بررسی غلظت سرب، کروم و جیوه در رودخانه کشف رود، خاک و برخی محصولات کشاورزی

محمد مدرس شیخ[۱*]، محمدرضا رضایی و محمد علی ناصری

دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست (گرایش آلودگی ها)، دانشگاه بیرجند؛**m_modares66@yahoo.com**

استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند؛**rezaeimr@yahoo.com**

استادیار گروه شیمی، دانشکده شیمی، دانشگاه بیرجند؛**malinasseri@yahoo.com**

چکیده

رودخانه کشف رود که از داخل شهرمشهد عبور می کند یک رودخانه فصلی بوده و به طور دائم مورد هجوم انواع فاضلاب های خانگی، تجاری، صنعتی وکشاورزی قرار می گیرد. در این تحقیق، برای بررسی رودخانه ۵ ایستگاه در طول رودخانه انتخاب، و در بهار سال ۱۳۹۱ از آب رودخانه نمونه برداری شد. هم چنین از برخی محصولات کشاورزی و خاک آن ها نیز نمونه برداری و میزان فلزات سنگین درآن ها اندازه گیری شد. اختلاف میانگین غلظت هر فلز سنگین، در نمونه های آب با حداکثر مجاز آن برای مقاصد آشامیدن، آبیاری و حیات آبزیان به وسیله آزمون آزمون استیودنت (درسطح اطمینان ۹۵٪)، مقایسه شد. نتایج نشان که برای فلز سرب اختلاف معنی داری در آب رودخانه و حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن، کشاورزی و حیات آبزیان وجود دارد. در تمامی ایستگاه ها اختلاف معنی داری در سطح ۹۵٪ برای کروم با حدکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن، کشاورزی و حیات آبزیان بدست آمد. هم چنین میزان جیوه به طور معنی داری از حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن در تمامی ایستگاه ها به جز ایستگاه ۲(پرکند آباد) بالاتر بدست آمد. مقدار کروم در بذرگندم و برگ ذرت بسیار پایین تر از حد مجاز بدست آمد. همبستگی معنی داری در سطح ۹۵٪ بین غلظت سرب در خاک، بذرگندم و برگ ذرت بدست نیامد($P>0/05$)، در حالی که همبستگی معنی داری در سطح ۹۵٪ بین غلظت کروم در خاک، بذرگندم و برگ ذرت بدست آمد ($P<0/05$)، هم چنین همبستگی معنی داری بین غلظت جیوه در خاک، بذرگندم و برگ ذرت در سطح ۹۵٪ وجود نداشت ($P>0/05$).

واژه‌های کلیدی: آلودگی رودخانه ها، شهر مشهد، فاضلاب، حداکثر مجاز، همبستگی

مقدمه

رودخانه ها از مهم ترین منابع حیاتی آب شیرین برای استفاده در امور کشاورزی، شرب و صنعت به شمار می روند(٤). امروزه با توجه به تاثیر به تاثیر فعالیت های انسانی بر کیفیت آب و قوانین زیست محیطی و مسائلی که در ارتباط با آلودگی آب به وجود آمده است، لزوم توجه به کیفیت منابع آب اهمیت زیادی پیدا کرده است(۱۲و۱٦). در این راستا مدیریت پایدار منابع آب که محور اصلی آن تامین آب مطمئن و با کیفیت مطلوب

[۱] آدرس نویسنده مسؤول: مشهد، آخرگاراژدارها، آخرین میلان، کوشش ۵۳، پلاک ۵۱۳

* دریافت: آذر، ۱۳۹۱ و پذیرش: اردیبهشت، ۱۳۹۲

برای انواع مصارف می باشد، بسیار حیاتی و مهم است (۱۵).

حوضه آبریز کشف رود از نظر فیزیوگرافی یک حوضه کشیده است که از سمت شمال و شمال شرق به رشته کوهای هزار مسجد و کپه داغ، از طرف جنوب و جنوب غرب به رشته کوه بینالود، از طرف غرب به حوضه رودخانه اترک واز طرف شرق به رودخانه هریررود منتهی می گردد(٦). اهمیت مطالعات کیفیت آب رودخانه کشف رود از آنجا مشخص می شود که پرآب ترین رودخانه دشت مشهد در مسیرخود، آب مورد نیاز ده ها روستا و نیز صدها زمین کشاورزی، چندین طرح پرورش ماهی و کارخانجات صنعتی مهمی را تامین می کند.کاهش آبدهی مسیر رودخانه از یک سو و نیز تخلیه پساب های شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل آن از سوی دیگر وضعیت کیفی آب رودخانه را به مخاطره انداخته است. آگاهی از روند تغیرات و پیش بینی کیفیت آینده آب کشف رود، با توجه به طرح ها و برنامه های آینده توسعه شهری، صنعتی و کشاورزی امکان پیش بینی مشکلات احتمالی آینده و برنامه ریزی و چاره اندیشی برای آن ها را فراهم می سازد (۱).

نتایج تحقیقی بر روی ۱۷ حلقه چاه عمیق مورد استفاده صنعت در شمال غرب شهر مشهد که در حقیقت سرچشمه کشف رود و بالا دست آبخوان مشهد است نشان داد کمینه فلزات سنگین Cu، Pb، Cr (VI)، Cd، Ni، V، Hg، As، Zn و Fe (II) در اغلب موارد بسیار بیشتر از بیشینه تعریف شده در استانداردهای سلامت بدست آمد(۳). بررسی های صورت گرفته به وسیله ی آدامیک و همکاران (۲۰۰۲) بر روی انتشار فلزات سنگین Fe، Mn، Ni، Cr، As، Cd، Cu، Pb و Zn در قسمت فوقانی و میانی آب رودخانهٔ اُدرا در کشور لهستان با دستگاه جذب اتمیICP–MS نشان داد که آب رودخانهٔ اُدرا و انشعابات آن، دارای آلودگی متوسط تا شدید به فلزات سنگین می باشند. غلظت بالای فلزات عمدتاً به دلیل فعالیت های کشاورزی و صنعتی از قبیل صنایع پتروشیمی، تصفیهٔ بنزین، معادن فولاد و سایر فلزات می باشد (۷).

