

بررسی تغییرات و غلظت فلز مس بر پوشش گیاهی حاشیه ارس با توجه به فعالیت معدن مس

پریسا تابان^{۱*}، کوروش کاوسی^۲، اسماعیل کهرم^۳، حمید گشتاسب^۴

۱. کارشناس ارشد محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲. کارشناس ارشد گیاهشناسی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۴. استادیار دانشگاه محیط زیست کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۰۲)

چکیده

در این تحقیق تأثیر فلز مس در پوشش گیاهی بخشی از رودخانه ارس با توجه به فعالیت معدن مس در شهر آگاراک ارمنستان بررسی شده است. با توجه به اهمیت فلز مس، غلظت آن در گیاه شاخص تعیین و نتایج با نرم افزار SPSS 16 تحلیل شده است. جهت تعیین گونه گیاهی شاخص جاذب فلزهای سنگین، جوامع گیاهی حاشیه رودخانه ارس شناسایی و دو ایستگاه جهت نمونه برداری از گیاه شاخص تعیین شده است. گونه های تیره جگن (Cyperaceae) حاشیه ارس را در بخش های دارای شرایط مطلوب کیفی می پوشانند و هرچه از سد ارس فاصله می گیریم، به تراکم نی زارها (*Phragmites australis*) افزوده می شود. با توجه به تغییرات پوشش گیاهی حاشیه رودخانه ارس، گیاه نی به مثابه گونه گیاهی شاخص تعیین شد و غلظت فلز مس در ریشه گیاه نی با دستگاه جذب اتمی و با استفاده از روش استاندارد بین المللی (APHA) اندازه گیری شده است. نتایج حاصل از آنالیز نمونه های گیاه نی محدوده رودخانه ارس بیانگر آن است که میزان مس موجود در نمونه های گیاه ایستگاه ۲ (۳۰/۶ ppm) به طور چشمگیری بالاتر از میزان آن در ایستگاه شماره ۱ (۵/۹ ppm) است که دلیل آن ممکن است فعالیت معدن در منطقه تحقیقاتی باشد.

واژگان کلیدی

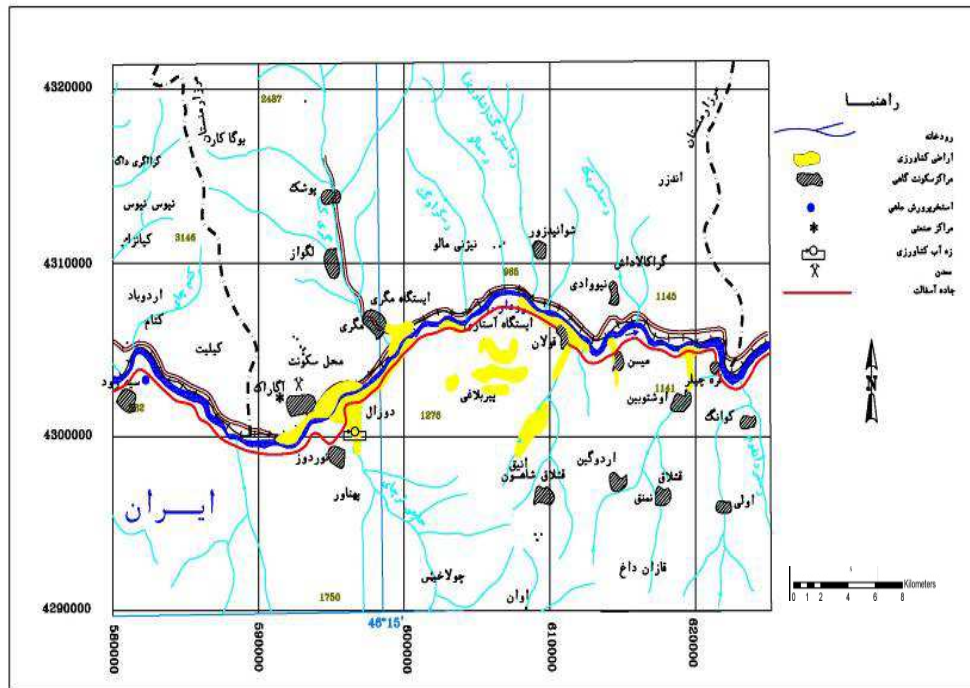
آلودگی، رودخانه ارس، فلز مس، گیاه نی (*Phragmites australis*).

۱. مقدمه

و در بافت‌های خود جمع کند و مقادیر بالای مس، روی، سرب و کادمیوم را تحمل کند (Kufel *et al.*, 1980; Vander Werff, 1991; Ye, 1995; Schierup *et al.*, 1981). به طوری که گیاه نی در تالاب‌های مصنوعی برای تصفیه فاضلاب شهری حاوی فلزهای سنگین به کار می‌رود (Bragato *et al.*, 2006; Lesage *et al.*, 2007; Vymazal *et al.*, 2007)

