بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم کشاورزی
گروه علوم خاک
(گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک)

بررسی آلودگی فلزات سنگین رودخانه زرجوب رشت و تأثیر آن بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه ذرت

از:
سمیرا خزایی کوهپر

استادان راهنما:
دکتر اکبر فرقانی
دکتر محمدرضا خالدیان

اسفند ۹۰

و این دفتر فروتنانه:

تقدیم با بوسه بر دستان پدرم؛ به او که نمی‌دانم از بزرگیش بگویم یا مردانگی و سخاوتش.

تقدیم به مادر عزیزتر از جانم؛ که عمری خستگی‌ها را به جان خرید تا اکنون توانست طعم خوش پیروزی را به من بچشاند.

تقدیم به اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر فرقانی و جناب آقای دکتر خالدیان؛ آنانکه یگانه حامیانم در این مسیر دشوار بودند.

تقدیم به خواهرم؛ که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

تقدیم به برادرم؛ که همواره در طول تحصیل تکیه گاه من بود و وجودش مایه دلگرمی من.

سپاسگذاری

ثنای بی پایان ذات اقدس بیکرانی را که آفرینش را دست مایه زیستن قرار داد و زیستن را موقوف آموختن. حال که به لطفش ، این پژوهش به پایان رسید بر خود لازم می‌دانم از تمامی بزرگان و بزرگ اندیشانی که به نوعی از الطاف وجودیشان بهره برده‌ام، نهایت سپاس و قدردانی را داشته باشم.

این پژوهش اگر سامانی یافته، در سایه بهره‌گیری از دانش و راهنمایی خردمندانه استاد ارجمند، **جناب آقای دکتر فرقانی** بوده است. همواره سپاسگذار ایشان و قدرشناس راهبری پیش برنده و همراهی عالمانه‌شان خواهم بود.

استاد ارجمند، **جناب آقای دکتر خالدیان** را سپاس می‌گویم که علاوه بر آموختن نکته‌های ماندگار از محضرشان در مدت شاگردی، افتخار بهره‌یابی از نظرات فاضلانه ایشان را داشته‌ام.

همچنین کمال امتنان خویش را تقدیم اساتید فرهیخته داور **جناب آقای دکتر شعبانپور** و **جناب آقای دکتر سلیمانی** می‌دارم که متذکر نکاتی ارزشمند در جهت تقویت اثر خواهند بود. هرچند نهایت سپاس من در این گفتار، حکم چشیدنی را دارد "به قدر تشنگی" برای کسی که او را توان کشیدن "آب دریا" نیست.

از خانواده محترم و سزاوار ثنایم به خاطر همه صبوری‌ها و بزرگواریشان کمال سپاس و تشکر را دارم.

در نهایت از آقای مهندس انصاری، آقای مهندس زینلی، خانم مهندس معلمی و تمامی دوستانم سپاسگذاری می‌کنم که در تمام مراحل این پایان نامه مرا یاری نمودند و از خداوند بزرگ که در راه آموختنم، مجال اندیشیدن و نوشتنم داد به آرزو می‌خواهم عنایت خویش را برای کارهای دیگر و بهتر شامل حالم فرماید.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده فارسی ..... د
چکیده انگلیسی ..... ذ
مقدمه ۱

فصل اول: کلیات و بررسی منابع
۱-۱- فلزات سنگین ۳
۱-۱-۱-فلزات سنگین در خاک ٦
۱-۱-۲- فلزات سنگین در آب ۷
۱-۱-۳- فلزات سنگین در رسوب ۸
۱-۱-۴- فلزات سنگین در گیاه ۱۰
۱-۲- کادمیوم ۱۱
۱-۳ سرب ۱۳
۱-۴- روی ۱٦
۱-۴-۱- فلز روی و نحوه ورود آن به منابع آبی ۱۷
۱-۵- مس ۱۷
۱-۵-۱ فلز مس و نحوه ورود آن به منابع آبی ۱۸
۱-۶- اثر عناصر سنگین بر انسان ۱۹
۱-۷- جذب و تجمع عناصر سنگین در بافت‌های گیاهی ۲۰
۱-۸- مروری بر تحقیقات صورت گرفته ۲۱
فصل دوم: مواد و روش ها
۲-۱- نمونه برداری و آماده سازی آب ۲٤
۲-۲- نمونه برداری خاک ۲٦
۲-۲-۱- اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتر ۲۷
۲-۲-۲- اندازه‌گیری میزان pH خاک ۲۸
۲-۲-۳- اندازه‌گیری مواد آلی خاک ۲۸
۲-۲-۴- اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل ۲۹
۲-۲-۵- اندازه‌گیری میزان CEC (meq/100g) ۲۹
۲-۲-۶- اندازه‌گیری میزان عناصر قابل جذب خاک با روش DTPA ۳۰
۲-۲-۶-۱ تهیه محلول عصاره‌گیر DTPA ۳۰
۲-۲-۶-۲- روش کار ۳۱
۲-۲-۶-۳- تهیه محلول‌های استاندارد سرب، روی، مس و کادمیوم ۳۱
۲-۲-۷- اندازه‌گیری میزان عناصر کل با روش هضم در اسید نیتریک چهار مولار در خاک ۳۲