هانگ و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی فلزات سنگین و ارزیابی خاک کشاورزی در ناحیهٔ یانگ زونگ، استان جیانگ سو در کشور چین بررسی هایی را انجام دادند. نتایج نشان داد که در مقایسه با خاک زیرین، لایهٔ فوقانی خاک غنی از جیوه، کادمیوم، مس، سرب، روی و آرسنیک بود. غلظت های بالای کادمیوم و جیوه در اغلب خاک های کشاورزی مشاهده شد. همچنین در مناطق شهری نیز غلظت مس، سرب و روی بالا بود. در مقایسه با داده های بدست آمده در سال۱۹۹۰ در همان منطقه، غلظت کادمیوم و جیوه در خاک افزایش یافته بود که این امر نتیجهٔ استفادهٔ طولانی مدت از مواد شیمیایی کشاورزی است. مقدار آرسنیک، مس، سرب و روی در این دوره افزایش اندکی را بدلیل ته نشست اتمسفری مواد حاصل از فعالیت های انسان منشاء شهری از خود نشان داد. اگر چه میزان غلظت فلزات تعیین شده در این تحقیق خطر حادی را برای سلامت اجتماعی ایجاد نمی کردند ولی به هر حال بر کیفیت تولیدات کشاورزی تأثیر می گذارند(۱۱).

مویونگ (۲۰۰۸) برای تعیین فلزات سنگین در خاک ها و عوامل مؤثر بر جذب فلزات به وسیله ی گیاه در مجاورت یک معدن مس در کره تحقیقاتی انجام داد؛ نتایج بیانگر آن بود که با افزایش فاصله از منبع، فلزات سنگین در خاک کاهش می یابد که البته میزان این فلزات به طور عمده از حرکت رواناب و توپوگرافی منطقه تأثیر می پذیرد. نتایج بدست آمده همچنین مؤید این موضوع بود که غلظت فلزات در برگ ها نسبت به بذر گیاهان بالاتر است. فاکتورهای مؤثر بر دستیابی زیستی فلزات در محصولات گیاهان در این تحقیق عبارت بودند از اسیدیته، ظرفیت کاتیون تبادلی، مقدار مواد آلی، بافت خاک و اثر متقابل در بین عناصر هدف. این نتایج نشان می دهد که غلظت کلی فلزات در گیاه به طورعمده بستگی به میزان

فلزات سنگین موجود در رسوبات دارد که البته میزان اسیدیته خاک نیز عامل مهمی محسوب می گردد(۱۳).

در تحقیق حاضر، فلزات سنگین سرب، کروم و جیوه در ایستگاه های مختلف رودخانه کشف رود اندازه گیری، و با مقادیر حداکثر مجاز برای مصارف آشامیدن، آبیاری، و حیات آبزیان مقایسه شدند. همچنین، فلزات فوق در برخی محصولات کشاورزی مجاور رودخانه و خاک آن ها بررسی و ردیابی شدند.

مواد و روشها

با توجه به اینکه نقاط بالا دست رودخانه تحت تاثیر منابع آلاینده کمتری نسبت به نقاط پائین دست قرار دارند، ایستگاه های مورد بررسی(پل فردوسی، تصفیه خانه پرکند آباد، سیس آباد، همت آباد و التیمور) که در پایین دست رودخانه قرار دارند؛ انتخاب شدند. شکل شماره ۱ موقعیت ماهواره ای ایستگاه ها را نشان می دهد. نمونه برداری آب رودخانه در فروردین ماه سال۱۳۹۱ و نمونه های گیاه و خاک در خرداد ماه انجام شد. از هر ایستگاه یک نمونه آب از رودخانه، خاک و گیاهان مورد نظر(ذرت و گندم) نمونه برداری شد. محصولات کشاورزی و خاک مورد آزمایش، از مزارع اطراف هر ایستگاه جمع آوری شدند. این نمونه ها در فصل کشت سبزیجات (بهار سال ۱۳۹۱) یعنی مصادف با زمانی که در رودخانه فاضلاب بیشتری جاری است، برداشت شدند.

نمونه های گیاه(بذر گندم و برگ ذرت) در کیسه های پلاستیکی جمع آوری و سپس، به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه های مذکور نیز به مدت ٢٤ ساعت و در دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس در آون کاملاً خشک گردیده و به کمک هاون چینی پودر شدند؛ تا به ذرات کاملاً همگن تبدیل شوند. سپس یک گرم از نمونهٔ خشک شده را درون ارلن مایر ۱۰۰ سی سی ریخته و ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک را با نسبت ۵:۱/۵ به آن می افزاییم. سپس نمونه ها را بر روی حمام شن به آرامی حرارت داده تارنگ محلول کاملاً شفاف شده، سپس نمونه ها با استفاده کاغذ صافی واتمن فیلتر و به درون باکس های استریل و مخصوص منتقل و برای قرائت فلزات به دستگاه جذب اتمی داده شد(۹).

برای اندازه گیری فلزات سنگین موجود در نمونه های خاک به روش هضم کامل، یک گرم از هر نمونه انتخاب شد و هضم اسیدی با استفاده از سه نوع اسید (اسیدنیتریک ٦٥٪، اسید کلریدریک ۳۷٪ و اسیدپرکلریدریک۷۲_۷۰٪) انجام گرفت (۱۰). برای نمونه های آب برای جلوگیری از فعالیت های زیستی ابتدا pH نمونه های آب را با اسید نیتریک ٦٥٪ در محل نمونه برداری به۲رسانده و سپس در آزمایشگاه ۵۰ میلی لیتر از هر نمونه آب را با استفاده از کاغذ صافی واتمن، فیلتر کرده و سپس به درون باکس استریل ومخصوص انتقال داده و برای قرائت به دستگاه جذب اتمی داده شد(۱۰).

