



پراکنش کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در شهرهای صنعتی استان اصفهان و ورود آن به زنجیره غذایی انسان

آناهیتا مرادی^۱، ناصر هنرجو^۲

^۱ دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، ^۲ استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

چکیده

افزایش جمعیت در اجتماعات شهری و گسترش صنایع، موجب حضور آلاینده ها در محیط زیست گردیده است. در استان اصفهان که یکی از آلوده ترین استانهای صنعتی ایران است و از نظر غلظت مواد سمی و خطرناک رتبه بالایی را در کشور دارد تحقیقی بر احتمال آلودگی خاک و محصولات زراعی مختلف به کادمیوم و ورود آن به زنجیره غذایی در شهرهای صنعتی انجام گردید.

واژه های کلیدی: آلاینده، خاک، محصولات کشاورزی، زنجیره غذایی

مقدمه

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 می سازد (مارکرت، ۱۹۹۳). از عوارض نامطلوب کادمیوم در بدن می توان به اسهال، شکم درد و استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، آسیب به سیستم ایمنی، ناهنجاری های روانی و آسیب احتمالی به DNA اشاره کرد (برلین، ۱۹۸۵).

مواد و روشها:

دو شهر صنعتی اصفهان مبارکه و زرین شهر همچنین نطنز به عنوان شهری دور از صنعت و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ۲۷ نمونه خاک سطحی عمق (۲۵-۰ سانتیمتری) تحت کشت هر محصول از سه مزرعه متفاوت در هر شهر بدست آمد. ۱۸ نمونه محصول زراعی گندم و برنج و از هر زمین پیاز با ۳ تکرار مجموعاً ۲۷ نمونه پیاز بدست آمد. ۱ گرم از نمونه خاک و مقدار ۱۰ میلی لیتر اسیدنیتریک ۴ مولار را به روش (بکر و آماچر، ۱۹۸۲) هضم کرده و بعد از به حجم رساندن عصاره عنصر کادمیوم توسط دستگاه پراکین المر اندازه گیری گردید همچنین مقدار ۲ گرم از هر نمونه خشک شده و آسیاب شده را به روش (کمپبل و پلنک، ۱۹۹۸) هضم کرده و بعد از به حجم رساندن عصاره این عنصر توسط دستگاه پراکین المر اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث

مقایسه غلظت کادمیوم در خاک مناطق مورد مطالعه

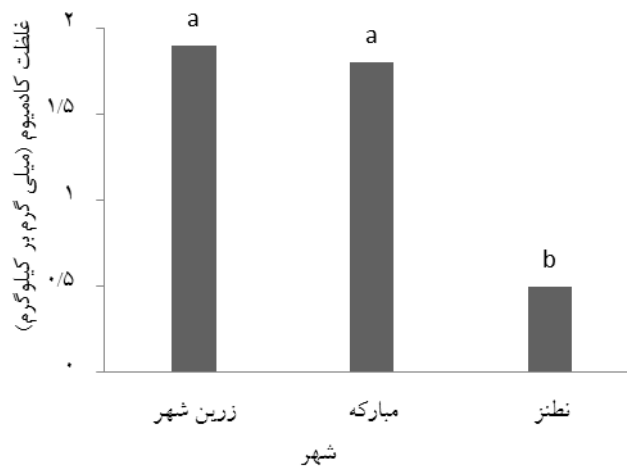
نتایج تجزیه واریانس داده ها (ANOVA) نشان داد که اثر تیمار شهر بر مقدار کادمیوم در خاک در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار است که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس کادمیوم در خاک های تحت کشت سه گیاه گندم، برنج و پیاز در سه شهر زرین شهر، مبارکه و نطنز

درجه آزادی	مجموع مربعات سرب	منابع تغییرات
۲	۳/۲۵***	شهر
۲	۰/۲۱**	گیاه
۴	۰/۰۱	شهر×گیاه
۸	۰/۱۵	خطا

*, **, و *** به ترتیب نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ می باشد.