۲-۳- نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌های رسوب کف رودخانه ۳۲
۲-۳-۱- اندازه‌گیری میزان عناصر کل با روش هضم در اسید نیتریک چهار مولار در رسوب ۳۳
۲-۴- کشت گلدانی ۳۳
۲-۴-۱- کاشت گیاه ۳۳
۲-۴-۲- عملیات داشت ۳۳
۲-۴-۳- برداشت و آماده سازی گیاه ۳٤
۲-۴-۴- تجزیه نمونه‌های خاک گلدان ۳٤
۲-۴-۵-۱- عصاره‌گیری ۳٤
۲-۴-۵-۲- اندازه‌گیری عناصر Pb، Cu، Cd، Zn در گیاه ۳٥
۲-۴-۵-۳- تهیه محلول‌های استاندارد ۳٥
۲-۵- شاخص زمین انباشتگی ۳٥
۲-۶- تجزیه و تحلیل‌های آماری ۳٦
۲-۶-۱- آمار توصیفی ۳٦
۲-۶-۲- معادله رگرسیونی ۳۷
فصل سوم: بحث و نتیجه گیری
۳-۱-آب و رسوب ۳۹
۳-۱-۱- روی در آب ۳۹
۳-۱-۲- مس در آب ٤۰
۳-۱-۳- سرب در آب ٤۲
۳-۱-۴- کادمیوم در آب ٤٤
۳-۱-۵- رسوب و شاخص زمین انباشتگی ٤٦
۳-۱-۶- همبستگی بین عناصر آب و رسوب ٤۹
۳-۲- خاک ٥۰
۳-۲-۱- سرب در خاک ٥۱
۳-۲-۲- کادمیوم در خاک ٥۳
۳-۲-۳- مس در خاک ٥٤
۳-۲-۴- روی در خاک ٥٥
۳-۲-۵- همبستگی ساده بین فلزات سنگین کل خاک و برخی خصوصیات خاک ٥٦
۳-۳-کشت گیاه ذرت ٥۹
۳-۳-۱- روی در گیاه ٦۰
۳-۳-۲- سرب در گیاه ٦۱
۳-۳-۳- مس در گیاه ٦۳
۳-۳-۴- کادمیوم در گیاه ٦٥
عملکرد ٦۷
۳-۳-۵- روی در خاک گلدان ٦۸
۳-۳-۶- سرب در خاک گلدان ٦۹
۳-۳-۷- مس در خاک گلدان ۷۱
۳-۳-۸- کادمیوم در خاک گلدان ۷۳
۳-٤- نتیجه گیری ۷٥
۳-٥- پیشنهادها ۷۷

