm ۲/۹۴ و ۱۴/۵۴ جذب نشان داده اند. ملاحظه میشود که میزان جذب عناصر Ca, Mg, Ni, Mn, Cd توسط Lemna خیلی کمتر یا کمتر از مقدار جذبی است که در کار تحقیقی حاضر بوسیله سراتوفیلوم، تراپا، هیدرو کوتیل و آزولا بدست آمده است. اما درخصوص کبالت در Lemna و چهار گونه مورد بحث در مطالعه کنونی تقریباً جذب مشابهی داشته اند و این درحالی است که Lemna در مورد جذب عناصر Fe, Cu, Zn, Pb عملکرد بهتری نسبت به گونه های سراتوفیلوم، هیدرو کوتیل، تراپا، آزولا از خود بروز داده است. در رابطه با مقایسه میزان جذب عنصر Ca گونه سارگاسوم نسبت به سراتوفیلوم، تراپا و آزولا عملکرد بهتر اما نسبت به هیدرو کوتیل و تراپا جذب کمتری را نشان میدهد. میزان جذب Mg توسط گونه های سراتوفیلوم، هیدرو کوتیل و تراپا به مراتب بیشتر و بهتر از جذبی است که سارگاسوم از این عنصر داشته است ولیکن آزولا در جذب Mg نسبت به سارگوسوم عملکردش پائین تر بوده است. میانگین جذب عناصر Ni, Mn, Fe، توسط چهار گونه مطرح در تحقیق حاضر خیلی بیشتر یا بیشتر از جذبی است که توسط سارگوسوم در مطالعه

مذکور نشان داده است، اما در مورد Cu, Zn, Pb, Cd این سارگوسوم است که عملکرد بهتری نسبت به گونه های سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا از خود به نمایش گذاشته است.

از موارد دیگری که در کار مطالعاتی فوق اشاره انجام شده ماکروفیتی از خانواده Lythraceae می باشد. که بایستی اشاره کرد در مقایسه با میانگین جذب عناصر Mn, Ni, Fe, Mg چهار گونه مورد بررسی در تحقیق کنونی خیلی بهتر یا بهتر از Lythraceae جذب نشان داده اند اما در مورد عناصر Cu, Zn, Pb, Ca, Co این Lythraceae هست که در کار تحقیقاتی مذکور از عملکرد خیلی بیشتر یا بیشتر نسبت به گونه های سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا برخوردار است. در همین رابطه میانگین جذب عناصر Mn, Fe, Mg توسط سراتوفیلوم هیدروکوتیل و تراپا خیلی بهتر از Hippurideaceae که در کار تحقیقی مذکور انجام شده، می باشد اما جذب Ni, Zn, Pb, Cd, Co و Cu, Fe، بوسیله این گیاه بسیار بیشتر از گونه های چهارگانه مورد بررسی در کار تحقیقی حاضر بوده است و این مربوط به توان بالای این گیاه در جذب عناصر مذکور است. در مطالعه ای که در تالاب سلطان در ترکیه توسط Dilek and Ahmet, 2004 انجام شده ترتیب جذب عناصر در دو گیاه تیفا و پوتاموژتون بدین صورت است: Zn>Cu>Ni>Pb>Cd

همانطور که ملاحظه میگردد ترتیب جذب عناصر مذکور با کار تحقیقی حاضر مطابقت دارد. در مورد میزان جذب عناصر فوق الذکر در گیاه تیفا عملکرد بیشتری نسبت به سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا در کار تحقیقی حاضر داشته است ولیکن در مورد Zn عملکرد آن با سراتوفیلوم و هیدروکوتیل تقریباً یکسان است. از مقایسه میزان جذب عناصر Cu, Ni, Pb, Cd, Zn که بترتیب ۰/۵۳ و ۴/۳ و ۱۲/۶ و ۱۱ و ۷۳ توسط پوتاموژتون بوده است با جذب انجام شده بوسیله گیاهان مورد نظر در تحقیق کنونی، بجز در مورد Zn در تراپا و آزولا، بقیه عناصر ذکر شده، عملکرد بهتر یا تقریباً مشابهی را نسبت به جذب شان توسط چهار گونه ماکروفیت مطالعه حاضر از خود نشان داده اند.

در تحقیقی که در آمریکا توسط Brnard and lauva (1995) با استفاده از جنس Phlaris برای جذب Cu, Pb, Zn انجام شده این سه عنصر بترتیب ۱۵۸ ppm و ۱۰ و ۳/۲ (Zn>Cu>Pb) جذب نشان داده اند. همانطور که ملاحظه میشود ترتیب جذب در این مطالعه مشابه به عناصر و گیاهان کار تحقیقاتی حاضر بوده اما میزان جذب Cu توسط گیاه مذکور تقریباً همانند مطالعه کنونی است ولیکن میزان جذب Zn, Pb توسط Phlaris بیش از گیاهان آبرزی سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا است.

در مطالعه دیگری که در Sameka and Kempers, 2001 لهستان بر روی گونه Phlaris (از دریاچه طبیعی) برای بررسی جذب عناصر Cu, Ni, Pb, Cd انجام داده اند، میزان جذب عناصر مذکور بترتیب ۵،۸/۷، ۱۴/۳ و ۶/۱ بوده (Pb>Cu>Ni>Cd) و مشخص است که ترتیب جذب متفاوتی را نسبت به عناصر و گیاهان از کار تحقیقی حاضر نشان میدهد و از نظر میزان جذب در مورد Cu, Ni گیاه Phlaris در مطالعه مذکور عملکرد ضعیف تری ( بجز Ni در آزولا) نسبت جذب این دو عنصر توسط گیاهان مطرح در تحقیق کنونی نشان داده است اما



در خصوص Pb, Cd عملکرد Phlaris در مقایسه با گیاهان آبی سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا بهتر و مناسب تر بوده است.

در مطالعاتی که (Vymazal et al., 2003) در جمهوری چک بر روی گونه Phlaris (از دریاچه طبیعی) برای جذب عناصر Cu, Ni, Cd انجام داده اند و میانگین جذب بترتیب ۱۱۹ و ۹/۹ و ۸۶ و ۴ بوده است (Zn>Ni>Cu>Cd)، از نظر ترتیب جذب تقریباً با ترتیب جذب عناصر مذکور در کار مطالعاتی حاضر توسط چهار گونه مورد نظر همخوانی و تطابق دارد، اما از لحاظ میزان جذب عناصر Cu, Ni, Zn گیاه Phlaris به مراتب بهتر از سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا عمل کرده است و در رابطه با Cu ارقام مربوط به جذب توسط گونه های ماکروفیتی کار تحقیقی کنونی در مقایسه با گیاه مذکور بیانگر جذب تقریباً نزدیک و شبیه به یکدیگر هستند. در کار تحقیقی که در بلغارستان توسط (Groudev et al., 2000) با استفاد از فراگمانیس (از تالاب طبیعی) برای ارزیابی جذب Cu, Cd انجام داده اند دامنه جذب ها بترتیب ۱۳۵-۲۵ و ۲۵-۵ بوده است که در مورد هر دو عنصر شاهد عملکرد بیشتر و مناسب تری توسط فراگمانیس در مقایسه با سراتوفیلوم، هیدروکوتیل، تراپا و آزولا (در تحقیق حاضر) هستیم.

بطور کلی با توجه به اعداد و ارقام مربوط به میانگین جذب فلزات مورد نظر در این مطالعه که در جدول ۱۵ نشان داده شده است میتوان نتیجه گرفت که:

- سراتوفیلوم بهترین گزینه برای جذب حداکثری عناصر Si, Mn, Mg, Zn, Co می باشد.
  - هیدروکوتیل بیشترین پتاسیل را برای جذب عناصر Ca, Cu, Pb دارد.
  - آزولا بیشترین توان را در رابطه با جذب عناصر Na, Mo, Cd از خود نشان داده است.
  - تراپا بهترین گزینه برای جذب بیشتر عناصر Fe, B, Cl می باشد.
- ضمناً گزینه دوم برای جذب Ni, Co, Cu, Mn, Si گیاه تراپا و برای جذب Zn, Na, Mo, Na, Mg, B گیاه هیدروکوتیل و برای جذب Ca, Pb گیاه آزولا و برای جذب Fe, Cl گیاه سراتوفیلوم می باشند. بنابراین در مجموع برای گزینه دوم دو گیاه تراپا و هیدروکوتیل تعداد بیشتری از عناصر مورد بررسی در این تحقیق را برای جذب پوشش داده اند.

از موارد دیگری که در رابطه با میانگین جذب عناصر توسط گیاهان مورد بررسی در این تحقیق می توان به آن اشاره نمود این است که عناصر Na, Mo, Cd از لحاظ میانگین جذب ترتیب تراپا>سراتوفیلوم > هیدروکوتیل>آزولا عمل کرده و عناصر Si, Ni, Co نیز بترتیب جذب شان بصورت آزولا>هیدروکوتیل>تراپا >سراتوفیلوم بوده است. جالب اینکه مرتبه جذب عناصر Zn, Fe, Mn, Mg در هر چهار گیاه مورد نظر در تحقیق حاضر بترتیب ۳ و ۴ و ۵ و ۶ بوده است. نکته قابل توجه دیگر اینکه عناصر غیر ضروری مانند سرب و کادمیوم که جزو عناصر سنگین و سمی شناخته شده اند در همه ماکروفیت های مورد نظر یا جذبی نداشته اند و یا اینکه

کمترین جذب را نشان داده اند و این مسئله احتمالاً به عدم جذب بواسطه عدم نیاز بیولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان مذکور گیاهان مذکور بوده و یا اینکه مقادیر این عناصر در محیط در حد خیلی کمی بوده است.

## ۲-۴- تحلیل ارتباط بین میزان عناصر، رسوبات، آب و گیاهان

معمولاً بین میزان فلزات موجود در رسوبات و ماکروفیتها ارتباط روشنی نیست (Campbell et al., 1985) و نتایج کار بسیاری از محققین از جمله (Kejian et al, 2008) که روی عناصر Zn, Cd, Pb, Mn, Cu و Haris and Davidson 2002 روی فلزات Cu, Cd, Fe, Zn, Pb کار کرده اند، نشان میدهد اختلاف معنی داری بین فلزات در آب، رسوبات و اندامهای مختلف گیاهان آبرزی وجود دارد. در کار تحقیقی حاضر نیز به جز موارد معدود و آن هم از جنبه روند میزان بعضی از عناصر در آب یا رسوب با مقدار آنها در بعضی از گیاهان و آنهم در بعضی از ایستگاهها نمی توان ارتباط خاص را پیدا کرد.

بر اساس جداول ۱ تا ۱۰ و ۲۰ و ۲۱ بین میزان تجمع عنصر کبالت در گیاه سراتوفیلوم در هر سه ایستگاه مقادیر این عنصر در رسوبات این ایستگاهها هماهنگی ملاحظه میشود. در حالیکه در مورد گیاه هیدروکوتیل که فقط از دو ایستگاه ۱ و ۲ نمونه برداری داشته ایم روند تغییرات مقادیر عنصر Cu, Co, Mg در این گیاه و رسوبات ایستگاههای مذکور مثبت نشان میدهد. درخصوص گیاه آزولا نیز فقط بین میزان عناصر Ni, Mg در این گیاه و رسوبات ایستگاههای سه گانه میتوان هماهنگی مثبتی را مشاهده نمود. در مورد گیاه تراپا که فقط در دو ایستگاه ۱ و ۳ نمونه های آن قابل دسترس بود بین میزان تجمع فلزات Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Ni و مقادیر این عناصر در رسوبات ایستگاههای ۱ و ۳ رابطه مستقیم و مثبتی را میتوان ملاحظه نمود.

در مورد میزان تجمع فلزات در گیاهان و مقادیر آن در آب ایستگاههای مختلف می توان گفت که در مورد آزولا و سراتوفیلوم ارتباط خاص و روشنی قابل مشاهده نیست اما در خصوص هیدروکوتیل فقط شاهد هماهنگی مثبت بین روند میزان تجمع فلزات Na, Mn, Zn, Cl, Ni در گیاه مذکور و مقادیر این فلزات در آب هستیم. در گیاه تراپا نیز بین میزان تجمع عناصر Cu, Cl, Co, Mn در آن و آب دو ایستگاه ۱ و ۳ رابطه مستقیم و مثبتی وجود دارد.