برای اندازه گیری کلیه عناصر موجود در این تحقیق، از روش جذب اتمی کوره گرافیتی استفاده شد . آنالیز فلزات سنگین (سرب، کروم و جیوه) درآب و گیاهان و خاک به وسیله ی روش افزایش استاندارد انجام شد. به کارگیری این روش، احتمال مزاحمت ماتریکس نمونه را به حداقل می رساند. اندازه گیری ها سه مرتبه تکرار و میانگین و انحراف معیار در اندازه گیری ها محاسبه شدند. سپس، میانگین غلظت هر فلز سنگین در نمونه های آب و گیاه، با حداکثر مجاز آن برای مقاصد مختلف به وسیله آزمون t-student در سطح اطمینان ۹۵درصد مقایسه شد(١٤). در پایان نیز شکل های همبستگی میان فلزات سنگین در خاک و گیاه ترسیم شد. از نرم افزارهای آماری excel و spss برای آنالیز نتایج استفاده شد.

شکل۱. موقعیت ما هواره ای ایستگاه های نمونه برداری در طول رودخانه کشف رود

نتایج

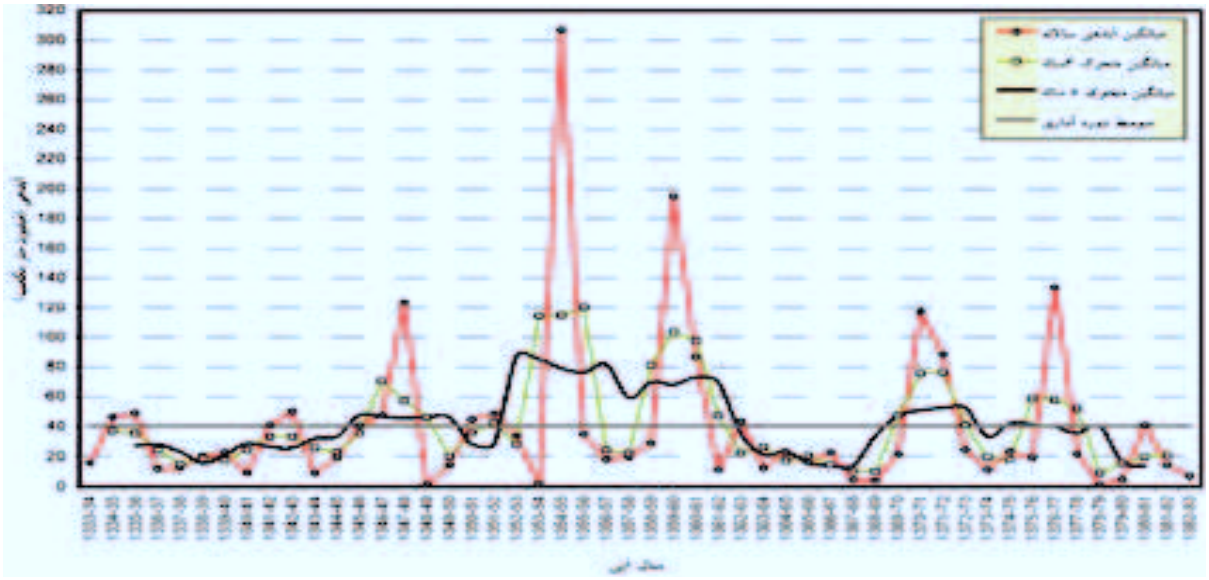
نتایج اندازه گیری فلزات سنگین نمونه های آب ایستگاه های مختلف رودخانه کشف رود به همراه شاخص های آماری مربوطه در جداول شماره ۱ تا ۷ وهم چنین تغییرات آبدهی رودخانه، میانگین ماهانه تراکم جمعیت کلیفرم ها و روابط بین غلظت فلزات سنگین در خاک، بذرو برگ درشکل های ۲ تا ۹ نشان داده شده است.

به تفکیک فاضلاب ها و پساب های تاثیرگذار با میزان دبی های ورودی هر یک به سرشاخه های اصلی رودخانه کشف رود به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

جدول۱- میزان دبی های ورودی به سرشاخه های اصلی کشف رود(۵)

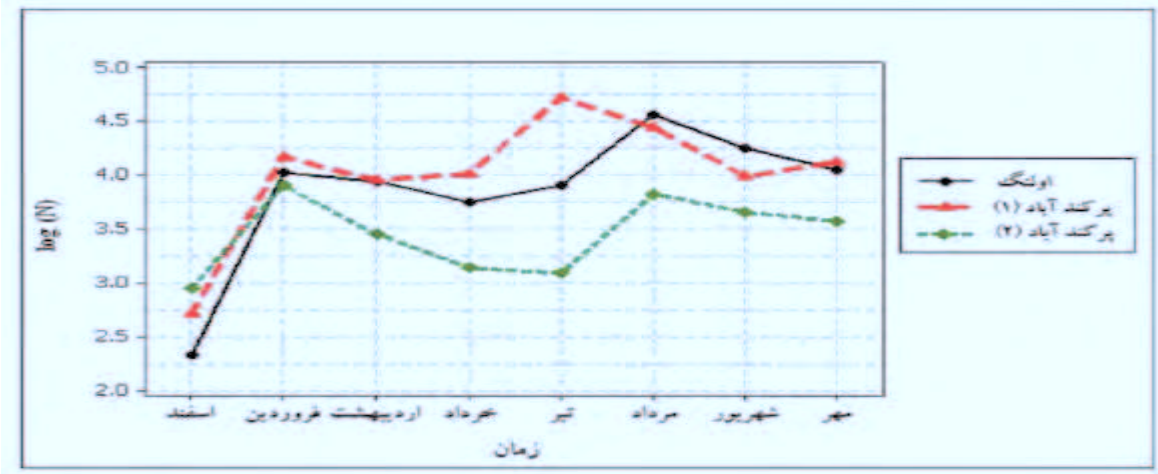
سرشاخه های ورودی فاضلاب و پساب	دبی متوسط (لیتر بر ثانیه)
فاضلاب خام کال طرق	۰
فاضلاب خام کال پاوا	۲۲۵
فاضلاب خام از کالورت بتنی پل التیمور و لوله مجاور آن	۲۶۰
فاضلاب خام انتهای طبرسی شمالی و چهارده معصوم	۵۰
فاضلاب خام کال سیس آباد	۱۵۰
پساب خروجی از تصفیه خانه شماره یک پرکند آباد	۶۰
پساب خروجی از تصفیه خانه شماره دو پرکند آباد	۱۸۰
پساب خروجی از تصفیه خانه اولنگ	۲۰
جمع کل	۹۴۵

