



بررسی تأثیر کیفیت آب آبیاری، بر خاک و گونه غالب مرتعی مورد استفاده دام (*Hordeum morinum*) در منطقه شهر صنعتی البرز قزوین

• نفیسه تقوی

کارشناس منابع طبیعی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

• محمد مهدوی

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

• محمد جعفری

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: مهرماه ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: اسفندماه ۱۳۸۶

تلفن تماس: ۲۲۰۸۶۴۳۳

Email: nafisehaghavi@yahoo.com

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب صنعتی روی میزان حضور فلزات سنگین در گونه مرتعی *Hordeum morinum* و نمونه‌های آب و خاک انجام گرفته است. این آزمایش در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ در اراضی مرتعی تحت چرای دام واقع در جنوب تصفیه خانه شهر صنعتی البرز اجرا گردید، از آنجا که حضور فلزات سنگین در گیاهان منطقه خارج از محدوده استاندارد مورد تردید بود در سه نوبت کشت؛ از گونه غالب مرتعی مورد چرای دام *Hordeum morinum* در منطقه شهر صنعتی البرز قزوین نمونه برداری صورت گرفت. از گونه *Hordeum morinum* در اراضی مجاور این منطقه که با آب معمولی آبیاری می‌شوند به عنوان شاهد نمونه برداری گردید و نتایج حاصل از اندازه‌گیری فلزات سنگین در آن با نتایج نمونه‌هایی که با پساب آبیاری می‌شوند مقایسه گردید. هم‌زمان با نمونه‌گیری از این گونه‌ها نمونه‌هایی نیز از پساب تصفیه شده خروجی از تصفیه خانه و هم چنین خاک برداشت گردیده و به آزمایشگاه منتقل گردید و در آنجا نمونه‌ها از لحاظ وجود سه فلز سنگین روی، سرب و نیکل مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از روش تجزیه واریانس استفاده شد. نتایج نشان داد که غلظت هر سه فلز در خاک و نمونه‌های گیاهی مورد بررسی بیشتر از حد استاندارد FAO برای آبیاری می‌باشد. و هم چنین بر اساس نتایج این تحقیق غلظت فلز در گیاه از ابتدای فصل رشد به سمت انتهای آن کاهش یافته است. غلظت هر سه فلز در نمونه‌های گیاهی که با پساب آبیاری شده‌اند با مقادیر این فلزات نمونه‌های گیاهان شاهد یکسان است. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) در میزان سه فلز آلاینده گیاهان آلوده در مکان‌های مختلف نمونه برداری دیده نشد.

کلمات کلیدی: آبیاری، فلزات سنگین، *Hordeum morinum*، پساب تصفیه شده، خاک

Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi) No 82 pp: 31-38

A Survey on quality effect of irrigation on soil and dominant rangeland Specieo (*Hordeum morinum*) in Industrial City Alborz of Gazvin region

By: N. Taghavi, Expert of Natural Resources of Tehran University, Mahdavi M. Professor of Natural Resources of Tehran University, Jafari M. Professor of Natural Resources of Tehran University (Corresponding Author) Tel:+ 982122086433

As average annual precipitation in Iran is less than global, all of the water in hydrological cycle must be used. In this way we must consider all parts of urban and industrial waste water. Lands located in downward of refinery of industrial city of Alborz were subject of this research. As lands are in use for grazing of sheep and as they are contaminated by waste water, so these lands have more importance than others. Subject of this project is effects of irrigation by industrial waste water on plants and soil of the region. To do this research, enough numbers of soil and plant samples were gathered and be moved to the lab, and then concentration of heavy metals were measured. Results were studied by SPSS soft ware from statistical point of view. Results showed that absorbed heavy metals in plant bodies, soil and water were more than its standard levels. Therefore there are a lot of worries about soil, plants and human health of that region so proper answers must be found for this problem.

Keywords: Irrigation, Heavy metal, *Hordeum morinum*, Waste water, Soil

مقدمه

هنگامی که منابع آب با کیفیت خوب کم یاب باشد، منابع آب غیرمتعارف جهت استفاده در آبیاری مورد توجه قرار می‌گیرد. فاضلاب تصفیه شده از جمله منابع غیرمتعارف آب است که استفاده از آن در آبیاری اراضی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار حائز اهمیت است.