## ۳-۴- تحلیل پارامترهای فیزیکوشیمیایی و رابطه آنها با میزان تجمع فلزات در گیاهان، آب و رسوبات

با توجه به نتایج اندازه گیری پارامترهای DO, EC, pH, T, TOM و کدورت در ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ که در جدول ۲۳ نشان داده شده است می توان گفت:

۱- روند تغییرات DO, pH و دمای آب با یکدیگر مشابه است:

(ایستگاه ۳ > ایستگاه ۱ > ایستگاه ۲)

۲- روند تغییرات EC و کدورت با یکدیگر هماهنگی دارد:

(ایستگاه ۳ > ایستگاه ۲ > ایستگاه ۱)

۳- تغییرات TOM در ایستگاههای سه گانه روند خاصی ندارد.

قبل از ورود به اصل بحث بایستی اشاره کرد که عوامل زیادی در میزان و کیفیت جذب فلزات توسط ماکروفتیها اثرگذار می باشد که مهمترین آنها pH، دما، مواد سمی، مواد آلی، رسی بودن بستر، شرایط اکسید و احیاء ظرفیت تبادل یونی و رقابت بین فلزات در واکنشها (Crowder, 1991; Campbell, 1985).

کمی تغییر در وضعیت فیزیکوشیمیایی رسوبات و محیط امکان دارد باعث افزایش یا کاهش اتصال فلزات به اندامهای مختلف ماکروفتیها شود (Jackson et al., 1993) و یا اینکه مثلاً در pH پایین (اسیدی) روند و میزان جذب فلزات بالاخص فلزات سنگین در گیاهات آبی افزایشی شده و بروز اثرات سمی این عناصر اتفاق می افتد (Parkpain et al., 2000). جذب بیشتر و قابل دسترس بودن عناصر سنگین در محیطهای آبی و بویژه تالابها می تواند تحت تاثیر pH، تغییرات اکسیداسیون و احیاء، و شرایط شوری باشد (Liang and Wang, 2003) و در همین رابطه بایستی گفت که تعامل و تداخل فلزات بر یکدیگر پیچیده و بیشتر تابعی است از pH محیط و غلظت فلزات و فاکتورهای مانند pH، اکسیژن محلول، دمای آب، میزان فتوسنتز، شوری و کدورت بیشترین نقش را در کمیت و کیفیت جذب فلزات توسط گیاهان آبی در اکوسیستم های آبی را دارند (Claudia et al., 2008) و یا اینکه تغییرات افزایش در جوامع ماکروفیتی به لحاظ بیومس ناشی از بالا رفتن دما بوده که می تواند زمینه جذب خیلی بیشتر از فلزات را فراهم نماید (Rooney and ka, 2000). همچنین در گیاهان غوطه ور توان اکسیداسیون و احیاء، تغییرات شوری، درجه حرارت و pH در میزان جذب فلزات کاملاً موثر است (Jatin et al., 2008).

براساس نتایج مندرج در جداول ۱۶ و ۲۱ میتوان نتیجه گرفت که بین روند تغییرات مقادیر EC و کدورت آب که ایستگاه ۳ > ایستگاه ۲ > ایستگاه ۱ و میانگین عناصر Mn, Mg, Ni, Cu, Fe, Pb در رسوبات ایستگاههای یک و سه رابطه ای مثبت برقرار بوده و با افزایش هر یک از فاکتورهای مذکور مقدار عناصر فوق الذکر در رسوبات ایستگاههای ۱ و ۳ نیز افزایش می یابد. اما این روند در خصوص میانگین عناصر سدیم و روی در رسوبات هر سه ایستگاه و پارامترهای EC و کدورت منفی می باشد. ضمناً ارتباطی بین فاکتورهای کدورت و EC با مقدار کلسیم موجود در رسوبات ایستگاههای سه گانه وجود ندارد در حالیکه انتظار این است که این عنصر مشابه Mg عمل کند.

روند تغییرات میزان تجمع عناصر Mn, Mg, Ni, Cu, Fe در رسوبات ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ و مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل DO, pH و دمای آب مشابه یکدیگر می باشند و این در حالی است که روند مذکور در مورد کلسیم با فاکتورهای ذکر شده فقط در ایستگاههای ۱ و ۲ مثبت بوده و هماهنگی دارد. ضمناً روند تغییرات فاکتورهای DO, pH و دمای آب با مقادیر میانگین تجمع عناصر Zn, Co, Pb در رسوبات ایستگاههای یک و سه یکنواخت می باشد.

بر اساس نتایج جداول ۱۷، ۲۱ میتوان گفت بین میزان عناصر Mg, Ca, Cl موجود در آب روند تغییرات فاکتورهای EC و کدورت آب در هر ۳ ایستگاه یک و ۲ و ۳ هماهنگی برقرار بوده و رابطه ای مثبت با یکدیگر دارند، اما این رابطه در مورد مقدار سدیم موجود در آب فقط در ایستگاههای ۱ و ۳ مشابه می باشد و این در حالی است که روند تغییرات EC و کدورت آب با مقدار عناصر Zn, Co, Cu موجود در آب در ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ با یکدیگر مشابهتی ندارد. اما درخصوص میانگین آهن در آب و فاکتورهای مذکور در آب ایستگاههای ۱ و ۳ هماهنگی وجود دارد.

بین میزان Na, Mg, Ca, Cl موجود در آب و تغییرات فاکتورهای فیزیوشیمیایی شامل pH, DO و دمای آب فقط در ایستگاههای ۱ و ۳ هماهنگی وجود دارد اما این رابطه بین فاکتورهای مذکور و میانگین عناصر Cu, Zn, Co در ایستگاههای سه گانه هیچگونه مشابهتی را به نمایش نمی گذارد. روند تغییرات میانگین Cu, Zn, Co در آب و فاکتورهای pH, DO و دمای آب در ایستگاههای یک و ۲ مثبت و با هم هماهنگی دارند ولیکن درخصوص میانگین آهن و فاکتورهای مذکور بایستی گفت که در هر سه ایستگاه مشابه هم عمل کرده اند. با توجه به جدول ۳ تا ۱۲ و جدول ۲۳ موارد ذیل در رابطه با وضعیت و روند تجمع عناصر مختلف فاکتورهای فیزیوشیمیایی قابل طرح و تحلیل است:

بین روند تغییرات تجمع عناصر Ca, Fe, Mn, Cl موجود در گیاه سراتوفیلوم و تغییرات فاکتورهای فیزیوشیمیایی شامل EC و کدورت در ایستگاههای ۱ و ۳ مشابهت وجود دارد در حالیکه این هماهنگی در روند تغییرات میانگین تجمع عناصر Zn, Co, Cd در گیاه مذکور و فاکتورهای فیزیوشیمیایی فوق الذکر در ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ به چشم می خورد. همچنین روند تغییرات میزان عناصر Ni, Co, Se, Si, Cu در سراتوفیلوم با پارامترهای کدورت و EC در همه ایستگاههای مورد بررسی بشکل یکنواختی بوده است. با توجه به وضعیت تغییرات مربوط به فاکتورهای pH, DO و دمای آب (ایستگاه ۳ > ایستگاه ۱ > ایستگاه ۲) بین این روند و میزان تجمع فلزات Ni, Cd, Co, Se, Cl, Cu, Mn, Fe, Ca در گیاهان سراتوفیلوم در ایستگاههای ۱ و ۳ هماهنگی وجود دارد و این در حالی است که سایر عناصر مورد بررسی و موجود در سراتونیلوم شامل Mg, Na, Zn, Mo, Pb, B از لحاظ روند تغییرات با فاکتورهای مذکور (pH، دمای آب و DO) فقط در ایستگاههای ۱ و ۲ مشابه یکدیگرند.

بین روند تغییرات همه فاکتورهای فیزیوشیمیایی شامل pH، دمای آب و DO و EC کدورت با میزان تجمع عناصر Zn, B, Cl در گیاه تراپا در ایستگاههای ۱ و ۳ یکنواختی دیده میشود.

روند تغییرات بین میانگین عناصر Ca, Mg, Na, Cl, Mo, B موجود در گیاه آزولا و مقدار EC و کدورت آب در ایستگاههای ۱ و ۲ مثبت و با یکدیگر مشابه است. در صورتیکه که روند مذکور بین میزان تجمع Ni, Co, Si, Zn, Cu, Fe در همین گیاه با فاکتورهای EC و کدورت در ایستگاههای ۱ و ۲ هماهنگ می باشد. ضمناً این روند در مورد فلزات Cd و Mn با فاکتورهای مورد اشاره در هر سه ایستگاه مورد بررسی یکنواخت می باشد بین نحوه تغییر مقادیر پارامترهای DO، pH و دمای آب و تغییرات میانگین عناصر Ca, Mg, B, Cl در گیاه آزولا در

ایستگاههای ۱ و ۲ و ۳ مشابهت وجود داشته و این روند در خصوص فلزات Na, Mo, Pb فقط در ایستگاههای ۱ و ۲ مثبت و یکنواخت می باشد، در حالیکه روند مذکور در رابطه میزان تجمع عناصر Fe, Mn, Cu, Co, Ca در همین گیاه در ایستگاههای ۱ و ۳ با یکدیگر هماهنگی دارد.

در مورد گیاه هیدروکوتیل بایستی اشاره کرد که روند تغییرات میزان تجمع عناصر Ni, Co, Si, Cl, Cu, Mn, Fe موجود در این گیاه با تغییرات فاکتورهای فیزیوشیمیایی شامل EC و کدورت آب در ایستگاههای ۱ و ۲ شبیه یکدیگر بوده اما بین سایر پارامترهای فیزیوشیمیایی شامل DO, pH و دمای آب روند تغییرات فلزات B, Pb, Ca, Mg, Zn, Mo, Cd موجود در هیدروکوتیل در همین ایستگاهها (۱ و ۲) نیز یکنواختی و هماهنگی ملاحظه میشود.

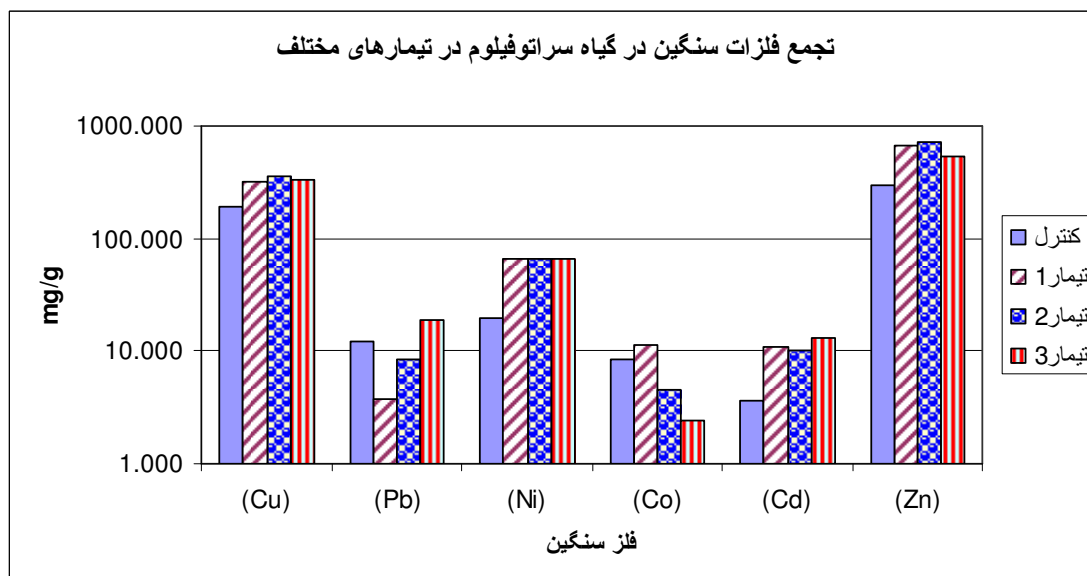
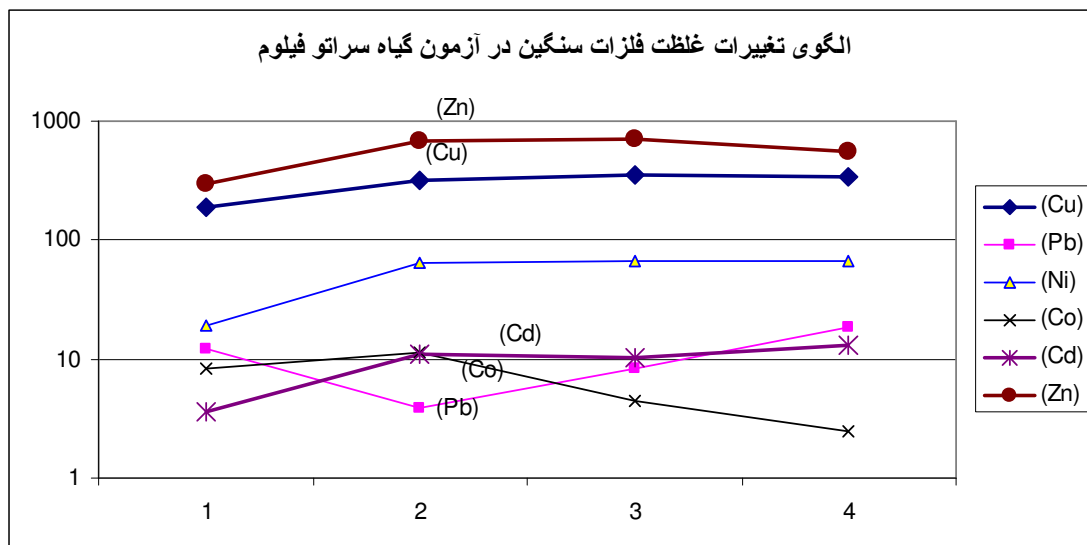
#### ۴-۴- بحث و بررسی میزان فلزات سنگین در گیاهان آبی (سراتوفیلوم، هیدروکوتیل و عدسک آبی) در محیط آزمایشگاه

