ارزیابی خطرات فلزات سنگین در خاک‌های شالیزار و بافت‌های گیاه برنج

نرگس همتی متین، محسن جلالی
دانشجوی مقطع دکتری و استاد گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

در این مطالعه به بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین در خاک‌های شالیزار، دانه، شلتوک و ساقه برنج پرداختیم. غلظت‌های فلزات سنگین قابل استخراج توسط DTPA و پارامترهای تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک‌ها بررسی شدند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت کل روی و مس با غلظت قابل عصاره‌گیری آن‌ها با DTPA مشاهده شد. غلظت کادمیوم و آهن قابل استخراج توسط DTPA، همبستگی مثبت و معنی‌داری با ماده آلی و همبستگی منفی و معنی‌داری با کربنات کلسیم معادل نشان داد. فاکتور انتقال فلزات سنگین از خاک به گیاه به ترتیب Ni > Cu > Zn > Mn > Cd > Fe کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقادیر جذب روزانه (DI) فلزات سنگین به ترتیب برای آهن (۶۸۰/۷) و کادمیوم (۰/۷۸) میکرو گرم بر کیلوگرم در روز بودند. بنابراین، مس، آهن، منگنز و روی در خاک و کادمیوم و نیکل در گیاهان نقش بسیار مهمی در سلامت عمومی ایفا می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، فاکتور انتقال، جذب روزانه، برنج، خاک شالیزار

مقدمه

در بسیاری از تحقیقات مشاهده شده است که بعضی گونه‌های گیاهی دارای تحمل بسیار زیادی به مقادیر معمول فلزات سنگین و ترکیبات سمی دیگر دارند (راسکین و انسلی، ۲۰۰۰؛ بلیلاک و هوآنگ، ۲۰۰۰). برنج (*Oryza Sativa*) متعلق به خانواده گندمیان است و سهم عمده‌ای در تغذیه ساکنان کشورهای آسیائی دارد. برنج سومین غذای غالب گیاهی در جهان است که نقش مهمی در تغذیه بشر بازی می‌کند (آکسو و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین، مهمترین غذای بیش از نصف جمعیت جهان به شمار می‌آید (سیاهاریزا و همکاران، ۲۰۱۳). از طرف دیگر، مصرف روزانه برنج در کشورهای آسیایی به بیش از ۰/۵ کیلوگرم (به ازای وزن خشک) برای هر نفر می‌باشد (زاوالا و دوکسبری، ۲۰۰۸). مطالعات بسیاری برای ارزیابی غلظت فلزات سنگین در برنج در سراسر جهان انجام شده است (ژوآنگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ سولیدوم و همکاران، ۲۰۱۲).

بعد از گندم، برنج غذای اصلی در ایران به حساب می‌آید و حدود ۴۱ کیلوگرم در هر سال مورد استفاده قرار می‌گیرد (موسسه تحقیقاتی برنج ایران، ۲۰۰۸). بنابراین، غلظت‌های فلزات سنگین در برنج مشکل جدی برای مردم محسوب می‌شود، چراکه غذای روزانه دائمی است. مردم ممکن است در طولانی مدت به سبب مصرف روزانه برنج حاوی عناصر سنگین در معرض بیماری قرار گیرند (یانگ و همکاران، ۲۰۰۴). اطلاعات کمی درباره شرایط تغذیه‌ای برنج تولید شده در خاک‌های ایران با توجه به ریز مغذی‌ها در دسترس است (پیرزاده و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلاحی و همکاران، ۲۰۱۰).

بنابراین، در این مطالعه ۱) توزیع فلزات سنگین در خاک‌های شالیزار ایران، ۲) بررسی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف گیاه برنج، ۳) فاکتور انتقال (TF) و جذب روزانه (DI) فلزات سنگین از خاک‌ها به بافت‌های گیاه برنج، مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این بررسی در امتداد دریاچه خزر، که منطقه مهمی از لحاظ تولید برنج در ایران به حساب می‌آید، انجام شد. این منطقه بین طول جغرافیائی ′49°47 و ′49°48 عرض جغرافیائی ′37°14 و 38°16′N قرار دارد. تعداد نمونه‌های خاک و گیاه بعد از هوا خشک کردن از الک دو میلی متری عبور داده شدند. در نمونه‌های گیاهی برداشت شده، ابتدا ساقه، شلتوک و دانه‌های برنج جدا شدند و سپس با آب مقطر شسته شدند. در نهایت، در دمای ۸۰ درجه در آون خشک و پودر شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با