آزمون دانکن نشان داد که تفاوتی بین میانگین غلظت کادمیوم موجود در خاک شهرهای مبارکه و زرین شهر وجود ندارد ولی این دو شهر با شهر نطنز از نظر غلظت کادمیوم در خاک تفاوت معنی داری دارند شکل (۱).



شکل ۱ - غلظت کادمیوم در خاک های مورد مطالعه

در بررسی میانگین غلظت کادمیوم در خاک این سه شهر و مقایسه آن با خاکهای جهان میانگین غلظت کادمیوم در خاک محصولات زراعی زرین شهر ۱/۹ میلی گرم بر کیلوگرم و در مبارکه ۱/۸ میلی گرم بر کیلوگرم است. غلظت این عنصر در خاک نطنز ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. میانگین غلظت کادمیوم در هر یک از این سه شهر از میانگین غلظت جهانی (۰/۳۵) میلی گرم بر کیلوگرم بالاتر است (بوون، ۱۹۷۹). غلظت این عنصر در خاک مبارکه و زرین شهر بیش از ۳/۵ برابر غلظت این عنصر در خاکهای نطنز می باشد که نشان دهنده اثر محلی است.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در محصولات زراعی مناطق مورد مطالعه

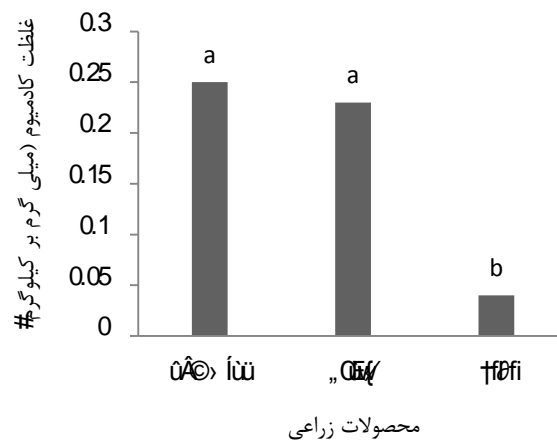
نتایج جدول تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که اثر تیمار شهر بر مقدار یا غلظت کادمیوم در گیاه در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار است، همچنین اثر تیمار گیاهی بر غلظت کادمیوم در گیاه در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار است، در ضمن اثر متقابل شهر و گیاه معنی دار نیست که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مقادیر کادمیوم در سه گیاه گندم، برنج و پیاز در سه شهر زرین شهر، مبارکه و نطنز

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی
شهر	۰/۰۴***	۲
گیاه	۰/۰۵۶***	۲
شهر×گیاه	۰/۰۰۱	۴
خطا	۰/۰۰۱	۸

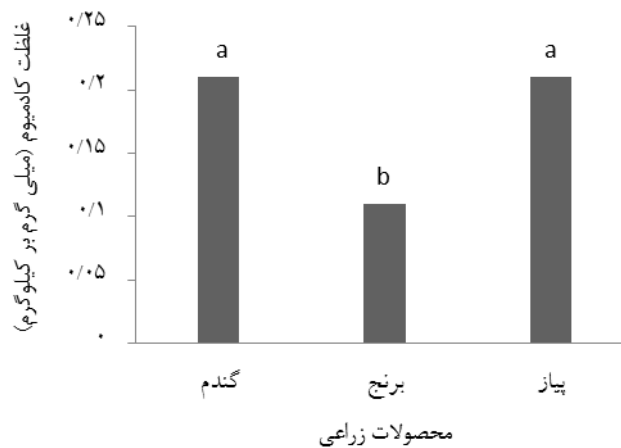
*** نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۰/۰۰۱ می باشد

آزمون دانکن نشان داد که تفاوتی بین میانگین غلظت کادمیوم موجود در محصولات زراعی شهرهای مبارکه و زرین شهر وجود ندارد ولی این میانگین ها با شهر نطنز اختلاف معنی داری دارند شکل (۲).