##### گیاه سراتوفیلوم:

آزمون تجمع فلزات سنگین برای گیاه سراتوفیلوم در مدت ۶۰ روز انجام پذیرفت. غلظت فلزات در این آزمون ۵ برابر غلظت فلزات مورد آزمون در دو گیاه عدسک آبی و هیدروکوتیل است. میزان رشد گیاه و تجمع فلزات در تیمار شاهد بدون افزودن فلز سنگین و سه تیمار دیگر با غلظتهای مختلف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت. نظر به اینکه فلزات سنگین مس، سرب، نیکل، کبالت، کادمیم و روی به صورت مخلوط در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ استفاده گردیده لذا الگوی رشد برای همه فلزات در این بررسیها مشابه بوده اما تجمع فلزات سنگین در ارتباط با نوع فلز مختلف می باشد. رشد گیاه سراتوفیلوم در تیمار شاهد در سه تکرار به تناسب وزن اولیه به نظر می رسد همگون باشد. حداقل رشد ۹/۴۸ گرم با وزن اولیه ۴/۴۵ گرم و حداکثر رشد ۲۰/۹۵ با وزن اولیه ۷/۳۴ گرم بوده است. میانگین وزن ۸/۱۱ گرم می باشد. در تیمار ۱ روند رشد در سه تکرار مشابه تیمار شاهد بود. حداقل رشد ۹/۴۶ گرم با وزن اولیه ۴/۷۱ و حداکثر رشد ۲۱/۳۶ با وزن اولیه ۵/۱۳ بوده است. میانگین رشد ۵/۳۶ گرم بوده است که نسبت به شاهد کاهش داشته است. در تیمار ۳ مقدار رشد گیاه متناسب وزن اولیه در سه تکرار همگون می باشد. حداقل رشد ۱۵/۳۸ گرم با وزن اولیه ۳/۰۶۴ و حداکثر رشد ۱۹/۳۵ با وزن اولیه ۶/۱۰ گرم بوده است. میانگین وزن ۱۲/۶۶ بوده است.

جدول (۲۷) میزان زیتوه (بر حسب گرم) و تجمع فلزات سنگین (ppm) در گیاه سراتوفیلوم پس از شصت روز.

تیمار	d- weight	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
کنترل	8.107	188.042	12.308	19.444	8.385	3.673	300.000
تیمار ۱	8.072	314.618	3.819	65.046	11.204	11.074	679.688
تیمار ۲	5.359	351.989	8.438	67.045	4.466	10.184	711.250
تیمار ۳	12.659	337.125	18.750	65.625	2.458	12.900	545.000



در آزمون فلز سنگین مس برای گیاه سراتوفیلوم چهار تیمار شاهد غلظت ۰/۴۶۰، ۰/۶۹۰ و ۰/۹۲۰ میلی‌گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفت. افزایش بیوماس در تیمار شاهد ۵۲/۶۲ گرم و در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۳۳/۳۰، ۴۱/۹۲ و ۴۰/۰۱ گرم بوده است. این بررسیها نشان می‌دهد کاهش رشد در کلیه تیمارها وجود داشته است اما تیمار ۱ که دارای غلظت ۰/۴۶۰ میلی‌گرم در لیتر بوده کاهش بیشتری را نسبت به دو غلظت ۰/۶۹۰ و ۰/۹۲۰ میلی‌گرم در لیتر دارا می‌باشد. نتایج این آزمون حاکی از آن است که افزایش تجمع فلزات سنگین در هر سه تیمار نسبت به شاهد وجود داشته و بیشترین تجمع فلز سنگین در تیمار ۲ مشاهده شد. بنابراین به نظر می‌رسد گیاه سراتوفیلوم در غلظت ۰/۹۲۰ میلی‌گرم در لیتر فلز مس توان ذخیره سازی ۳۳۷/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه را دارا می‌باشد.

در آزمون فلز سنگین سرب برای گیاه سراتوفیلوم چهار تیمار شاهد غلظت ۰/۵۰، ۰/۰۷۵ و ۰/۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفت. میانگین تجمع فلز سنگین سرب برای گیاه سراتوفیلوم در تیمار شاهد ۱۲/۳۱ میلی‌گرم در لیتر و در تیمارهای ۱ و ۲ کمتر از تیمار شاهد بوده اما در تیمار ۳ با غلظت ۱۸/۷۵ میلی‌گرم در لیتر بیشتر از شاهد بوده است.

تجمع فلز نیکل در گیاه سراتوفیلوم در غلظتهای مختلف ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۹ و ۰/۰۱۲ میلی‌گرم در لیتر به اضافه کنترل یا شاهد مورد بررسی قرار گرفت. تجمع فلز نیکل در تیمار کنترل ۱۹/۴۴ و در سه تیمار دیگر به ترتیب ۶۵/۰۴، ۶۷/۴۵ و ۶۵/۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که گیاه سراتوفیلوم در غلظتهای مختلف در شرایط آزمایش تقریباً یکسان عمل نموده است و تجمع فلزات در گیاه سراتوفیلوم بالا می‌باشد.

در آزمون فلز سنگین کبالت برای گیاه سراتوفیلوم چهار تیمار شاهد غلظت ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۳ و ۰/۰۱۷ میلی‌گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفت نتایج تجمع فلز سنگین کبالت در گیاه سراتوفیلوم نشان می‌دهد که در تیمار یک تجمع فلز کبالت ۱۱/۰۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده که نسبت به شاهد بالاتر می‌باشد. در دو تیمار دیگر میزان تجمع فلز کبالت نسبت به شاهد کمتر بوده است. غلظت کبالت در شاهد ۸/۳۸ میلی‌گرم در لیتر بوده است. روند تغییرات الگوی تجمع فلز کبالت برعکس فلز سرب می‌باشد.

نتایج تجمع فلز سنگین کادمیم در غلظتهای ۰/۰۲۵، ۰/۰۳۸ و ۰/۰۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای گیاه سراتوفیلوم نشان داده که عملکرد گیاه در تیمارها تقریباً مشابه بوده و نسبت به شاهد بیشتر می‌باشد. غلظت کادمیم در تیمارها بیش از سه برابر شاهد بوده است.

در آزمون فلز سنگین روی برای گیاه سراتوفیلوم چهار تیمار شاهد و غلظتهای ۰/۲۴۵، ۰/۳۶۸ و ۰/۴۹۰ میلی‌گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفت. در سه تیمار این آزمون میزان تجمع فلز روی به ترتیب ۶۷۹/۶، ۷۱۱/۲ و ۵۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است که به مراتب بیشتر از مقدار آن در شاهد می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که میزان تجمع فلز روی در گیاه سراتوفیلوم عموماً بالا بوده است.

فلزات سنگین مس، سرب، نیکل، کبالت، کادمیم و روی به لحاظ تجمع در گیاه سراتوفیلوم به ترتیب زیر رده بندی می گردند.

Zn>Cu>Ni>Pb>Co>Cd	تیمار شاهد
Zn>Cu>Ni>Co>Cd>Pb	تیمار ۱ (۰/۰۹۲ mg/l)
Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>Co	تیمار ۲ (۰/۱۳۸ mg/l)
Zn>Cu>Ni>Pb>Cd>Co	تیمار ۳ (۰/۱۸۴ mg/l)

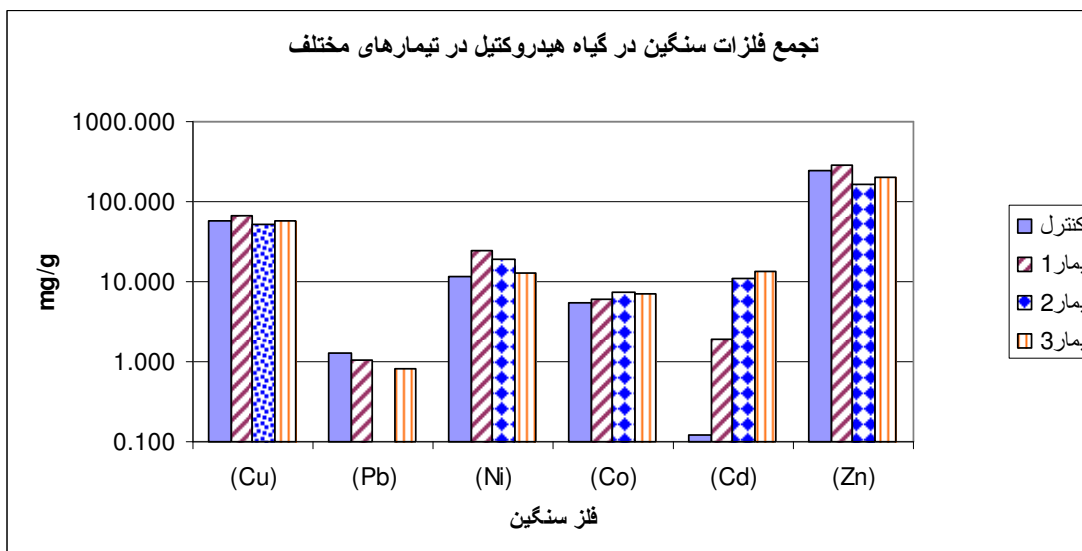
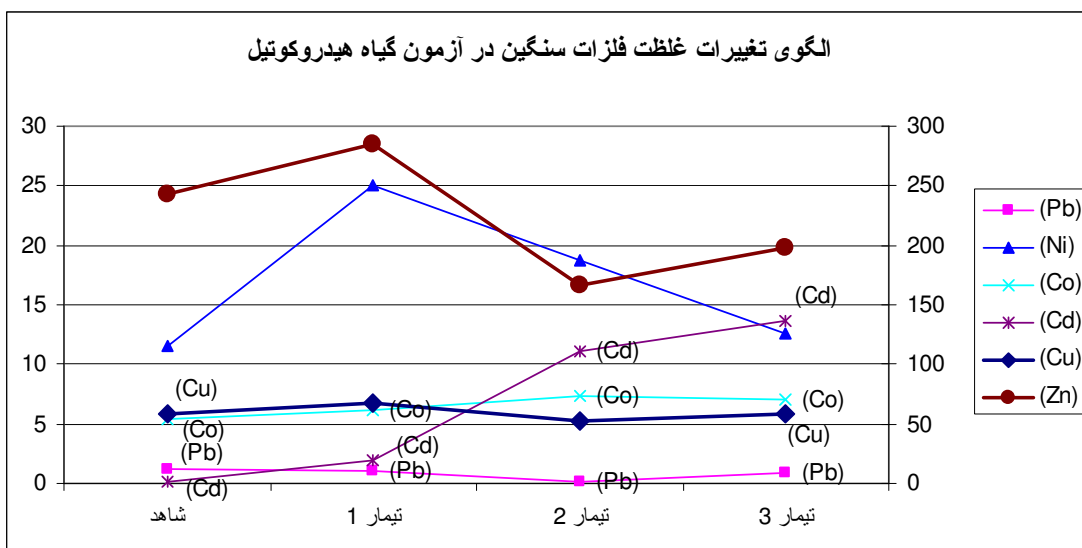
### گیاه هیدرو کوتیل:

آزمون تجمع فلزات سنگین برای گیاه هیدرو کوتیل ولگاریس در مدت ۴۰ روز انجام پذیرفت. میزان رشد گیاه و تجمع فلزات در تیمار شاهد بدون افزودن فلز سنگین و سه تیمار دیگر با غلظتهای مختلف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت. نظر به اینکه فلزات سنگین مس، سرب، نیکل، کبالت، کادمیم و روی به صورت مخلوط در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ استفاده گردیده لذا الگوی رشد برای همه فلزات در این بررسیها مشابه بوده و لکن تجمع فلزات سنگین در ارتباط با نوع فلز، مختلف می باشد.



