محیط شناسی ،سال سی و سوم ،شمارۀ٤٤،زمستان ۸۶،صفحۀ۲۶-۱۹

تأثیرمصرف فاضلاب درآبیاری‌گیاهان زراعی برمیزان‌برخی ازعناصرسنگین خاک وگیاهان

محمد علی بهمنیار

دانشیار علوم خاک, مجتمع آموزش عالی علوم کشاورزی و منابع طبیعی , دانشگاه مازندران

تاریخ پذیرش : ۸۵/۹/۱۶ تاریخ تصویب: ۸۵/۱۲/۲۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب شهری در میزان تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاهان تحت کشت، فاضلاب شهری قسمتی از غرب ساری و قسمت مرکزی قائم شهر که برای آبیاری اراضی زیرکشت زراعی برنج مصرف می شد در سال ۱۳۸۴ مورد بررسی قرار گرفت. در زمان برداشت برنج، ریشه، اندام هوایی، دانه و خاک اراضی نمونه برداری شد(شاهد و تحت تأثیر فاضلاب).پس از برداشت برنج از ریشه و اندام هوایی شبدر، اسفناج و علوفه نیز نمونه برداری صورت پذیرفت.سپس میزان کادمیوم، نیکل، سرب و کروم در خاک، ریشه، اندام هوایی و دانۀ برنج و ریشه و اندام هوایی اسفناج، شبدرو علوفه اندازه گیری شد.نتایج نشان داد که با استفاده از فاضلاب شهری برای کمک در آبیاری اراضی، میزان کادمیوم، نیکل، سرب و کروم در خاک افزایش یافت.با افزایش مقدارآهک‌و مواد آلی خاک، میزان سرب کل تجمع یافته در خاک افزایش معنی داری نشان داد و سایر عناصر با مقدار آهک و مواد آلی همبستگی معنی‌داری نشان نداده‌اند.میران کادمیوم، نیکل، کروم و سرب تجمع یافته در ریشه بیشتر از اندام هوایی و دانه برنج بود و در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری، میزان عناصر مورد بررسی افزایش یافت، اما به حد سمی بودن نرسید.میزان سرب در اندام هوایی اسفناج و دانۀ برنج نسبت به شاهد بیش از ۲ برابر بود که نیاز به بررسی بیشتر دارد.ضریب انتقال سرب، کادمیوم، نیکل و کروم به دانۀ برنج به ترتیب افزایش یافت، اما دراندام هوایی اسفناج، میزان انتقال به ترتیب در کروم، نیکل، سرب و کادمیوم افزایش نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: عناصر سنگین- فاضلاب شهری- برنج، اسفناج- شبدر- خاک

سرآغاز

کاربرد فاضلاب شهری در اراضی کشاورزی موجب افزایش عناصر سنگین در خاک شده و میزان آنها در گیاه نیز به طور چشمگیری افزایش می یابد(Yada et al., 2002). در اراضی آبیاری شده با فاضلاب شهری، میزان غلظت کل املاح تا ۲ برابر افزایش یافته و تا عمق ۱۵ سانتیمتری میزان عناصر سنگین، افزایش عمده ای یافته و برخی عناصر نظیر کادمیوم تا ۲۳ برابر افزایش نشان داده است (John et al., 1972; ملا حسینی، ۱۳۸۰ و Golovatiy and Savchenk, 2002).

عناصری که برای رشد گیاه ضروری هستند معمولاً در گیاه متحرک بوده، اما عناصر سمی و سنگین جابه‌جائی کمی داشته و در ریشه ها تجمع می‌یابند. بنابراین میزان کادمیوم، کروم ، سرب و نیکل در ریشه حداکثر بوده است (عبادی و همکاران ۱۳۸۴، Sterit and Stumm, 1993, Mireles et al.,2004)آبیاری مزرعه برنج با پساب شهری و صنعتی موجب افزایش عناصر سنگین بویژه نیکل در اندام هوایی گیاه شد (شیرین فکر و همکاران، ۱۳۸۰). ضمناً در جنوب شهر تهران، حداکثر غلظت فلزات سنگین در گیاهان باآبیاری فاضلاب شهری به ترتیب در ریشه، ساقه ، میوه و دانه اتفاق افتاد و در اسفناج حداکثر و در گندم حداقل بود (شریعتی و همکاران، ۱۳۶۸).