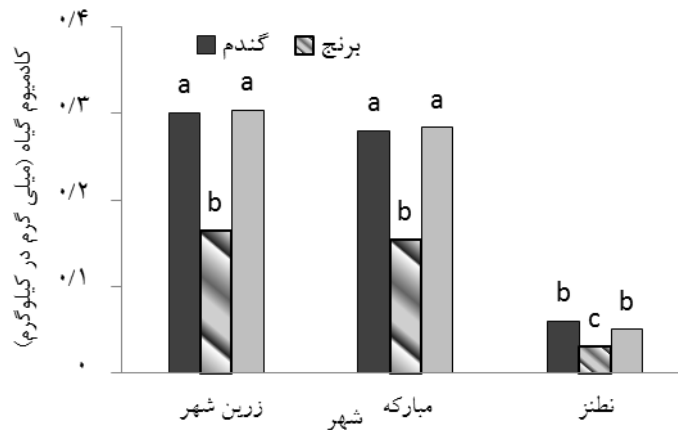
شکل ۲- غلظت کادمیوم در گیاهان سه شهر مورد مطالعه

همچنین آزمون دانکن نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم در گندم و پیاز بیشتر از برنج است شکل (۳).



شکل ۳- غلظت کادمیوم در گیاهان مورد مطالعه

در ضمن اثر متقابل شهر در گیاه بر غلظت کادمیوم در گیاه مؤثر نیست شکل (۴).



شکل ۴- اثر متقابل شهر و گیاه بر غلظت کادمیوم

مقایسه غلظت فلزات سنگین محصولات زراعی مناطق مورد مطالعه با استانداردهای جهانی

گندم

در بررسی میانگین غلظت کادمیوم در محصول گندم این سه شهر نسبت به استاندارد کادمیوم در دانه گندم ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم WHO (۱۹۹۳) غلظت کادمیوم در محصول گندم زرین شهر ۰/۳۱ میلی گرم در کیلوگرم و در مبارکه ۰/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم و در گندم نطنز ۰/۰۶ میلی گرم در کیلوگرم بود که در دو شهر زرین شهر و مبارکه نسبت به استاندارد بسیار بالاتر است و در نطنز پایین تر از استاندارد می باشد.

برنج

در بررسی انجام شده میانگین غلظت کادمیوم در محصول برنج این سه شهر نسبت به استاندارد کادمیوم در برنج ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم WHO (۱۹۹۳) و استاندارد ملی ۰/۰۶ میلی گرم در کیلوگرم Standard National (۱۳۹۰) غلظت کادمیوم در برنج زرین شهر ۰/۱۷ میلی گرم در کیلوگرم و در مبارکه ۰/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم بدست آمد که نسبت به هر دو استاندارد بسیار بالاتر است و میانگین غلظت کادمیوم در برنج نطنز ۰/۰۳ میلی گرم در کیلوگرم بود که از دو استاندارد ذکر شده پایین تر می باشد.

پیاز

در بررسی میانگین غلظت کادمیوم در محصول پیاز این سه شهر نسبت به استاندارد ملی کادمیوم در پیاز ۰/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم National Standard (۱۳۹۰) میانگین غلظت کادمیوم در پیاز زرین شهر ۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم و در مبارکه ۰/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم و در نطنز ۰/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم است که غلظت کادمیوم در محصول پیاز دو شهر زرین شهر و مبارکه نسبت به استاندارد ملی کادمیوم در پیاز بسیار بالاتر و بیش از ۵ برابر است.

ارتباط و همبستگی جذب عناصر بین خاک و گیاه

همبستگی بین مقادیر عناصر جزئی در گیاه با مقادیر این عناصر در خاک مورد کشت، از طریق محاسبه ضریب پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعات نشان داد ضریب همبستگی بین کادمیوم خاک و گیاه 0.813^{**} می باشد که نشان دهنده این است که بین کادمیوم گیاه با کادمیوم موجود در خاک در سطح ۱ درصد همبستگی وجود دارد. به این معنی که به احتمال ۹۹ درصد گیاه کادمیوم خود را از خاک جذب نموده است..