جدول ۲۸ میزان زیتوه (بر حسب گرم) و تجمع فلزات سنگین (ppm) در گیاه هیدروکوتیل پس از شصت روز.

تیمار	d- weight	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
کنترل	52.622	58.197	1.257	11.559	5.364	0.120	243.333
تیمار ۱	33.303	67.576	1.031	25.026	6.208	1.889	285.157
تیمار ۲	41.921	52.026	0.100	18.746	7.362	11.049	166.142
تیمار ۳	40.013	57.782	0.831	12.600	7.094	13.700	198.488



بررسی رشد گیاه نشان می‌دهد که گیاه هیدروکتیل ولگاریس در سه تکرار تیمار شاهد رشد مشابه ای را دارا بوده است. در تیمار ۱ رشد گیاه در سه تکرار همگون نبوده است حداقل رشد ۳۹ گرم با وزن اولیه ۴۱ گرم و حداکثر ۱۰۹ گرم با وزن اولیه ۳۹ گرم بوده است. در تیمار ۲ نیز رشد گیاه در سه تکرار همگون نبوده است حداقل رشد ۳۵/۹ گرم با وزن اولیه ۴۳ گرم و حداکثر ۱۱۲/۶۳ گرم با وزن اولیه ۴۱ گرم بوده است.

در تیمار ۳ رشد گیاهان نسبت به تیمار ۱ و ۲ همگونتر بوده است حداقل رشد ۶۲/۴۳ گرم با حداقل وزن ۴۱ گرم بوده و حداکثر رشد ۸۹/۲ با وزن اولیه ۳۸ گرم. میانگین سه تکرار در هر تیمار آزمون گیاه هیدروکتیل نشان می‌دهد که تیمار اول نسبت به شاهد کاهش بیشتری نسبت به دو تیمار ۲ و ۳ داشته است در مجموع افزایش فلزات سنگین بر رشد هیدروکتیل ولگاریس تاثیر منفی داشته است.

آزمون تجمع فلز مس با سه غلظت متفاوت ۰/۰۹۲، ۰/۱۳۸ و ۰/۱۸۴ بر روی گیاه هیدروکتیل انجام پذیرفت. نتایج نشان می‌دهد که تجمع غلظت مس در شاهد ۵۸/۲۰ میلی گرم در لیتر و در تیمار ۱ کمی افزایش به ۶۷/۵۸ میلی گرم در لیتر رسید در دو تیمار دیگر کاهش تجمع فلز مس رخ داده است با وجود بر این اختلاف زیادی در میزان تجمع مس در شاهد و تیمارها مشاهده نشده است.

آزمون تجمع فلز سرب با سه غلظت متفاوت ۰/۰۱، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۲ بر روی گیاه هیدروکتیل انجام پذیرفت. نتایج نشان می‌دهد که تجمع فلز سرب در گیاه هیدروکتیل نسبتاً پائین بوده است در تیمار شاهد تجمع فلز سرب ۱/۲ میلی گرم در لیتر و در سه تیمار دیگر تجمع فلز سرب بمراتب پائین تر از شاهد بوده به استثناء تیمار ۱ که غلظت تجمع سرب در گیاه ۱/۰۳ میلی گرم در لیتر بوده است.

آزمون تجمع فلز نیکل با سه غلظت متفاوت ۰/۰۰۱۱۶، ۰/۰۰۱۷۴ و ۰/۰۰۲۳۲ میلی گرم در لیتر بر روی گیاه هیدروکتیل انجام پذیرفت. بیشترین تجمع فلز نیکل ۲۵/۰۲۶ میلی گرم در لیتر در تیمار ۱ مشاهده گردید. در دو تیمار دیگر کاهش شدیدی نسبت به تیمار ۱ مشاهده شد اما نسبت به تیمار شاهد که ۱۱/۵۶ میلی گرم در لیتر می باشد، بیشتر بوده است.

آزمون تجمع فلز کبالت با سه غلظت متفاوت ۰/۰۰۱۷، ۰/۰۰۲۵۵ و ۰/۰۰۳۴ میلی گرم در لیتر بر روی گیاه هیدروکتیل انجام پذیرفت. کمترین تجمع فلز کبالت در گیاه هیدروکتیل در تیمار کنترل یا شاهد مشاهده گردیده و بیشترین تجمع بطور مساوی در دو تیمار آخر با غلظت ۷/۰۹ بوده است. در مجموع سطح اختلاف بین شاهد و دیگر تیمارها پایین بوده است.

آزمون تجمع فلز کادمیوم با سه غلظت متفاوت ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۷۵ و ۰/۰۱۰ میلی گرم در لیتر بر روی گیاه هیدروکتیل انجام پذیرفت تجمع غلظت کادمیم در شاهد ۰/۱۲ میلی گرم در لیتر بوده و در تیمار یک تجمع فلز کادمیم به ۱/۸۹ میلی گرم در لیتر افزایش یافته و بدنبال آن در تیمارهای ۲ و ۳ تجمع فلز کادمیم در گیاه هیدروکتیل افزایش چشمگیری یافته و به ۱۳/۷ میلی گرم در لیتر افزایش می یابد.

آزمون تجمع فلز روی با سه غلظت متفاوت ۰/۰۴۹، ۰/۰۷۳۵ و ۰/۰۹۸ بر روی گیاه هیدروکتیل انجام پذیرفت الگوی تجمع فلز سنگین روی در تیمارهای مختلف در گیاه هیدروکتیل مشابه الگوی تجمع فلز سنگین مس در این گیاه میباشد در تیمار یک تجمع فلز روی نسبت به شاهد افزایش نشان داده اما در دو تیمار دیگر کاهش یافته حتی به پائین تر از سطح تجمع فلز روی در تیمار شاهد میرسد.

فلزات سنگین بلحاظ میزان تجمع فلزات سنگین در گیاه هیدروکتیل در تیمارهای مختلف به شرح ذیل میباشد.

تیمار شاهد Zn > Cu > Ni > Co > Pb > Cd

تیمار ۱ (۰/۰۹۲ mg/l) Zn > Cu > Ni > Co > Cd > Pb

تیمار ۲ (۰/۱۳۸ mg/l) Zn > Cu > Ni > Cd > Co > Pb

تیمار ۳ (۰/۱۸۴ mg/l) Zn > Cu > Cd > Ni > Co > Pb

روند تجمع فلزات سنگین نشان میدهد که گیاه هیدروکتیل در شرایط آزمون در غلظت بالای کادمیم قادر است مقدار زیادی از کادمیم را استخراج و در خود ذخیره نماید و این را میتوان در مقدار فاکتور غلظت بهتر مشاهده نمود.

### گیاه عدسک آبی :

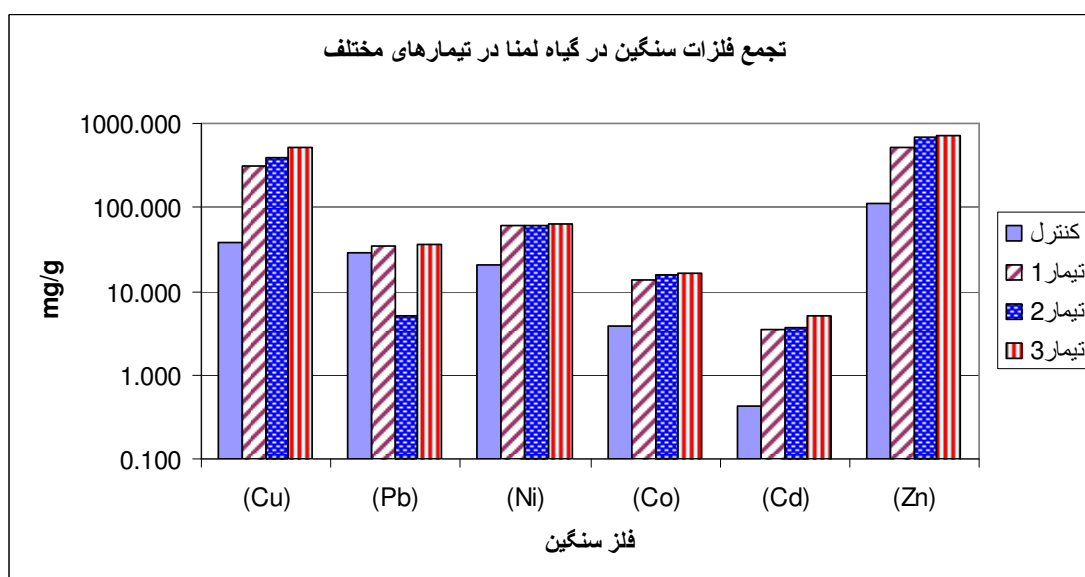
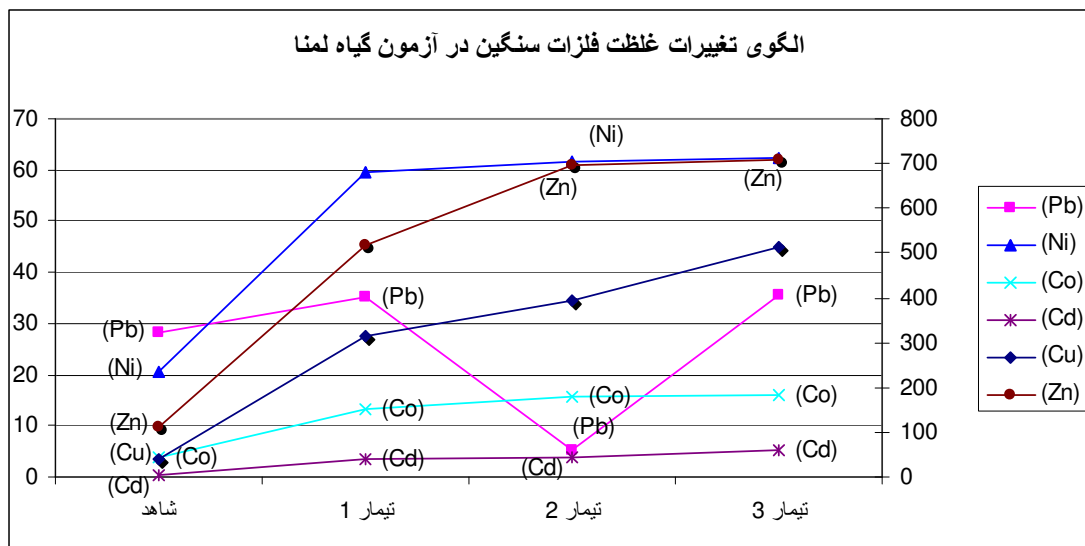
آزمون تجمع فلزات سنگین برای گیاه عدسک آبی در مدت ۶۰ روز انجام پذیرفت. میزان رشد گیاه و تجمع فلزات در تیمار شاهد بدون افزودن فلز سنگین و سه تیمار دیگر با غلظتهای مختلف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت. نظر به اینکه فلزات سنگین مس، سرب، نیکل، کبالت، کادمیم و روی به صورت مخلوط در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ استفاده گردیده لذا الگوی رشد برای همه فلزات در این بررسیها مشابه بوده و لکن تجمع فلزات سنگین در ارتباط با نوع فلز مختلف می باشد. رشد گیاه عدسک آبی در سه تیمار شاهد تقریباً همگون بوده است. حداقل رشد ۳/۹۶ با وزن اولیه ۱/۲ بوده و حداکثر رشد ۴/۹۱ با وزن اولیه ۱/۱۰ گرم بوده است. میانگین رشد ۴/۴۶۹ می باشد.