غلظت عناصر سنگین کادمیوم ، کروم، سرب و نیکل در خاک زیرکشت یونجه که با فاضلاب شهری آبیاری شده بود به دو برابر افزایش یافت(Carrillo and Cajuste, 1992). در بنگلادش خاکهایی که تحت تأثیر فاضلاب شهری قرار داشتند میزان کادمیوم و نیکل در خاکها تا ۱۱ برابر بیشتر از شاهد بود (Kashen and Singh, 2001). در چین استفاده کوتاه مدت ازفاضلاب شهری و صنعتی برای آبیاری موجب افزایش عناصر سنگین در خاکها به میزان ۲۵ تا ۸۰ درصد شد (Qingren et al., 2001).

در کویت استفاده از فاضلاب شهری در کشاورزی سبب‌افزایش جذب کادمیوم در حد سمیت برای انسان و حیوان شد اما برای گیاهان پایین تر از حد سمیت بود. درضمن رابطه بسیار خوبی بین غلظت عناصر سنگین در فاضلاب و میزان جذب آنها در گیاه و میوه محصولات زراعی وجود داشته است (Al Enezi et al., 2004).

نویسنده مسئول:تلفن: ۰۹۱۱۱۵۱۹۰۵۰

E-mail: mabahmaniar@yahoo.com

مقدار عناصر سنگین جابه‌جا شده در محیط خاک تابعی از pH، میزان رس ، مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی است (Kimberly and William, 1999) و با افزایش pH ، کربنات و مواد آلی خاک تحرک عناصر سنگین کاهش می‌یابد (Smith, 1996). خاکهای حاوی کربنات کلسیم آزاد می‌توانند کادمیوم و سرب را جذب کرده و از قابل دسترس بودن آن برای گیاه بکاهند (Cavallaro and mebride, 1978).

بنابراین‌خاک‌های اسیدی توانایی خیلی کمی نسبت به خاکهای خنثی در جذب و نگهداری کادمیوم از خود نشان می‌دهند (Elfattah and wada, 1981). حضور آهک جذب سرب را سبب می گردد و انتقال سرب به قسمت های هوایی گیاه بسختی صورت می پذیرد و اغلب در ریشهٔ گیاهان تمرکز می‌یابند (Kabata, 2001).

هدف از این تحقیق، بررسی کاربرد فاضلاب شهری در تجمع میزان کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در خاک و ریشه، اندام هوایی و دانهٔ گیاهان تحت کشت است.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر کاربرد طولانی مدت فاضلاب شهری در آبیاری اراضی کشاورزی در میزان تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاهان تحت آبیاری، در سال ۱۳۸۴ فاضلاب شهری قسمت غرب ساری (منطقه ۱) و قسمت مرکزی قائم شهر(منطقه ۲) مورد بررسی قرار گرفت. فاضلاب شهری غرب ساری پس از مخلوط شدن با قسمتی از آب رودخانه تجن در فصل زراعی برای آبیاری برنج استفاده می‌شود و همچنین فاضلاب شهری قسمت شرقی قائم شهر هم پس از تخلیه در آب روخانهٔ سیاهرود در فصل زراعی برای آبیاری برنج استفاده می‌شود.