بر اساس اطلاعات موجود متوسط آبدهی(شکل ۲)، رودخانه کشف رود در دوره طولانی مدت از سال آبی ۳٤-۱۳۳۳ تا سال ۸۳-۱۳۸۲ معادل ٤۰/۵ متر مکعب در سال برآورد شده است، که در بین سال های مختلف، دوره آماری مورد نظر آبدهی سالانه بین حداکثر ۳۰۷ وحداقل ۱/۱ میلیون متر مکعب تغییر می کند. همان طور که در شکل۲دیده می شود؛ طولانی ترین دوره خشکسالی از سال ۳٦- ۱۳۳۵ تا ٤۵-۱۳٤٤ اتفاق افتاده است، که متوسط آبدهی سالانه در این دوره ۲٤/۷ میلیون متر مکعب برآورد گردیده است(٦).



شکل ۲- تغییرات میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله و متوسط آبدهی سالیانه رودخانه کشف رود در ایستگاه هیدرومتری پل خاتون

در تحقیقاتی که توسط قاسمی و دانش(۱۳۸۸) روی شاخص های بهداشتی پساب های خروجی از سه تصفیه خانه شهر مشهد انجام شد(شکل۳)، میانگین تعداد کلی کلیفرم ها در یک بازه ۸ ماهه (اسفند ۱۳۸۷ تا آبان ۱۳۸۸) به صورت زیر نشان داده شده است. همان طور که از تحلیل این نمودارهای لگاریتمی برمی آید، مشخص است که بیشترین آهنگ رشد میانگین کلیفرم ها بین ماه های تیر تا مرداد رخ می دهد. همچنین ماکزیمم میزان کلیفرم موجود در خروجی پساب تصفیه خانه ها نیز در مردادماه موجود است. شاید دلیل آن را بتوان بیشتر افزایش زائرین و مسافران به مشهد مقدس در این ماه ها را داشت و همچنین حالتی با پیک کمتر نیز در بازه آخرین ماه سال مختوم به سال جدید کاملاً مشخص است (۲).



شکل۳- تغییرات لگاریتمی میانگین ماهانه تراکم جمعیت کل کلیفرم ها در پساب

جدول ۲- نتایج فلزات سنگین در ۱۷ حلقه چاه مورد استفاده صنعت در شمال غرب مشهد (سرچشمه کشف رود، ۱۳۸۵) (۳)

عنصر	میانگین نمونه ها در ۱۷حلقه چاه(mg/l)
آهن	۰/۰۲۵
روی	۰/۰۵۴
مس	۰/۰۱۶
آرسنیک	۰/۲۸۴
سرب	۰/۱۴۵
کروم	۰/۰۵۷
کادمیوم	۰/۰۱۷
جیوه	۰/۰۴۷
وانادیم	۲/۱۰۴
نیکل	۰/۰۱۷

از مقایسه نتایج جدول ۲ با جداول ۳، ٤ و۵ مشخص می شود که میانگین سرب، کروم و جیوه در چاه ها(سال ۱۳۸۵) از میانگین همین فلزات در رودخانه کشف رود (سال ۱۳۹۱) بالاتر می باشد.

جدول۳- میزان سرب در نمونه های آب ایستگاه های مختلف رودخانه کشف رود

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	میانگین غلظت سرب(µg/l)	انحراف معیار (µg/l)	تعداد اندازه گیری	t_1	t_2	t_3
۱	پل فردوسی	۱/۳	۰/۱	۳	-۱۵۰/۶	-۸/۶	-۸۴۳/۵
۲	پرکند آباد	۰/۹	۰/۱	۳	-۱۵۷/۶	-۸/۶	-۸۵۰/۴
۳	سیس آباد	۳/۵	۰/۲	۳	-۵۶/۲	- ۴/۳	-۴۰۲/۷
۴	همت آباد	۴/۸	۰/۱	۳	-۹۰/۰۶	-۸/۶	-۷۸۲/۸
۵	التیمور	۳	۰/۱	۳	-۱۲۱/۲	- ۸/۶	-۸۱۴/۰۶

t_3. t_2. t_1 به ترتیب عدد آماری t-student برای اختلاف میانگین غلظت سرب با حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن (۱۰µg/l)، کشاورزی(µg/l ۵۰۰۰)، حیات آبزیان(µg/l ۵۰) می باشند(۱۸، ۱۹، ۲۰).