به طور کلی فاضلاب به ضایعات حاصل از مصرف آب در زندگی روزمره انسان (مصرف صنعتی؛ کشاورزی و خانگی) گفته می‌شود که دارای ترکیباتی حدود ۹۹/۹۹ درصد آب و ۰/۱ درصد مواد جامد باشد (۱). پساب دارای مقادیر زیادی از عناصر غذایی است که می‌تواند در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته و سبب افزایش محصول نیز گردد. علیزاده طی بررسی آثار فاضلاب بر رشد کاهو؛ هویج و گوجه فرنگی نشان داد که استفاده از پساب سبب افزایش عملکرد گشت (۶). پساب و لجن فاضلاب دارای مقادیر زیادی از عناصر کم مصرف و فلزات سنگین نیز می‌باشند. هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌شوند؛ گیاه نیز این عناصر را جذب می‌کند.

در سراسر جهان تحقیقات متعددی بر روی آلودگی خاک‌ها و یاهان به فلزات سنگین به ویژه از طریق آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی انجام گرفته است (۹، ۱۱، ۱۴، ۱۶). Alloway اظهار می‌دارد که سیستم‌های زیست محیطی ظرفیت محدودی برای جذب آلاینده‌های ورودی دارند و اگر تجمع مداوم آلاینده‌ها صورت گیرد؛ توانایی خاک به عنوان یک محیط پذیرنده به طور قابل توجهی کاهش یافته و یا به طور کلی از بین می‌رود.

شواهد واضحی وجود دارد که شکل‌ها و گونه‌های مختلف گیاهان در توانایی جذب، تجمع و تحمل فلزات سنگین تفاوت بسیار زیادی با هم دارند (۹، ۱۱) و Flores و همکاران (۱۱) متذکر می‌شوند که در خاک‌های مورد آبیاری با پساب‌ها مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین در این خاک‌ها، مربوط به استفاده از فاضلاب‌های صنعتی می‌باشد که

بیشترین تجمع این فلزات نیز در لایه‌های سطحی خاک صورت می‌گیرد. سرب یکی از آلاینده‌های عمده محیط بوده و برای انسان بسیار سمی است. گرچه سرب را به عنوان یکی از عناصر کم تحرک شناخته‌اند؛ اما در صورت وجود فرم‌های محلول در محیط، ریشه گیاه قادر خواهد بود مقادیر زیادی از آن را جذب نماید. شدت جذب با افزایش غلظت سرب در محلول و با گذشت زمان افزایش می‌یابد (۱۳).

نیکل به طور گسترده در بیوسفر وجود دارد و از نظر فراوانی در پوسته زمین بیست و چهارمین عنصر نسبت به عناصر دیگر می‌باشد (۱۰) به علاوه نیکل یکی از عمومی‌ترین فلزات در آب‌های سطحی می‌باشد (USEPA، ۱۹۸۶). نیکل به طور طبیعی از سه منبع اولیه شامل؛ ۱- مواد ذره‌ای در آب باران ۲- حلالیت مواد در بستر صخره‌ای ۳- فاز ثانویه نفت وارد آب‌های سطحی می‌شود (۱۰). در جریان آب معمولی، غلظت نیکل به طور طبیعی زیر ۱۰ mg/L می‌باشد. در مصب‌ها غلظت Ni کمتر از ۱۰ mg/L است در حالی که در اقیانوس‌های باز به کمتر از ۱۰ mg/L می‌رسد (۱۰، ۱۲). ورود منابع آلوده شهری ممکن است این مقادیر را به ۵۰-۱۰ mg/L افزایش دهد. در ایران در سال ۱۳۵۲ یکی از اولین تحقیقات درباره فلزات سنگین در محیط زیست تهران صورت گرفت. در یکی از این مطالعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آلودگی گیاه و خاک مورد آبیاری توسط نهر فیروز آباد بررسی شد که در آن به آلودگی و غلظت زیاد کادمیم در خاک و گیاهان مناطق جنوب تهران اشاره شده است.

در تحقیق حاضر خاک، گونه غالب مرتعی تحت آبیاری با پساب در اراضی جنوب تصفیه خانه شهر صنعتی البرز قزوین و پساب خروجی از تصفیه خانه در طی سال زراعی ۱۳۸۱-۱۳۸۲ مورد نمونه‌گیری قرار گرفته و میزان فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در آن‌ها اندازه‌گیری شد.

هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر آبیاری با پساب بر محتوای فلزات سنگین در خاک و گونه غالب منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه و مشخصات محل نمونه گیری

محل نمونه‌گیری اراضی واقع در پایین دست تصفیه خانه شهر صنعتی البرز قزوین و در مجاورت روستای کمال آباد از توابع استان قزوین قرار دارد. وجود شیب ملایم شمالی جنوبی در اراضی مرتعی باعث می‌شود پساب‌های خروجی از تصفیه خانه در جهت شیب به سمت اراضی کشاورزی روستای کمال آباد جریان پیدا کند.

خاک منطقه عمیق، دارای بافت ریز و عموماً بدون سنگ ریزه است که در لایه‌های پایین بر روی تجمعی از مواد آهکی ایجاد شده است (Calcic Cambisols) و میزان زهکشی مناسب است. آب زیر زمینی در عمق زیاد واقع شده است. اراضی که بلافاصله پس از خروجی فاضلاب قرار دارد و فاضلاب در آن‌ها رها می‌شود از دو بخش زراعی و مرتعی تشکیل شده است که در این پژوهش تنها از بخش مورد چرای دام نمونه‌گیری به عمل آمد. در بخش مرتعی گونه غالب گیاه *Hordeum morinum* تشکیل شده است که در بعضی نقاط *Poa bulbosa* و *Bromus tectorum* نیز آن را همراهی می‌کنند. به دلیل کمبود منابع علوفه، اراضی از اواخر زمستان تا اواخر تابستان روزانه تحت چرای ۴۰۰ تا ۵۰۰ راس دام قرار می‌گیرد و در سایر مواقع دام از باقیمانده گیاهان زراعی تغذیه می‌کند. به علت وجود املاح و مواد مغذی فراوان در پساب تصفیه خانه کشاورزان تنها از کود نیتروژنه و به میزان ۶ کیسه (۳۰۰ کیلو گرم) در هکتار استفاده می‌کنند.

از آنجا که یک جاده آسفالتی از سوی شهر صنعتی البرز به طرف روستای کمال آباد وجود دارد و موجب قطع ارتباط اراضی دو طرف جاده گردیده، اراضی سمت دیگر جاده که نمونه‌های شاهد از خاک و گیاهان آن قسمت برداشت گردید (موقعیت غربی) از دسترس پساب کاملاً مصون هستند و به دلیل شیب شمالی - جنوبی منطقه، پساب به آن سمت جاده (ارضی شاهد) روان نمی‌شود. از آنجا که آبیاری با پساب در این منطقه علاوه بر تامین آب منبع غذایی بسیار خوبی برای گیاهان فراهم می‌کند (مثلاً منبع خوب نیتروژن می‌باشد) کشاورزان و دام داران با رغبت بسیاری آنرا مورد استفاده قرار می‌دهند.

نمونه برداری از محل به روش تصادفی سیستماتیک انجام شد (۷). خط پایه، جاده منتهی به کمال آباد در نظر گرفته شد و بر روی خط پایه، محل خروجی پساب یعنی انتهای تصفیه خانه به عنوان نقطه شروع منظور شد و خطوط ترانسکت، هزار متر به هزار متر بر روی آن در نظر گرفته شد. در این روش همان طور که گفته شد؛ خط پایه به فواصل مساوی ۱۰۰۰

تصویر شماره ۱- میانگین غلظت روی در طول سال زراعی

متری تقسیم شد و بر روی این نقاط خطوط ترانسکت انتخاب شدند. پوشش گیاهی در یک پلات به ابعاد یک متر در یک متر مربعی شکل نمونه برداری شد. برای اینکار در این پلات گونه غالب منطقه تا اندازه‌ای که دام مستقیماً از گیاه استفاده می‌کند قطع گردید.

نمونه برداری در سه زمان و از پوشش غالب منطقه انجام گرفت:

۱ - زمان رشد رویشی گیاهان (جوانه دهی) مقارن با هفته آخر اسفند ماه

۲ - زمان گل دهی یا ظهور جوانه‌های حامل سنبله در اردیبهشت ماه

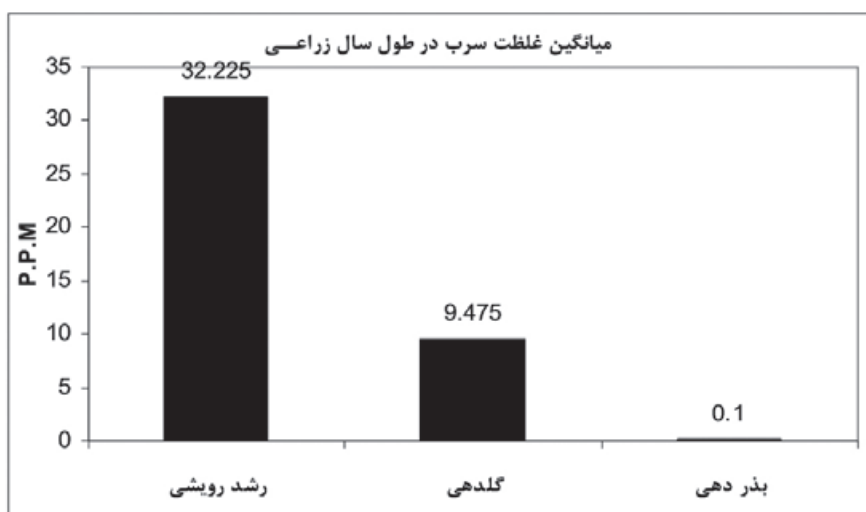
۳ - زمان ظهور بذور در اواخر خرداد ماه

در محل نمونه‌گیری، پس از آنکه گیاه از محل ساقه بریده شد، و گل و لای آن جدا گردید، در محلی خشک گردیده و به آزمایشگاه خاک شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران منتقل گردید و میزان سه عنصر سرب، روی و نیکل نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری عناصر سنگین در خاک از آنجا که عمق ریشه دوانی سی سانتی متر بود، پروفیلی به عمق ۳۰ سانتی متر در خاک حفر گردیده و برش طولی برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. یک نمونه خاک از اراضی برداشت شد که تحت آبیاری با پساب می‌باشند و نمونه خاک دیگر از منطقه شاهد که آبیاری با آب معمولی صورت می‌گیرد برداشت گردیده و به آزمایشگاه ذکر شده منتقل گردید. برای استخراج محلول عصاره خاک از روش d.T.P.A استفاده شد (علی‌احیایی، ۱۳۷۶). سپس عصاره خاک بدست آمده در دستگاه جذب اتمی قرار داده شد و میزان عناصر سنگین آن اندازه‌گیری گردید. از پساب خروجی از تصفیه خانه نیز نمونه‌ای برداشت گردید.

نتایج

نتایج اندازه‌گیری سه عنصر سرب، نیکل و روی در سه زمان رشد گیاه و در خاک به صورت جداول زیر می‌باشد. منظور از نمونه آلوده نمونه‌ای است که در سمت تصفیه خانه قرار دارد و مشکوک به وجود



بوده و بالاترین غلظت‌های آن‌ها در ریشه‌ها می‌باشد (۱۷). میانگین سه فلز سرب، روی و نیکل در نمونه گیاهان شاهد به ترتیب برابر ۲۷، ۸۷ و ۱۰ ppm می‌باشد که نشان می‌دهد در نمونه‌های شاهد نیز غلظت این سه فلز به صورت معنی‌داری از حدود استانداردهای جهانی تعیین شده بیشتر است. از سوی دیگر با انجام تجزیه واریانس نشان داده شد با توجه به اینکه میزان P-value برای سه عنصر روی، سرب و نیکل برابر ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ است؛ در سطح ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری بین غلظت فلزات در گیاهانی که با پساب آبیاری شده‌اند با نمونه‌های شاهد دیده نمی‌شود. به این معنی که با اینکه گیاهان منطقه شاهد با آب معمولی آبیاری می‌گردند و از نظر موقعیت قرارگیری نیز پساب به این اراضی وارد نمی‌شود اما غلظت ۳ فلز در این مناطق بالا است. نتایج آماری در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است.

با توجه به جداول مذکور، میزان سه عنصر روی، سرب و نیکل در خاک بنا به استانداردهای FAO به ترتیب برابر ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۵ ppm است حال آنکه میزان این سه فلز در خاک آلوده برابر ۱۳۸/۶، ۳۴/۱۴ و ۱۹/۶ ppm می‌باشد.

هم چنین با توجه به مقدار P-value به دست آمده برای هر سه فلز، تفاوت معنی‌داری بین مکان‌های مختلف نمونه برداری دیده نشد. به این معنا که با دور شدن از خروجی آب تصفیه خانه تغییری در میزان فلزات سنگین در نمونه‌های گیاه و خاک آلوده مشاهده نشد.

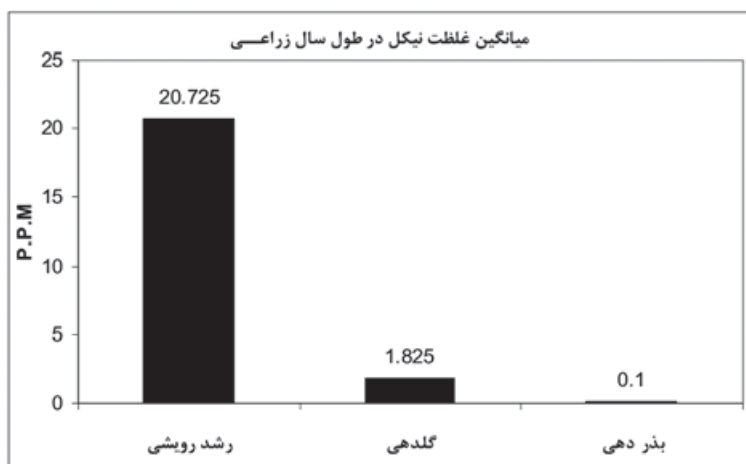
در تصاویر شماره ۱ تا ۳ نمودار غلظت سه فلز سنگین روی، سرب و نیکل نمونه‌های آلوده در سه مرحله رشد نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌گردد در هر ۳ نمودار غلظت فلز به سمت انتهای رشد کاهش یافته است. این کاهش در تجمع غلظت فلزات سنگین می‌تواند به دلیل بارندگی‌هایی باشد که از اواخر اسفند ماه به سمت اواخر خرداد ماه مرتب افزایش پیدا کرده و یا می‌تواند به دلیل مصرف فلزات سنگین توسط گیاه و سپس چرای دام از آن گیاهان باشد.

بحث

نتایج مشاهده شده در جداول ۱ تا ۴ نمی‌تواند گویای بالا بودن سطح فلزات سنگین در کلیه خاک‌ها و گیاهانی باشد که با این گونه پساب آبیاری می‌شوند زیرا بسته به بافت و میزان اسیدی و بازی بودن خاک میزان حلالیت فلز در خاک متفاوت می‌باشد. واتقی و همکاران (۱۳۸۰) بالا بودن سطح فلزات در خاک‌های تحت آبیاری با پساب را با pH خاک در ارتباط می‌دانند. (۱۵) عوامل تأثیر گذار زیادی را بر جذب فلزات ذکر می‌کند به طوری که به جز نوع و مقدار کلوئیدهای خاک (مواد رسی، اکسیدهای خاک



تصویر شماره ۲- میانگین غلظت سرب در طول سال زراعی



تصویر شماره ۳- میانگین غلظت نیکل در طول سال زراعی

عناصر سنگین می‌باشد. نمونه شماره ۱ در مجاورت خروجی پساب و نمونه‌های دو، سه و چهار هر کدام هزار متر دورتر از نقطه ماقبل خود می‌باشد. در جداول ۵ تا ۸ نتایج این بررسی‌ها نشان داده شده است.

برای انجام تجزیه و تحلیل آماری نتایج از نرم افزار SPSS نسخه ۱۲ استفاده شد و به منظور بررسی تفاوت معنی دار بین نمونه‌ها و بررسی تفاوت در مکان و زمان فرضیات از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده گردید

میزان مجاز روی، سرب و نیکل در آب آبیاری بنا بر استانداردهای FAO برابر ۲، ۵ و ۰/۲ است و میزان اندازه‌گیری این سه عنصر در پساب خروجی به ترتیب برابر ۰/۱۹ و ۰/۶۱ و ۰/۱۸۴ ppm است. این مقادیر از میزان مجاز FAO فراتر رفته است. از سوی دیگر با توجه به جداول ۱ تا ۴ میانگین سه فلز سرب، روی و نیکل در نمونه گیاهان آلوده به ترتیب برابر ۳۶، ۱۴۲ و ۳۰ ppm می‌باشد که به صورت معنی‌داری از حدود استانداردهای جهانی تعیین شده بیشتر است. به این معنی که آبیاری با پساب آلوده به فلزات سنگین باعث افزایش معنی دار سطح سه فلز سنگین سرب، روی و نیکل در گیاهانی گشته است که با این پساب آبیاری گشته‌اند. لازم به ذکر است که نیکل از عنصری است که مقدارش در اندام‌های ذخیره و دانه به مراتب بیش از اندام‌های هوایی

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری سه عنصر سرب، روی و نیکل در آب و خاک آلوده