منابع.....۷۸

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۱-۱- حداکثر مقدار مجاز عناصرکل در خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)..... ٤
جدول ۱-۲- حدود استاندارد برخی از عناصر در برگ‌های جوان گیاهان بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم ٥
جدول ۱-۳- حداکثر غلظت مجاز فلز در آب آبیاری برای دو نوع بافت خاک..... ٥
جدول۱-۴- حد معمول و آستانه سمیت جذب فلزات سنگین (mg/day) توسط انسان..... ٥
جدول ۲-۱-موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مختلف..... ٢٦
جدول۲-۲-مقادیر غلظت عناصر سنگین (ppm) از دیدگاه دو استاندارد مختلف USEPA و GLC و میانگین جهانی این عناصر ٣٥
جدول ۲-۳- مقادیر شاخص زمین انباشتگی در آلودگی‌های مختلف خاک ٣٦
جدول ۳-۱- مقایسه میانگین فلز روی در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌های آب با مقادیر استاندارد ٣٩
جدول ۳-۲-مقایسه میانگین غلظت فلز روی بین ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری..... ٤٠
جدول ۳-۳- مقایسه میانگین غلظت فلز مس در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌های آب با مقادیر استاندارد..... ٤١
جدول ۳-۴-مقایسه میانگین غلظت فلز مس بین ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری..... ٤٢
جدول ۳-۵- مقایسه میانگین فلز سرب در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌های آب با مقادیر استاندارد ٤٣
جدول ۳-۶- مقایسه میانگین غلظت فلز سرب بین ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری..... ٤٤
جدول ۳-۷- مقایسه میانگین غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف نمونه های آب با مقادیر استاندارد ٤٥
جدول ۳-۸- مقایسه میانگین غلظت فلز کادمیوم بین ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری ٤٦
جدول ۳-۹- میانگین فلزات سنگین کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رسوب کف ایستگاه‌های مختلف رودخانه زرجوب ... ٤٧
جدول ۳-۱۰- نتایج به‌دست آمده از شاخص زمین انباشتگی نمونه‌های رسوب ٤٧
جدول ۳-۱۱- ماتریس همبستگی بین فلزات سنگین آب و رسوب ٤٩
جدول ۳-۱۲- میانگین، حداکثر و حداقل و S.D فلزات سنگین خاک (mg/kg) ٥٠
جدول ۳-۱۳- مقادیر، میانگین، حداکثر و حداقل برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک..... ٥٠
جدول ۳-۱۴- همبستگی ساده بین فلزات سنگین کل خاک و برخی خصوصیات خاک ٥٨
جدول ۳-۱۵- همبستگی ساده بین فلزات سنگین قابل جذب خاک و برخی خصوصیات خاک ٥٨
جدول ۳-۱۶- ماتریس همبستگی بین فلزات سنگین کل و قابل جذب خاک اطراف رودخانه ٥٩
جدول ۳-۱۷-غلظت معمول (mg/kg) بعضی از فلزات در ماده خشک اندام هوایی گیاهان ٥٩
جدول ۳-۱۸- مقایسه میانگین فلز روی در گیاه ذرت با حد مجاز آن. ٦١
جدول ۳-۱۹- مقایسه میانگین فلز روی موجود در گیاه بین ایستگاه‌های مختلف..... ٦١
جدول ۳-۲۰- مقایسه میانگین فلز سرب در گیاه ذرت با حد مجاز آن..... ٦٢
جدول ۳-۲۱- مقایسه میانگین فلز سرب موجود در گیاه بین ایستگاه‌های مختلف..... ٦٣
جدول ۳-۲۲- مقایسه میانگین فلز مس در گیاه ذرت با حد مجاز آن..... ٦٤
جدول ۳-۲۳- مقایسه میانگین فلز مس موجود در گیاه بین ایستگاه‌های مختلف ٦٥
جدول ۳-۲۴- مقایسه میانگین فلز کادمیوم در گیاه ذرت با حد مجاز آن ٦٦
جدول ۳-۲۵- مقایسه میانگین فلز کادمیوم موجود در گیاه بین ایستگاه‌های مختلف..... ٦٧

جدول ۳-۲۶-عملکرد ذرت بعد از هشت هفته ٦٨
جدول ۳-۲۷- مقایسه میانگین فلز روی در خاک گلدان آبیاری شده با آب برداشت شده از ایستگاه‌های مختلف با حد مجاز. ٦٩
جدول ۳-۲۸- مقایسه میانگین فلز روی کل موجود در خاک گلدان تحت آبیاری با آب رودخانه بین ایستگاه‌های مختلف ٦٩
جدول ۳-۲۹- مقایسه میانگین فلز سرب در خاک گلدان آبیاری شده با آب برداشت شده از ایستگاه‌های مختلف با حد مجاز ۷۰
جدول ۳-۳۰- مقایسه میانگین فلز سرب کل موجود در خاک گلدان تحت آبیاری با آب رودخانه بین ایستگاه‌های مختلف ۷۱
جدول ۳-۳۱- مقایسه میانگین فلز مس در خاک گلدان آبیاری شده با آب برداشت شده از ایستگاه‌های مختلف با حد مجاز ۷۲
جدول ۳-۳۲- مقایسه میانگین فلز مس کل موجود در خاک گلدان تحت آبیاری با آب رودخانه بین ایستگاه‌های مختلف۷۳
جدول ۳-۳۳- مقایسه میانگین فلز کادمیوم در خاک گلدان آبیاری شده با آب برداشت شده از ایستگاه‌های مختلف با حد مجاز ۷٤
جدول ۳-۳۴- مقایسه میانگین فلز کادمیوم موجود در خاک گلدان تحت آبیاری با آب رودخانه بین ایستگاه‌های مختلف ۷٤
جدول ۳-۳۵- ماتریس همبستگی بین فلزات سنگین آب و خاک گلدان ۷٤
جدول ۳-۳۶- ماتریس همبستگی بین فلزات سنگین خاک گلدان و گیاه ۷۵
جدول ۳-۳۷- ماتریس همبستگی بین فلزات سنگین قابل جذب خاک و گیاه..... ۷۵