ارزیابی ورود مواد شیمیایی از طریق خوردن

برای محاسبه میزان جذب و احتمال خطرپذیری افراد به بیماریهای غیرسرطانی از فرمول ارائه شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا، USEPA (۲۰۰۰) و برای افراد با سن ۳۰ سال و وزن ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است که نتایج در جدول شماره ۳ دیده میشود.

$$EDI = C * IR * EF * ED * AF * CF / (BW * AT)$$

جدول ۳- میزان ورود روزانه کادمیوم به بدن انسان در شهرهای مورد مطالعه (میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن)

نظنز	مبارکه	زرین شهر	
۰/۲۷	۱/۲۴	۱/۳۷	گندم
۰/۰۹	۰/۴۷	۰/۵۳	برنج
۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۱۸	پیاز
۰/۳۹	۱/۸۷	۲/۰۸	جمع
۱	۱	۱	استاندارد

الف-زرین شهر

در بررسی ورود کادمیوم به بدن از طریق مصرف محصولات زراعی در شهر زرین شهر با مصرف گندم، برنج و پیاز روزانه 0.118 و $0.53/37$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن کادمیوم وارد بدن میشود. میزان مجاز ورود کادمیوم به بدن بر طبق استاندارد جهانی WHO (۱۹۹۳) روزانه ۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن می باشد که با مصرف این سه محصول در روز $2/08$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن کادمیوم یعنی ۲ برابر حد استاندارد کادمیوم روزانه به بدن وارد میشود.

ب- مبارکه

در بررسی ورود عناصر سنگین به بدن از طریق مصرف محصولات زراعی در شهر مبارکه با مصرف گندم، برنج و پیاز روزانه $1/24$ ، $0/47$ و $0/16$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن کادمیوم وارد بدن میشود که در مقایسه با استاندارد جهانی WHO (۱۹۹۳) در روز ۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن می باشد که با مصرف این سه محصول روزانه $1/87$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن یعنی $1/8$ برابر حد استاندارد کادمیوم به بدن وارد میشود.

پ- نظنز

در بررسی ورود عناصر سنگین به بدن از طریق مصرف محصولات زراعی در شهر نظنز با مصرف گندم، برنج و پیاز روزانه $0/27$ ، $0/09$ و $0/03$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن کادمیوم وارد بدن میشود. میزان مجاز ورود کادمیوم به بدن بر طبق



استاندارد جهانی WHO (۱۹۹۳) روزانه ۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن می باشد که با مصرف این سه محصول در روز در نطنز ۰/۳۹ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن کادمیوم به بدن وارد میشود.

منابع

استاندارد ملی Available from: [http:// www.isiri.org](http://www.isiri.org)

- Baker, D.E. and M.C.Amacher. 1982. Nickel, Copper, Zinc and Cadmium. PP. 323- 334. In: A.L. Page, R.H. Millers and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2
- Berlin M. 1985. Editors Handbook of the Toxicology of Metals, V.2, 2nd ed. London, Elsevier Science Publishers B.V. 376-405.
- Bowen, H. J. M. 1979, The Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London, New York.
- Campbell, C.R. and C.O. Plank. 1998. Preparation of plant tissue for laboratory analysis. p37-49.
- FAO/WHO (1993). Food Additives and Contaminants. Joints FAO/WHO.
- Markert B. 1993. Plant as biomonitors/ indicators for heavy metals in the terrestrial environment weinheim VCH, press: 670.
- USEPA.2000. Risk-Based Concentration Table. Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC, USA.

Abstract

Population increase in urban society and industrial development causes pollutant accumulation in environment. Isfahan state is one of the most polluted cities in Iran, in regard to values of poisonous materials which has a high grade in Iran study of pollution probability of soil and crops with Cd and its entrance in food chain of industrial regions.

Key word: pollutant, soil, crops, food chain