در اراضی فوق پس از برداشت برنج، دام‌ها از علوفه روئیده شده یا از شبدر کاشته شده برای تعلیف استفاده می کنند و در بعضی از مناطق اسفناج کشت می‌شود.در این مناطق آب آبیاری قبل و بعد از اختلاط با فاضلاب شهری هر ماهه نمونه برداری و مقادیر کادمیوم ، نیکل، کروم و سرب اندازه گیری شد. ضمناً در زمان برداشت برنج از خاک اراضی (در دو عمق صفر تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی متری)، ریشه، اندام هوایی و دانهٔ برنج در دو منطقه تحت تأثیر فاضلاب و منطقه ای که آب آبیاری اش تحت تاثیر فاضلاب شهری قرار نداشت، نمونه برداری شد.

از ریشه و اندام هوائی اسفناج، شبدر و علوفه نیز نمونه برداری شد. نوع بافت ، میزان مواد آلی، pH ، کربنات کلسیم (Nelson, 1982)، و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (Roades, 1982) اندازه گیری شد. همچنین مقادیر کادمیوم، نیکل،کروم و سرب قابل جذب خاک به روش DTPA تعیین شد (Lindsay and Norvell, 1978).

بعلاوه مقادیر کادمیوم، نیکل،کروم و سرب کل خاک پس از عصاره گیری با اسید کلرئیدریک و اسید نیتریک با دستگاه جذب اتمیک Varian (Spectra AA-10) تعیین شد (Baker and Amacher, 1982). برای تعین مقادیر عناصر فوق در ریشه، اندام هوایی و دانه از خاکستر خشک به روش (AOAC 1990) استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

مخلوط شدن فاضلاب شهری در آب آبیاری موجب افزایش میزان عناصر سنگین در نقاط مورد بررسی شد.اما مقدار افزایش در فصول بهار و تابستان که دبی رودخانه کمتر و آب نیز برای آبیاری مصرف می شود بالاتر از فصول پاییز و زمستان بوده است (جدول شمارهٔ۱). در منطقه (۱) میزان کادمیوم در فصل بهار و تابستان به میزان ۲۵ تا ۵۰ درصد، سرب، نیکل و کروم به ۳ برابر افزایش یافت و این افزایش در منطقه ۲ کمتر بود.

افزایش میزان pH و EC در فصول مختلف و در تیمار تحت تأثیر فاضلاب چندان قابل توجه نبود (جدول شمارهٔ۱) .خاک اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری، دارای واکنش بالاتر از ۷، هدایت الکتریکی ۱/۰۱ تا ۱/۲۶ دسی زیمنس بر متر ، آهک ۱۴/۷ تا ۱۷/۸ درصد ، مواد آلی ۲/۴۰ تا ۳/۲۳ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی۲۱/۳ تا ۲۶/۰ سانتی مل بر کیلوگرم رس و میزان رس ۳۰۰ تا ۳۴۰ گرم در کیلو گرم بوده اند(جدول‌شمارهٔ۲).در اراضی تحت تاثیر فاضلاب شهری میزان کادمیوم قابل جذب بیش از ۳ برابر و مقدار کادمیوم کل تا ۲ برابر نسبت به اراضی که تحت تأثیر فاضلاب شهری قرار نداشتند(شاهد) افزایش نشان داده است.در ضمن سرب قابل جذب و کل به میزان قریب ۲۵ درصد افزایش یافتند (جدول‌شمارهٔ۳)

جدول شمارهٔ(۱): برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری قبل و بعد از مخلوط شدن با فاضلاب شهری