مشخصات	سرب	نیکل	روی
خاک آلوده	۳۴/۱۴	۱۹/۶	۱۳۸/۶
خاک شاهد	۲/۵۵	۰/۵۰۵	۰/۹۱۶
پساب تصفیه شده	۰/۰۶۱	۰/۱۸۴	۰/۱۹۰

جدول ۲- غلظت سه عنصر سرب، نیکل و روی در گیاه *Hordeum morinum* برحسب ppm (اواخر اسفند ماه- مرحله رشد رویشی)

شماره	مشخصات	روی	سرب	نیکل
۱	نمونه شاهد ۴	۰/۱۳۱۶	۳۳/۷	۶/۶
۲	نمونه شاهد ۳	۷۶/۲	۲۲/۸	۶/۳
۳	نمونه شاهد ۲	۷۸/۱	۳۷/۶	۱۴/۳
۴	نمونه شاهد ۱	۶۴/۳	۱۷/۳	۱۶/۳
۵	نمونه آلوده ۴	۹۰/۳	۱۵/۸	۱۳/۵
۶	نمونه آلوده ۳	۸۳/۹	۲۸/۵	۲۱/۹
۷	نمونه آلوده ۲	۲۶۹/۹	۶۴	۲۲/۲
۸	نمونه آلوده ۱	۱۲۶/۷	۳۸/۱	۶۴/۷

جدول ۳- غلظت سه عنصر سرب، نیکل و روی در گیاه *Hordeum morinum* برحسب ppm (اردیبهشت ماه- مرحله گل دهی)

شماره	مشخصات	روی	سرب	نیکل
۱	نمونه شاهد ۴	۵۵/۴	۲/۶	۷/۳
۲	نمونه شاهد ۳	۵۶/۱	۱/۲	۴/۶
۳	نمونه شاهد ۲	۷۶/۲	۰/۱	۲/۲
۴	نمونه شاهد ۱	۷۳/۶	۱۰/۶	۰/۱
۵	نمونه آلوده ۴	۵۰/۹	۱۸/۴	۰/۱
۶	نمونه آلوده ۳	۵۴/۶	۱۵/۴	۰/۱
۷	نمونه آلوده ۲	۷۶/۶	۱۴/۴	۰/۱
۸	نمونه آلوده ۱	۶۲/۲	۱۳/۱	۰/۱

جدول ۴ - غلظت سه عنصر سرب، نیکل و روی در گیاه *Hordeum morinum* بر حسب ppm (اواخر خرداد ماه - مرحله ظهور بذر)

شماره	مشخصات	روی	سرب	نیکل
۱	نمونه سالم ۴	۳۴/۱	۰/۱	۰/۱
۲	نمونه سالم ۳	۳۳/۲	۰/۱	۰/۱
۳	نمونه سالم ۲	۳۱/۶	۰/۱	۰/۱
۴	نمونه سالم ۱	۳۷/۳	۰/۱	۰/۱
۵	نمونه آلوده ۴	۴۱/۸	۰/۱	۰/۱
۶	نمونه آلوده ۳	۷۹/۵	۰/۱	۰/۱
۷	نمونه آلوده ۲	۷۹/۲	۰/۱	۰/۱
۸	نمونه آلوده ۱	۳۹/۵	۰/۱	۰/۱

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه سه عنصر سرب، روی و نیکل در نمونه‌های گیاهی شاهد و آلوده

عنصر اندازه‌گیری شده	نمونه	میانگین مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig
Zn	نمونه آلوده	۳۹۳۷	۱	۳۹۳۷	۱/۶۸۵	۰/۹۱۱
	مونه شاهد	۵۱۳۹۷	۲۲	۲۳۳۶		
	مجموع	۵۵۳۳۴	۲۳			
Pb	نمونه آلوده	۲۷۹	۱	۲۷۹	۱/۰۰۵	۰/۹۲۵
	نمونه شاهد	۶۱۱۶	۲۲	۲۷۸		
	مجموع	۶۳۹۶	۲۳			
Ni	نمونه آلوده	۱۷۶	۱	۱۷۶	۰/۸۷۴	۰/۹۳۲
	نمونه شاهد	۴۴۲۹	۲۲	۲۰۱		
	مجموع	۴۶۰۵	۲۳			

با توجه به چرای روزانه دام از گیاهان اراضی مذکور، بالا بودن میزان فلزات سنگین در خاک‌ها باعث می‌شود که فلزات سنگین در اندام‌های مختلف دام تجمع یابد.

این امر به خصوص در اوایل فصل رویش به دلیل بیشتر بودن غلظت فلزات سنگین جدی‌تر می‌باشد. در منطقه مورد بررسی به دلیل کاهش هزینه کود و آبیاری و غنی شدن خاک از عناصر پر مصرف برای گیاهان استفاده از پساب امری اجتناب ناپذیر است. با توجه به وجود این مساله باید کاهش سطح فلزات سنگین یا در تصفیه خانه و با ارائه راه‌های جدید

و مواد آلی؛ عوامل کنترل کننده اصلی عبارتند از: pH، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیونی فلز، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی. از سوی دیگر بنا به عقیده Alloway (۹) شواهد زیادی وجود دارد که شکل‌ها و گونه‌های مختلف گیاهان در توانایی جذب، تجمع و تحمل فلزات سنگین تفاوت بسیار زیادی با هم دارند. در نتیجه در بررسی سمیت فلزات در سیستم‌های مختلف و پیچیده خاک - گیاه، عوامل زیادی وجود دارند که مرتبط با ویژگی‌های خاک، خصوصیات گیاه و دیگر عوامل زیست محیطی می‌باشند.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه سه عنصر سرب، روی و نیکل در نمونه‌های خاک شاهد و آلوده

عنصر اندازه‌گیری شده	نمونه	میانگین مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig
zn	نمونه آلوده	۵۷۹۹	۳	۱۹۳۳	۰/۷۸۰	۰/۹۳۳
	نمونه شاهد	۴۹۵۳۵	۲۰	۲۴۷۶		
	مجموع	۵۵۳۳۴	۲۳			
pb	نمونه آلوده	۲۴۹	۳	۸۳	۰/۲۷۱	۰/۹۶۴
	نمونه شاهد	۶۱۴۶	۲۰	۳۰۷		
	مجموع	۶۳۹۶	۲۳			
Ni	نمونه آلوده	۳۰۰	۳	۱۰۰	۰/۴۶۵	۰/۹۷۱
	نمونه شاهد	۴۳۰۵	۲۰	۲۱۵		
	مجموع	۴۶۰۵	۲۳			

درصد وزن خشک پساب‌ها می‌رسد.

بروجنی و همکاران (۴) پیشنهاد می‌دهند می‌توان نسبت‌های مشخصی از آب با کیفیت مناسب را با پساب‌ها آمیخت و محدودیت‌ها را تا حد قابل قبولی کاهش داد.

صلحی و همکاران (۵) برای کاهش میزان فلزات سنگین کادمیم، روی و سرب و جذب آن‌ها از خاک از گیاهان زراعی آفتابگردان، کلزا، کاهو و اسفناج و چغندربرگی استفاده نمودند. مقیمی (۸) از گیاهان جاذب برای کاهش سطح فلزات در خاک استفاده کرد. نتایج نشان داد گیاه گندم جاذب مناسبی برای سرب می‌باشد و به علت داشتن ریشه‌های افشان قادر است مقادیر زیادی فلز سرب را جذب و در خود ذخیره کند. به نظر می‌رسد کاهش سطح فلزات از خاک با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد تصفیه بیولوژیکی روش کم هزینه‌تر و سودمندتری باشد. از سوی دیگر استفاده از گیاهان جاذب می‌تواند منبعی برای محصولات کشاورزی و یا منبع علوفه برای دام باشد.

منابع مورد استفاده

- ۱- حسینیان؛ م. (۱۳۷۵) اصول طراحی تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری. انتشارات شهر آب.
- ۲- خضایی، ر. (۱۳۷۶) مواد شیمیایی مورد استفاده در صنایع ایران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، صفحه ۸۲.
- ۳- رحمتی، س.م. (۱۳۷۶) تصفیه پساب آبکاری توسط اسپرژیلوس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت، صفحه ۱۵.
- ۴- شبانیان بروجنی، ح و م.ع. حاجی عباسی (۱۳۸۴) اثر پساب و لجن کارخانه پلی اکریل ایران بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و غلظت عناصر در چمن، میمون و قرنفل، مجله علوم باغبانی، جلد ۶ شماره ۳ ص ۱۳۵-۱۴۸.
- ۵- صلحی، م. (۱۳۸۵) پالایش خاک‌های آلوده به عناصر سنگین (کادمیم،

و عملی صورت گیرد و در صورت عملی نبودن چنین مسأله‌ای باید این کاهش در بافت خاک صورت گیرد تا از تجمع این فلزات در بدنه گیاه و بدن دام جلوگیری به عمل آید.

در مورد کاهش سطح فلزات سنگین در تصفیه خانه با توجه به اینکه واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی که در رسوب دهی آلاینده‌ها استفاده می‌شود عمدتاً تعادلی بوده و مقدار یون باقیمانده محلول در پساب بیش از حد تعریف شده در استانداردهای زیست محیطی می‌باشد باید از روش‌هایی استفاده نمود که توانایی جذب در غلظت‌های بسیار پایین را نیز داشته باشد تا واکنش حالت تعادلی پیدا نکند. به طور مثال استفاده از تشابه ساختار فلزی عناصر واسطه و بعضی از فلزات اصلی جدول مندلیف می‌تواند به عنوان یک راه کار مورد استفاده قرار بگیرد.

رحمتی (۳) اظهار می‌دارد که قارچ اسپرژیلوس در صورت نبود کلسیم در محیط کشت کروم را به جای کلسیم به عنوان ماده غذایی جذب نموده و سپس از بین می‌رود. اثر بخش‌ترین راه برای جذب فلزات سنگین در پساب‌های صنعتی استفاده تلفیقی از روش‌های سنتی و مدرن می‌باشد. بدین طریق که ابتدا غلظت یون موجود در پساب را با استفاده از روش‌های شیمیایی و جذب سطحی تا حد امکان کاهش دهیم و سپس در غلظت‌های زیر ۱۰ میلی گرم در لیتر از روش‌های بیوتکنولوژیک استفاده نماییم.

با توجه به بالا بودن هزینه تصفیه بیولوژیکی فلزات سنگین اغلب از این روش استفاده نمی‌شود. اما در مورد کاهش سطح فلزات سنگین در خاک‌های خضایی (۲) برای کاهش میزان این عناصر بعضی از انواع جاذب‌های بیولوژیک که عبارتند از دانه‌های دریایی؛ کپک‌ها، مخمرها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و محصولات جانبی کشاورزی نظیر تفاله چغندر قند را پیشنهاد می‌کند. میزان جذب فلزات توسط این جاذب‌ها گاهی تا ۵۰

Distribution and sequential extraction of some heavy metals from soils irrigated with waste water from Mexico city. *J. Water, Air and Soil Pollution*,98:105-117.

12- Jenkins,R.,1998;Irrigation with waster water,J.waste water,24:123-135.

13- Katabala A.,Pendias H., (1984) *Trace elements in soil and plants*,CRC press,pp. 57.

14- Merrington ,G. ,Alloway ,B.J.,(1997) Determination of the residual metal binding characteristics of soils polluted by Cd and Pb *J.Water, Air and Soil Pollution*,100:49-62.

15- Ross,S.M., (1994);*Toxic metals in plant-soil systems*, John Willey and sons inc.pp.103-189.

16- Souerbeck,D.R, (1991);Uptake and availability of heavy metals,*J.Water, Air and Soil Pollution*,57-58:227-237.

17- Souerbeck ,D.R.,and Hein,A., (1991) The nickel uptake from different soils and its prediction by chemical extractions, *J. Water, Air and Soil Pollution* ,57-58:861-871.

روی و سرب) توسط گیاهان در استان اصفهان، موسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، طرح تحقیقاتی، ص ۲۴.

۶ - علیزاده؛ (۱۳۷۵) استفاده از پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب در آبیاری محصولات کشاورزی، هفته نامه شهر آب، انتشارات شرکت مهندسی آب و فاضلاب؛ شماره ۴ ص ۷۲-۵۵.

۷ - مصداقی، م. (۱۳۷۷) مرتعداری در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا، ۲۵۹ صفحه ۹۲.

۸ - مقیم، محمد. (۱۳۸۶) کاربرد گیاهان جاذب در تصفیه خاک‌های آلوده به فلزات س، مجله ایران سبزتر، جلد ۵، شماره ۲، ص ۲۳-۲۷.

۹ - واثقی، سکینه و ح. شریعتمداری. (۱۳۸۰) اثر لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان کاهو و اسفناج در خاک‌های با pH متفاوت، مجله علوم باغبانی، جلد ۲ شماره ۳ و ۴ ص ۱۲۵-۱۴۰.

9- Alloway, B.J. (1990) *Heavy metals in soils*. John Willey and sons Inc. , New York ,pp 20 – 27.

10- Eisler, A., *Pollution of heavy metalls* ,J.Water, Air and Soil Pollution ,98:117-129.

11- Flores, L, G.Blas, G. Hernandez, and Arcala. R (1997)