روش‌های معمول آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند. فاکتور انتقال (TF) فلزات سنگین مطالعه شده از خاک به گیاه توسط فرمول زیر محاسبه شده است (سوی و همکاران، ۲۰۰۴) (غلظت‌ها براحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد):

$$\text{فاکتور انتقال} = \frac{\text{غلظت فلزات سنگین در بافت های گیاهی}}{\text{غلظت فلزات سنگین در خاک}} \quad (۱)$$

تخمین مقدار جذب روزانه (DI) فلزات سنگین توسط انسان، که مقدار آن بایستی کمتر از ۱ باشد، به شرح زیر است:

$$DI = \frac{C \times Con \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (۲)$$

(DI) جذب روزانه (میکرو گرم بر کیلوگرم بر روز)، (C) غلظت فلزات سنگین در برنج (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، (Con) میانگین مصرف روزانه برنج در ناحیه (گرم هر فرد در هر روز)، (EF) بیشترین زمان در معرض قرار گرفتن (۳۶۵ روز در سال)، (ED) مدت در معرض قرار گرفتن (۷۰ سال به عنوان میانگین زمان زندگی)، (AT) زمان میانگین (۳۶۵ روز در طی هفتاد سال وزن بدن (۶۰ کیلوگرم).

نتایج و بحث

خصوصیات خاک

مقدار میانگین ماده آلی محلول، کربنات کلسیم معادل، پی‌اچ، هدایت الکتریکی، بافت و غلظت کل فسفر و فسفر السن در جدول ۱ نشان داده شده است. ماده آلی محلول از ۱/۱ تا ۵/۷ درصد و میانگین پی‌اچ و هدایت الکتریکی به ترتیب ۷/۰ و ۰/۷ دسی زیمنس بر متر بودند.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیائی نمونه خاک‌های شالیزار

خصوصیات	حداقل	حداکثر	میانگین ± انحراف استاندارد
پی‌اچ (۱:۵)	۶/۵	۷/۶	۷/۰±۰/۳
هدایت الکتریکی (۱:۵) (دسی زیمنس بر متر)	۰/۳	۱/۴	۰/۷±۰/۲
کربنات کلسیم معادل (٪)	۲/۳	۱۹/۸	۱۰/۸±۴/۶
ماده آلی خاک (٪)	۱/۱	۵/۷	۳/۷±۱/۲
شن (٪)	۳۵/۵	۶۴/۶	۴۹/۶±۶/۱
رس (٪)	۱۱/۴	۳۷/۴	۲۶/۳±۶/۰

غلظت کل و قابل عصاره‌گیری با DTPA فلزات سنگین

غلظت‌های کل و قابل عصاره‌گیری با DTPA فلزات سنگین (کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب و روی) در خاک‌های شالیزار در جدول ۲ نشان داده شده است. در تمام خاک‌ها، غلظت کل کادمیوم، آهن، منگنز و نیکل بسیار بیشتر از مقادیر عصاره‌گیری شده این فلزات با DTPA بود. بیش از ۵۰ درصد مس و ۲۰ درصد از روی کل با DTPA قابل عصاره‌گیری است. تمام خاک‌ها با مس و روی آلوده بودند، به این ترتیب که مقدار مس و روی قابل عصاره‌گیری با DTPA به ترتیب بیش از ۰/۳ و ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که بیشتر از غلظت‌های بحرانی مس و روی در خاک‌های شالیزار می‌باشند (دوبرمن و فایرهورست، ۲۰۰۰). مشابه با نتایج ما، آیدینالپ و کریسر (۲۰۰۹) پی بردند که در خاک‌های شالیزار چین، ۶۴ -۳۹ درصد از مس کل و ۵۱ -۲۹ درصد از روی کل در جزء قابل تبادل قرار دارد. غلظت میانگین آهن عصاره‌گیری شده با DTPA در خاک‌ها، ۹۷/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که خیلی بیشتر از غلظت بحرانی (۴ تا ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) آهن می‌باشد (دوبرمن و فایرهورست، ۲۰۰۰). غلظت نیکل کل و قابل عصاره‌گیری با DTPA به ترتیب ۳۰/۹ تا ۷۲/۳ و ۰/۹ تا ۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. مقادیر زیاد نیکل در خاک منجر به تغییرات فیزیولوژیکی و نشانه‌های سمیت مثل زرد شدن در گیاه برنج می‌شود (سامانتارای و همکاران، ۱۹۹۷).