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۲- عکس هوایی از رودخانه زرجوب و حدود نقاط نمونه برداری ۲٤
شکل۲-۲- تصویری از یکی از مناطق نمونه برداری (آب) ۲۵
شکل ۲-۳- تصویری از یکی از مناطق نمونه برداری (خاک) ۲۷
شکل۲-۴-تصویری از کشت گیاه ذرت ۳۳
شکل ۳-۱-نمودار مقایسه غلظت فلز روی اندازه‌گیری شده با حد مجاز حیات آبزیان ٤۰
شکل ۳-۲-نمودار مقایسه غلظت فلز مس اندازه‌گیری شده با حدود مجاز حیات آبزیان و آبیاری ٤۲
شکل ۳-۳- نمودار مقایسه غلظت فلز سرب اندازه‌گیری شده با حد مجاز آشامیدن دام و مقدار آستانه قابل تحمل برای موجودات زنده ٤٤
شکل ۳-۴- نمودار مقایسه غلظت فلز کادمیوم اندازه‌گیری شده با حدود مجاز آبیاری، آشامیدن، آب‌های سطحی و حیات آبزیان ٤٦
شکل ۳-۵- نمودار غلظت کل و قابل جذب فلز سرب در نقاط مختلف خاک اطراف رودخانه و مقایسه با حد سمیت ۵۳
شکل ۳-۶- نمودار غلظت کل و قابل جذب فلز کادمیوم در نقاط مختلف خاک اطراف رودخانه ۵٤
شکل ۳-۷- نمودار غلظت کل و قابل جذب فلز مس در نقاط مختلف خاک اطراف رودخانه و مقایسه با حد سمیت ۵۵
شکل ۳-۸- نمودار غلظت کل و قابل جذب فلز روی در نقاط مختلف خاک اطراف رودخانه و مقایسه با حد سمیت ۵٦
شکل ۳-۹- نمودار مقایسه غلظت فلز روی در گیاه با حد طبیعی آن..... ٦۱
شکل ۳-۱۰- نمودار مقایسه غلظت فلز سرب با محدوده طبیعی آن در گیاه ٦۳
شکل ۳-۱۱- نمودار مقایسه غلظت فلز مس با محدوده طبیعی آن در گیاه ٦٤
شکل۳-۱۲- نمودار مقایسه غلظت فلز کادمیوم اندازه‌گیری شده با محدوده طبیعی آن در گیاه ٦٦
شکل ۳-۱۳- نمودار مقایسه غلظت فلز روی کل و قابل جذب قبل و بعد از کشت ٦۹
شکل ۳-۱۴- نمودار مقایسه غلظت فلز سرب کل و قابل جذب موجود در خاک گلدان قبل و بعد از کشت ۷۱
شکل ۳-۱۵- نمودار مقایسه غلظت فلز مس کل و قابل جذب موجود در خاک گلدان قبل و بعد از کشت..... ۷۳
شکل ۳-۱۶- نمودار مقایسه غلظت فلز کادمیوم کل و قابل جذب موجود در خاک گلدان قبل و بعد از کشت ۷٤

چکیده

بررسی آلودگی فلزات سنگین رودخانه زرجوب رشت و تأثیر آن بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه ذرت

سمیرا خزایی کوهپر

فلزات سنگین موجود در فاضلاب‌های صنعتی و شهری می‌تواند موجب آلودگی آب‌های سطحی، خاک و سپس گیاه شود. رودخانه سیاهرود با نام زرجوب، از ضلع شرقی رشت عبور کرده و در پیربازار به گوهررود می‌پیوندد و سرانجام وارد تالاب انزلی می‌گردد. این رودخانه محل ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی می‌باشد. در این مطالعه، نمونه‌های آب و رسوب از پنج ایستگاه در طول رودخانه و درضمن، نمونه‌های خاک از ۳۰ نقطه از اراضی شالیزاری در امتداد رودخانه جهت تعیین غلظت عناصر Pb، Cu، Cd و Zn برداشته شدند. برای تعیین تأثیر آبیاری، یک آزمایش گلدانی با ۵ تیمار آب رودخانه از ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری و یک تیمار آب مقطر به‌عنوان شاهد، طراحی و انجام گردید. اندازه‌گیری فلزات سنگین در آب، رسوب، خاک و گیاه به‌وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی شعله‌ای انجام پذیرفت. هم‌چنین در این مطالعه غلظت فلزات سنگین کل و قابل جذب و برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نظیر pH، ماده آلی، درصد کربنات کلسیم معادل، CEC و بافت خاک بررسی شدند. آزمون t-student جهت تعیین اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلزات سنگین و استانداردها برای مصارف مختلف آب آشامیدنی، آبیاری به‌کار برده شد. بررسی‌های آماری با نرم افزار SPSS صورت پذیرفت. آب هر ۵ ایستگاه به فلز Cd آلوده بود و با مقدار استاندارد اختلاف معنی‌داری داشت. رسوب ایستگاه اول، دوم و سوم به فلزات سرب و کادمیوم و رسوب ایستگاه چهارم و پنجم به فلزات Pb، Cd، Cu و Zn آلوده بودند. نمونه‌های خاک برداشت شده از شالیزارهای در امتداد رودخانه نیز، به فلزات Cu، Zn و Cd آلوده بودند. غلظت فلزات سنگین در خاک گلدان نسبت به غلظت آن در خاک قبل از کشت افزایش داشت. غلظت مس و روی گیاه در حد طبیعی و سرب و کادمیوم بیشتر از حد نرمال ولی کمتر از حد سمیت بودند.