گیاه نی گیاهی آبی از خانواده (Poaceae) Graminae با پراکنش بسیار گسترده است (Massacci *et al.*, 1991; Van der Werff, 2001) که از قدرت جذب و تجمع‌پذیری بالایی برخوردار است و از آنجاکه این گونه از سرعت رشد بالا و سیستم ریشه‌ای انبوه برخوردار است، در جذب عوامل آلاینده به خصوص عناصر سنگین در محیط‌های آبی نقش مهمی را ایفا می‌کند (YE *et al.*, 1997). با توجه به قدرت بالای جذب فلزهای سنگین توسط گیاه نی و همچنین بررسی صورت‌گرفته در محدوده مطالعاتی و مشاهده تغییرات پوشش گیاهی منطقه به دلیل ورود فاضلاب مس از معادن مس آگاراک و در واقع جهت دستیابی به هدف اصلی این تحقیق، گیاه نی به مثابه گونه گیاهی شاخص جهت سنجش غلظت فلز مس در آن تعیین شده است. محدوده مورد مطالعه در شمال غرب کشور در استان آذربایجان شرقی و در حد فاصل مرز ایران و ارمنستان واقع شده است. مرز ایران و ارمنستان از میله 30 A شروع می‌شود و در قره چیلر یعنی میله 35 A پایان می‌یابد که در این محدوده رودخانه ارس نیز در منطقه مطالعاتی یعنی مرز ایران و ارمنستان قرار گرفته است. از نظر هیدرولوژی محدوده مورد مطالعه شامل حوضه آبریز رودخانه ارس است که از کشورهای ترکیه، ارمنستان، نخجوان و ایران سرچشمه می‌گیرد. طول و عرض این محدوده شامل $00^{\circ}-44^{\circ}$ تا $20^{\circ}-46^{\circ}$ طول شرقی و $15^{\circ}-38^{\circ}$ تا $25^{\circ}-39^{\circ}$ عرض شمالی است. موقعیت محدوده مطالعاتی در شکل ۱ آورده شده است.

فلزهای سنگین از جمله آلاینده‌هایی‌اند که از تجمع زیستی بالایی برخوردارند و قادرند به تدریج در بافت بدن جانوران و گیاهان تجمع یابند و با ورود به زنجیره غذایی، آثار مہلکی را برای انسان و جاندارانی که از گیاهان آلوده در منطقه استفاده می‌کنند به همراه داشته باشند. بنابراین تعیین میزان این فلزها در محیط‌های خاکی و در اندام‌های زمینی و هوایی گیاهان و نباتات، مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار گرفته است (Durube *et al.*, 2007; Fazeli, *et al.*, 2006; Li, *et al.*, 2007; Yang, *et al.*, 2009). بررسی‌های صورت‌گرفته در منابع گوناگون حاکی از آن است که گیاهان آبی با قابلیت جذب بالای فلزهای سنگین در اکثر اکوسیستم‌ها پراکنش دارند (Bragat *et al.*, 2006; Talebi *et al.*, 2012) و گیاهان ریشه‌دار در جذب فلزهای سنگین از طریق ریشه و ساقه زیرزمینی خود پتانسیل بالایی دارند (Brix *et al.*, 1989; Bishop *et al.*, 1988; Levine *et al.*, 1990; Ward, 1987; Welsh *et al.*, 1980). فاکتورهای بیولوژیکی مانند نوع گونه، سن و فاکتورهای غیربیولوژیک مانند شوری، فصل، دما، فعالیت‌های انسانی و غلظت فلزهای سنگین در جذب فلزهای سنگین توسط گیاه نی اثرگذار خواهد بود و غلظت فلزهای سنگین در آب و رسوب در میزان جذب گیاه تأثیر خواهد داشت (Lin *et al.*, 1990). از طرفی سیستم‌های ریشه‌ای فیبری در گیاهان آبی با تماس زیاد در محیط آبی آنها را قادر به جذب مقادیر بالای فلزها می‌کند (Wang *et al.*, 1997). گیاهان آبی با قابلیت بالای فلزهای سنگین بیواندیکاتور مناسبی برای سنجش آلودگی فلزهای سنگین‌اند. گیاه آبی نی Common reed (*Phragmites australis*) یکی از گیاهانی است که در محیط‌های گوناگون، با وجود فلزهای سنگین، مقاوم و پایدار باقی می‌ماند (Baldantoni *et al.*, 2004; Quan *et al.*, 2007; Ye *et al.*, 1997). گیاه نی می‌تواند فلزهای سنگین را جذب



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی

بروز مشکلات عدیده‌ای برای سلامت انسان، گیاهان و جانوران می‌شوند (Charya *et al.*, 2008). اصلی‌ترین مرکز صنعتی موجود در منطقه مورد مطالعه در کشور ارمنستان و در چند کیلومتری مرز ایران-ارمنستان و رودخانه ارس واقع شده است. مشخص‌ترین فعالیت صنعتی این منطقه فراوری مس است که در نتیجه، سیانور از یک طرف و کمپلکس‌دهنده‌ها از طرف دیگر به آب‌های رودخانه ارس وارد می‌شوند. شهر مرزی آگاراک یا کارچیوان مکانی برای سازمان‌یافتن این منابع مس و فراوری مقدماتی آن است. سایر پژوهش‌های صورت گرفته نیز به ورود فاضلاب از معادن مس در این محدوده اشاره دارد. پژوهش‌های صورت گرفته از سوی اداره کل محیط‌زیست استان آذربایجان شرقی مهم‌ترین عامل مرگ و میر ماهیان و تلفات سایر آبزیان در فاصله زمانی و مکانی محدود را مواد شیمیایی سمی می‌داند که وارد آب رودخانه می‌شوند و عوارض ناگواری را به وجود می‌آورند (Department of Environment - East Azarbaijan, 1983).