فصل	تیمار	PH		EC میکرو موس بر سانتیمتر		Cd ppm		Pb ppm		Ni ppm		Cr ppm	
		۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
بهار	شاهد	۸/۰۵	۷/۸۶	۶۷۹	۶۸۷	۲	۲	۱۹	۳۱	۷	۸	۱	۱
بهار	تیمار	۸/۲۰	۷/۹۵	۶۹۲	۸۶۰	۲/۵	۲/۵	۴۵	۳۹	۱۳/۵	۱۰	۲/۵	۲
تابستان	شاهد	۸/۰۴	۷/۹۳	۷۹۴	۶۹۳	۳	۲	۱۸	۲۶	۷	۱۱	۱	۳
تابستان	تیمار	۸/۰۲	۷/۹۵	۷۱۵	۸۸۴	۴	۳	۲۷	۲۹	۲۵	۱۵	۵	۴
پاییز	شاهد	۷/۸۶	۸/۰۲	۶۷۸	۶۸۶	۳	۲	۱۲	۲۲	۸	۹	۱	۴
پاییز	تیمار	۸/۰۳	۷/۹۸	۸۸۵	۸۶۴	۳	۲	۲۸	۲۴	۲۶	۱۴	۷	۵
زمستان	شاهد	۷/۴۶	۷/۸۵	۶۳۲	۶۰۸	۳	۲	۱۶	۲۸	۱۰	۸	۱	۲/۵
زمستان	تیمار	۸/۲۵	۸/۰۱	۷۵۳	۹۲۵	۳/۵	۲/۵	۳۲	۳۳	۱۷/۵	۹/۵	۳	۳/۵

شاهد: آب آبیاری که تحت تأثیر فاضلاب شهری قرار نگرفت

تیمار: آب آبیاری پس از مخلوط شدن با فاضلاب شهری ۱: منطقهٔ ۱ ۲: منطقهٔ ۲

جدول شمارهٔ(۲): برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اراضی مورد بررسی

عناصر	منطقه ۱		منطقه ۲	
	شاهد	تحت تأثیر فاضلاب	شاهد	تحت تأثیر فاضلاب
pH	۷/۲۱	۷/۲۳	۷/۲۹	۷/۴۴
EC میکرو موس بر سانتیمتر	۱/۰۱	۱/۲۶	۱/۰۹	۱/۰۸
T. N. V (درصد)	۱۶/۳	۱۷/۸	۱۴/۷	۱۷/۱
O. M (درصد)	۲/۵۷	۲/۴۱	۳/۱۱	۳/۲۳
CEC (سانتی مل بر کیلو گرم)	۲۶/۰	۲۳/۲	۲۱/۳	۲۲/۳
Clay (گرم بر کیلوگرم)	۳۳۰	۳۳۰	۳۰۰	۳۴۰

در نتیجهٔ آبیاری مستمر با آب متأثر از فاضلاب شهری، میزان نیکل قابل جذب تا ۲ برابر و نیکل کل افزایش کمتری یافته است. همچنین کروم قابل جذب در منطقهٔ ۱ به ۵ برابر و در منطقه ۲ قریب ۶۰ درصد افزایش یافت، اما مقدار کروم کل در منطقهٔ ۲ به دو برابر افزایش یافته است (جدول شمارهٔ۳).افزایش غلظت عناصر سنگین در اراضی آبیاری شده با فاضلاب شهری توسط ملاحسینی (۱۳۸۰) و(Golovatiy and Savchenk,2002) نیز گزارش شده است.همچنین توسط (Carrillo and Cajuste, 1992)افزایش غلظت کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در اراضی زیرآبیاری با فاضلاب شهری به ۲ برابر افزایش یافت و در بنگلادش نیز میزان کادمیوم و نیکل در خاک تا ۱۰ برابر بیشتر از شاهد بود (Kashen and Singh, 2001).

جدول‌شمارهٔ(۳): مقادیر کادمیوم، سرب، نیکل و کروم (کل و قابل جذب) در خاک (۰ تا ۱۵ سانتیمتری)اراضی مورد بررسی

عناصر	منطقهٔ ۱				منطقهٔ ۲			
	قابل جذب		کل		قابل جذب		کل	
	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار
کادمیوم	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۵۳	۱/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۵۱	۰/۷۴
سرب	۲/۱۶	۲/۴۵	۴۲/۵	۴۵/۴	۲/۵۲	۳/۳۱	۳۸/۹	۴۴/۱
نیکل	۰/۶۴	۱/۱۵	۴۵/۴	۴۹/۵	۰/۶۶	۱/۰۶	۳۹/۱	۴۵/۵
کروم	۰/۰۷	۰/۱۷	۵۳/۶	۶۶/۷	۰/۱۰	۰/۱۶	۴۷/۸	۹۸/۱