کلید واژه: آبیاری، آلودگی، فلزات سنگین، ذرت

Abstract

Study of heavy metals pollution in Zarjub river and its effect on some chemical properties of soil and corn plant
Samira Khazaei Koohpar

Heavy metals in municipal and industrial wastewater can pollute surface water, soil as well as plants irrigated with this water. Siahroud River is named Zarjoub after crossing Eastern zone of Rasht city, joining Ghoharroud in Pirbazar zone; finally it reaches to the Anzali lagoon. Zarjoub receives industrial, municipal and agricultural wastewaters. In this study, water and sediment samples from five stations along the river were provided to determine Pb, Cd, Cu and Zn concentrations in water and sediment samples. In addition, soil samples from 30 paddy fields along the river were gathered to determine heavy metals concentrations. Furthermore, a pot experiment irrigated with 5 treatment river water was sampled from diffrent stations and one sample of distilled water as control treatment (replicated three times) was carried out to determine heavy metals accumulations in soil and corn crop. Heavy metals concentration in water, sediment, soil and plant were determined using a flame atomic absorption spectrometer. In this study available and total concentrations of heavy metals were measured. Furthermore some soil chemical properties such as pH, organic matter, CEC (Cation Exchange Capacity) and soil texture were determined. T-student test was employed to evaluate the mean differences between heavy metals concentration and their standard values for different use as drinking water, irrigation, etc. Statistical assessments were done with SPSS. In the five stations water pollution with Cd was detected according to different standards. Sediments of the first, second and third stations were polluted with Pb and Cd, where sediments of the forth and fifth stations were polluted with Pb, Cd, Cu and Zn. Soil samples gathered from paddy fields along the river were polluted with both Cu and Zn as well as with Cd. After harvest, pot soil heavy metals concentrations increased as compared with their concentrations before sowing, however the concentrations were below toxic levels. The results showed that the plant absorbed heavy metals which transported by irrigation water. Plant Cu and Zn concentrations were in normal ranges, whereas plant Pb and Cd concentrations were higher than normal values but lower than toxic levels.

Keywords: Irrigation, pollution, heavy metals, corn

منظور از آلودگی محیط زیست ایجاد تغییرات نامطلوب در مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی منابع اصلی حیات یعنی آب، هوا و خاک به مقداری است که بقاء و سلامت انسان و دیگر موجودات را به خطر انداخته و یا فعالیت آنها را محدود می‌سازد [Lavado, 1998]. معمول‌ترین مواد شیمیایی دخیل در آلودگی خاک شامل هیدروکربن‌های نفت خام، حلال‌ها، آفت‌کش‌ها و فلزهای سنگین می‌باشند. این مواد به محض ورود به خاک، جزئی از چرخه مواد در طبیعت می‌گردند که به صورت‌های گوناگون، حیات را تحت تاثیر قرار می‌دهند [Nasralla, 1984]. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که با اضافه شدن به خاک از طرق مختلف به‌ویژه تخلیه فاضلاب‌ها، روی سطوح کمپلکس جذب‌کننده خاک قرار گرفته و باعث آلودگی شیمیایی خاک می‌گردند، سپس وارد زنجیره غذایی انسان و دام می‌شوند و مخاطرات بهداشتی ناگواری را در محیط زیست به بار می‌آورند [نبی‌زاده و همکاران، ۲۰۰۵].

فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی موجب شده است تا میزان زیادی فاضلاب‌های صنعتی، شهری و همچنین پساب‌های کشاورزی دارای ترکیبات شیمیایی مختلف مخصوصاً عناصرسنگین، وارد اکوسیستم‌های آبی گردند [Lamanso, 1999; Fowler, 1986]. آلودگی‌های ناشی از یون‌های فلزات سنگین از مهمترین و خطرناک‌ترین آلوده‌سازهای محیط زیست می‌باشند که در صورت عدم حذف آن‌ها ضمن ورود به آب‌های سطحی و زیر-زمینی، موجب تشکیل کمپلکس‌های سمی شده و خطرات بالقوه‌ای را برای انسان و اکوسیستم ایجاد می‌نمایند [اوستان، ۱۳۸۳].