همچنین بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در ترکیب آب رودخانه‌های منتهی به ارس از جانب ارمنستان، وجود عناصر شیمیایی

مساحت کل حوضه آبریز رودخانه ارس تا محل خروجی آن ۱۰۲ هزار کیلومتر مربع و طول رودخانه ارس ۱۰۷۲ کیلومتر است. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۶۰۰ متر در غرب و ۴۰۰ متر در شرق در محدوده مطالعاتی است. رودخانه ارس از منابع اساسی تأمین آب کشاورزی در منطقه و از مهم‌ترین منابع آبی کشور به‌شمار می‌رود. بنابراین، حفظ کیفیت آب آن در جهت تأمین آب مناسب برای انواع مصارف و همچنین حفظ حیات آبزیان منطقه و اکوسیستم آبی از اهمیت خاصی برخوردار است. عناصر سنگین ناشی از پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری از عوامل مهم آلاینده محیط‌زیست‌اند که مناطق ساحلی، تالاب‌ها و رودخانه‌ها را با تهدیدی جدی مواجه کرده‌اند و از طریق زنجیره غذایی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند. گیاهان آبزی به‌مثابه حلقه‌ای از زنجیره غذایی به‌واسطه جذب فلزهای سنگین می‌توانند نشان‌دهنده افزایش نسبی غلظت این عناصر در آب یا در رسوبات اکوسیستم‌های مورد نظر باشند (Ebadati *et al.*, 2005). فلزهای سنگین در بسیاری از فعالیت‌ها مانند معدن، صنعت و حتی فرآیندهای هسته‌ای تولید می‌شوند. این فلزها در خاک پایدارند و با نشت به پیکره‌های آبی موجب

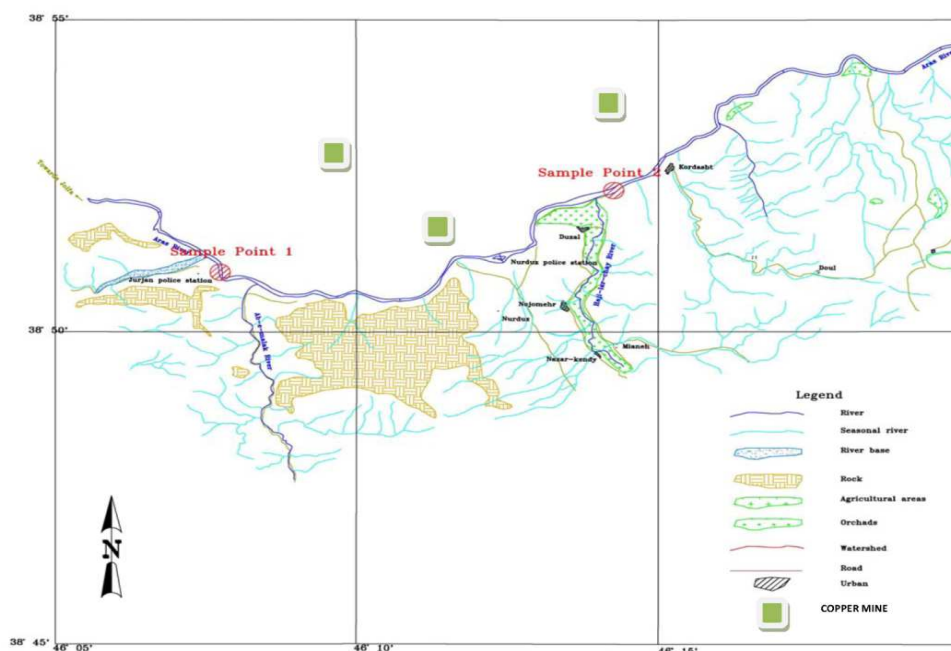
فلور حاشیه‌ای رودخانه ارس قبل از ورودی‌های بحران‌ساز و مقایسه آن با فلور حاشیه‌ای ارس در محل و یا بعد از ورودی‌های خطرناک، مبنایی برای مقایسه آثار آنها قرار گرفته است. جهت تعیین اطلاعات کیفی و شناخت تغییرات مورفولوژیک، از گونه‌های گیاهی پایاب سد ارس بازدید شد تا وضعیت پوشش گیاهی در بخش‌های آبی که کیفیت مطلوبی دارند مشخص شود. بررسی‌های دقیق گیاه‌شناسی در ساحل ارس نشان داد که گونه‌های تیره جگن (Cyperaceae) حاشیه ارس را در بخش‌های دارای شرایط مطلوب کیفی می‌پوشانند و هرچه از سد ارس که دارای کیفیت مطلوب است فاصله می‌گیریم، از مقدار و محدوده‌های توسعه جگن کاسته و به تراکم نی‌زارها افزوده می‌شود. با توجه به تغییرات پوشش گیاهی جامعه گیاهی حاشیه رودخانه ارس در مناطق پرخطر (از نظر ورود مواد آلاینده) و همچنین مطالعه در منابع گوناگون، از میان گیاهان محدوده مطالعاتی، گیاه نی به‌مثابه گونه گیاهی شاخص جهت سنجش غلظت فلزهای سنگین تعیین شد و غلظت فلز مس در ریشه گیاه نی، به‌مثابه گیاه شاخص و جاذب فلزهای سنگین، فقط در فصل بهار (با توجه به دوره رویش گیاهان) اندازه‌گیری شده است. براساس پژوهش‌های Stankovic و Krstic جذب فلزهای سنگین توسط گیاه در دوره رویشی آن بیشتر است؛ بنابراین، نمونه‌برداری از گیاه نی در فصل بهار صورت گرفته است.

تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری و روش نمونه‌برداری: پس از تعیین رویشگاه گیاه شاخص، با توجه به موقعیت معادن مس، دو ایستگاه قبل و بعد از ورود فاضلاب صنعتی از معادن مس به رودخانه ارس جهت بررسی مشخص شد که موقعیت آنها در شکل ۲ آورده شده است.