بین ظرفیت تبادل کاتیونی ، pH و عناصر سنگین (کل) تجمع یافته در افق سطح الارض همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. اما با افزایش مقدار آهک و مواد آلی، میزان سرب کل تجمع یافته در خاک افزایش یافته است($r=0/761^{*}$ و $r=0/775^{*}$). سایر عناصر با مقدار آهک و مواد آلی همبستگی مثبت معنی داری نشان نداده اند(جدول‌شمارهٔ ۴).

جذب و تجمع بیشتر عناصر سنگین در خاک در حضور آهک و مواد آلی توسط Cavallaro و Mebride (1978) نیز گزارش شد. ضمناً به دلیل عدم تمایل عناصر سنگین به جذب توسط سیلیکات‌های لایه ای، میزان کادمیوم، سرب، نیکل و کروم تجمع یافته افزایش چشمگیری‌نیافتند(Hickey and Kittrick, 1994). کادمیوم موجود در خاک با نیکل و کروم کل همبستگی مثبت معنی داری نشان داد($r=0/726^{*}$) و با افزایش میزان کادمیوم، مقدار نیکل و کروم تجمع یافته افزایش نشان داد. درضمن‌با افزایش نیکل کل خاک، مقدار کروم کل خاک نیز افزایش یافت (جدول شمارهٔ۴).

جدول شمارهٔ(۴): همبستگی بین خصوصیات خاک و عناصر سنگین با یکدیگر

	کادمیوم	سرب	نیکل	کروم
ظرفیت تبادل کاتیونی	+۰/۱۵۱	−۰/۰۶۹	−۰/۰۶۹	+۰/۲۵۲
pH	−۰/۱۲۳	−۰/۳۸۱	−۰/۱۱۳	−۰/۰۵۰
مقدار آهک	−۰/۳۷۷	+۰/۷۶۱*	−۰/۲۳۰	−۰/۰۴۴
مواد آلی	−۰/۳۶۸	+۰/۷۷۵*	−۰/۱۷۶	−۰/۱۲۲
رس	+۰/۴۸۹	−۰/۴۸۶	+۰/۱۲۳	+۰/۲۲۶
کادمیوم	۱/۰۰۰	−۰/۱۵۱	+۰/۸۹۵**	+۰/۷۲۶*
سرب		۱/۰۰۰	+۰/۰۷۱	−۰/۱۶۳
کروم			۱/۰۰۰	−۰/۷۰۵*

** معنی دار درسطح یک درصد * معنی دار در سطح پنج درصد

میزان کادمیوم موجود در ریشهٔ برنج، اسفناج و علف هرز بیشتر از اندام هوایی و دانه برنج بوده است. در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری، میزان کادمیوم در ریشه ۲ برابر و اندام هوایی برنج تا ۶ برابر افزایش یافت (منطقه ۲).

به‌دلیل تحرک کم عناصر سنگین، میزان تجمع این عناصر در ریشه گیاهان بیشتر است(Cavallaro and Mebride, 1978).درضمن شریعتی و همکاران(۱۳۶۸) نیز افزایش تجمع عناصر سنگین در ریشه ، ساقه و دانه گیاهان در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری جنوب تهران را اندازه گیری کردند. این افزایش در اندام هوایی اسفناج و علف هرز کمتر بوده است. در دانهٔ برنج، میزان کادمیوم تجمع یافته به ۰/۱۳ میکرو گرم در گرم رسیده که نسبت به شاهد تا ۱۳ برابر افزایش نشان می دهد (جدول شمارهٔ ۵).