یکی از دلایلی که سبب اهمیت بررسی مواد متشکله‌ی رسوبات می‌شود این است که بسیاری از گونه‌های زیستی بخش اعظم دوره‌ی زندگی خود را در محیط رسوبی یا روی آن می‌گذرانند، از این رو مواد موجود در رسوبات از طریق چرخه‌ی زیستی وارد بدن موجودات دیگر از جمله انسان می‌گردد [Adams et al, 1992].

آلودگی خاک و آب به فلزات سنگین ضمن کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولید کشاورزی و سلامت افراد جامعه را با خطر مواجه می‌کند [سلیمانی و همکاران، ۲۰۰۹]. برخی فلزات سنگین به راحتی جذب ریشه گیاه شده و سبب سمیت برای گیاهان می‌شوند [Woitke et al, 2003]. جذب فلزات سنگین از خاک توسط گیاهان بستگی به نوع و غلظت فلزات موجود در خاک، زیست‌فراهمی[1] عناصر و نوع گونه گیاهی دارد [میرغفاری، ۱۳۸۳]

در حال حاضر آلودگی خاک و آب و مسائل زیست محیطی مرتبط با آن یکی از دغدغه‌های اصلی بشر می‌باشد. موضوع آلودگی آب و خاک و به تبع آن گیاه از طریق فلزات سنگین یا به عبارتی عناصر کمیاب، بشر را برآن داشته که برای چاره اندیشی در زمینه‌ی حل این معضل مطالعات گسترده‌ای انجام دهد [Sutcliffe and Baker, 1981].

[1] Bioavailabity

فلزات سنگین از اجزای طبیعی تشکیل دهنده پوسته زمین هستند و فرآیندهای طبیعی و همچنین فعالیت‌های انسان باعث آزادسازی آن‌ها در محیط زیست می‌شود. فعالیت‌های آتشفشانی، آتش‌سوزی جنگل‌ها، هوازدگی سنگ‌ها و کانی‌ها از جمله عوامل طبیعی هستند که باعث آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین می‌شوند [Kennish, 1992]. دخالت‌های انسان در افزایش این فلزات در محیط، به صورت‌های مختلف از جمله فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، اکتشافات و استخراج معادن، مصرف سوخت‌های فسیلی و... می‌باشد [اسماعیلی سارس، ۱۳۸۱].

با توجه به تحقیقات به‌عمل آمده بیشترین مقادیر فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به عناصری مانند مس، روی، کادمیوم، جیوه و سرب مربوط می‌باشد [Mesterson and Slowink, 1981]. امروزه فلزات سنگین به دلیل سمی بودن، زمان ماندگاری بالا و تجمع آن‌ها در بافت جانداران از اهمیت اکولوژیک و بیولوژیکی زیادی بر-خوردارهستند [Clarck et al, 1992].

در ساحل چپ سپیدرود رواناب‌های یک حوضه آبخیز به وسعت ۱۵۰ کیلومترمربع عمدتاً توسط دو رودخانه گوهررود و زرجوب جمع‌آوری شده که بعد از عبور از محدوده شهر رشت، با پیوستن به یکدیگر رودخانه پیربازار را تشکیل داده و با حرکت به سمت تالاب انزلی نهایتاً به دریای خزر می‌ریزد. در بخش‌های زیادی از این مسیر کشاورزان برنجکار از آب این رودخانه‌ها جهت آبیاری اراضی شالیزاری خود استفاده می‌کنند. از آنجایی‌که این دو رود در مسیر حرکت خود از مجاورت شهرک صنعتی رشت و در محدوده شهر رشت از درون آن عبور می‌کنند متاسفانه تمام فاضلاب‌های صنعتی و شهری بدون پالایش به این دو رود وارد و آن‌ها را به آلوده‌ترین رودخانه‌های استان و مهمترین منبع آلوده‌کننده تالاب انزلی تبدیل کرده است. چراکه حجم زیادی از آلاینده‌هایی مانند موادآلی محلول و غیر محلول، عناصر سنگین مانند سرب، نیکل، روی، آهن، مس، کادمیوم و سموم کشاورزی و دفع آفات و مواد اسیدی و قلیایی به داخل آن سرازیر می‌شوند.

بنابراین به‌دلیل اهمیت این موضوع و امکانی که برای ورود این عناصر به گیاه و نهایتاً مصرف آن دارد، پروژه‌ی فوق با اهداف زیر تدوین و به مرحله اجرا در آمد:

۱- شناسایی و تعیین میزان عناصر سنگین موجود در آب و رسوب کف رودخانه زرجوب.

۲- شناسایی و تعیین میزان عناصر سنگین موجود در خاک اراضی شالیزاری اطراف رودخانه پیربازار در فواصل مختلف.

۳- شناسایی و تعیین میزان عناصر سنگین موجود در اندام‌های هوایی گیاه ذرت وخاک گلدان تحت آبیاری با آب رودخانه و بررسی حد سمیت و یا کمبود آنها.

۴- بررسی عوامل خاکی تأثیرگذار بر روی قابلیت دسترسی هریک از فلزات در خاک.

فصل اول

کلیات و بررسی منابع

۱-۱- فلزات سنگین

فلزات سنگین، به تعدادی از فلزها و یون‌های آنها اطلاق می شود که اغلب دارای چگالی بیش از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب هستند و در گروه عناصر واسطه جدول تناوبی قرار دارند. بعضی از آنها در کشاورزی عناصر کم‌مصرف نامیده می‌شوند مانند روی، مس و مولیبدن. وجود بعضی دیگر از این عناصر برای رشد گیاه مفید تشخیص داده شده‌اند، مانند کبالت و وانادیم، و دسته دیگر نظیر نیکل، کروم و سلنیم دارای اثرات سمی بیشتری می‌باشند [رضایی زنگنه، ۱۳۷۷]. لازم به ذکر است در میان عناصری که برای گیاهان سمی هستند و آنهایی که اثر سودمند دارند و یا حتی ضروری به شمار می‌آیند، تمایز روشنی وجود ندارد. عناصر سنگین در خاک تحرک بسیار کمی دارند به نحوی که با افزایش این عناصر تقریباً تمامی آنها در لایه سطحی خاک و حداکثر تا عمق ۳۰ سانتی‌متری باقی می‌مانند. اثر متقابل فلزات سنگین مانند کادمیوم، کروم، نیکل و سرب با مقدار رس خاک ارتباط دارد. غلظت عناصر سنگین در خاک‌های آلوده نشده با چندین فاکتور ارتباط دارد که از جمله این فاکتورها سیکل‌های بیوژئوشیمیایی، مواد مادری، توزیع اندازه اجزاء، سن خاک، مینرالوژی، میزان مواد آلی و زهکشی خاک می‌باشد [Lavado, 1998].

هالمگرین و همکاران [Holmgren et al, 1993] اشاره کردند که غلظت عناصر در خاک به درجه هوازدگی خاک نیز بستگی دارد. اثر یک عنصر روی گیاه نه‌تنها به خواص شیمیایی آن عنصر بلکه به غلظت آن و هم‌چنین غلظت سایر عناصر بستگی دارد. برخی از عناصر مانند مس و روی در غلظت کم ضروری و در غلظت زیاد سمی هستند. اثر سمی عناصر مانند سرب و کادمیوم ناشی از تقلید آنها از عناصر ضروری سبک‌تر در رفتار بیوشیمی و جذب به‌وسیله گیاه است، که در نتیجه جایگزین آنها در وظایف بیوشیمیایی می‌شوند. مثلاً کادمیوم می‌تواند جذب شده و وظایف روی را تقلید کند [رضایی زنگنه، ۱۳۷۷]. افزایش غلظت این فلزات در محلول خاک می‌تواند باعث کاهش رشد گیاهان و هم‌چنین باعث تجمع در بافت‌های گیاهی شود [Boon and Soltanpor, 1992]. به‌علاوه افزایش فلزات سنگین در خاک باعث تغییر ویژگی‌های زراعی خاک به‌خصوص ظرفیت تبادل کاتیونی، کاهش میزان فسفات و سولفات قابل استفاده گیاه، تغییرات شیمیایی دیگر در خاک [Georgieva and Taseva, 1997; Kabata and Pendias, 2001] وکاهش فعالیت موجودات ذره بینی شده [Niyazova and Letunova, 1981] و از این طریق نیز بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه اثر می‌گذارند.

غلظت عناصر سنگین نسبت به یون های پر مصرف مانند کلسیم و پتاسیم در حدود هزار تا ده هزار بار کمتر است [رضایی زنگنه، ۱۳۷۷]. عناصر سنگین به عنوان آلوده‌کننده محیط زیست مطرح هستند. یک آلوده‌کننده عاملی است که می‌تواند تغییرات پیش بینی نشده‌ای را در محیط اطرافش ایجاد نماید و باعث اختلال در روند عادی چرخه حیات گردد [Lindsay, 1973]. آلودگی خاک به وسیله عناصر سنگین معمولاً پدیده‌ای مصنوعی بوده و حاصل فعالیت‌های انسان است که به‌خصوص در مناطق صنعتی به چشم می‌خورد. معمولاً فلزات سنگین