رشد گیاه عدسک آبی در سه تیمار تیمار ۱ همگون نبوده است. حداقل رشد ۲/۳۵ با وزن اولیه ۱/۰۳ بوده و حداکثر رشد ۵/۸۵ با وزن اولیه ۱/۱۰ گرم بوده است. میانگین رشد ۳/۹۷ می باشد که نسبت به شاهد کاهش نشان می دهد. در سه تیمار تیمار ۲ نیز ناهمگونی دیده میشود. حداقل رشد ۲/۲۱ با وزن اولیه ۱ بوده و حداکثر رشد ۴/۲۲ با وزن اولیه ۱/۱۲۰ گرم بوده است. میانگین رشد ۳/۲۴ میباشد. در تیمار ۳ نیز ناهمگونی خفیف تر در میزان رشد گیاه در سه تیمار دیده می شود. حداقل رشد ۱/۳۱ با وزن اولیه ۰/۱۱۰ بوده و حداکثر رشد ۲/۰۳ با وزن اولیه ۰/۱۱۵ گرم بوده است. میانگین رشد ۱/۶ بوده است که نسبت به شاهد بسیار پایینتر بوده است. در مجموع

افزایش فلزات سنگین سبب کاهش رشد گیاه عدسک آبی گردیده است در تیمار ۳ این تاثیر حدود ۶۵ درصد بوده است.

جدول ۲۹) میزان زیتوه (بر حسب گرم) و تجمع فلزات سنگین (ppm) در گیاه عدسک آبی پس از شصت روز.

تیمار	d- weight	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
کنترل	4.47	38.417	28.110	20.488	3.902	0.419	111.037
تیمار ۱	3.97	315.647	35.035	59.438	13.402	3.545	516.294
تیمار ۲	3.24	393.328	5.141	61.801	15.580	3.696	696.280
تیمار ۳	1.6	513.315	35.588	62.226	16.058	5.089	708.192



تجمع فلز سنگین مس در تیمار شاهد ۳۸/۴۱ میلی گرم در کیلو گرم بوده است. بیشترین مقدار تجمع فلز مس در تیمار ۳ با غلظت ۵۱۳/۳۲ میلی گرم در کیلوگرم بوده است. روند تغییرات تجمع فلز مس در گیاه شناور عدسک آبی افزایشی بوده است.

آزمون تجمع فلز سرب با سه غلظت متفاوت ۰/۰۱، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۲ بر روی گیاه عدسک آبی انجام پذیرفت. تجمع فلز سنگین سرب در تیمار شاهد ۲۸/۱۱ میلی گرم در کیلوگرم و در تیمارهای ۲ کمتر بوده است حداقل تجمع فلز سرب در تیمار ۲ با مقدار ۵/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده شد. در دو تیمار دیگر میزان تجمع فلزات سرب تقریباً برابر و مقدار آن ۳۵/۵۶ میلی گرم در کیلوگرم بوده است.

آزمون تجمع فلز نیکل با سه غلظت متفاوت ۰/۰۰۱۱۶، ۰/۰۰۱۷۴ و ۰/۰۰۲۳۲ میلی گرم در لیتر بر روی گیاه عدسک آبی انجام پذیرفت. روند تغییرات تجمع فلز نیکل در تیمارهای مختلف گیاه عدسک آبی مانند روند تغییرات فلز مس افزایشی بوده است کمترین مقدار در تیمار شاهد ۲۰/۴۹ میلی گرم در کیلوگرم و حداکثر ۶۲/۲۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار ۳ بوده است.

آزمون تجمع فلز کبالت با سه غلظت متفاوت ۰/۰۰۱۷، ۰/۰۰۲۵۵ و ۰/۰۰۳۳۴ میلی گرم در لیتر بر روی عدسک آبی گیاه انجام پذیرفت. تجمع فلز کبالت در گیاه عدسک آبی در تیمارهای مختلف قابل ملاحظه می باشد حداقل تجمع در تیمار شاهد ۳/۹۰۲ و در تیمارهای دیگر بترتیب از ۱۳/۴۰ تا ۱۶/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم افزایش یافته است.

آزمون تجمع فلز کادمیم با سه غلظت متفاوت ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۰۷۵ و ۰/۰۰۱۰ میلی گرم در لیتر بر روی گیاه عدسک آبی انجام پذیرفت تجمع فلز کادمیم در گیاه عدسک آبی نسبت به دیگر فلزات کمتر می باشد و حداقل تجمع ۰/۴۱۹ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد و حداکثر ۵/۱۰ در تیمار ۳ مشاهده گردیده و روند تغییرات افزایشی بوده است

آزمون تجمع فلز روی با سه غلظت متفاوت ۰/۰۴۹، ۰/۰۷۳۵ و ۰/۰۹۸ بر روی گیاه عدسک آبی انجام پذیرفت. تجمع فلز روی در تیمار شاهد ۱۱۱/۰۴ و در تیمار ۱، ۲، ۳ بترتیب ۵۱۶/۲۹، ۶۹۶/۲۸، ۷۰۸/۱۹ میلی گرم در کیلوگرم عدسک آبی بوده است.

رتبه بندی فلزات سنگین به لحاظ تجمع فلزات سنگین در گیاه عدسک آبی در تیمارهای مختلف به شرح زیر می باشد.

Zn>Cu>Pb > Ni>Co>Cd	تیمار شاهد
Zn> Cu > Ni > Pb > Co > Cd	تیمار ۱ (۰/۰۹۲ mg/l)
Zn > Cu>Ni> Co>Pb> Cd	تیمار ۲ (۰/۱۳۸ mg/l)
Zn > Cu> Ni> Pb> Co> Cd	تیمار ۳ (۰/۱۸۴ mg/l)

**فاکتور غلظت**

فاکتور غلظت از تقسیم غلظت فلز در گیاه بر غلظت همان فلز در محیط پیرامون گیاه (آب) محاسبه می گردد. در آزمون تجمع فلزات سنگین در گیاهان هیدروکتیل، سراتوفیلوم و عدسک آبی فاکتور غلظت برای هر فلز محاسبه گردید.

مقدار فاکتور غلظت مس در گیاه هیدروکتیل بین ۱۱/۷۶۱ تا ۳۵/۲۳ در گیاه سراتوفیلوم بین ۳۲۷۹ تا ۷۴۸۹، و در گیاه عدسک آبی بین ۱۰۶۷ تا ۹۲۷۶ متغیر بوده است.

گیاه عدسک آبی بیشترین مقدار فاکتور غلظت را دارا بوده است. گیاهان مورد آزمون را میتوان به لحاظ فاکتور غلظت فلز مس به صورت زیر رده بندی می گردند.

هیدروکتیل > سراتوفیلوم > عدسک آبی

مقدار فاکتور غلظت سرب در گیاه هیدروکتیل در شاهد ۸/۵۵ و در تیمار ۲ ۱۷/۸۰ بوده است در گیاه سراتوفیلوم در شاهد ۱۴۵ و تیمار سه ۶۳۲ بوده است و در گیاه عدسک آبی ۱۲۲۲/۱۶ در شاهد و در تیمار سه ۱۶۹۴/۶۸ بوده است و به لحاظ فاکتور غلظت فلز سرب گیاهان مورد آزمون به صورت زیر رده بندی می گردند:

هیدروکتیل > سراتوفیلوم > عدسک آبی

مقدار فاکتور غلظت نیکل در گیاه هیدروکتیل در شاهد ۳۸۹۶/۳۹ و تیمار دو ۴۶۸۶/۵۲ عدسک آبی بوده است در گیاه سراتوفیلوم در شاهد ۳۴۵۱/۶۸ و در تیمار دو ۱۱۷۶/۳۶ بوده است در گیاه در شاهد ۱۶۱۷/۴۶ و در تیمار سه ۲۲۲۳/۶۴ بوده است. بنابراین رتبه بندی گیاهان مورد آزمون بصورت زیر خواهد بود.

هیدروکتیل > سراتوفیلوم > عدسک آبی

فاکتور غلظت کبالت در گیاه هیدروکتیل در شاهد ۱/۴۸ و در تیمار دو ۱۳/۶۴ در گیاه سراتوفیلوم ۵۳/۶۳ و در تیمار یک ۱۳۱/۲۹ بوده است در گیاه عدسک آبی بسیار بیشتر میباشد در تیمار شاهد فاکتور غلظت ۸۹/۳۷ و در تیمار سه ۱۰۶۶ بوده است. رتبه بندی گیاهان مورد آزمون بصورت زیر میباشد.

هیدروکتیل > سراتوفیلوم > عدسک آبی

جدول ۳۰) فاکتور غلظت فلزات سنگین در گیاه هیدروکتیل، سراتو فیلوم و عدسک آبی

گیاه	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
کنترل	11.76	8.55	3896.39	1.48	41.31	67.03
تیمار ۱	15.21	10.86	5142.23	4.97	913.98	228.19
تیمار ۲	24.83	2.03	4686.52	13.64	1274.89	307.86
تیمار ۳	35.23	17.80	1843.89	5.64	93.36	157.82
گیاه	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
کنترل	3279.80	145.94	3451.68	53.63	2395.48	1918.98
تیمار ۱	7316.70	119.36	10216.70	131.29	4489.49	7965.09
تیمار ۲	7489.12	250.62	11762.36	46.36	2332.32	7383.22
تیمار ۳	3802.16	632.02	9199.77	24.50	3225.00	5431.89
گیاه	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
کنترل	1067.13	1222.16	1617.46	89.37	364.13	2542.82
تیمار ۱	5993.30	1568.73	16822.02	441.83	2473.47	17020.67
تیمار ۲	6310.08	192.80	20373.82	237.26	3695.93	10603.25
تیمار ۳	9276.78	1694.68	22223.64	1066.00	10178.36	48285.83

### بحث و تجزیه و تحلیل داده های مربوط به میزان عناصر مورد تحقیق در نمونه های آزمایشگاهی:

به طور کلی عملکرد گیاهان گوناگون برای فلزات مختلف رامیتوان در موارد زیر جستجو نمود.

- ۱- اختلاف معنی دار در غلظت فلزات تیمار شاهد با گیاهان مختلف
- ۲- اختلاف معنی دار در تیمارهای مختلف برای هر غلظت فلز
- ۳- اختلاف معنی دار در میزان زیتوده هر تیمار
- ۴- اختلاف معنی دار بین غلظت فلز در آب، رسوب و گیاه

بررسی آماری نتایج آنالیز فلزات سنگین در چهار تیمار در سه گیاه سراتوفیلوم، هیدروکتیل و عدسک آبی به منظور تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در هر کدام از گیاهان در محیط آب، رسوب و گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

تیمارها عبارتند از: شاهد، تیمار ۱، تیمار ۲، تیمار ۳

مقایسه رشد سه گیاه در تیمار شاهد نشان می دهد که گیاهان عدسک آبی و سراتوفیلوم با هم اختلاف ندارند ولی گیاه هیدرو کوتیل نسبت به دیگر گیاهان اختلاف معنی داری دارند.

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت فلزات سنگین در تیمار شاهد نشان می دهد که در غلظت مس دو گیاه عدسک و هیدرو کوتیل دارای اختلاف نمی باشند. اما هیدرو کوتیل و عدسک با سراتوفیلوم اختلاف معنی دار دارد. غلظت فلز سرب نشان می دهد که گیاه هیدرو کوتیل با سراتوفیلوم و عدسک دارای اختلاف معنی دار می باشند. همچنین غلظت فلز کادمیم بیانگر این است که گیاه سراتوفیلوم با سه گیاه دیگر دارای اختلاف معنی دار می باشند.

$P < 0/05$  اختلاف معنی دار بوده و در دیگر تیمارها اختلافی مشاهده نشد.

برای فلز Zn شاهد با تیمار ۲ و ۳ اختلاف داشته است.