جدول ۲. غلظت فلزات سنگین کل و قابل عصاره‌گیری با DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

فلزات سنگین		میانگین غلظت کل ± انحراف استاندارد	حداکثر	حداقل	درصد فلزات سنگین عصاره-گیری شده با DTPA
کادمیوم					۴/۶
	DTPA	۰/۳±۰/۱	۰/۴	۰/۲	
	کل	۷/۰±۰/۷	۸/۴	۵/۴	
مس					۵۵/۶
	DTPA	۱۴/۱±۲/۷	۲۳/۶	۹/۰	
	کل	۲۶/۳±۶/۶	۵۰/۹	۱۷/۰	
آهن					۰/۵
	DTPA	۹۷/۳±۳۴/۱	۲۰۵/۹	۴۲/۶	
	کل	۲۰۷۲۸/۸±۴۲۹۷/۹	۳۵۷۸۳/۵	۱۲۳۴/۵	
منگنز					۴/۳
	DTPA	۶۴/۳±۲۶/۶	۱۲۴/۹	۱۹/۰	
	کل	۱۵۱۶/۷±۲۳۶/۱	۲۱۴۹/۵	۱۱۱۵/۷	
نیکل					۳/۹
	DTPA	۱/۷±۰/۳	۲/۴	۰/۹	
	کل	۴۳/۸±۸/۹	۷۲/۳	۳۱/۰	
روی					۲۹/۰
	DTPA	۵۶/۲±۴۶/۱	۲۹۳/۹	۱۱/۷	
	کل	۲۱۱/۲±۱۳۳/۳	۶۹۰/۴	۷۸/۵	

همبستگی بین فلزات عصاره‌گیری شده با DTPA و بعضی خصوصیات خاک

جدول ۳ رابطه بین خصوصیات خاک و فلزات سنگین عصاره‌گیری شده با DTPA را نشان می‌دهد. در این جدول همبستگی منفی بین کربنات کلسیم معادل خاک و کادمیوم مشاهده شد که شدیداً تحت تأثیر پی‌اچ است. کاهش در پی‌اچ خاک باعث افزایش در غلظت فلزات سنگین در گیاه می‌شود، در حالی‌که افزایش در مقدار پی‌اچ جذب کادمیوم، روی و سرب را کاهش می‌دهد (شنده و همکاران، ۲۰۰۰). همبستگی مثبت و معنی داری بین ماده آلی با غلظت کادمیوم، نیکل و آهن (به ترتیب $r=0.66;\ P < 0.01$ ،$r=0.41;\ P < 0.05$ و $r=0.30;\ P < 0.05$) مشاهده شد. همچنین، آیدینالپ و کریسر (۲۰۰۹) در تمام فلزات سنگین عصاره‌گیری شده به جز کادمیوم همبستگی مثبت و معنی داری با ماده آلی مشاهده کردند.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین فلزات سنگین قابل عصاره‌گیری شده با DTPA و خصوصیات خاک

	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
کربنات کلسیم معادل (٪)	-۰/۶۴**	۰/۲۶	-۰/۴۱*	-۰/۴۳*	۰/۱۶	-۰/۲۶
ماده آلی خاک (٪)	۰/۶۶**	۰/۰۱	۰/۳۰*	۰/۱۸	۰/۴۱*	۰/۱۲
پی‌اچ	-۰/۴۴**	۰/۰۶	-۰/۳۸*	-۰/۲۷	-۰/۱۲	-۰/۰۲
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۵۰**	-۰/۰۱

** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد ، * در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد.

غلظت‌های فلزات سنگین در بافت‌های گیاهی

میانگین، دامنه و انحراف استاندارد غلظت‌های کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و روی در شلتوک، ساقه و دانه برنج در جدول ۴ نشان داده شده است. غلظت روی در تمام نمونه‌های ساقه، ۹۰ درصد از نمونه‌های دانه، و ۷۲ درصد از نمونه‌های شلتوک کمتر از حد بحرانی بود. دوبرمن و فایرهورست (۲۰۰۰) تعیین کردند که غلظت بیش از ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی در ساقه