به‌خصوص فلزهای سنگین نظیر آهن، منگنز، مس، وانادیوم، تیتان، نیکل و استرانسیوم با خواص رادیواکتیویته به ثبوت رسیده است (Qlyaf, 1986). عموماً فلزهای سنگین، به‌دلیل خاصیت تجمع‌ی و جایگزینی و سمی بودن بالا، در صورت ورود به منابع آبی، آلودگی شدید به‌بار می‌آورند و ممکن است در گیاهان و آبزیان منطقه جذب شوند و تجمع یابند. پژوهش‌ها نشان داده است که افزایش میزان جذب و تجمع فلزهای سنگین در بافت‌ها و اندام‌های گوناگون جانوران و گیاهان بر کاهش رشد و حتی کاهش جمعیت آنها نیز مؤثر است (Kabata *et al.*, 2000; Ultermann, *et al.*, 2004; Wang, *et al.*, 2007). امروزه به‌درستی مشخص نیست پوشش گیاهی حاشیه ارس تا چه حد تحت تأثیر فلزهای سنگین است و غلظت فلزهای سنگین در گیاهان به‌مثابه اولین حلقه زنجیره غذایی تا چه حدی به فعالیت‌های معدنی مناطق مرزی کشور در این منطقه بستگی دارد. بنابراین پژوهش‌های انجام‌شده در راستای تحقیق این اهداف است.

۲. مواد و روش‌ها

انتخاب گیاه شاخص: یکی از روش‌های شناخت آثار کیفی ورودی‌های نامطلوب و زیان‌آور به رودخانه‌ها شناخت تغییرات مورفولوژیک رویش‌های گیاهی حاشیه رودخانه‌هاست که به‌طور طبیعی و در صورت ورود نیافتن چنین مواردی، شکل‌های رویشی اطراف رودخانه‌ها بدون تغییر یا کم‌تغییر خواهد بود. رودخانه ارس نیز از این قاعده مستثنا نیست و در صورت ورود مواد آلاینده و استمرار این موضوع، تغییر رودخانه از نظر فلور حاشیه‌ای طبیعی است. با این تفسیر بررسی



شکل ۲. ایستگاه‌های نمونه‌برداری

به صورت بخار در می‌آید. عنصر مورد نظر به صورت اتم در می‌آید و اشعه منتشر شده از لامپ هالوکاتد را جذب می‌کند. مقدار جذب با دستگاه اتمیک اندازه‌گیری شده است. شرایط محیطی فوق در دمای ۲۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت کمتر از ۵۵ درصد بوده است. عناصر مورد نظر در گیاهان برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم (ppm=mg/kg) است. کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۶ تجزیه و تحلیل شده است.

۳. نتایج

با توجه به وضعیت جوامع گیاهی و شرایطی که در اکوسیستم آبی ارس حکمفرماست، می‌توان به ترتیب زیر، وضعیت لایه‌های رویشی و ترانسکت واقعی و طبیعی ارس را مشخص کرد.

<i>Tamarix sp</i>	لایه خارجی
<i>Populus sp and Salix sp</i>	لایه میانی
<i>Cyperus sp</i>	لایه میانی
<i>Phragmites sp</i>	لایه داخلی

برای تعیین اینکه کدام قسمت گیاه نی بیشترین قدرت میزان جذب و تجمع فلزهای سنگین را دارد، پس از مشورت با گیاه‌شناسان شاخص در این زمینه و مطالعه پژوهش‌های دیگری از Bishop و همکاران، ریشه این گیاه به مثابه اندام منتخب جهت برداشت نمونه انتخاب شد. دو ایستگاه نمونه‌برداری از رودخانه ارس (قبل و بعد از ورود فاضلاب‌های صنعتی) تعیین شد و از هر ایستگاه تعداد ۵ نمونه از بخش ریشه‌ای گیاه نی جمع‌آوری شده و در کیسه‌های مخصوص حاوی برچسب اطلاعات قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شده است. نمونه‌برداری، آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد بین‌المللی (APHA, 1992) انجام شده و غلظت فلز مس در نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی^۱ (AAS)، اندازه‌گیری شده است.

روش اندازه‌گیری فلز مس در ریشه گیاه توسط جذب اتمی: کلیه نمونه‌ها پس از شست‌وشو با آب مقطر، در دمای ۴۰۰ درجه خشک و به خاکستر تبدیل شدند. ۱ گرم از هر نمونه به کمک اسید کلریدریک هضم شد و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید و آماده تزریق به دستگاه جذب اتمی شد. در دستگاه جذب اتمی، عصاره حاصل از روش هضم گیاه توسط نوبولایزر به طرف شعله (مخلوط هوا و گاز استیلن) هدایت می‌شود و در آنجا