همراه با ضایعات کارخانه‌ها و یا صنایع به‌صورت فاضلاب و یا دود و غبار وارد محیط زیست می‌شوند و ضمن ورود به چرخه غذایی انسان و حیوان خطراتی را برای آنها ایجاد می‌کنند. با آن‌که در کشورهای صنعتی برای غلظت فلزات سنگین حدودی تعیین شده است لیکن این امر برای همه جا یکسان نیست زیرا اولاً غلظت مجاز این عناصر در کشورهای مختلف متفاوت بوده و ثانیاً دامنه تغییرات بین کمترین و بیشترین غلظت مجاز، گاهی به صد برابر بالغ می‌شود [سالاردینی، ۱۳۷۱]. در جدول (۱-۱) و (۱-۲) حدود استاندارد بعضی عناصر در خاک و برگ‌های جوان گیاه توسط برخی کشورها و سازمان‌ها به اختصار ذکر شده است. به‌طور کلی اثرات دراز مدت فلزات سنگین بر چرخه‌ی حیات اهمیت بیشتری دارد، ولی متأسفانه نتایج کمی در مورد سرنوشت طولانی مدت جامدات آلی و عملکرد فلزات سنگین وجود دارد برای همین منظور اسلوآن و دوولی [Sloan and Doweley, 1998] کاربرد سه سال ماده آلی در مقادیر ۰، ۶۰، ۱۲۰و ۱۸۰ تن در هکتار در خاکی که کاملاً زهکشی شده بررسی نمودند. تجمع مقدار فلزات در تیمار ۱۸۰ تن در هکتار برای کادمیوم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب ۱۸۵، ۱۴۱، ۱۲۷، ۴۳، ۱۷۳، ۳۴۸ کیلوگرم در هکتار بود. آنها هم‌چنین گزارش کردند غلظت کربن فعال در عمق ۰/۹ متری با مقدار ماده آلی رابطهٔ خطی دارد و تغییرات مهمی در طی ۱۶ سال بعد از کاربرد و از بین رفتن این مواد به وجود نمی‌آید.

فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم محیط زیست به شمار می‌روند که عمدتاً از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی بشر منشأ می‌گیرند. حضور آنها در اتمسفر، آب و خاک حتی در غلظت‌های بسیار پایین و انباشته شدن این آلاینده‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند زندگی بشر را به مخاطره بیندازد. آلودگی فلزات سنگین به غلظت‌هایی بالاتر از حد خطرساز اطلاق می‌شود. سطوح طبیعی و حدود آلودگی فلزات سنگین در خاک کشورهای مختلف، متفاوت است [Santos et al, 1999].

جدول ۱-۱- حداکثر مقدار مجاز عناصرکل در خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم) [Sloan and Doweley, 1998]

عنصر	کمیته اقتصادی اروپا	اونتاریو[1]	آلمان[1]	شمال شرقی آمریکا
کادمیوم	۰/۵	۰/۸	۳	۲/۵
کبالت	-	۱۵	-	-
کروم	۲۵	۱۰۵	۱۰۰	۵۰
مولیبدن	-	۲	-	-
نیکل	۱۵	۱۶	۵۰	۲۵
سرب	۲۵	۴۵	۱۰۰	۲۵۰
روی	۷۵	۱۶۵	۳۰۰	۱۲۵

جدول ۱-۲- حدود استاندارد برخی از عناصر در برگ‌های جوان گیاهان بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم [Sloan and Doweley, 1998]

عنصر	غلظت در گیاهان حساس	حد سمیت	حد طبیعی	حد کمبود
کادمیوم	۳	۵-۳۰	۰/۰۵-۰/۲	-
کبالت	۵	۱۵-۲۰	۰/۰۲-۱	-
کروم	۲	۵-۳۰	۰/۱-۰/۵	-
مولیبدن	-	۱۰-۵۰	۳۰-۳۰۰	۰/۱-۰/۳
نیکل	۵۰	۱۰-۱۰۰	۰/۱-۵	-
سرب	۱۰	۳۰-۳۰۰	۵-۱۰	-
روی	۳۰۰	۱۰۰-۴۰۰	۲۷-۱۵۰	۱۰-۲۰
مس	۵۰	۲۰-۱۰۰	۵-۳۰	۵-۲
منگنز	۳۰۰	۴۰۰-۱۰۰۰	-	۱۰-۳۰

جدول ۱-۳- حداکثر غلظت مجاز فلز در آب آبیاری برای دو نوع بافت خاک [USEPA, 1973]

نام عنصر	غلظت استاندارد در آب آبیاری (میلی‌گرم بر لیتر)	
	بافت درشت	بافت ریز
روی	۲	۱۰
سرب	۵	۲۰
کادمیوم	۰/۰۱	۰/۰۵
مس	۰/۲	۵
نیکل	۰/۲	۲

جدول۱-۴- حد معمول و آستانه سمیت جذب فلزات سنگین (میلی‌گرم در روز) توسط انسان (Pais and Jones, 1997)

فلز	حدمعمول	شروع سمیت