برنج و بیش از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آن در شـــلتوک و دانه برنج خطرناک اســـت. حدود ۹۰ درصـــد از دانه‌های برنج مورد مطالعه، حاوی منگنز بیش از حد بحرانی تعیین شده تو سط دوبرمن و فایرهور ست (۲۰۰۰) (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بودند. میانگین غلظت مس در ســـاقه، شـــلتوک و دانه برنج به ترتیب ۴/۰، ۴/۲ و ۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و این مقادیر بیش از میانگین جذب مس (۰/۰۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) توسط گیاه است. سطح بحرانی آهن در گیاه برنج ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برا ساس دوبرمن و فایرهور ست (۲۰۰۰) در نظر گرفته شده ا ست. بنابراین بیش از ۹۰ در صد نمونه‌های برنج حاوی آهن بالاتر از حد بحرانی بودند. تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین غلظت فلزات سنگین در دانه، شلتوک و ساقه برنج م شاهده شد. نتایج نشـان می‌دهند که کادمیوم، منگنز و نیکل در سـاقه برنج تجمع یافته‌اند، غالب آهن در دانه و ۳۵ درصـد مس و روی در شلتوک تجمع یافته اند. در میان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده، مقدار میانگین غلظت آهن (۱۳۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به ترتیب بی‌شترین و کمترین فلزات در دانه‌های برنج بودند. سینگ و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که غلظت فلزات در دانه برنج به ترتیب آهن (۳۰/۱ تا ۱۰۲/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) > مس (۰/۳ تا ۲/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) > منگنز (۰/۰۸ تا ۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) > کادمیوم (۰/۰۳ تا ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بودند.

جدول ۴. غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بافت برنج

فلزات سنگین	بافت گیاهی	حداکثر	حداقل	میانگین±انحراف استاندارد
کادمیوم	ساقه	۵/۹	۰/۸۰	۲/۶±۱/۵
	شلتوک	۳/۲	۰/۳۲	۱/۶±۰/۷
	دانه	۰/۶۰	۰/۰۲	۰/۱±۰/۱
مس	ساقه	۱۳/۰	۰/۹	۴/۰±۱/۹
	شلتوک	۷/۳	۱/۱	۴/۹±۱/۵
	دانه	۶/۸	۰/۴۱	۲/۴±۱/۱
آهن	ساقه	۱۳۲/۲	۸۰/۹	۴۹/۴±۱۸/۹
	شلتوک	۴۶۳/۳	۳۱/۹	۱۳۶/۷±۹۳/۳
	دانه	۵۸۰/۱	۶۰/۱	۱۳۵/۵±۹۱/۱
منگنز	ساقه	۳۱۹/۶	۶۹/۵	۱۹۸/۱±۵۴/۷
	شلتوک	۲۰۴/۸	۳۵/۹	۷۹/۱±۲۹/۸
	دانه	۸۳/۶	۱۴/۲	۳۴/۱±۱۱/۶
نیکل	ساقه	۳۲/۷	۵/۱	۱۳/۰±۴/۹
	شلتوک	۸/۷	۲/۹	۵/۴±۱/۴
	دانه	۵/۱	۰/۰۵	۲/۰±۱/۰
روی	ساقه	۳۴/۰	۸/۶	۱۴/۱±۴/۹
	شلتوک	۲۵/۵	۸/۵	۱۷/۴±۴/۷
	دانه	۲۲/۹	۶/۷	۱۵/۰±۳/۲

فاکتور انتقال و جذب روزانه فلزات سنگین

فاکتور انتقال خاک به گیاه شاخ صی برای ارزیابی پتانسیل انتقال فلز از خاک به گیاه ا ست (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۷). فاکتور انتقال کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و روی از خاک به ســـاقه ۰/۳۸، ۰/۱۶، ۰/۰۰۴، ۰/۱۳ ۰/۳۰ و ۰/۰۹ بوده، در حالیکه این فاکتور از خاک به شـــلتوک ۵/۳۶، ۳۲/۹۶، ۵/۳۸۱۴۸/۵، ۶۶۹/۹۴، ۱۹/۹۲ و ۲۹۷/۲۸ می‌باشـــند. فاکتور انتقال از خاک به دانه ۰/۰۴، ۰/۱۱، ۰/۰۰۶، ۰/۰۶ ۰/۱۲ و ۰/۰۸ به ترتیب برای کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و روی می‌با شند. عموما، تمام

مقادیر فاکتور انتقال زیر ۱ توسط پیرزاده و همکاران (۲۰۱۰) تائید شده‌اند. همچنین آلراویک و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که جذب بسیاری از فلزات سنگین توسط گیاهان برنج در ساقه بیشتر از دانه بود.

اگرچه انسان به روش‌های گوناگونی در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرد، مصرف برنج به عنوان یک راه اصلی جذب فلزات سنگین در نظر گرفته شده است. جذب روزانه فلزات سنگین از طریق مصرف برنج در ناحیه مطالعه شده ارزیابی شد. مقادیر میانگین جذب روزانه برای کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و روی از طریق مصرف برنج به ترتیب ۰/۸، ۱۲/۰، ۶۸۰/۷، ۱۷۱/۴، ۱۰/۰ و ۷۵/۵ میکروگرم بر کیلوگرم در روز بود. میانگین مقدار جذب روزانه کادمیوم ۰/۴۳ میکروگرم بر کیلوگرم در روز بود که بیش از مقدار تحمل جذب روزانه (۳۶ میکروگرم بر کیلوگرم در روز) مشخص شده توسط سازمان حفاظت غذای اروپا (EFSA) می‌باشد.