جدول٤- میزان کروم در نمونه های آب ایستگاه های مختلف رودخانه کشف رود

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	میانگین غلظت کروم(µg/l)	انحراف معیار (µg/l)	تعداد اندازه گیری	t_1	t_2	t_3
۱	پل فردوسی	۱۰/۷	۰/۳	۳	-۵۱۵/۵	-۵۱۵/۵	-۲۲۶/۸
۲	پرکند آباد	۶/۵	۰/۱	۳	-۱/۶	-۱/۶	-۷۵۳/۴
۳	سیس آباد	۲۵/۳	۰/۱	۳	-۱/۲	-۱/۲	-۴۲۷/۸
۴	همت آباد	۱۱/۱	۰/۱	۳	-۱/۵	-۱/۵	-۶۷۳/۷
۵	التیمور	۱۲/۷	۰/۱	۳	-۱/۵	-۱/۵	-۶۴۶/۰۵

t_3. t_2. t_1 به ترتیب عدد آماری t-student برای اختلاف میانگین غلظت کروم با حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن (µ g/l۱۰۰)، کشاورزی (µg/l ۱۰۰)، حیات آبزیان(µg/l ۵۰) می باشند(۱۸، ۱۹، ۲۰).

جدول ۵- میزان جیوه در نمونه های آب ایستگاه های مختلف رودخانه کشف رود

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	میانگین غلظت جیوه(µg/l)	انحراف معیار (µg/l)	تعداد اندازه گیری	t_1	t_2
۱	پل فردوسی	۲/۶	۰/۱	۳	۲۷/۷	-۱۲۸/۱
۲	پرکند آباد	۱/۲	۰/۱	۳	۳/۴*	-۱۵۲/۴
۳	سیس آباد	۱/۹	۰/۱	۳	۱۵/۵	-۱۴۰/۲
۴	همت آباد	۲/۴	۰/۳	۳	۸/۰۸	-۴۳/۸
۵	التیمور	۳	۰/۲	۳	۱۷/۳	-۶۰/۶

t_2. t_1 به ترتیب عدد آماری t-student برای اختلاف میانگین غلظت جیوه با حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن (۱µg/l)، کشاورزی(۱۰µg/l) می باشند. برای حیات آبزیان استاندارد مشخصی برای جیوه پیدا نشد (۲۰،۱۷). * عدم معنی داری در سطح۹۵٪.

جدول٦- میزان سرب، کروم و جیوه در نمونه های گندم و ذرت (برگ ذرت و بذرگندم) ایستگاه های مختلف رودخانه

نام محصول کشاورزی / نام فلز	گندم			ذرت		
	میانگین ($\mu g/kg$)	انحراف معیار ($\mu g/kg$)	t_1	میانگین ($\mu g/kg$)	انحراف معیار ($\mu g/kg$)	t_1
سرب(ایستگاه ۱)	۳/۹	۰/۱	-	۶/۵	۰/۲	-
سرب(ایستگاه۲)	۵/۹	۰/۲	-	۱۰/۱	۰/۳	-
سرب(ایستگاه۳)	۸/۳	۰/۳	-	۳/۲	۰/۱	-
سرب(ایستگاه۴)	۱۸/۹	۰/۱	-	۶/۴	۰/۱	-
سرب(ایستگاه۵)	۶/۳	۰/۱	-	۱/۵	۰/۳	-
کروم(ایستگاه۱)	۹۸/۹	۱/۱	-۱/۴	۱۱۳/۵	۱/۲	-۱/۲
کروم(ایستگاه ۲)	۱۵۶/۵	۱/۶	-۹۱۳/۱	۱۷۶/۴	۱/۸	-۷۹۲/۵
کروم(ایستگاه۳)	۱۴۷/۷	۱/۵	-۹۸۴/۱	۱۶۵/۵	۱/۷	-۸۵۰/۲
کروم(ایستگاه۴)	۲۲۸/۴	۲/۶	-۵۱۴/۰۱	۱۸۹/۲	۱/۹	-۷۳۹/۱
کروم(ایستگاه۵)	۱۳۵/۱	۱/۳	-۱/۱	۱۹۵/۳	۲/۱	-۶۶۳/۷
جیوه(ایستگاه۱)	۱۲/۱	۰/۲	-	۱۳/۵	۰/۱	-
جیوه(ایستگاه۲)	۱۳/۲	۰/۱	-	۱۹/۶	۰/۳	-
جیوه(ایستگاه۳)	۱۴/۷	۰/۳	-	۱۵/۴	۰/۴	-
جیوه(ایستگاه۴)	۱۷/۷	۰/۴	-	۵۱/۹	۰/۲	-
جیوه(ایستگاه۵)	۱۳/۸	۰/۱	-	۶۶/۵	۰/۲	-

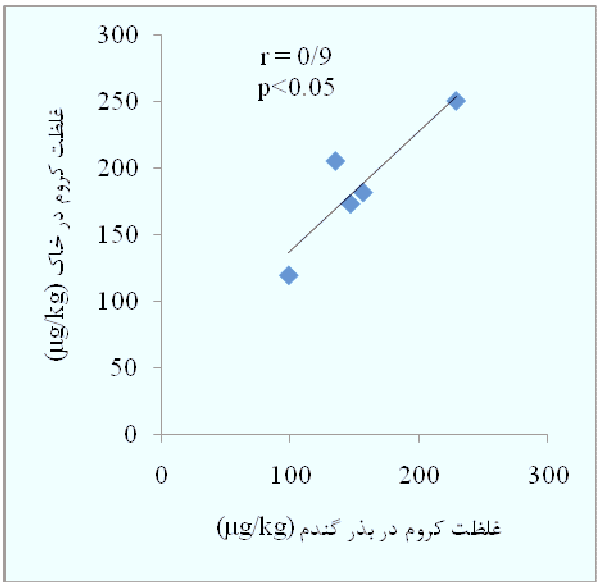
t_1 عدد آماری t-student برای اختلاف میانگین میزان کروم با حداکثر مجاز مقدار برای ذرت و گندم (۱۰۰۰ $\mu g/kg$) می باشد. برای فلزات سرب و جیوه استاندارد مشخصی پیدا نشد (۸).