برای فلزات Pb, Ni, Co هیچگونه اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

برای فلز کادمیم اختلاف معنی دار بین شاهد و دیگر تیمارها مشاهده شد  $P < 0/01$  برای تیمار ۱ و ۴ و  $0/05 < P <$  برای تیمار ۲ بوده است.

نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار برای گیاه هیدرو کوتیل هیچگونه اختلاف معنی دار برای هیچ یک از فلزات نشان نداد.

### گیاه سراتوفیلوم:

این آزمون برای فلز مس نشان می دهد که بین غلظت مس در شاهد با تیمار چهار  $P \leq 0/05$  اختلاف معنی دار بوده و در دیگر تیمارها اختلافی مشاهده نشد. برای فلزات شاهد تیمار ۲ و ۳ اختلاف داشته است.

برای فلزات Co, Ni, Pb هیچگونه اختلاف معنی دار مشاهده نشد.

برای فلز کادمیم اختلاف معنی دار بین شاهد و دیگر تیمارها مشاهده شد  $P \leq 0/01$  برای تیمار ۱ و ۴ و  $P \leq 0/05$  برای تیمار ۲ بوده است.

### گیاه هیدرو کوتیل:

نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار در آب گیاه هیدرو کوتیل هیچگونه اختلاف معنی دار در هیچ یک از فلزات مشاهده نشد.

نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار در آب گیاه سراتوفیلوم که برای فلزات مس، نیکل، سرب و روی و کبالت اختلاف معنی دار مشاهده نشد و برای فلز کادمیم بین شاهد و تیمار  $0/3, 0/5 \leq P$  اختلاف معنی دار مشاهده شد.

عدسک آبی:



نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار در آب گیاه عدسک هیچگونه اختلاف معنی دار در هیچ یک از تیمارها مشاهده نشد.

### نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در رسوبات: گیاه هیدروکوتیل:

بر اساس نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در رسوبات آزمون گیاه هیدروکوتیل در خصوص فلز مس بین شاهد و تیمارهای یک و دو ( $P < 0/01$ ) و تیمار ۳ ( $P < 0/05$ ) اختلاف معنی دار مشاهده شد و در دیگر فلزات اختلافی مشاهده نشد.

### سراتوفیلوم:

بر اساس نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در رسوبات آزمون گیاه سراتوفیلوم اختلاف معنی دار در هیچ یک از فلزات دیده نشد.

### عدسک آبی:

نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در رسوبات آزمون گیاه عدسک اختلاف معنی دار در هیچ یک از فلزات دیده نشد.  
نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در گیاهان مختلف:

### گیاه هیدروکوتیل:

بر اساس نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارها در گیاه هیدروکوتیل، در خصوص کبالت، نیکل، سرب و کادمیم اختلاف مشاهده نشد، اما در مورد فلز روی اختلاف معنی دار بین شاهد و تیمارهای ۱ و ۲، ( $P < 0/05$ ) مشاهده گردید.

### گیاه سراتوفیلوم:

بر اساس نتایج آزمون توکی جهت تعیین اختلاف معنی دار از نظر تجمع فلزات سنگین بین شاهد و تیمارها در گیاه سراتوفیلوم نشان داده که در خصوص فلز مس بین شاهد و تیمار ۳ و ۴ اختلاف معنی دار وجود دارد. ( $P < 0/05$ )

در خصوص فلز سرب بین تیمار ۴ و تیمارهای ۲ و ۳ اختلاف معنی دار وجود دارد. ( $P < 0/05$ )

در خصوص فلز کبالت بین شاهد و تیمار ۴ اختلاف وجود دارد. ( $P < 0/01$ )

در خصوص فلز نیکل بین تیمار ۲، ۳ و تیمار ۴ اختلاف وجود دارد. ( $P < 0/01$ )  
در خصوص فلز کادمیم بین شاهد و تیمار ۲ و ۴ ( $P < 0/01$ ) و تیمار ۳ ( $P < 0/05$ ) وجود دارد.

### گیاه عدسک آبی:

بر اساس آزمون توکی در خصوص مس، بین شاهد و تیمارهای ۲، ۳ و ۴ اختلاف وجود دارد ( $P < 0/01$ ).  
در خصوص مس، تیمار ۲ با ۴ و ۱ اختلاف وجود دارد ( $P < 0/01$ ).  
در خصوص روی و کادمیم، بین شاهد با دیگر تیمارها اختلاف وجود دارد ( $P < 0/01$ ).

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت روی در تیمارهای مختلف به استثناء شاهد:

گیاه هیدرو کوتیل با سه گیاه دیگر اختلاف معنی دار دارد ( $P < 0/01$ ).

آب سراتوفیلوم و عدسک اختلاف دارند ( $P < 0/05$ ).

هیدرو کوتیل با سراتوفیلوم و عدسک اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).

در خصوص فلز روی اختلاف معنی دار در رسوبات وجود ندارد.

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت کادمیم در تیمارهای مختلف به استثناء شاهد:

گیاه سراتوفیلوم با هیدرو کوتیل اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).

گیاه هیدرو کوتیل با عدسک اختلاف دارد ( $P < 0/01$ ).

گیاه عدسک با سراتوفیلوم اختلاف دارد ( $P < 0/01$ ).

در رسوب و آب اختلاف وجود ندارد.

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت کبالت در تیمارهای مختلف به استثناء شاهد:

در آزمون های گیاه و رسوب اختلاف وجود ندارد.

در آب گیاه سراتوفیلوم با عدسک آبی اختلاف دارد ( $P < 0/05$ ).

گیاه هیدرو کوتیل با سراتوفیلوم و عدسک اختلاف دارد ( $P < 0/01$ ).

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت نیکل در تیمارهای مختلف به استثناء شاهد:  
در گیاه: گیاه هیدرو کوتیل با دو گیاه دیگر اختلاف معنی دار دارد ( $P < 0/01$ ).  
سراتوفیلوم و هیدرو کوتیل اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).  
در آب عدسک و سراتوفیلوم و هیدرو کوتیل اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).  
رسوب هیدرو کوتیل با عدسک آبی اختلاف معنی دار دارد.

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت سرب در تیمارهای مختلف به استثناء شاهد:  
گیاه عدسک با سراتوفیلوم و هیدرو کوتیل اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).  
سراتوفیلوم و عدسک آبی اختلاف دارند ( $P < 0/01$ )  
آب هیدرو کوتیل با سراتوفیلوم ( $P < 0/05$ ) و عدسک ( $P < 0/01$ ) اختلاف دارند.  
در رسوب اختلاف وجود نداشته است.

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت مس در تیمارهای مختلف به استثناء شاهد:  
گیاه سراتوفیلوم با هیدرو کوتیل و عدسک اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).  
هیدرو کوتیل با سراتوفیلوم و عدسک اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).  
آب سراتوفیلوم با عدسک اختلاف دارند ( $P < 0/01$ ).  
رشد یا بیوماس نهایی: گیاه هیدرو کوتیل با سه گیاه دیگر اختلاف دارد ( $P < 0/01$ ).

مقایسه گیاهان مختلف بر مبنای غلظت فلزات سنگین در تیمار شاهد:

## فلز مس

دو گیاه عدسک و هیدرو کوتیل اختلاف ندارند.  
گیاه هیدرو کوتیل با سراتوفیلوم ( $P < 0/01$ ) و سراتوفیلوم با عدسک ( $P < 0/01$ ) اختلاف دارند.

مقایسه رشد گیاهان (زیتوده گیاهان) در تیمارهای شاهد:

- مقدار زیتوده گیاه هیدرو کوتیل در پایان آزمون با سه گیاه دیگر اختلاف معنی دار دارند ( $P < 0/01$ ).  
اختلاف معنی دار بین غلظت فلز در آب، رسوب و گیاه در این آزمایش از آنجائیکه ضرایب همبستگی فلزات سنگین Zn, Cu, Pb, Ni, Co با تولید زیتوده گیاهی تعیین گردید.

جدول ۳۱) ضرائب همبستگی پیرسون به منظور بررسی میزان ارتباط بین تجمع فلزات سنگین در نمونه های متعلق به جنس عدسک آبی و زی توده گیاهی

	d-weight	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
d-weight	1						
Cu	0.258816	1					
Pb	-0.86289	-0.03585	1				
Ni	0.161377	0.934677	-0.12109	1			
Co	0.267199	0.968868	-0.16503	0.989516	1		
Cd	0.136067	0.991627	0.059349	0.948681	0.966794	1	
Zn	0.369621	0.973967	-0.2317	0.966295	0.992956	0.956942	1

جدول ضرایب همبستگی نشان می دهد که بیشترین همبستگی بین تولید بیوماس و روی (۰/۳۷) بوده و سپس روی و کبالت و مس مشاهده می شود که از عناصر ضروری برای گیاه محسوب می گردند. ضریب همبستگی زیتوده گیاهی با سرب منفی ۰/۸۶- می باشد. جدول ضرایب همبستگی در گیاه هیدرو کوتیل: بیشترین ضریب همبستگی بین فلز سرب و زیتوده گیاهی ۰/۲۳۵ بوده و فلزات دیگر دارای ضرایب منفی می باشند.

جدول ۳۲) ضرائب همبستگی پیرسون به منظور بررسی میزان ارتباط بین تجمع فلزات سنگین در نمونه های متعلق به جنس Hydrocotyl و زیتوده گیاهی

	d-weight	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
d-weight	1						
Cu	-0.51838	1					
Pb	0.235741	0.668065	1				
Ni	-0.795	0.551823	-0.2121	1			
Co	-0.49395	-0.47517	-0.85924	0.160901	1		
Cd	-0.26313	-0.57918	-0.69095	-0.20802	0.921187	1	
Zn	-0.21721	0.939546	0.80245	0.40837	-0.74056	-0.8159	1

اعداد ضرایب همبستگی در گیاه سراتوفیلوم نشان می دهند که بیشترین همبستگی بین زیتوده گیاهی و سرب ۰/۷۵ و کمترین همبستگی بین زیتوده گیاهی و نیکل ۰/۰۷۷ وجود دارد. فلزات نیکل، کادمیم و سرب بیشترین ضرایب همبستگی را دارا می باشند.

جدول (۳۳) ضرائب همبستگی پیرسون به منظور بررسی میزان ارتباط بین تجمع فلزات سنگین در نمونه های متعلق به جنس *Ceratophyllum* و زیتوده گیاهی

	d-weight	Cu	Pb	Ni	Co	Cd	Zn
d-weight	1						
Cu	0.042986	1					
Pb	0.74712	-0.06926	1				
Ni	0.07655	0.985028	-0.1535	1			
Co	-0.37078	-0.451	-0.77168	-0.3177	1		
Cd	0.373021	0.927198	0.074094	0.953556	-0.39553	1	
Zn	-0.28623	0.90806	-0.48042	0.927838	-0.07888	0.778333	1

## منابع

- اولاء، ی، ۱۳۶۹، آلودگی ناشی از فضولات خانگی، شهری، کشاورزی، صنعتی و طبیعی، ساختار و نقش تالاب انزلی در مقابل آنها، سازمان تحقیقات شیلات ایران، بندرانزلی، پروژه مشترک شیلات و فائو.
  - حسینی زاده، غ، ۱۳۷۷، بررسی تجمع فلزات سنگین بر روی سه گونه گیاه ماکروفیتی در تالاب انزلی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد لاهیجان.
  - حق پناه، و، ۱۳۶۹، ارزشهای عمومی تالاب انزلی، مجموعه مقالات کنفرانس ملی بهره برداری دریای خزر، انتشار سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران.
  - خاوری نژاد، ع، ۱۳۷۴، رویشهای گیاهی مرداب انزلی و رودخانه های مجاور، نشریه شماره ۹، تیرماه.
  - مفخم پایان، ل، ۱۳۷۵، ترجمه حمامی زاده، دریای خزر، انتشارات هدایت.
  - منوری، س، ۱۳۶۳، مسائل جمع آوری و دفع زباله در شهر رشت، اداره کل حفاظت محیط زیست گیلان.
  - منوری، س، ۱۳۶۹، بررسی اکولوژیک تالاب انزلی، نشر گیلان.
- 
- Allen, S.E., 1989, Analysis of Ecological Materials, Second ed, Black Well Scientific Publications, Oxford.
  - Anderson, W.P., 1975, Ion Transport Through roots, in: Torry JG, Larson DT, editors, The development and Function of roots. London, uk: Academic press (437-463).
  - AWWA (American Work Water Associations), 1990, method For Examination of Water and Wastewater, Nineteen Edition.
  - Baldantoni, D., et al, 2004, Assesment of Microelement accumulation capability of two aqatic plants. Environmental and Pollution 130: (149-156).
  - Bernard, J.M and T.E. lauva, 1995, A comparison of growth and nutrient up take in phlaris growing in a wetand and a constructed bed receiving Landfill Leachate Wetands, 15 : (176-82).
  - Brayan, G.W., 1975, Metal Concentration in the sea. IN: Johnson R. Editor, Marine Pollution, London, Academic Press, p:(152-302).
  - Brown, M.T., et al, 1999, Spatial and Temporal Variations in the Copper and Zinc Orientation of Two green seaweeds From OTAGO Harbour. Newzeland, marine Environmental Research 47:( 174-184).
  - Campbell, P.G.C., et al, 1985, Accumulation of Copper and Zinc in the yellow water lily Nuphar Variegatum :relationships To metal Partitioning in the adjacent lake Sediments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 42: (23-32).
  - Cardwell, A.J., el al, 2002, Metal accumulation in aquatic macrophytes From southeast Queensland Australia, Chemosphere 48:(653- 63).
  - Cataldo, D.A., et al, 1983, cadmum uptake Kinetics in intact Soybean Plants, Plant Physiol. 73: (844-48).
  - Chester, R. and J.H. Stoner, 1974, The distribution of zine, nickel, manganese, cadmium, copper and iron in some surface waters From the world Ocean, Marine Chemistry, 2: (17-30)
  - Chow, T.J., et al, 1976, Lead content of some marine organisms, J. Environ Sci Health : A11 : ( 33-44).
  - Claudia, B., et al, 2006, Accumulation of nutrients and heavy metals in Pragmatics australis in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed, Environmental pollution 144: ( 967- 75).
  - Clemenz, s., et al, 2002, A long way Ahead : understanding and engineering plant metal accumulation, Trends Plant Sci 7 : (309- 15).
  - Connell, D.W and G.J. miller 1986, chemistry and Ecotoxicology of Pollution –Conservation of the Anzali Wetland in Iran. Draft final report vol II: Main report, Nippon Koci Co.
  - Crowder, A. 1991, Acidification, metals and Macrophytes, Environ Pollut, 71 : (171- 203).
  - Dilek, D. and A.Ahmet, 2004, Accumulation of Heavy metals in Typha angustifolia and Potamogeton Pectinatus Living in sultan marsh (Turkey), Chemosphere 56: ( 685-96).

- Fitter, A.H and R.K.M. Hay, 1993, Environmental Physiology of plants New York : Academic press.
- Fytianos , K., et al , 1999., Use of macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in Rermalikos Gulf , Greece , Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 57: ( 816- 823).
- Gibbs, R.J. 1973, Mechanisms of Trace Metal Transport in rivers, Science , 181: ( 71-73).
- Coodfrey , P.J., et al 1985 , Ecological considerations in Wetland Treatments of municipal Wastewaters . Von Nostrand, Reinhold, New York.
- Gopal , B.2003 , Perspective on wetland Science , application and Policy , Hydrobiology 490: (1-10) .
- Groudev , S.N., et al , 2000, Treatment of waters Contaminated with radioactive element and Toxic heavy metals by a natural marsh , wetlands and remediation , Columbus , ohio: Battelle press , P:(391-70).
- Guilizzoni , P. 1991 , The role of heavy metals and toxic material in the physiological ecology of submerged macrophytes Aquatic Botany , 41 : ( 87-109).
- Hardjet , M. and T.ozimek , 2002, The effect of sewage sludge Flooding on growth and morphometric parameters of phragmites Australis ( cav ) , Ecological Engineering 19: ( 343- 350).
- Haris , C.J. and I.J. Davidson, 2002, Heavy Metal Concentrations in Macrophytes from the Manly Lagoon Catchment In: Freshwater Ecology Report, Department of Environmental Science, University of Technology Sydney.
- Hutchinson, G.E 1975, A Treatise on limnology Vol 3. Wiley, London, P:( 0254-348 ) .
- Jackson L.J et al.,1993, Potential affect the bioavailability of Al,Cu,Fe,Mn and Zn to Rooted aquatic Macrophytes . Can .J.Fish Aquat Sci, 50 :( 43-48).
- Jackson,L.J and J.kalff,1993,Patterns in Metal Content of Submerged aquatic macrophytes : the role of plant growth Form. Fresh Water Biol, 29:(351-359).
- Jackson,L.J.,1998 , Paradigms of Metal accumulation in Rooted Aquatic Vascular Plants , Sci Total Environ , 21 : ( 223-231).
- Jatin,S. et al , 2008 ,Managing Water Quality with Aquatic Macrophytes ,Rev Environ Sci Biotechnol 7: ( 255-66).
- Jonc,Valoon 1985 , selected method of Trace metal analysis,biological and Environmental samples , P( 27- 83) .
- Kadlec , R.H 2000,The inadequacy of First – order removal madels ,Ecol Eng15:(105-119).
- Kaul, M.J.,et al,2004,Phytoextraction of metals by using plants to clean up the Environment, John Wiley and Sons , New yark , P:(53-70)
- Kejian , P.,et al.,2008 , Manganese uptake and interaction with Cadmum in the hyperaccumulator – phytolacca Americana L.,Journal of Hazardous Materials 154( 674-681).
- Kimball, D., et al 1974, The Limnology of the pahlavi mordab, Tehran, Iranian Department of the Environment.
- Koeppe, D.E., 1981, Lead: understanding the minimal toxicity of lead in plant In: Lepp, N.W.(Ed) ,Effect of Trace metals on plant Function ,Applied Science Publishers , London, P:(55-76).
- Kunzel ,R., et al,2001, Metabolic engineering in plants :the role of membrane , Metab Eng ,4: ( 57-66).
- Lakatos, G.1985, Accumulation of element in biotecton forming on reed in two shallowlakes in Hungary .In: proc, IN.Symp.Aquat Macrophysics Nijmegen, P:(117-122).
- Larsen, V.J. and H.H, Schierup, 1981, Macrophyte cycling of Zinc ,Copper , Lead , and Cadmum in the Littoral Zone of a Polluted and a non –polluted Lake . II . Seasonal Changes in heavy metal content of phragmites australis (cav) ,Aquatic Botany 11 : ( 211-230).
- Leal, M.C.F, et al1997, Biomonitoring with benthic macro algae and direct assay of heavy metals in seawater of the operto coast (Northwest, Portugal), Marine Pollution Bulletin, 34: (1006-1015) .
- Leep , N.W.,1981,In : Effect of Metal Pollution on Plants , Vol.I. Applied Science Publishers , London .
- Liang , Y. and M.H.Wang , 2003,Spatial and Temporal inorganic and heavy metal pollution at Mai po Marshes Nature Reserve , Hong Kong. Chemosphere , 52: ( 1947- 1658) .
- Lidon , F.C. and M.G.Teixera , 2000, Oxy radicals Production and control in the chloroplast of Mn-treated rice , Plant Sci . 152: ( 7-15).
- Lilite , G., et al 1996, Studies on Heavy metal accumulation in aquatic macrophytes From Sevan and carambolin Lake Systems,Environmental International 32:(208-218).
- Lytle, C.M., et al, 1996, use of XAS to determine the chemical specification, J.Environ Qual . 25: (311-316).

- Ma, J. 2000, Effect of Ni pollution on Wheat seedling growth and index of physiology and biochemistry. J. Hebi Vocation teacher college 14 (3): (17-20).
- Mitch, W.J and J.G Gosselink, 1993, Wetlands, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Moe, M. and M. Lee, 1992, Effect of Cd on the cell division of root tip in bean seedling, Bulletin of Botany 9 (3) : (30-40).
- Mukherjee, A.B., 2005, An Overview of Boron: Sources, uses and Uptake by Plants. International Workshop «Fate and Impact of Pollutants in Agroecosystems», I UNG, Pu/awy. Poland.
- Outridge, P.M. and B.N Noller, 1991, Accumulation of Toxic Trace Element by Freshwater Vascular Plants. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 121:(1-63).
- Parkpain, P., et al, 2000, Bioavailability of heavy metal in Sewage Sludge – amended Thai soils, Water, Air and Soil pollut, 122(163-182).
- Peng, M. and H. Wang, 1991, The Variation of cell ultrastructure of maize seedlings. China Environment Science 11(6) : (426-431).
- Peverly, J.H., et al 1995, Growth and trace metal absorption by *Phragmites australis* in wetlands constructed for Landfill Leachate Treatment, Ecological Engineering, 5 : (21-35).
- Philips, D.J.H., 1977 The use of biological indicator organisms to monitor trace metals pollution in marine and environments – review. Environmental pollution 13 : (281-317).
- Prasad, M.N.V and K. Strzalka, 2002, Physiology and biochemistry of metal toxicity and Tolerance in plants, Kulwer Academic Publishers, Dordrecht. PP. 460.
- Rai, U.N., et al, 1995., wastewater Treatability Potential of some aquatic macrophytes: removal of heavy metals. Ecol Eng 5(2): (5-12).
- Ramos, I., et al, 2002, Cadmium uptake and subcellular distribution in plants of *Lactuca SP.* Cd – Mn interaction, Plant Sci. 192: (761-67).
- Rees, D.G., 1991. Essential statistics. Chapman and Hall, London, 258 pp.
- Roos, M.S., 1994, Sources and Forms of Potentially Toxic metals in Soil – plant systems, John Wiley, Chichester.
- Rooney, R.M. and H. Ka, 2000, Endmember analysis of heavy metal Pollution in surficial sediment from Gulf of Gdansk and southern Baltic, Applied Geochemistry 13:(313-18).
- Ruben, V., et al, 2005, Metal Levels in Estuarine macrophytes: Differences among species, Estuaries Vol 28, No.6, p:(948-956).
- Salt, D.E., et al, 1997, phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals the environment using plants, Bio / Technology, 13 : (468-474).
- Sameka, A. and A.J. Kempers, 2001, Concentration of heavy metals and plants nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes in stage of acidification. The Science of the Total Environment 281:(87-98).
- Schuiping, C. 2006, Effect of heavy metals on plant and Resistance mechanisms, ESPR – Environ Sci & pollut Res 10 (4) : (256-264).
- Serra, T., et al, 2004, Effects of emergent Vegetation on lateral diffusion in wetlands. Water Res, 38: (139-147).
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf, 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition. W. H. Freeman and Co.: New York. 887 pp.
- Sookanah, R.D. and A.C. Wilkie, 2004, Nutrient removal by Floating aquatic macrophytes Cultured in anaerobically digested Flushed dairy manure Wastewater. Ecol Eng 22(1) : (27-42).
- Stolts, E. and M. Greger, 2002, Accumulation properties of Au, Cd, Cu, Pb, and Zn by Four wetland plants species growing on submerged mine Tailing, Environmental and Experimental Botany 47: (271-280).
- Taiz L. and E. Zeigler, 1998, Plant Physiology, 2nd ed, Sinauer Assoc. Inc, Publ. Sunderland.
- Vazquez, M., et al, 2000, Effects of water acidity and metal Concentration on accumulation and Within – plant distribution of metals in the aquatic bryophyte *Fontinalis*, Water, Air and soil pollution, 120:(1-19)
- Virendra. K.M and B.d. Tripathi, 2008, Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the Three aquatic macrophytes, Bioresource Technology 99: (7091-97).
- Vymazal, J., et al., 2007, Trace metals in *Phragmites australis* and *Palaris arundinacea* growing in constructed and natural wetlands, Science of the Total Environment 380: (154-162).