منابع

Aksu S. K., Celyk G. and Gucer S. 2004. Investigation of trace element contents of rice by ETAAS and ICP-MS, Adnan Menderes University, 4th AACD Congress, 29 Sept-3 Oct., Kuşadas-AYDIN, TURKEY Proceedings Book 284.

Alrawiq N., Khairiah J., Talib M. L., Ismail B. S. and Anizan I. 2014. Accumulation and translocation of heavy metals in soil and paddy plant samples collected from rice fields irrigated with recycled and non-recycled water in MADA Kedah, Malaysia. International Journal of Chemical and Petrochemical Technology. 6: 2347-2356.

Blaylock M. J. and Huang J. W. 2000. Phytoextraction of metals. In I. Raskin & B. D. Ensley (Eds.), Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean-up the environment (pp. 53–70). New York: Wiley.

Dobermannn A. and Fairhurst T. H. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. Potash & Phosphate institute (PPI), Potash & Phosphate institute of Canada (PPIC) and international rice research institute (IRRI). Printed by Oxford Graphic Printers Pte Ltd.

Falahi E., Hedaiatic R. and Ghiasvand A. R. 2010. Survey of iron, zinc, calcium, copper, lead, and cadmium in rice samples grown in Iran. Food Additives and Contaminants. B. 3: 80-83.

Pirzadeh M., Afyuni M., Khoshgoftarmanesh A. H. and Schul R. 2010. Micronutrient status of calcareous paddy soils and rice products: implication for human health. Biology and Fertility of Soils. 46: 317-322.

Raskin I. and Ensley B. D. 2000. Phytoremediation of Toxic Metals: Using plants to clean up the environment. John Wiley and Sons, New York, p. 303.

Samantaray S., Rout G. R. and Das, P. 1997. Tolerance of rice to nickel in nutrient solution. Biologia Plantarum Journal. 40: 295-298.

Shende A., Juvarkar, A. S. and Dara, S. S. 1993. Phytotoxic effects of heavy metals as influenced by soil properties. Pollution Research. 12: 75-83.

Singh, M., Garg, V. K., Gautam, Y. P. and Kumar, A., 2014. Soil to grain transfer factors of heavy metals in rice and health risk analysis in the vicinity of Narora Atomic Power Station (NAPS), Narora, India. Journal of Scientific and Industrial Research. 73: 181-186.

Solidum J., Dykimching E., Agaceta C. and Cayco A. 2012. Assessment and identification of heavy metals in different types of cooked rice available in the Philippine market. 2nd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering IPCBEE, IACSIT Press, Singapore. 37: 35-39.

Syahariza Z. A., Sar S., Hasjim J., Tizzotti M. J. and Gilbert R. G. 2013. The importance of amylose and amylopectin fine structures for starch digestibility in cooked rice grains. Food Chemistry. 136: 742-749.

Zavala Y. J. and Duxbury J. M. 2008. Arsenic in rice: I. estimating normal levels of total arsenic in rice grain. Environmental Science and Technology. 42: 3856-3860.

Zhuang P., Zou B., Li N. Y. and Li Z. A. 2009. Heavy metal contamination in soils and food crops around Dabaoshan Mine in Guangdong, China: implication for human health. Environmental Geochemistry and Health. 31: 707-715.

The evaluation of potential risks of heavy metals in paddy soils and rice tissues

N. Hemati Matin, and M. Jalali
Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

Abstract

This experiment was conducted to investigate the potential risk of heavy metals in paddy soils and rice straws, hulls, and grains. The concentrations of DTPA-extractable Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn in soils and in rice tissues were analyzed. There were positive significant correlations between the total and DTPA-extractable Zn and Cu concentrations. Concentrations of DTPA-extractable Cd and Fe showed a positive significant correlation with the organic matter contents and a negative significant correlation with equivalent calcium carbonate (ECC). The Transfer factors from soil to grain decreased according to the following order: Ni > Cu > Zn > Mn > Cd > Fe. The maximum and minimum daily intake (μg $kg^{-1}day^{-1}$) was respectively, obtained for Fe (680.7) and Cd (0.78). Therefore, Cu, Fe, Mn and Zn in soil and Cd and Ni in plant presumably play an important role in public health in this area.

Keywords: Heavy metal, Transfer factor, Daily intake, Rice, Paddy soil