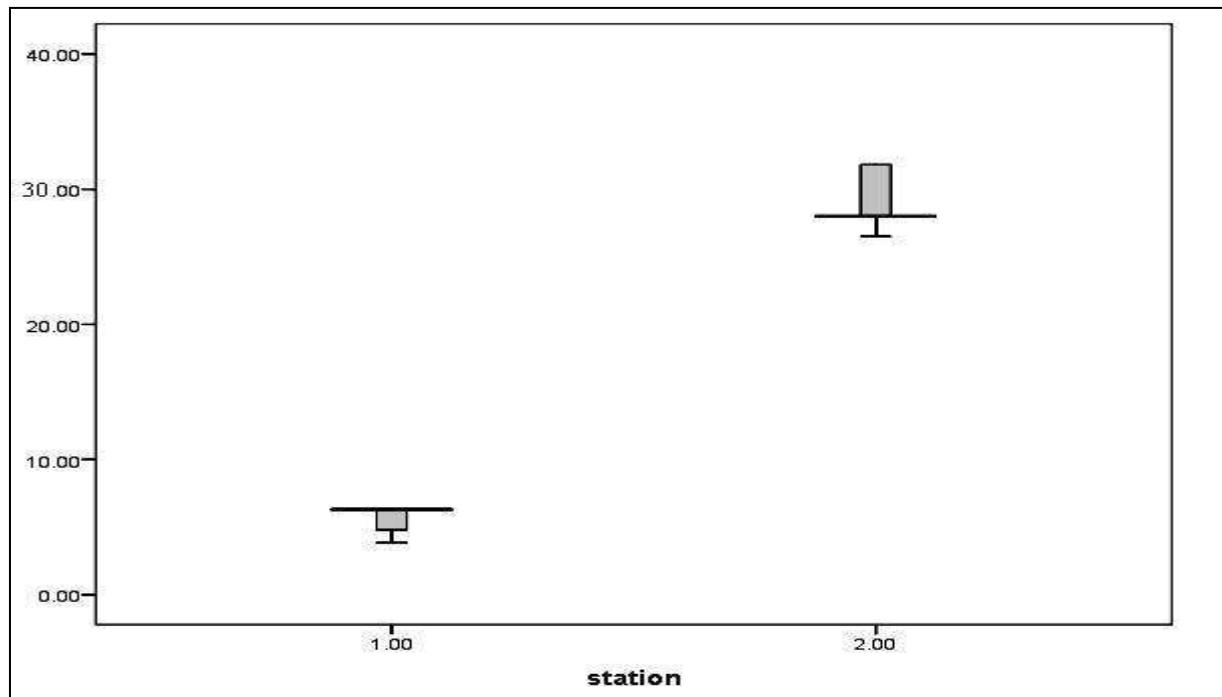
1. Atomic Absorption Spectrophotometer=AAS

می‌کنند و در مکان‌های مشابه اما غیرشور، تا محدوده بعد از جلفا، یعنی جایی که سطح آب بالاست، نی‌زارها و جگن‌زارها جای گز را می‌گیرند. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که نی‌زارها پوشش غالب جامعه گیاهی حاشیه ارس در پایین دست محل ورود ضایعات و فاضلاب معدن مس آگاراک را تشکیل می‌دهد و با توجه به تجمع زیستی بالای این گیاه، قادر است مقادیر زیادی از فلزهای سنگین را از محیط اطراف خود جذب و تجمع بیولوژیکی آن را تحمل کند. بنابراین بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که گیاه نی به‌مثابه گیاه شاخص و مقاوم در مناطق پرخطر (از نظر ورود مواد آلاینده) انتخاب و معرفی شده و به این دلیل غلظت فلز مس در ریشه این گیاه نیز اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها بیانگر آن است که غلظت فلز مس در ریشه گیاه نی در ایستگاه ۲ (۳۰/۶ ppm) از ایستگاه ۱ (۵/۹ ppm) بیشتر بوده و تغییرات چشمگیری داشته است که خود می‌تواند گویای تأثیر فاضلاب معدن مس در رودخانه ارس و در نتیجه جذب و تجمع مس توسط گیاه نی موجود در منطقه است (جدول ۱ و شکل ۳).

درواقع شرایط پایه رویشی در رودخانه ارس به‌گونه‌ای است که سیلاب‌ها و آب‌های فصلی در گستره‌های مطلوب امکان حضور جمعیت‌های زنده و فعال گز از گونه‌های متفاوت و به‌خصوص *T. ramossisima* را فراهم می‌آورد و در شرایط عادی و درحالتی که گونه‌های گیاهی به‌نحو مطلوبی حضور داشته باشند یا شیب آنها مناسب باشد حضور گونه‌های صنوبر یا بید نیز قطعی می‌شود. در بخش‌های دارای شرایط خوب و سواحلی که دچار تغییرات کمی شده‌اند (ساحل‌سازی شده‌اند یا به‌طور طبیعی نیز حفظ شده‌اند) لایه‌ای نازک یا ضخیم از جنس *Schoenus*, *Schoenoplectus*, *Bolboschoenus* و *Cyperaceae* ها دیده می‌شود و در شرایط مطلوب به حاشیه آب نیز کشیده می‌شود. در شرایط کیفی نامطلوب آب، نی در لایه اول و جلوتر از لایه‌های گونه‌های جگن قرار می‌گیرد و ضخامت آنها در بخش‌های گوناگون حاشیه ارس متفاوت است. در مورد لایه‌های گونه‌های گز (*Tamarix*) وابستگی ویژه‌ای بین کیفیت آب و رویش آنها وجود ندارد و زمین‌شناسی منطقه الگوی پراکنش گونه‌های مزبور را مشخص می‌کند. این توده‌ها در دشت‌های سیلابی نیز از الگوی زمین‌شناسی تبعیت

جدول ۱. غلظت فلز مس در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

توضیحات	میانگین میزان غلظت (ppm)	بیشترین میزان غلظت (ppm)	کمترین میزان غلظت (ppm)	غلظت فلز مس (ppm)	شماره نمونه	شماره ایستگاه
قبل از ورود فاضلاب معادن مس	۵/۹	۸	۳/۸۵	۶/۳	نمونه ۱	ایستگاه ۱
				۳/۸۵	نمونه ۲	ایستگاه ۱
				۴/۸	نمونه ۳	ایستگاه ۱
				۸	نمونه ۴	ایستگاه ۱
				۶/۳۶	نمونه ۵	ایستگاه ۱
بعد از ورود فاضلاب معادن مس	۳۰/۶	۳۹	۲۶/۵	۲۶/۵	نمونه ۱	ایستگاه ۲
				۲۸	نمونه ۲	ایستگاه ۲
				۲۸	نمونه ۳	ایستگاه ۲
				۳۹	نمونه ۴	ایستگاه ۲
				۳۱/۸	نمونه ۵	ایستگاه ۲
				حداکثر ۳۹		حداقل ۳/۸۵
				انحراف معیار (SD) ۴/۸		میانگین کلی ۱۸/۲