با توجه به جداول۳، ٤و۵ غلظت سرب در ایستگاه ٤ بالاتر از سایر ایستگاه ها(به علت ورود فاضلاب) و در ایستگاه ۲کمترین مقدار می باشد. میانگین غلظت کروم در ایستگاه ۳ بالاترین مقدار(به علت صنایع چرم و آبکاری محدوده ی این ایستگاه) و در ایستگاه ۲ کمترین غلظت بدست آمد. غلظت جیوه نیز در ایستگاه ۵ بالاتر از بقیه ایستگاه ها بدست آمد(به علت کارگاه های قالیشویی و مزارع کشاورزی)، در حالی که کمترین غلظت همانند سرب وکروم در ایستگاه ۲ بدست آمد. در میان جداول ۳، ٤ و۵ مقادیرمیانگین غلظت کروم از بقیه فلزات بالاتر بدست آمد. با توجه به جدول٦ مقدار سرب برای گندم در ایستگاه ٤ بالاترین مقدار (به علت آبیاری مزارع با آب رودخانه که حاوی فاضلاب می باشد)، و در ایستگاه ۵کم ترین مقدار بدست آمد. برای ذرت نیز کم ترین مقدار سرب در ایستگاه ۵ و بیشترین مقدار در ایستگاه ۲بدست آمد. به نظر می رسد که تصفیه خانه پرکند آباد که

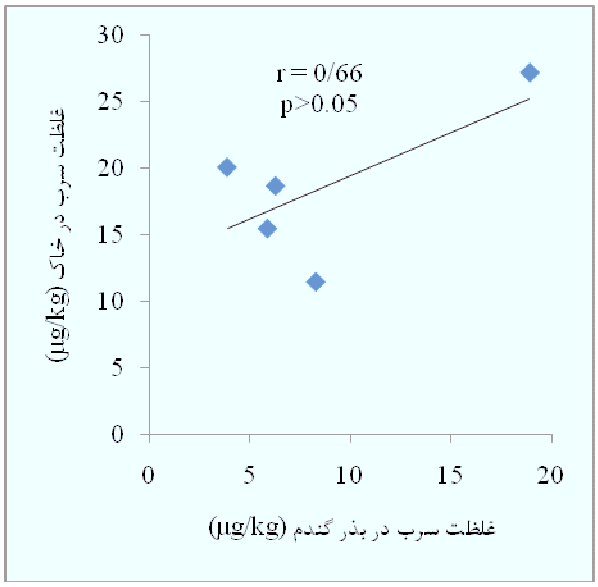
فاضلاب زیادی را در این ایستگاه وارد رودخانه می کند؛ نقش زیادی در آلودگی فلز سرب در این ایستگاه دارد. برای کروم نیز بالاترین مقدار برای گندم در ایستگاه ۲ (به علت فاضلاب تصفیه خانه پرکندآباد و استفاده از آب رودخانه برای آبیاری) و پایین ترین مقدار در ایستگاه۱بدست آمد و برای ذرت نیز بیشترین مقدار در ایستگاه ۵ (به علت آلوده بودن آب رودخانه به فاضلاب حاصل از مناطق اطراف مانند کارگاه های آبکاری، چرم و پوست) وکم ترین در ایستگاه ۱ بدست آمد. برای جیوه نیز برای گندم بیشترین مقدار در ایستگاه٤ (به علت آبیاری با فاضلاب) وکمترین مقدار در ایستگاه۱همانند کروم بدست آمد. برای ذرت بیشترین و کمترین مقدار همانند کروم به ترتیب درایستگاه های ۵ و ۱ بدست آمد.

جدول ۷- میزان سرب، کروم و جیوه در نمونه های خاک کشاورزی ایستگاه های مختلف رودخانه کشف رود

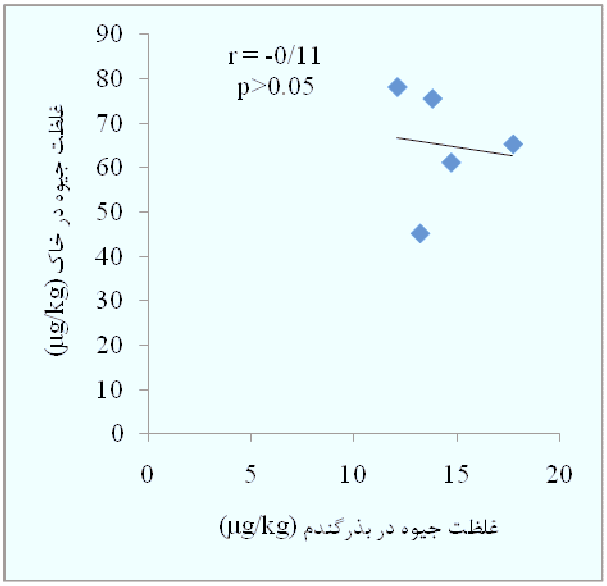
ایستگاه	غلظت سرب در خاک ($\mu g/kg$)	غلظت کروم در خاک ($\mu g/kg$)	غلظت جیوه در خاک ($\mu g/kg$)
ایستگاه ۱	۲۰/۱±۰/۱	۱۲۰/۱ ±۱/۳	۷۸/۱±۰/۲
ایستگاه ۲	۱۵/۵±۰/۴	۱۸۲/۱±۱/۹	۴۵/۳±۰/۴
ایستگاه ۳	۱۱/۵±۰/۵	۱۷۳/۲±۱/۸	۶۱/۲±۰/۹
ایستگاه ۴	۲۷/۲±۰/۳	۲۵۰/۶±۲/۸	۶۵/۳±۰/۱
ایستگاه ۵	۱۸/۷±۰/۷	۲۰۵/۶±۲/۲	۷۵/۵±۰/۳