- Wany, W. and M. Lewis , 1995, plants For environmental studies , PP( 1-55).
- Weis .J.S.,et al , 2004 , Metal Uptake , Transport and release by Wetland Plants : implications For phytoremediation and restoration . Enviroment International , 30 ( 685-700).
- Westerman ,R.L.,1990, Soil Testing and Plant Analysis , Third Edition , SSSA .Inc Medison , Winconsin , USA.
- Xu,J and J. Yany , 1995, Heavy metals in the Terrestrial ecosystem , China Environmental Science Publisher, Beijing p:24-36( In Chinese).
- Yang , R. et al , 2001, The Activated impact of plant root exudates on heavy metals in soils contaminated by tailing of lead Zinc ore.Agro-Environmental Protection 19(3): ( 152-155).
- Ye, Z.H., et al , 2003 , Wetlands and aquatic processes , Trace elements removal From Coal ash Leachate by a 10 year old constructed wetland , Journal of Environmental Quality 30: ( 1710-1719).
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis, 4th Edition, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 718 pp.
- Zhu,Y.L.,et al ,1999, Phyto accumulation of Trace elements by Wetland plants : II, Water hyacinth , J. Environ Quality , 28 : ( 339-44).

# پیوست

جدول ضمیمه ۱) وضعیت رشد گیاه هیدروکوتیل و لگاریس در طی دوره آزمایش در معرض گذاری.

تاریخ	دمای آب	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
۱۳۸۷/۲/۱۵	۱۷/۸	مطلوب	در حال رشد	در حال رشد	در حال رشد
۱۳۸۷/۲/۱۶	۱۷/۸	مطلوب	در حال رشد	در حال رشد	در حال رشد
۱۳۸۷/۲/۱۷	۱۷	مطلوب	خوب	خوب	خوب
۱۳۸۷/۲/۲۱	۱۸	مطلوب	مطلوب	مطلوب	خوب
۱۳۸۷/۲/۲۷	۲۱	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب
۱۳۸۷/۲/۳۱	۲۱/۵	مطلوب	برگ کمتر	برگ کمتر	مطلوب
۱۳۸۷/۳/۴	۲۱	مطلوب	مطلوب برگها کوچکتر	مطلوب برگها کوچکتر	مطلوب
۱۳۸۷/۳/۸	۲۱/۵	مطلوب	مطلوب برگها کوچکتر	مطلوب برگها کوچکتر	مطلوب
۱۳۸۷/۳/۱۱	۲۳/۸	مطلوب ساقه گیاه قرمز	مطلوب برگها کوچکتر	مطلوب برگها کوچکتر	مطلوب
۱۳۸۷/۳/۱۳	۲۴	مطلوب	مطلوب برگها کوچکتر	متوسط ساقه برگها بلند	خوب
۱۳۸۷/۳/۱۳	۲۳/۵	خوب برگها درشت	برگها کوچک با ساقه های بلند	تراکم برگها کم کوچک با ساقه های بلند	خوب
۱۳۸۷/۳/۱۴	پایان آزمایش				

جدول ضمیمه ۲) وضعیت رشد گیاه سراتوفیلوم در طی دوره آزمایش در معرض گذاری.

تاریخ	دمای آب	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
۱۳۸۶/۱۲/۸	۲۱	مطلوب	در حال رشد	در حال رشد	در حال رشد
۱۳۸۶/۱۲/۱۳	۲۳	مطلوب	برخی رشد کرده و برخی متلاشی شدند	برخی رشد کرده و برخی متلاشی شدند	برخی رشد کرده و برخی متلاشی شدند
۱۳۸۶/۱۲/۱۸	۲۱	مطلوب	وضعیت بهتر شده	وضعیت بهتر شده	رشد اندک است
۱۳۸۶/۱۲/۲۰	۲۰/۸	عالی	مطلوب	خوب	متوسط
۱۳۸۶/۱۲/۲۲	۲۲	عالی	مطلوب	خوب	متوسط
۱۳۸۶/۱۲/۲۳	۲۳/۲	مطلوب	مطلوب در حال رشد	مطلوب در حال رشد	در حال رشد
۱۳۸۶/۱۲/۲۵	۲۲	مطلوب	مطلوب در حال رشد	مطلوب در حال رشد	در حال رشد
۱۳۸۶/۱۲/۲۶	۲۲/۲	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب در حال رشد	مطلوب در حال رشد	در حال رشد
۱۳۸۶/۱۲/۲۸	۲۲	مطلوب	مطلوب در حال رشد	مطلوب در حال رشد	مطلوب
۱۳۸۷/۱/۵	۲۲/۲	مطلوب	مطلوب در حال رشد	مطلوب	عالی
۱۳۸۷/۱/۱۰	۲۲	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب در حال رشد	عالی	عالی
۱۳۸۷/۱/۱۱	۲۱/۸	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور
۱۳۸۷/۱/۱۸	۲۱	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور
۱۳۸۷/۱/۲۱	۲۲	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور
۱۳۸۷/۱/۲۴	۲۳	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور
۱۳۸۷/۱/۳۱	۲۳	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور	مطلوب بر گها غوطه ور

جدول ضمیمه ۳) وضعیت رشد گیاه عدسک در طی دوره آزمایش در معرض گذاری.

تاریخ	دمای آب	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
۱۳۸۶/۱۱/۲۱	۲۱	مطلوب	مطلوب	مطلوب	یک عدسک از بین رفت
۱۳۸۶/۱۱/۲۳	۲۰	مطلوب	مطلوب	دو عدسک از بین رفت	دو عدسک از بین رفت
۱۳۸۶/۱۱/۲۷	۲۱	مطلوب	پنج عدسک از بین رفت	برگها کوچک و متلاشی و ۱۰ عدد متلاشی	۱۲ عدسک متلاشی
۱۳۸۶/۱۱/۲۸	۲۲	مطلوب	وضعیت بهتر	متوسط	متوسط
۱۳۸۶/۱۱/۲۹	۲۱	مطلوب	مطلوب	متوسط	متوسط
۱۳۸۶/۱۱/۳۰	۲۱	مطلوب	مطلوب	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک
۱۳۸۶/۱۲/۱	۲۲	مطلوب	تراکم مناسب	مطلوب	وضعیت متوسط و برگها کوچک
۱۳۸۶/۱۲/۴	۲۲/۵	مطلوب	تراکم مناسب	خوب ولی ریز	وضعیت متوسط و برگها کوچک و زرد
۱۳۸۶/۱۲/۵	۲۱	مطلوب	تراکم مناسب برگ ریز	وضعیت متوسط و برگها کوچک و زرد	وضعیت متوسط و برگها کوچک و زرد
۱۳۸۶/۱۲/۶	۲۱	مطلوب	تراکم مناسب برگ ریز	تراکم مناسب برگ ریز	وضعیت متوسط و برگها کوچک و زرد
۱۳۸۶/۱۲/۷	۲۱	مطلوب	تراکم مناسب برگ ریز	وضعیت متوسط و برگها کوچک و زرد	وضعیت متوسط و برگها کوچک و زرد
۱۳۸۶/۱۲/۸	۲۱	مطلوب	تراکم مناسب	تراکم مناسب	وضعیت متوسط و برگها کوچک
۱۳۸۶/۱۲/۱۱	۲۳	مطلوب	تراکم مناسب	تراکم مناسب	وضعیت متوسط و برگها کوچک
۱۳۸۶/۱۲/۱۳	۲۱	مطلوب	تراکم مناسب	تراکم مناسب	وضعیت متوسط و برگها کوچک

وضعیت متوسط و برگها کوچک	تراکم مناسب برخی زرد	تراکم مناسب برخی زرد	مطلوب	۸/۲۰	۱۳۸۶/۱۲/۱۸
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب تکثیر صورت میگیرد	۲۲	۱۳۸۶/۱۲/۲۰
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب افزایش عدسک	۲۳/۲	۱۳۸۶/۱۲/۲۲
تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	شاهد	دمای آب	تاریخ
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب افزایش عدسک	۲۲	۱۳۸۶/۱۲/۲۳
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب افزایش عدسک	۲۲/۲	۱۳۸۶/۱۲/۲۵
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب برگها درشت	۲۲	۱۳۸۶/۱۲/۲۷
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب برگها درشت	۲۲/۲	۱۳۸۶/۱۲/۲۸
وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	وضعیت متوسط و برگها کوچک	مطلوب در حال افزایش	۲۲/۲	۱۳۸۷/۱/۵
وضعیت متوسط و برگها کوچک	تراکم مناسب	تراکم مناسب برگها درشت	مطلوب در حال افزایش	۲۵	۱۳۸۷/۱/۱۰
وضعیت متوسط و برگها کوچک	تراکم مناسب	تراکم مناسب	عالی	۲۵	۱۳۸۷/۱/۱۱
وضعیت متوسط و برگها کوچک	تراکم مناسب	تراکم مناسب	عالی	۲۷	۱۳۸۷/۱/۱۸

## Abstract

This research project was conducted during 2007-2008 in Anzali wetland, aiming feasibility study on aquatic plants different species (emerged, sub emerged and floating leaved plants) as essential and non essential elements concentration Biological indicators utilization including Ni, B, Cd, Pb, Cu, Mo, Se, Si, Cl, Zn, Mn, Fe, Na, Mg and Ca. and their tolerance and capabilities assessment toward exposing different elements and study on water and sediments rational role in elements absorption and important environmental factors (DO, pH, etc...) effects on absorbed quantities.

*Azolla filiculoides*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Ceratophyllum demersum*, *Trapa natans* were the gathered aquatic plants field samples. Water and sediment samples were also collected from Shijan, Abkenar and Siahkeshim sampling sites respecting 1, 2 and 3 and were digested according to the standard methods. **Element concentrations were determined using ICP-AES and AAS.**

Lab samples were *Hydrocotyle*, *Lemna*, *Ceratophyllum* and exposed to Ni, Zn, Cd, Pb, Cu and Ca in Swedish standard, (SIS), *Lemna* growth Medium 648, Hogland's E+Medium (22,23) implementation.

The results shows a significant variation ( $p \leq 0/0001$ ) among the plants, sampling sites and the elements which is compatible with previous similar projects results at national and international scales, rationally. Totally pattern of the elements occurrence in the plants would be:  $Cd < Mo, Pb < Co < Si, Ni < Cu < Cl < B < Zn < Fe < Mn, Ca < Na$ . On concentrated metals in the plant tissues and their amounts in the waters There is no any clear proportion for *Azolla* and *Ceratophyllum* however there is for concentrated Ni, Cl and Zn in *Hydrocotyle* and the water samples and also Co, Cl, Cu, Mn for *Trapa* and the sampling site 3.

There is positive harmony between existed elements in *Hydrocotyle* and 3 stations sediments and this is obvious for Fe, Na, Mg, Ca in *Trapa* and stations 1 and 3 stations. This trend in *Azolla* and the sediments is current for Ni, Mg and just Co in *Ceratophyllum*. Water temperature, Do and pH variation trends are the same and could be arrange in stations as  $2 > 1 > 3$  and this is  $1 > 2 > 3$  for hazy and no trend for TOM variations. The lab samples test results on metal concentration illustrates *Hydrocotyle* and *Ceratophyllum* similar trends for maximum Zn and minimum Pb absorbing. However, for *Lemna* the highest and least absorption rates belong to Ni and Cd.

Density factor sequence in heavy metals exposed lab samples would be:

*Lemna* > *Hydrocotyle* > *Ceratophyllum*.

### Key words:

Aquatic plants, essential and non essential elements, Biomonitoring, Environmental factors, Anzali Wetland





**Ministry of Jihad – e – Agriculture**  
**AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION**  
**IRAN FISHERIES SCIENCE RESEARCH INSTITUTE – Inland Waters Aquaculture**  
**Research Center**

---

**Project Title : Investigation on the potential use of aquatic plants for biomonitoring of the important aquatic ecosystems of the country-The first phase: Anzali Wetland**

**Approved Number: 2-031-200000-04-0000-83087**

**Author: Gholamreza Amini Ranjbar**

**Project Researcher : Gholam Reza Amini Ranjbar**

**Collaborator(s) : N. Pourang, M. Falahi, H. Khodaparast, H. Babaei, G. Miraki**

**Advisor(s): -**

**Supervisor: -**

**Location of execution : Guilan provnince**

**Date of Beginning : 2005**

**Period of execution : 5 Years**

***Publisher : Iranian Fisheries Science Research Institute***

***Date of publishing : 2016***

**All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference**

**MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE  
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION  
IRAN FISHERIES SCIENCE RESEARCH INSTITUTE**

**Project Title :**

**Investigation on the potential use of aquatic plants for  
biomonitoring of the important aquatic ecosystems of the  
country-The first phase: Anzali Wetland**

**Project Researcher :**

***Gholamreza Amini Ranjbar***

**Register NO.**

***46876***