شکل ۳. غلظت فلز مس در ریشه گیاه نی (PPM)

آن از مدت‌های مدید و در پی آن جذب و تجمع مس در این گیاه و همچنین مقاومت و پایداری گیاه گویای تحمل جذب عناصر از سوی این گیاه است که در این صورت می‌توان از این گیاه به‌مثابه بیواندیکاتور نام برد و در اغلب اکوسیستم‌های آبی از آن در نقش عامل کاهش‌دهنده آلودگی در محیط‌های آبی استفاده کرد. در پژوهش دیگری از Baldantoni و همکاران نیز، گیاه نی بیواندیکاتوری برای فلزهای سنگین است و می‌توان از آن در سنجش کیفیت محیط استفاده کرد. البته در خصوص تأثیر فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی در اکوسیستم‌های آبی (Barbone *et al.*, 2012; Charya *et al.*, 2008; Farombi *et al.*, 2007) و همچنین تأثیر آنها در گیاهان منطقه (Drost *et al.*, 2007; Kasoma, 2003; Maddison, *et al.*, 2005) تحقیقات زیادی صورت گرفته است که همگی مؤید نتایج حاصل از مطالعات فعلی است. تأثیر فاضلاب‌های معدن مس در گیاه و افزایش میزان مس در گیاه نی در ایستگاه ۲ (۳۰/۶ ppm) نشان می‌دهد که میزان آلودگی در این منطقه از میزان مس در گیاهان غیرآلوده (۴-۱۵ ppm) بیشتر است که Bowen در سال ۱۹۶۶ به‌مثابه استاندارد پیشنهاد کرده است. همچنین این میزان بالاتر از میزان مس در گندم

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس در خصوص تأثیر فاضلاب‌های ورودی از معدن مس آگاراک در آب‌های رودخانه ارس و افزایش میزان مس در آب، و به تبع آن در گیاه نی، مبین آن است که بین میانگین میزان مس موجود در گیاهان نی ایستگاه‌های اول و دوم اختلاف معنی‌داری در حدود اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد (شکل ۳). این نتیجه‌گیری بدین معنی است که فاضلاب‌های معدن مس ورودی به رودخانه ارس توانسته‌اند در تجمع غلظت فلز مس در گیاه نی بسیار مؤثر باشند و سبب جذب و تجمع میزان زیادی از فلز مس در گیاه نی موجود در منطقه تحقیقاتی شوند. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های گیاه نی محدوده رودخانه ارس (جدول ۱) بیانگر آن است که میزان مس موجود در نمونه‌های گیاه ایستگاه ۲ (۳۰/۶ ppm) به‌طور چشمگیری بالاتر از میزان آن در ایستگاه شماره ۱ (۵/۹ ppm) است. این نتایج گویای تأثیرگذاری فاضلاب‌های معدن مس منطقه آگاراک در آب‌های رودخانه ارس و به تبع آن در گیاهان منطقه و به‌خصوص در گیاه نی موجود در منطقه تحقیقاتی است. تأثیرگذاری این آلاینده‌ها در گیاه نی و استمرار

همچون کاهش ظرفیت زیستگاه، از بین رفتن زیستگاه گونه های خشکی زی در خطر تهدید و از بین رفتن زیستگاه گونه های کنار آبی در خطر تهدید از جمله مواردی است که بحران های ایجاد شده در نتیجه آن همگی به دنبال فقر پوشش گیاهی به بار می آیند و جبران ناپذیرند. عناصر سنگین از عوامل مهم آلاینده محیط زیست به شمار می روند که از طریق پساب های کشاورزی، صنعتی و شهری وارد رودخانه ها و دریاها می شوند و از طریق زنجیره غذایی در بدن آبزیان تجمع می یابند. گیاهان آبی به مثابه حلقه ای از زنجیره غذایی به واسطه جذب عناصر سنگین می توانند نشان دهنده افزایش نسبی غلظت این عناصر در آب یا در رسوبات اکوسیستم های مورد نظر باشند یکی از راه های مناسب و کم هزینه برای پاک سازی عناصر سنگین از منابع آب و خاک استفاده از گیاهان آبی دارای قابلیت فوق است. پژوهش دیگری از Vymzel و همکاران در استفاده از گیاهان برای تصفیه آب های آلوده تأییدی بر یافته های این تحقیق است. با شناسایی و به کارگیری گونه های آبی جاذب عناصر سنگین، علاوه بر نیاز کمتر به تجهیزات و فناوری های پیشرفته، سرمایه گذاری های اقتصادی بالا، تخلیه آب های زیرزمینی و جلوگیری از ارتباط مستقیم کارگر با ترکیبات شیمیایی مضر و خطرناک، می توان جنبه های طبیعی و زیست محیطی را رعایت کرد و با استفاده از فناوری های سبز در جهت رفع آلودگی ها و مدیریت مناطق آلوده به منظور دستیابی به محیط زیست پایدار گام برداشت.