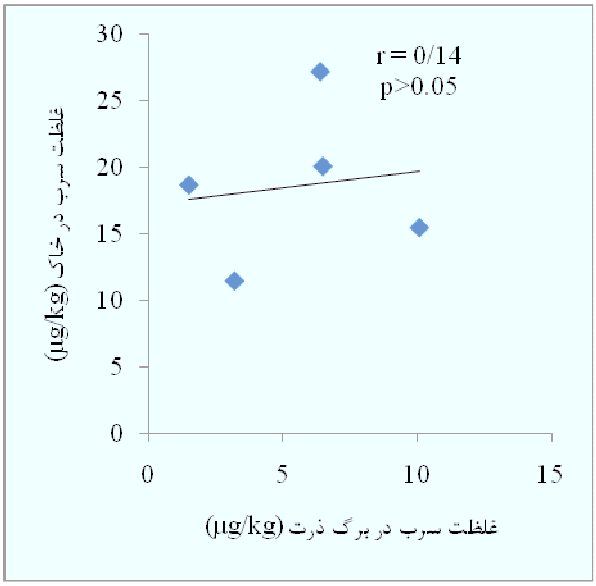
شکل ۵- رابطه همبستگی بین غلظت کروم در خاک و بذرگندم



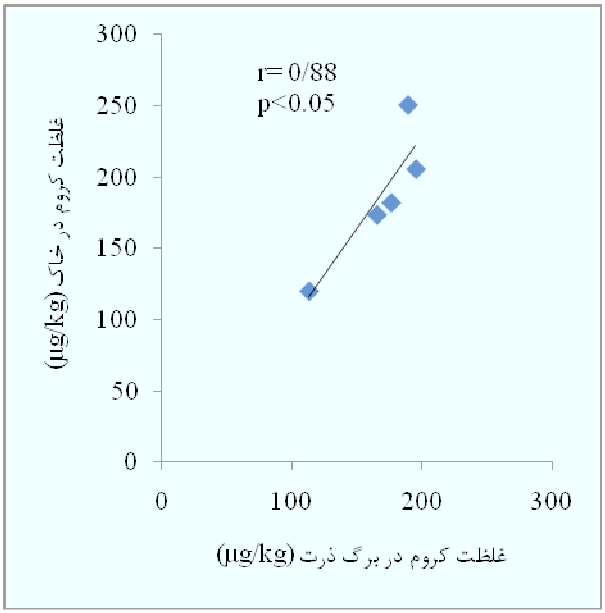
شکل ٤- رابطه همبستگی بین غلظت سرب در خاک و بذر گندم



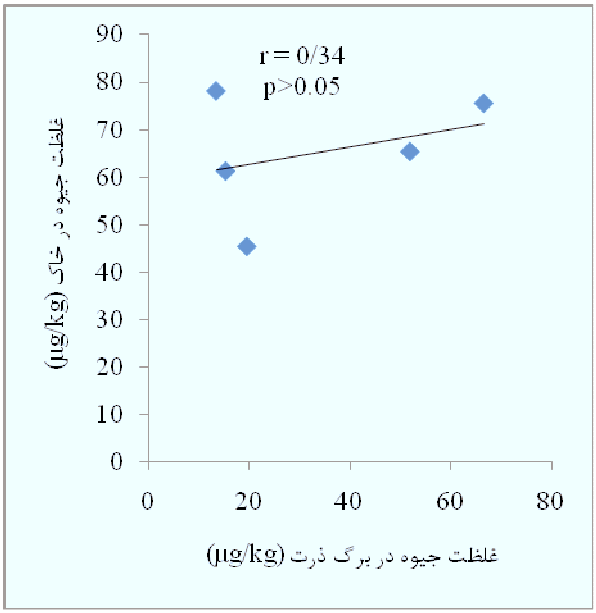
شکل ٦- رابطه همبستگی بین غلظت جیوه در خاک و بذر گندم



شکل ۷ - رابطه همبستگی بین غلظت سرب در خاک و برگ ذرت



شکل ۸- رابطه همبستگی بین غلظت کروم در خاک و برگ ذرت



شکل ۹- رابطه همبستگی بین غلظت جیوه در خاک وبرگ ذرت

***در تمامی اشکال ٤ تا ۹ (P>۰/۰۵) به عنوان عدم معنی داری در سطح ۹۵٪ و (P<۰/۰۵) به عنوان معنی داری در سطح ۹۵٪ شناخته می شوند.**

بحث و تفسیر نتایج

با توجه به جدول۳ برای سرب اختلاف معنی داری بین سرب در آب رودخانه و حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن، کشاورزی و حیات آبزیان بدست آمد و مشخص شد که میزان سرب در تمامی ایستگاه ها پایین تر از حد مجاز می باشد. جدول ٤ نشان می دهد که در تمامی ایستگا ه ها اختلاف معنی داری در سطح ۹۵٪ برای کروم با حدکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن، کشاورزی و حیات آبزیان وجود دارد، که این امرنشان دهنده ی میزان نسبتاً پایین کروم در آب رودخانه می باشد. جدو ل ٥ نشان می دهد که میزان جیوه به طور معنی داری از حداکثر مجاز برای مقاصد آشامیدن به جز ایستگاه ۲ (پرکند آباد) بالاتر می باشد، یکی از دلایل افزایش جیوه را در آب می توان به علت سموم رها شده از زمین های