مقدار سرب تجمع یافته در ریشه برنج بدلیل انتقال کم سرب به اندام هوائی و دانه (عبادی و همکاران، ۱۳۸۴ ;Mirele et al., 2004 Yediler et al., 1992 ,) بیشتر از اندام هوایی و دانه برنج بود.بنابراین در ریشه برنج کشت شده در منطقه ۲ به قریب ۴۸/۹۶میکرو گرم در گرم رسید که در مقایسه با شاهد سه برابر افزایش یافته است. در اندام هوایی برنج و علف هرز که مورد استفاده دام ها قرار می‌گیرد میزان سرب تجمع یافته افزایش چشمگیری نشان داده و میزان آن در اندام هوایی برنج در منطقهٔ ۲ از ۲/۷۶ در شاهد به ۱۲/۷ میکرو گرم در گرم در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری افزایش یافته است.

اما در اندام هوایی اسفناج میزان سرب تجمع یافته چندین برابر میزان آن در ریشه (قریب ۱۲ برابر) بوده که نشان دهنده جذب و انتقال بیشتر سرب در اسفناج نسبت به سایر گیاهان تحت کشت‌است.

همچنین در اندام هوایی علف هرز نیز میزان تجمع سرب بیشتر از ریشه بوده است (جدول‌شمارهٔ ۵). در دانهٔ برنج میزان سرب تجمع یافته از ۰/۵ به ۱/۶ میکرو گرم در گرم (در منطقه ۲) افزایش یافت. تجمع قابل توجه سرب در اندام هوایی اسفناج و دانه برنج که عموماً مورد استفاده انسان است‌تقریباً نگران کننده است و نیاز به بررسی بیشتر دارد.

جدول شمارهٔ(۵): مقدار کادمیوم، سرب، نیکل و کروم (میکرو گرم در گرم) در ریشه، اندام هوایی و دانه محصولات زراعی مورد بررسی

		کادمیوم		سرب		نیکل		کروم	
		شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار
برنج (منطقه ۱)	ریشه	۱/۶۰	۲/۱۰	۳۰/۴۰	۳۰/۸	۲۱/۱۰	۲۸/۳۰	۲۲/۱۰	۳۵/۶۰
	اندام هوایی	۰/۴۰	۱/۳۰	۳/۵۰	۱۱/۲	۵/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۰	۱۲/۸۰
	دانه	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۳۲	۰/۶۴	۰/۵۶	۱/۱۷	۲/۶۰	۳/۱۰
اسفناج (منطقه ۱)	ریشه	۰/۰۱	۰/۶۰	۰/۹۱	۱/۵۷	۲/۸۷	۳/۷۹	۱۱/۵۰	۱۲/۴۰
	اندام هوایی	۰/۸۳	۱/۱۶	۱۷/۰۰	۱۹/۳	۴/۰۰	۴/۵۰	۰/۰۱	۰/۳۰
برنج (منطقه ۲)	ریشه	۰/۷۷	۱/۶۲	۱۳/۸۷	۴۸/۹۶	۱۶/۴	۲۵/۱۰	۲۳/۱۰	۴۷/۹۰
	اندام هوایی	۰/۱۰	۰/۶۰	۲/۷۶	۱۲/۷۰	۳/۶۷	۸/۶۷	۱۰/۳۳	۲۲/۳۳
	دانه	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۵۰	۱/۶۰	۰/۵۴	۱/۱۳	۲/۲۶	۳/۰۲
علف هرز (منطقه ۲)	ریشه	۰/۶۱	۱/۴۶	۱/۳۲	۶/۲۷	۲/۳۰	۱۵/۳۰	۶/۲۰	۲۱/۸۰
	اندام هوایی	۱/۰۰	۱/۷۶	۴/۰۳	۶/۷۰	۳/۲۰	۵/۰۰	۳/۳۰	۵/۲۰