(۹/۳۹ ppm) و برنج (۲۴ ppm) در منطقه آلوده است که از سوی Rattan و همکاران (2005) ارائه شده است. پژوهش های انجام شده بیانگر آن است که آثار سوء عناصر سنگین در خاک و گیاه زمانی مشخص می شود که غلظت آنها از میزان معینی افزایش یابد و این موضوع به نوع عنصر، نوع خاک، نوع گیاه، فعالیت های گوناگون انسانی و زمان ماند آن بستگی دارد (Chen, et al., 2005; Gu et al., 2005; Sharma, et al., 2007). از آنجایی که نیاز گیاه به برخی فلزهای سنگین مانند مس بسیار جزئی است، کوچک ترین تغییر در کمیت یا فرم شیمیایی این عناصر را از حالت ضروری به سمی تبدیل می کند (Marschner, 1995). از طرفی خاصیت تجمع پذیری در بافت ها موجب افزایش تراکم آنها در عبور از زنجیره غذایی و افزایش آنها در طبقات بالای هرم می شود. قرار گرفتن انسان در رأس هرم غذایی موجب افزایش خطرهای ناشی از آلودگی فلزی برای انسان می شود. بنابراین، فعالیت و بهره برداری از معادن مس با روند فعلی و بدون ملاحظات ضوابط زیست محیطی می تواند تأثیر بالقوه ای در افزایش میزان عناصر سنگین در محیط داشته باشد و با احتمال ورود به زنجیره غذایی، سلامت جامعه را تهدید کند. پژوهشی دیگر از Kabata و همکاران گویای آن است که افزایش میزان جذب و تجمع فلزهای سنگین در بافت ها و اندام های گوناگون جانوران و گیاهان بر کاهش رشد و حتی کاهش جمعیت آنها نیز مؤثر است. بنابراین، از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر ورود فاضلاب مس و تغییر سیمای رویشی حاشیه رودخانه از اهمیت چندگانه ای برخوردار است. آثار ثانوی

References

1. APHA.AWWA.WPCE (1992) "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater," 18ed, Washington DC.
2. Australian Baldantoni, D., Alfani, A., Di Tommasi, P., Bartoli, G. and Virzo De Santo, A (2004) "Assessment of macro and microelement accumulation capability of two aquatic plants," *Environ. Pollut*, 130: 149-156.
3. Baldantoni, D., Maisto, G., Bartoli, G. and Alfani, A (2005) "Analyses of three native aquatic plant species to assess spatial gradients of lake trace element contamination," *Aqua. Bot.*, 83: 48-60.
4. Barbone, E., Rosati, I., Reizopoulou, S., and Basset, A (2012) "Linking classification boundaries to sources of natural variability in transitional waters: A case study of benthic macro invertebrates," *Ecological Indicators*, 12:105-122.
5. Bishop, P.L. and DeWaters, J (1988) *Biotechnology for Degradation of Toxic Chemicals in Hazardous Wastes*. Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ.
6. Bonanno, G (2008) "La vegetazione della foce del fiume Salso (Sicilia meridionale)" *Webbia* 63 (1):109-133.
7. Bowen, H.J.M (1966) *Trace Elements in Biochemistry*, Academic Press, N.Y., 241.
8. Bragato, C., Brix, H. and Malagoli, M (2006) "Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.) Trin.exSteudel Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed. *Environ. Pollut*, 144: 967-975.
9. Brix, H. and Schierup, H.H (1989) "Use of aquatic macrophytes in water-pollution control," *Ambio*, 18:100-107
10. Chale, F.M.M. (2007) "Plant biomass and nutrient levels in a *Phragmites mauritianus* constructed wetland receiving sewage effluents," *Huria J.*, 7(2): 134-140.
11. Chaphekar, S.B (1991) "An overview on bio-indicators," *J. Environ. Biol*, 12: 163-168.
12. Charya, S.N., Kamalaa, C.T. D. and Samuel Suman Raj (2008) "Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer Eco toxicology and Environmental Safety," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 69: 513-524.
13. Chen, T.B., Zheng, Y.M., Lei, M., Huang, Z.C., Wu, H.T., Chen, H., Fan, K.K., Yu, K., Wu, X. and Tian, Q.Z (2005) "Assessment of heavy metal pollution in surface of urban parks in Beijing, China," *The Science of the Total Environment*, 60: 542-551
14. Department of Environment- East Azarbaijan Province - Water and Soil project - Volume One -1983 - Study to determine the assimilative capacity of the river Aras and mortality of aquatic (in Persian).
15. Drost W, Matzker M and Backhaus M (2007) "Heavy metal toxicity to Lemna minor: studies on time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure," *Chemosphere*, 67:36-43.
16. Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C. and Ekwurugwu, J.N (2007) "Heavy metal pollution and human biotoxic effects," *Physical Sciences*, 2: 112-118
17. Ebadati, F., AS. Esmaili Sari A., Riahi Mahal (2005) "Changes in the rate of heavy metals, sediments and aquatic plant in Miyankale, wetlands," *Journal of Environmental Studies*, 37: 57(in Persian).
18. Fazeli, M.S., Moosavi, M.H. and Jassemi Z (2009) "The Source, Distribution and Accumulation of Heavy Metals in the Soil around Industrial Town of Ahwaz -2, Khuzestan Province, Iran," *Journal of Applied Sciences*, ISSN.1812-5654:1-7.
19. Farombi, E. ADELOWO, O. A. AND AJIMOKO. Y. R (2007) "Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African Cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River," *Int. J. Environ. Res. Publ. Hlth.*, 4: 158-165.
20. Fu' rtig, K., Pavelic, D., Brunold, C. and Bra'ndle, R (1999) "Copper-and-iron induced injuries in roots and rhizomes of reed (*Phragmites australis*)," *Limnologica*, 29:60-63.
21. Gu, J.G., Lin, Q.Q., Hu, R., Zhuge, Y.P. and Zhou, Q.X (2005) "Translation behavior of heavy metals in soil-plant system – a case study of Qingchengzi Pb-Zn mine in Liaoning province," *Journal of Agro-Environment Science*, 4: 634-637
22. Kabata-Pendias A. and Pendias H (2000) *Trace element in soils and plants*, 3rd edition., CRC Press, BocaRaton, N.Y.
23. Kasoma, P.M.B (2003) "Wetland research in Lake Victoria basin, Uganda part," Analysis and synthesis Report. Lake Victoria Research (VicRes) Initiative. IUCEA, Kampala.
24. Krstic B, Stankovi_ D, Igi_ R, and Nikoli_ N (2007) "The potential of different plant species

- for nickel accumulation,” J. Bio technol. Bio technol. Equip, 21: 431-436, Sofia, Bulgaria.
25. KUFEL, I and KUFEL L (1980) “Chemical composition of reed (*Phragmites australis* Trin. ex Steudel) in relation to the Substratum,” *Bulletin of Polish Academy of Sciences*, 28:563–568.
 26. Levine, S.N., Rudnick, D.T., Kelly, J.R., Morton, R.D. and Buttel, L.A (1990) “Pollution dynamics as influenced by sea rass beds: experiments with tributyltin in *Thalassia microcosms*,” *Mar. Environ. Res.* 30: 297-322.
 27. Lesage, E., Rousseau, D.P.L., Meers, E., Tack, F.M.G., and De Pauw. N (2007) “Accumulation of metals in a horizontal subsurface flow constructed wetland treating domestic wastewater in Flanders, Belgium. Sci,” *Total Environ*, 380: 102-115.
 28. Li, M.S., Luo, Y.P. and Su, Z.Y (2007) “Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China,” *Environmental Pollution*, 147: 168-175
 29. Lin, Y.X. and Zhang, X.M (1990) “Accumulation of heavy metals and the variation of amino acids and protein in *Eichhorniacrassipes* (Mart.) Solms in the Dianchi Lake. *Oceanol. Limnol. Sinica* 21: 179-184.
 30. Maddison ,M, K. Soosaar, K. Loõhmus and €U. Mander (2005) “Cattail population in wastewater treatment wetlands in Estonia: Biomass production, retention of nutrients, and heavy metals in Phytomass,” J. Environ. Sci. *Health*, Part A, 40(6): 1157–1166.
 31. Marschner, H (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plant*, 2nd Edition, Academic Press.
 32. Qlyaf. A. (1986) *Degree of pollution and composition of water leading to the Aras River*, Azerbaijan Academy of Sciences, USSR
 33. Quan, W.M., Han, J.D., Shen, A.L., Ping, X.Y., Qian, P.L., Li, C.J., Shi, L.Y. and Chen, Y.Q (2007) “Uptake and distribution of N, P and heavy metals in three dominant salt marsh macrophytes from Yangtze River estuary, China. *Mar. Environ. Res*, 64: 21-37.
 34. Ratten,R.K.; Datta, S.P.; Chhonkar, P.K.; Suribabu, K. and Singh, A.K (2005) “Long-term impact of irrigation with waste water effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study,” *Agr. Ecosyst. Environ*, 109: 310-322.
 35. Samecka-Cymerman, A. and Kempers, A.J (2001) “Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. Sci,” *Total Environ*, 281: 87-98
 36. Sharma, R.K., Agrawal, M. and Marshall, F (2007) “Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of varansi, india,” *The Science of the Total Environment*, 66: 258-266.
 37. Siedlecka, A., Tukendorf, A., Sko´ rzyn´ ska-Polit, E., Maksymiec, W., Wo´ jcik, M., Baszyn´ ski, T. and Krupa Z (2001) “Angiosperms (Asteraceae, Convolvulaceae, Fabaceae and Poaceae; other than Brassicaceae),” In: Prasad, M.N.V. (Ed.), *Metals in the Environment, Analysis by Biodiversity*. Marcel Dekker, Inc., New York, 171-217.
 38. Stankovic D (2006) Istraživanje uticaja saobra_aja na koncentraciju polutanata u šumskim ekosistemima NP Fruška gora, u funkciji zaštite i unapre_ivanja životne sredine. Doktorska disertacija., PMF, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1-141
 39. Utermann, J., Duwel, O. and Nagel, I (2004) Trace element and organic matter contents of European soils. Progress Report, European Commission Joint Research Centre.
 40. Van der Werff M (1991) “Common reed,” In: Rozema, J., Verkleij, J.A.C. (Eds.), *Ecological Responses to Environmental Stress*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands , 172-182.
 41. Vymazal, J., Švehla, J., Kro_ pfelova´ L. and Chrastny´ , V (2007) “Trace metals in *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* growing in constructed and natural wetlands. Sci,” *Total Environ*, 380: 154-162.
 42. Wang, W., Gorsuch, J.W. and Hughes, J.S (1997) *Plants for Environmental Studies*, CRC Press, New York, 563.
 43. Wang, Y.P., Shi, J.Y., Qi Lin, H.W., Chen, X.C. and Chen, Y.X (2007) “The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near acopper smelter,” *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 67(1): 75-81
 44. Ward, T.J (1987) “Temporal variation of metals in the sea grass *Posidonia australis* and its potential as a sentinel accumulator near a lead smelter,” *Mar. Biol*, 95: 315-321.
 45. Welsh, R.P.F. and Denny, P (1980) “The uptake of lead and copper by submerged aquatic

- macrophytes in two English lakes,” *J. Ecol.* 68: 443-455.
46. Yang, S.X., Li, M.S., Li, Y. and Huang, H.R (2006) “Study on heavy metal pollution in soil and plants in Pingle Manganese Mine, Guangxi and implications for ecological restoration,” *Mining Safety and Environmental Protection*, 1:21-23.
47. Ye, Z.H., Baker, A.J.M., Wong, M.H. and Willis, A.J (1997) “Zinc, lead and cadmium tolerance, uptake and accumulation by the common reed, *Phragmites australis*(Cav.) Trin. exSteudel,” *Ann. Bot.* 80: 363-370.