کشاورزی اطراف رودخانه به ویژه در منطقه ی التیمور و هم چنین صنایع و کارگاه های قالیشویی در این مناطقه دانست، اگر چه میزان آن به طور معنی داری از حداکثر مجاز برای کشاورزی پایین تر می باشد. جدول ٦ نشان می دهد که اختلاف معنی داری برای کروم در بذر گندم وبرگ ذرت با حداکثر مجاز در سطح ۹۵٪ و جود دارد چرا که مقدار کروم موجود در گندم و ذرت بسیار پایین تر از حد مجاز($\mu g/kg$)۱۰۰۰ می باشند. با توجه به جدول ۷ میانگین غلظت کروم در خاک کشاورزی بالاتر از دو فلز دیگر(سرب، جیوه) بدست آمد. شکل های ٤و۷ نشان می دهند که همبستگی معنی داری در سطح ۹۵٪ بین غلظت سرب در خاک و بذرگندم وبرگ ذرت وجود ندارد. از شکلهای ۵و۸ استنتاج می شود که رابطه همبستگی معنی داری بین غلظت کروم در خاک مزرعه و بذرگندم وبرگ ذرت در سطح ۹۵٪ وجود دارد، به صورتی که تغییر غلظت کروم در خاک می تواند میزان آن در بذرگندم وبرگ ذرت تغییر دهد، که این امر با توجه به بالا بودن مقدار کروم در خاک مزرعه نسبت به دو فلز دیگر(کروم، سرب)، می تواند خطر ساز باشد. آنچه از شکل های ٦و ۹ استنباط می شود این است که همبستگی معنی داری بین غلظت جیوه در خاک مزرعه و بذرگندم وبرگ ذرت در سطح ۹۵٪ و جود ندارد و کمترین مقدار همبستگی برای غلظت جیوه در خاک و بذر گندم، نسبت به دو فلز دیگر(کروم، سرب)، ($r = -۰/۱۱$) بدست آمد.

نزدیکی رودخانه به منابع آلاینده، عدم کنترل و نظارت و همچنین، انجام اقدامات خلاف از جمله تخلیه غیر مجاز نخاله های ساختمانی و کارگاهی و تانکرهای حامل فاضلاب های خانگی، معضلات حوزه کشف رود را به مسئله ای ملی و فرا استانی تبدیل کرده است. متاسفانه، بخش اعظم این فاضلاب ها برای آبیاری محصولات کشاورزی اطراف رودخانه(گندم و ذرت) مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به نوع محصولات کشاورزی در مجاورت رودخانه که عمدتاً صیفی جات و سبزیجات و در برخی مناطق غلات است، مصرف فاضلاب ها، برای آبیاری محصولات، پیامد های ناگواری را از نظر بهداشت و سلامتی در آینده در پی خواهد داشت.

سپاسگزاری

این طرح پژوهشی حاصل کار پایان نامه دانشجویی کارشناسی ارشد بوده که هزینه آن به وسیله دانشگاه بیرجند فراهم شده است. در پایان از کلیه کسانی که در انجام این طرح یاری رساندند به ویژه مهندس مجنونی کمال تشکر را دارم.

فهرست منابع:

1. Dehghan, C. 2007. Effective Factors in Dam Water Pollution Shuregeh, Proceedings of the 5th Conference of Engineering Geology and the Environment. Tehran, Iran, pp. 9-2. (In Farsi).
2. Ghasemi, SA, Danesh, SH, Effect of refining processes on populations of pathogenic effluent refinery of Waste, 2010. 5th national Congress on Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad. May. 6. Mashhad, Iran. (In Farsi).
3. Lashkaripour, Gh, Ghafouri, M, Mousavi Maddah, M, Babaei, M, Salme, A. 2009. Investigate the origin and the factors affecting surface and subsurface contamination in route of Kashaf Rood River (Mashhad plain), 1th national conference on groundwater, Islamic Azad University. Nov. 19. Behbahan, Iran. (In Farsi).
4. Saffarian, M. 2006. Evaluation of the Karoun River contamination and pollutant factors of its in Ahvaz. Msc. Thesis. Islamic Azad University. Sciences and Research Branch. Iran, pp. 275. (In Farsi).
5. Sarvab Consulting Engineers. Report of condition of wandering urban waste water, entering to the Mashhad Kashaf Rood River. 2009. Iran. (In Farsi).

6. Toossab Consulting Engineers. 2007. Dam construction project Shuregeh Hydrology Report, p 150. Sarakhs. Iran. (In Farsi).
7. Adamiec, E, Helios-Rybicka, E. 2002. Distribution of Pollutants in the Odra River System Part IV: Heavy Metal Distribution in Water of the Upper and Middle Odra River (1998 –2000). *journal of environmental studies*. 11(6): 669-673.
8. Choi, y.y. 2011. International / National Standards for Heavy Metals in Food. Government Laboratory.
9. Ebrahimpour, M. and Mushrifah, I. 2008a. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini. Malaysia. *Environmental Geology*. 54: 689–698. DOI:10.1007/s00254-007-0838-z.
10. 10. Ebrahimpour, M. Mushrifah, I. 2008b. Heavy metal concentrations in water and sediments in Tasik Chini, a freshwater lake, Malaysia. Springer. *Environ Monit Assess*. 141: 297– 307. DOI 10.1007/s10661-007-9896-7.
11. Huang, S. S. Liao, Q. L. Hua, M. Wu X. M. Bi, K. S. Yan, C. Y. Chen, B. Zhang, X. Y. 2007. Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China. *Journal of Environmental Pollution*. Chemos Jour. 67: 2148–2155.
12. Jones, D. K. C. 1993. Environmental Hazards in the 1900s: problems, paradigms and prospect. Geography 339, pp. 161–165.
13. Myung, C. J. 2008. Heavy Metal Concentrations in Soils and Factors Affecting Metal Uptake by Plants in the Vicinity of a Korean, Cu-W Mine. *Environ. Sci*. 8: 143-747.
14. Radojevec, M, and Baskin, V.N. 1999. Practical environmental analysis. Royal Society of Chemistry, Cornwall UK.
15. Sharma, R. S. and AL-Busaidi, T.S. 2001.Ground water pollution due to a tailings dam. Eng Geol 60. PP. 235–244.
16. Singhal, B.B.S and Grupta, R.P. 1999. Applide hydrogeology of fractured rocks. Kluwer Academic Publishers. P. 213.
17. USEPA. 1992. Wastewater quality guidelines for agricultural use. Available online at http://www.US EPA.ac/.
18. Water quality standards/costal water quality standards. Water Research, 1994; 28(1): 119.
19. WHO. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture. Technical Report. No. 778. WHO, 1989, Geneva, P. 74.
20. WHO. WHO Guidelines for drinking water quality, Geneva, World Health Organization 2006; 35-38.