در دانهٔ برنج میزان نیکل تجمع یافته کمتر از اندام هوایی و ریشه برنج و همچنین اندام هوایی و ریشه اسفناج و علف هرز بود. در ریشه علف هرز روئیده شده در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری میزان نیکل تجمع یافته قریب ۷ برابر نسبت به شاهد بود، اما در اسفناج و برنج افزایش خیلی کمتر و تقریباً ۱/۵ برابر بوده است.میزان نیکل تجمع یافته در دانه برنج در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری به قریب ۲ برابر افزایش یافت (۱/۱۷ میکرو گرم در گرم).میزان کروم جذب شده در ریشه گیاه برنج بیشتر از ریشهٔ اسفناج و علف هرز بود (شاهد و تیمار) و در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری، میزان کروم تجمع یافته در ریشهٔ برنج به ۴۷/۹ میکرو گرم در گرم افزایش یافت (نسبت به شاهد تقریباً ۲ برابر شده است). در اندام هوایی برنج، میزان تجمع کروم در شاهد ۸/۸ و ۱۰/۳۳ میکرو گرم در گرم به ترتیب در مناطق ۱ و ۲ بوده است. اما در اراضی تحت تأثیرفاضلاب شهری به‌ترتیب به ۱۲/۸ و ۲۲/۳۳ میکرو گرم در گرم افزایش یافت (جدول‌شمارهٔ ۵).تجمع و افزایش میزان کروم در ریشهٔ اسفناج قریب ۱۱/۵ میکرو گرم در گرم و در اندام هوایی آن بسیار کم بوده است. اما در علف هرز میزان کروم تجمع یافته در ریشه از ۶/۲ به ۲۱/۸ میکرو گرم در گرم و در اندام هوایی از ۳/۳ به ۵/۲ میکرو گرم در گرم افزایش یافت (جدول شمارهٔ۵).ضریب انتقال سرب، کادمیوم، نیکل و کروم به دانهٔ برنج به ترتیب افزایش یافت. اما در اندام هوایی اسفناج میزان انتقال کروم، نیکل، سرب و کادمیوم به ترتیب افزایش نشان داده است (جدول‌شمارهٔ ۶).

جدول‌شمارهٔ(۶): ضریب انتقال فلزات سنگین از خاک به دانه برنج و اندام هوایی اسفناج

	کادمیوم		سرب		نیکل		کروم	
	C	T	C	T	C	T	C	T
دانهٔ برنج								
منطقهٔ ۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۴۸	۰/۰۶۴
منطقهٔ۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱
اندام هوایی اسفناج								
منطقهٔ ۱	۰/۶۳۸	۰/۷۳۷	۰/۴۰۰	۰/۴۶۴	۰/۰۸۷	۰/۰۹۵	۰/۰۱۸	۰/۰۵۷
منطقهٔ ۲	۱/۹۶۰	۲/۰۵۵	۰/۱۲۹	۰/۱۵۰	۰/۱۰۷	۰/۱۰۲	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰

C =اراضی که تحت تأثیر فاضلاب شهری قرار نگرفتند T=اراضی‌که تحت تأثیر فاضلاب شهری قرار گرفتند

نتیجه گیری

کاربرد فاضلاب شهری در آب آبیاری موجب افزایش مقادیر کادمیوم، نیکل، سرب و کروم در خاک شد. میزان تجمع کروم بیشتر از سایر عناصر بود.

همچنین به‌دلیل وجود آهک، واکنش خنثی، مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی مناسب، میزان عناصر کل بالا بوده ولی میزان قابل جذب چندان بالا نبوده است.ضمناً به‌دلیل تحرک کم این عناصر میزان آن در ریشه بیشتر از اندام هوایی و دانه بود. به‌علاوه در اراضی تحت تأثیر فاضلاب شهری میزان تجمع عناصر سنگین دراندام هوایی و دانه افزایش یافته و در برخی موارد تا ۷ برابر شده است. انتقال سرب، کادمیوم، نیکل و کروم به ترتیب به دانه برنج کاهش یافت.

بنابراین در خاک‌های آهکی با ظرفیت تبادل کاتیونی و مواد آلی متوسط، میزان تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاهان در حد سمیت نبود اما استمرار این عمل ممکن است موجب افزایش بیشتر عناصر سنگین تا حد سمیت در خاک و گیاهان شد.بنابراین بررسی بیشتر و دقیق‌تر مورد پیشنهاد است.

منابع مورد استفاده

شریعتی م. ر. فرشی. ر. و گرکانی نژاد. ص. ۱۳۶۸. بررسی غلظت فلزات سنگین در محصولات کشاورزی و اراضی زراعی جنوب تهران. مجله خاک و آب، جلد ۵ شماره ۳ ص ۲۶۰ تا ۲۸۷.

شیرین فکر، ا. ، کاووسی، م.و محبوب خمامی، ع. ۱۳۸۰، روند تغییرات غلظت فلزات سنگین در برنج با توجه به فاصله از منابع آلودگی. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۷-۴ شهریور - شهرکرد.

عبادی، ف.، اسماعیل ساری، ع.و ریاحی بختیاری، ع.ر. ۱۳۸۴، میزان و نحوه تغییرات فلزات سنگین و اندام های گیاهان آبزی و رسوبات تالاب میانکاله. مجله محیط شناسی، شماره ۳۷، بهار ص ۵۳ تا ۷۴.

ملاحسینی، ح. ۱۳۸۰، بررسی شدت آلودگی خاک‌ها و گیاهان تحت آبیاری با فاضلاب به عناصر سنگین. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۷-۴ شهریور – شهرکرد.

Al Enezi, G., Hamoda, M. F. , Fawzi, N. 2004. Heavy metals content of municipal wastewater and sludges in Kuwait. Journal of Environmental Science and Health. A 39: 2, 397-407.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists, 15th. Arlington, VA.

Baker, D. E., Amacher, M. C.1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. In Methods of soil analysis, eds. A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, 323-336. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin.

Carrillo, G. R., Cajuste, L. J.1992. Heavy metals in soils and alfalfa (Medicago sativa L.) irrigated with three sources of wastewater. Journal of Environmental Science and Health. 27: 7, 1771-1783.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Cavallaro, N., Mebride, M. B.1978. Copper and cadmium adsorption characteristics of selected acid and calcareous soils. Soil Science Society of American journal 42: 550-555.

Elfattah, A. A., Wada, K. J.1981. Adsorption of lead, copper, zinc, cobalt and cadmium by soils that differ in Cation exchange materials. Journal of Soil Science. 32: 271-283.

Golovatiy, S., Savchenk, S.2002. Heavy metals as contaminants of agricultural lands of Belarus. 17th World Congress Soil Sci. Bangkok, Thailand. August 14-21.

Hickey, M. G., Kittrick, J. A.1984. Chemical partitioning of cadmium, copper, nickel and zinc in soils and sediments containing high levels of heavy metals Journal of Environmental Quality. 13: 372-386.

.

John, M. K.1972. Cadmium adsorption maxima of soil as measured by the Longmuir isotherm. Canadian Journal of Soil Science. 52: 343-349.

Kabata-pendia A., Pendia, H.2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton London, New Yourk, Washington, D.C., 413 pp.

Kimberly, M. F. H., William, H.1999. Trace metals in Montreal urban soils and the leaves of Teraxacum officinale. Can. J. Soil Sci. 79, 385-387.

Lindsay, W. L., Norvell, W. A.1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Journal. 42: 421-428.

Mireles, A.,et al. 2004. Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico city. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 219-220: 187-190.

Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. In Methods of Soil Analysis, eds. A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, 181-198. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin.

Qingren, W.,et al. 2001. Instances of soil and crop heavy metal contamination in China. Soil and Sediment Contamination.10: 5, 497-510.

Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. In Methods of Soil Analysis, eds. A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, 149-158. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin.

Smith, S. R. 1996. Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. CAB International, Walling ford, UK, 382pp.

Yadav, R. K.,et al. 2002. Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water – A case study. Environment International. 28: 481-486.

Yediler, A.,et al.1994. Fate of heavy metals in a land treatment system irrigated with municipal wastewater. Chemosphere, 28(2): 375-381.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی