



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی میزان فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف برخی از سبزیجات مصرفی شهر کرج

نسیم روناسی<sup>۱\*</sup>، حسن پرویزی مساعد<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، همدان، ایران  
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، همدان، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** فلزات سنگین برای بدن انسان‌ها بی‌نهایت خطرناک بوده و تجمع آنها در بدن منجر به ایجاد تغییرات آسیب شناختی در اندام‌ها و بیماری‌های قلبی-عروقی، کلیوی، استخوانی و حتی سرطان گردد. روزانه انسان از طریق مصرف مواد غذایی و آب با این آلاینده‌ها مواجهه پیدا می‌کند. روش بررسی: با توجه به خاصیت تجمع پذیری فلزات سنگین در اندام‌های گیاهی، میزان فلزات کروم، منگنز و آهن در خاک و بافت برگ، ساقه و ریشه گیاهان کلم، کاهو، اسفناج و پیاز در شهر کرج مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۱۵ نمونه به طور تصادفی از خاک و هر قسمت از گیاهان برداشته شد، سپس بعد از شستشو، آسیاب، خشک کردن و هضم اسیدی غلظت فلزات توسط دستگاه جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفتند. داده‌ها سپس توسط نرم افزار SPSS آنالیز شدند. یافته‌ها: نتایج بدست آمده نشان داد که برگ‌های اسفناج، پیاز، کلم و کاهو از غلظت بالاتری از فلزات کروم، منگنز و آهن نسبت به ساقه و ریشه برخوردار هستند و بالعکس ریشه این گیاهان از کمترین غلظت این فلزات برخوردار بودند. در خاک نیز غلظت فلزات آهن، کروم و منگنز به ترتیب  $11/87$ ،  $3/49$  و  $17/78$  بود. این پدیده ناشی از انتقال بالای این فلزات بیشتر به قسمت‌های هوایی به ویژه برگ‌های گیاه است. در این مطالعه همچنین مشخص شد که غلظت فلزات کروم، منگنز و آهن در تمامی گیاهان مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد FAO/WHO ( $0/15$ ،  $0/3$  و  $0/3$  به ترتیب برای فلزات کروم، آهن و منگنز) بود. نتیجه‌گیری: به دلیل بالا بودن غلظت فلزات کروم، منگنز و آهن در سبزیجات مطالعه شده در شهر کرج، مصرف این گونه سبزیجات توسط شهروندان، بایستی توسط سازمان‌های نظارتی مورد توجه قرار گیرد.

### اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۳  
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۱/۱۶  
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۲۲  
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۶/۲۸

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، سبزیجات، جذب اتمی، شهر کرج

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

nassimrounasi@yahoo.com

## مقدمه

یکی از عوارض صنعتی شدن جوامع، مصرف مواد شیمیایی مختلف است که عمدتاً بسیار خطرناک و کشنده هستند. فلزات سنگین نیز جزء این دسته از آلاینده‌ها محسوب می‌شوند (۱). فلزات سنگین عناصری با جرم اتمی بیشتر از  $55/8 \text{ g/mol}$  هستند که غیر قابل تجزیه زیستی بوده و تمایل به تجمع در بخش‌های زیستی دارند و زمانی که مقدار آنها بیش از حد مجاز است می‌تواند سلامتی انسان‌ها را به خطر اندازد (۲). جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان و به ویژه محصولات کشاورزی یکی از مهمترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است (۳). سبزیجات از اجزای مهم رژیم غذایی سالم هستند. نتایج بدست آمده از مطالعات صورت گرفته نشان داده است که مصرف سبزیجات سالم و بهداشتی به دلیل داشتن کربوهیدرات، پروتئین، ویتامین، مواد معدنی و دیگر ترکیبات برای سلامت بدن مفید بوده و از بروز بیماری‌های قلبی و برخی از انواع سرطان‌ها به ویژه سرطان‌های دستگاه گوارش جلوگیری می‌کند (۴). سبزیجات برگی دارای نقش خیلی مهمی در رژیم غذایی انسان‌ها هستند. اما متأسفانه گروهی از مواد غذایی را به وجود می‌آورند که می‌توانند مقدار زیادی نیترات، آنیون و فلزات سنگین را به خود جذب کنند. کاربرد بیش از حد نیتروژن و کودهای معدنی دیگر و کودهای آلی در مزارع منجر به تجمع سطح بالایی از نیترات و سایر آنیون‌های دیگر و همچنین فلزات سنگین در گیاهان می‌گردد متعاقب آن مصرف آنها توسط انسان‌ها و حیوانات منجر به خطرات سلامتی جدی می‌شود. این فلزات در غلظت‌های متجاوز از تقاضای فیزیولوژیک سبزیجات، نه تنها می‌توانند اثرات سمی در آنها ایجاد کنند بلکه می‌توانند وارد زنجیره غذایی شده و منجر به بزرگنمایی زیستی شوند و تهدیدی بالقوه را بر سلامت انسان ایجاد کنند (۵، ۶). گیاهان فلزات سنگین را از طریق هوا و خاک‌های آلوده جذب می‌کنند (۷-۵). یکی از خصوصیات مهم فلزات سنگین این است که به آسانی تجزیه نمی‌شوند، بنابراین در نمونه‌های مختلف گیاهان شامل

ساقه، ریشه و برگ تجمع یافته و با مصرف آنها توسط انسان وارد سیستم بدن شده و نیز در آنجا تجمع می‌یابند و باعث بروز بیماری‌های حاد و مزمن می‌شوند (۸). در داخل و خارج از کشور مطالعاتی بر روی تجمع و غلظت فلزات سنگین در سبزیجات انجام شده است که می‌توان به مطالعات زیادی در این زمینه اشاره داشت (۱، ۹-۱۶). به دلیل اینکه امکان ورود فلزات سنگین از طریق چندین راه به بدن انسان وجود دارد، بنابراین ضرورت مطالعه در مورد انواع و مقدار فلزات سنگین در سبزیجات، اجتناب ناپذیر خواهد بود. مصرف محصولات کشاورزی مخصوصاً سبزیجات یکی از راه‌های ورود این فلزات به بدن انسان شمرده می‌شود. از آنجایی که مطالعات کمی بر روی عناصر ریز مغذی در سبزیجات صورت گرفته است. بنابراین این مطالعه به بررسی میزان فلزات آهن، منگنز و کروم در قسمت‌های مختلف سبزیجات از جمله پیاز، کاهو، اسفناج و کلم و خاک آنها در شهر کرج انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

این نوع مطالعه که از نوع توصیفی - تحلیلی است، در خصوص ارزیابی مقادیر فلزات آهن، منگنز و کروم در خاک و بخش‌های مختلف سبزیجات کاهو، کلم، اسفناج و پیاز در تابستان سال ۱۳۹۳ در مزارع شهر کرج صورت گرفته است. برای این منظور تعداد ۱۵ نمونه از خاک و هر یک از انواع سبزیجات اسفناج، کاهو، کلم و پیاز به طور جداگانه در ۳ تکرار به طور تصادفی برداشته شد. نمونه‌برداری از قسمت‌های برگ، ساقه و ریشه این سبزیجات به تعداد ۱۵ نمونه از هر قسمت گیاه انجام گرفت. نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه انتقال یافت، سپس بعد از شستشو جهت ثابت شدن وزن به مدت ۴۸ h در دستگاه آون در دمای  $105^{\circ}\text{C}$  خشک شدند. نمونه‌ها بعد از خشک شدن با دستگاه مولینکس، آسیاب شده و با الک  $2 \text{ mm}$  آسیاب شدند و در ظروف پلی اتیلنی خشک نگهداری شدند (۱۷). مقدار  $0/5 \text{ g}$  از نمونه‌های آسیاب شده وزن شده و در بوتله‌های چینی ریخته و در کوره به مدت ۴ h در دمای  $500^{\circ}\text{C}$  قرار داده

و شیمیایی استفاده گردید. برای اندازه‌گیری فرم قابل تبادل از روش DTPA استفاده گردید (۱۸). مقدار فلزات سنگین در نمونه‌های خاکی به روش قابل تبادل برحسب mg/kg و با استفاده از دستگاه جذب اتمی GBC مدل Avanta ساخت کشور استرالیا ارزیابی شد. سپس داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS18 مورد آنالیز قرار گرفتند. در مطالعات جذب فلزات سنگین توسط گیاهان، شاخص‌های فاکتور تغلیظ زیستی (Bioconcentration Factor) و فاکتور انتقال (Transfer Factor) از اهمیت فراوانی برخوردارند. بنابراین، به منظور ارزیابی و بررسی میزان توانایی گیاهان انتخاب شده در پاکسازی محیط از فلزات سنگین، دو شاخص مذکور محاسبه گردیدند. برای تعیین فاکتور تغلیظ زیستی (BF) از نسبت غلظت فلزات سنگین در بخش هوایی گیاه به غلظت این فلزات به فرم قابل تبادل در خاک استفاده شد (۱۹). برای تعیین فاکتور انتقال (TF) از نسبت غلظت فلزات سنگین در بخش هوایی گیاه به غلظت این فلزات در بخش ریشه‌ای استفاده شد (۲۰).

### یافته‌ها

نتایج میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات آهن، منگنز و کروم در بخش‌های مختلف سبزیجات در جدول ۱ ارائه شده

شد. نمونه‌ها از کوره خارج و سرد شدند. سپس مقدار mL ۱۰ از اسید کلریدریک (HCl) ۶ mol به نمونه‌ها اضافه کرده و به مدت ۱۵ min بر روی حمام آب گرم با دمای °C ۱۰۵ قرار داده شدند. سپس به آن ۱ mm اسید نیتریک (HNO<sub>3</sub>) اضافه شد و به مدت ۱ h دیگر به آن گرما داده شد تا اینکه نمونه تبخیر شده و به حد خشکی برسد و مواد آلی آن به طور کامل هضم شود. در نهایت مقدار ۵ mL اسید کلریدریک ۶ mol و ۱۰ mL آب مقطر به نمونه‌ها اضافه شده و دوباره مخلوط حاصل بر روی حمام آب گرم با دمای °C ۱۰۵ گرما داده شد تا اینکه کاملاً محلول شود. سپس مخلوط سرد شده و توسط کاغذ صافی واتمن No.42 فیلتر شد و در نهایت نمونه‌ها در بالن‌های ۵۰ mL ریخته شد و با آب دی یونیزه به حجم رسانده شد (۱۶). نمونه‌های خاک از محل رشد هر گونه گیاهی با حداکثر عمق ۲۰ cm در هر منطقه حداقل در ۳ تکرار جمع‌آوری شدند و برای آنالیز به آزمایشگاه منتقل گردیدند. بعد از انتقال نمونه‌های خاکی و غربال آنها با الک ۲ mm و خشک نمودن آنها در معرض هوا به مدت یک هفته، خاک‌های مربوط به هر گونه گیاهی مطابق با روش Yanqun و همکاران (۲۰۰۴) (۱۰) با یکدیگر مخلوط و سپس از این مخلوط سه تکرار برای سنجش فلزات سنگین و سایر پارامترهای فیزیکی

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات در بخش‌های مختلف سبزیجات (n=۱۵)

نوع فلز	بخش‌های مختلف گیاه	انحراف معیار ± میانگین (غلظت فلزات (mg/kg))			
		اسفناج	کاهو	کلم	پیاز
کروم	ریشه	۰/۱۷۸±۰/۱۰۷	۰/۳۲±۰/۱۵۴	۰/۲۰۵±۰/۰۶۵	۰/۲۱۳±۰/۰۴۶
	ساقه	۰/۳۱۵±۰/۱۲۹	۳/۳۶±۰/۳۰۱	۰/۷۴۵±۰/۱۵۲	۱/۶۹±۰/۱۸۸
	برگ	۲/۳۶±۰/۳۲۷	۳/۷۱±۰/۱۸۷	۱/۶۳±۰/۱۹۸	۲/۶۲±۰/۲۵۴
منگنز	ریشه	۰/۷۲۶±۰/۱۷	۱/۳۴±۰/۲۲۶	۰/۳۶±۰/۲	۲/۳۷±۰/۲۲
	ساقه	۱/۵۸±۰/۳۱۳	۱/۷۲±۰/۱۷۶	۰/۶۹۳±۰/۱۸۵	۲/۷۳±۰/۱۷۵
	برگ	۳/۳۴±۰/۳۰۶	۲/۶۷±۰/۲۰۳	۰/۸۱۹±۰/۱۴۶	۳/۶±۰/۲۶۷
آهن	ریشه	۳/۵۱±۰/۳۰۱	۰/۳۶۴±۰/۱۵۹	۱/۲۶±۰/۱۱۸	۱/۵۵±۰/۲۰۸
	ساقه	۲/۴۵±۰/۳۵۴	۰/۵۷±۰/۲۳۶	۱/۷±۰/۲۴۴	۲/۳۱±۰/۲۰۹
	برگ	۶/۵±۰/۳۵۱	۱/۳۴±۰/۲۶۳	۲/۶۴±۰/۱۸	۲/۶۸±۰/۲۲۲

طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که خاک مورد مطالعه دارای بافت لومی با میانگین هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی به ترتیب  $1/65 \text{ ds/m}$  و  $23/11 \text{ cmol/kg}$ ، مواد آلی به میزان  $1/42$  درصد و اسیدیته  $7/72$  است. بنابراین خاک‌های مورد مطالعه در ردیف خاک‌های شور قرار نگرفته و میزان اسیدیته آن نیز برای رشد سبزیجات مناسب است.

است، بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که برگ گیاهان اسفناج، کاهو، کلم و پیاز بیشترین و ریشه آنها کمترین غلظت فلزات را دارند. نتایج آمار توصیفی غلظت فلزات در فرم قابل تبادل خاک در جدول ۲ ارائه شده است. بر طبق نتایج بدست آمده فلز منگنز بیشترین و فلز کروم کمترین غلظت را در خاک دارد. نتایج آمار توصیفی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک شهر کرج در جدول ۳ ارائه شده است. بر

جدول ۲- آمار توصیفی غلظت فلزات در فرم قابل تبادل خاک بر حسب (mg/kg) (n=15)

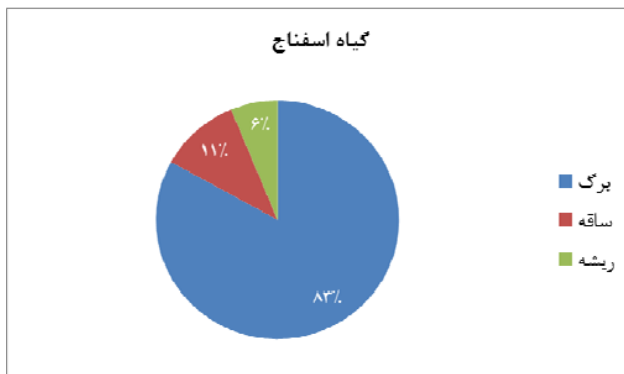
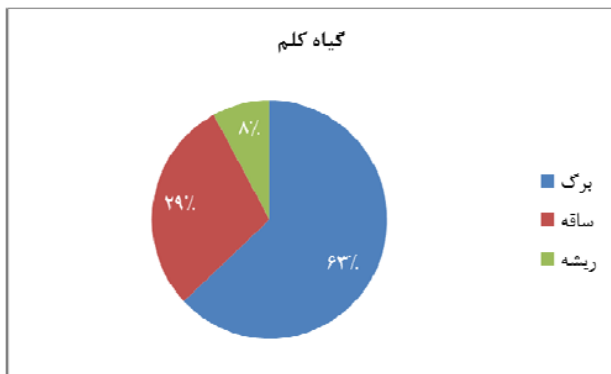
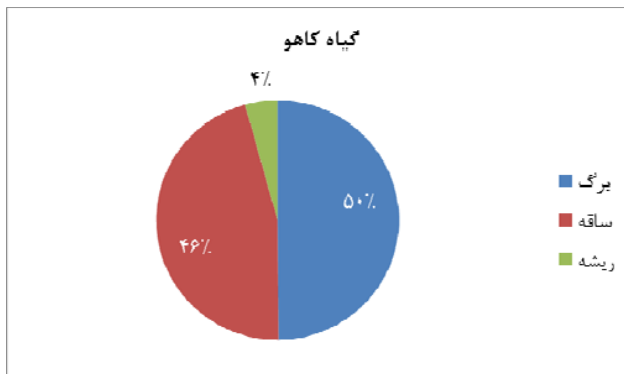
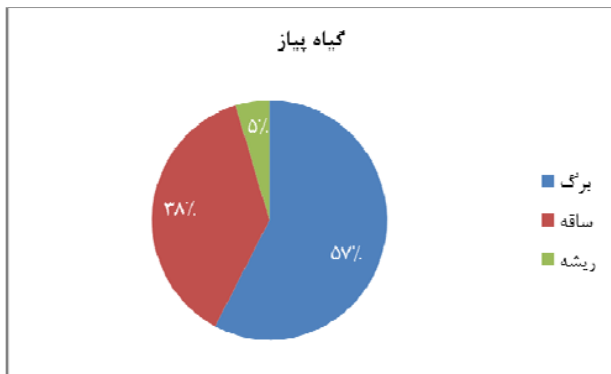
نوع فلز	حداقل	حداکثر	انحراف معیار $\pm$ میانگین
آهن	۶	۱۹	$11/87 \pm 3/74$
کروم	۰/۵	۱۰	$3/99 \pm 2/95$
منگنز	۵/۳	۳۷	$17/78 \pm 8/93$

جدول ۳- خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک (n=15)

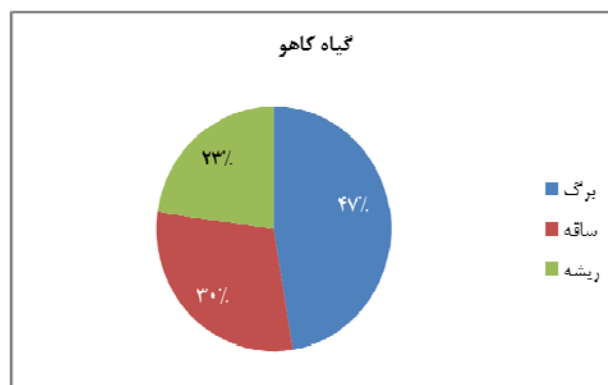
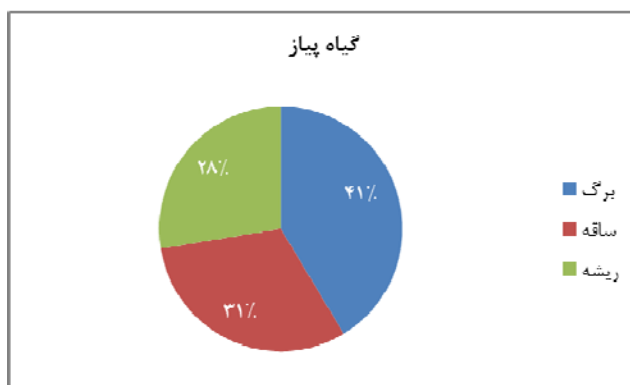
پارامتر	واحد اندازه گیری	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	انحراف معیار $\pm$ میانگین	ضریب تغییرات
pH	-	۶/۸۰	۶/۹۰	$7/72 \pm 0/52$	۰/۰۶۸
مواد آلی	%	۰/۹	۲	$1/42 \pm 0/26$	۰/۱۸۲
ظرفیت تبادل کاتیونی	cmol/kg	۹/۴۰	۳۹/۴۰	$23/11 \pm 7/73$	۰/۳۳۴
رس	%	۸/۵۰	۵۴/۳۰	$27/25 \pm 12/17$	۰/۴۴۷
شن	%	۸/۹۰	۶۹/۴۰	$30/97 \pm 14/16$	۰/۴۶۰
سیلت	%	۷/۹۰	۷۷/۴۰	$46/05 \pm 17/81$	۰/۳۸۷
هدایت الکتریکی	(ds/m)	۰/۰۵	۳/۷۰	$1/65 \pm 1/14$	۰/۶۹۱
آهک	%	۱	۴۳	$12/38 \pm 6/76$	۰/۵۴۶
نیتروژن کل	%	۰/۰۱	۰/۰۹	$0/05 \pm 0/02$	۰/۴۵۷
فسفر کل	(mg/kg)	۳/۴۰	۳۹/۴۰	$21/98 \pm 8/2$	۰/۳۷۴
کلسیم	(mg/kg)	۴/۴۰	۴۹/۴۰	$22/97 \pm 10/43$	۰/۴۵۴
منیزیم	(mg/kg)	۶۹/۴۰	۱۹۹/۵۰	$143/69 \pm 29/99$	۰/۲۰۹
سدیم	(mg/kg)	۸/۵۰	۷۱/۶۰	$32/288 \pm 17/76$	۰/۵۵۰
پتاسیم	(mg/kg)	۱۰/۴۰	۷۹/۴۰	$28/66 \pm 12/35$	۰/۴۳۱
شوری	(ds/m)	۰/۱۰	۲/۲۴	$0/74 \pm 0/4$	۰/۵۴۵

بیشترین درصد فلزات در برگ گیاهان و کمترین آنها در ساقه و ریشه گیاهان قرار دارد.

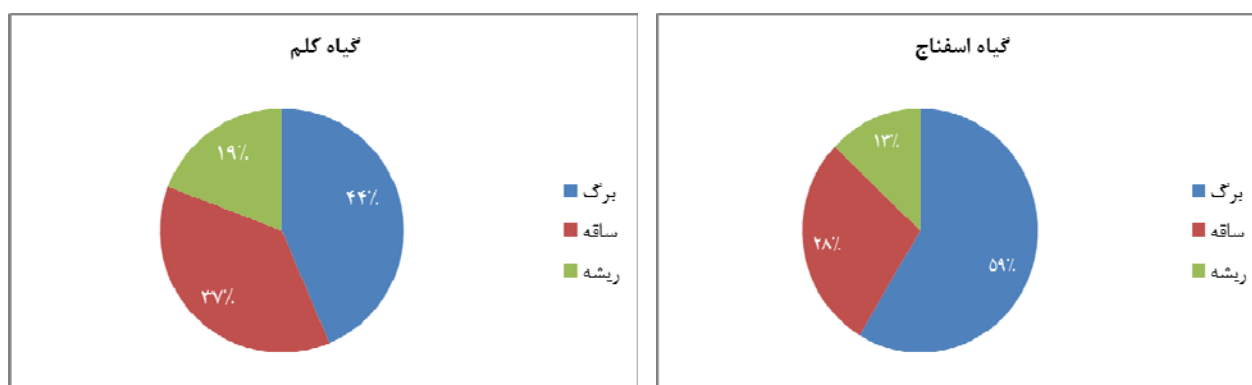
نمودارهای ۱ تا ۳ درصد فلزات منگنز، آهن و کروم را در بخش‌های ریشه، ساقه و برگ گیاهان پیاز، کاهو، کلم و اسفناج نشان می‌دهد. بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که



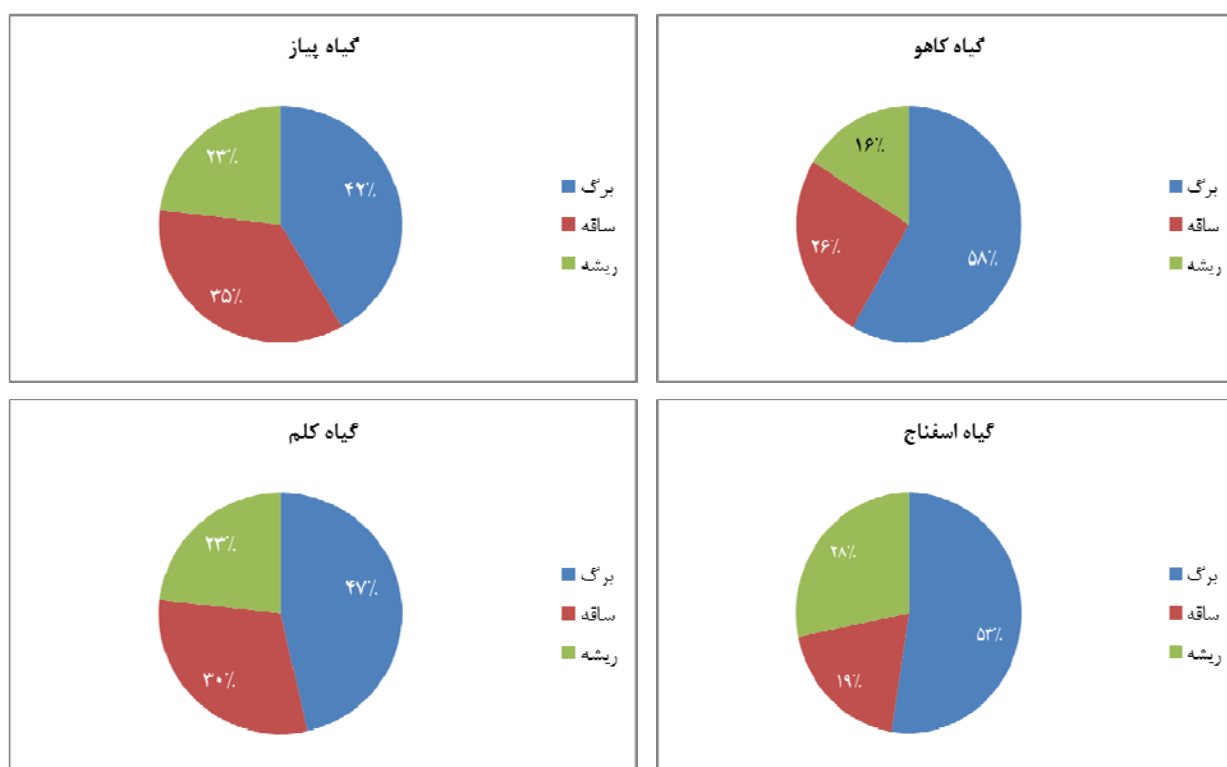
نمودار ۱- درصد فلز کروم در بخش‌های مختلف گیاهان



نمودار ۲- درصد فلز منگنز در بخش‌های مختلف گیاهان



ادامه نمودار ۲- درصد فلز منگنز در بخش‌های مختلف گیاهان



نمودار ۳- درصد فلز آهن در بخش‌های مختلف گیاهان

جدول ۴ ارائه شده است. بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که غلظت هر ۳ فلز منگنز، آهن و کروم در برگ تمامی گیاهان مطالعه شده بیشتر از حد استاندارد آنها در سبزیجات قرار دارد.

نتایج مقایسه غلظت فلزات کروم، منگنز و آهن در برگ گیاهان اسفناج، کاهو، کلم و پیاز با حد استاندارد ( $0/15 \text{ mg/kg}$ ) برای فلز کروم و  $0/3 \text{ mg/kg}$  برای فلزات آهن و منگنز (۲۱) در

طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که میانگین غلظت هر ۳ فلز کروم، منگنز و آهن بین ریشه، ساقه و برگ و ساقه دارای تفاوت معنی داری هستند ( $P < 0/05$ ).

نتایج تجزیه واریانس جهت مقایسه غلظت فلزات کروم، منگنز و آهن در بین قسمت‌های مختلف ریشه، ساقه و برگ گیاهان کلم، کاهو، اسفناج و پیاز در جدول ۵ ارائه شده است. بر

جدول ۴- مقایسه غلظت فلزات با حد استاندارد آنها در سبزیجات

فاصله اطمینان ۹۵٪	اختلاف میانگین	Sig. (۲-tailed)	df	t	گیاه	حد استاندارد mg/kg	نوع فلز	
							حد بالا	حد پایین
۲/۳۹	۲/۰۳	۲/۲۱۳	۱۴	۲۶/۱۹	برگ اسفناج	۰/۱۵	کروم	
۳/۶۶۷	۳/۴۵۹	۳/۵۶	۱۴	۷۳/۹۱	برگ کاهو			
۲/۶۱	۲/۳۳	۲/۴۷	۱۴	۳۷/۶۸	برگ پیاز			
۱/۵۹	۱/۳۷	۱/۴۸	۱۴	۲۸/۹۹	برگ کلم			
۶/۳۹۰	۶/۰۰۱	۶/۱۹۵	۱۴	۶۸/۲۸	برگ اسفناج	۰/۳	آهن	
۱/۱۸۵	۰/۸۹۴	۱/۰۴	۱۴	۱۵/۳۳	برگ کاهو			
۲/۵۰	۲/۲۵	۲/۳۸	۱۴	۴۱/۳۷	برگ پیاز			
۲/۴۴	۲/۲۴	۲/۳۴	۱۴	۵۰/۲۳	برگ کلم			
۳/۲۱	۲/۸۷	۳/۰۳۶	۱۴	۳۸/۳۷	برگ اسفناج	۰/۳	منگنز	
۲/۵۰۸	۲/۲۸۴	۲/۴۰	۱۴	۴۵/۷۴	برگ کاهو			
۳/۴۴	۳/۱۵	۳/۲۹	۱۴	۴۷/۸۵	برگ پیاز			
۰/۶۰	۰/۴۴	۰/۵۲	۱۴	۱۳/۷۱	برگ کلم			

جدول ۵- آزمون تجزیه واریانس جهت مقایسه غلظت فلزات در بین قسمت‌های مختلف سبزیجات

نوع فلز	مقایسه میانگین فلزات بین گروه‌ها	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
کروم	در گیاه اسفناج	۴۴/۹۶	۲	۲۲/۴۸	۴۴۹/۴۲	۰/۰۰۰
	در گیاه پیاز	۴۴/۲۹	۲	۲۲/۱۴	۶۵۱/۰۷	۰/۰۰۰
	در گیاه کلم	۱۵/۵۱	۲	۷/۷۵	۳۵۰/۷۳	۰/۰۰۰
	در گیاه کاهو	۱۰۴/۵۳	۲	۵۲/۲۷	۱۰۵۰/۰۶	۰/۰۰۰
آهن	در گیاه اسفناج	۱۳۲/۱۱	۲	۶۶/۰۶	۵۸۳/۸۰	۰/۰۰۰
	در گیاه پیاز	۹/۹۷	۲	۴/۹۸	۱۰۹/۴۲	۰/۰۰۰
	در گیاه کلم	۱۴/۸۶	۲	۷/۴۳	۲۱۰/۸۰	۰/۰۰۰
	در گیاه کاهو	۷/۹۳	۲	۳/۹۷	۷۹/۳۸	۰/۰۰۰
منگنز	در گیاه اسفناج	۵۳/۱۰۱	۲	۲۶/۵۵	۳۶۰/۰۶	۰/۰۰۰
	در گیاه پیاز	۱۱/۹۳	۲	۵/۹۷	۱۱۹/۱۲	۰/۰۰۰
	در گیاه کلم	۱/۶۸	۲	۰/۸۴	۲۶/۱۸	۰/۰۰۰
	در گیاه کاهو	۱۴/۶۶	۲	۷/۳۳	۱۷۸/۵۷	۰/۰۰۰

قرار دارد. که در این بین ضرایب انتقال تمامی فلزات از ساقه به برگ سبزیجات کلم، کاهو، اسفناج و پیاز نسبت به انتقال فلزات از ریشه به برگ این سبزیجات بیشتر هستند.

فاکتور انتقال عناصر سنگین از بخش برگ گیاه به بخش های ساقه و ریشه در جدول ۶ ارائه شده است. بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که ضریب انتقال تمامی فلزات بیشتر از ۱

جدول ۶- فاکتور انتقال عناصر سنگین از بخش های ساقه و ریشه به بخش برگ گیاه

ضریب انتقال عناصر به بخشهای مختلف گیاه				فاکتور انتقال فلز	نوع فلز
پیاز	کلم	کاهو	اسفناج		
۱/۵۵	۲/۱۹	۱/۱	۷/۴۹	ضریب انتقال از ریشه به برگ	کروم
۱۲/۳	۷/۹۵	۱۱/۵۹	۱۳/۲۶	ضریب انتقال از ساقه به برگ	
۱/۳۲	۱/۱۸	۱/۵۵	۲/۱۱	ضریب انتقال از ریشه به برگ	منگنز
۱/۵۲	۲/۲۸	۱/۹۹	۴/۶	ضریب انتقال از ساقه به برگ	
۱/۱۶	۱/۵۵	۲/۳۵	۲/۶۵	ضریب انتقال از ریشه به برگ	آهن
۱/۷۳	۲/۰۹	۳/۶۸	۱/۸۵	ضریب انتقال از ساقه به برگ	

بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که مقدار تغلیظ زیستی فلز کروم از خاک به بخش های مختلف سبزیجات کاهو، کلم، اسفناج و پیاز بیشتر از حد مجاز ارائه شده در جدول ۸ است.

تجمع فلزات در بخش های مختلف گیاه بر اساس ضریب انتقال تعریف می شود. فاکتور تغلیظ زیستی عناصر سنگین از خاک به اندام های مختلف سبزیجات در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- فاکتور تغلیظ زیستی عناصر سنگین از خاک به اندام های مختلف گیاه

ضریب تغلیظ زیستی عناصر از خاک به گیاه				فاکتور تغلیظ زیستی	نوع فلز
پیاز	کلم	کاهو	اسفناج		
۰/۰۵۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۴۴	ضریب انتقال فلز از خاک به ریشه گیاه	کروم
۰/۴۲۴	۰/۱۸۷	۰/۸۴	۰/۰۷۹	ضریب انتقال فلز از خاک به ساقه گیاه	
۰/۶۵۷	۰/۴۱	۰/۹۳	۰/۵۹۱	ضریب انتقال فلز از خاک به برگ گیاه	
۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۷۵	۰/۰۴۱	ضریب انتقال فلز از خاک به ریشه گیاه	منگنز
۰/۱۵	۰/۰۳۹	۰/۰۹۷	۰/۰۸۹	ضریب انتقال فلز از خاک به ساقه گیاه	
۰/۲	۰/۰۴۶	۰/۱۵	۰/۱۸۸	ضریب انتقال فلز از خاک به برگ گیاه	
۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۳۱	۰/۲۹۶	ضریب انتقال فلز از خاک به ریشه گیاه	آهن
۰/۱۹۵	۰/۱۴۳	۰/۰۴۸	۰/۲۱	ضریب انتقال فلز از خاک به ساقه گیاه	
۰/۲۲۶	۰/۲۲۲	۰/۱۱۲	۰/۵۴۸	ضریب انتقال فلز از خاک به برگ گیاه	



داشت. غلظت فلز منگنز در ریشه گیاه اسفناج در محدوده ۰/۳۹-۰/۹۸، در ساقه گیاه در محدوده ۱-۱/۹۹ و در برگ گیاه در محدوده ۳/۸۹-۳ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۵۹ درصد در برگ، ۲۸ درصد در ساقه و ۱۳ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز منگنز در برگ گیاه اسفناج داشت. غلظت فلز کروم در ریشه گیاه کاهو در محدوده ۰/۱۲-۰/۶۵، در ساقه گیاه در محدوده ۳-۳/۷۸ و در برگ گیاه در محدوده ۳/۲۷-۳/۹۸ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۵۰ درصد در برگ، ۰/۴۶ در ساقه و ۴ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز کروم در برگ گیاه کاهو داشت. غلظت فلز آهن در ریشه گیاه کاهو در محدوده ۰/۱۲۴-۰/۶۵۹، در ساقه گیاه در محدوده ۰/۱۷-۰/۹۸ و در برگ گیاه در محدوده ۱/۸۹-۱/۰۱ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۵۸ درصد در برگ، ۲۶ درصد در ساقه و ۱۶ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز آهن در برگ گیاه کاهو داشت. غلظت فلز منگنز در ریشه گیاه کاهو در محدوده ۱-۱/۶۷، در ساقه گیاه در محدوده ۱/۳۴-۱/۸۹ و در برگ گیاه در محدوده ۲/۳۶-۲/۹۷ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۴۷ درصد در برگ، ۳۰ درصد در ساقه و ۲۳ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز منگنز در برگ گیاه کاهو داشت. غلظت فلز آهن در برگ گیاه کلم در محدوده ۱-۰/۳۲، در ساقه گیاه در محدوده ۰/۴۵-۰/۹۹ و در برگ گیاه در محدوده ۱/۲۴-۱/۹ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۶۳ درصد در برگ، ۲۹ درصد در ساقه و ۸ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز کروم در برگ گیاه کلم داشت. غلظت فلز آهن در ریشه گیاه کلم در محدوده ۱/۱۲-۱/۵۵، در ساقه گیاه در محدوده ۱/۰۹-۱/۹۸ و در برگ گیاه در محدوده ۲/۳۷-۲/۸۹ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۴۷ درصد در برگ، ۳۰ درصد در ساقه و ۲۳ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز آهن در برگ گیاه کلم داشت. غلظت فلز منگنز در ریشه گیاه کلم در محدوده ۰/۱۲-۰/۷۶، در ساقه گیاه در محدوده ۰/۳۴-۰/۹۸ و

بالعکس مقدار تغلیظ زیستی فلز منگنز از خاک به بخش‌های مختلف گیاهان کاهو، کلم، اسفناج و پیاز کمتر از حد مجاز ارائه شده در جدول ۸ است. همچنین بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که مقدار تغلیظ زیستی فلز آهن از خاک به بخش‌های مختلف گیاهان کاهو، کلم، اسفناج و پیاز در تمامی انتقال‌ها به جزء انتقال فلز از خاک به برگ گیاه اسفناج، کمتر از حد مجاز ارائه شده در جدول ۸ است.

جدول ۸- ضرایب انتقال مجاز فلزات سنگین از خاک به گیاه (۲۲)

عنصر	ضریب انتقال مجاز
آهن	۰/۵-۰/۲
منگنز	۰/۳-۰/۲
کروم	۰/۰۰۵-۰/۰۰۱

### بحث

در تمامی سبزیجات اسفناج، پیاز، کلم و کاهو برداشت شده از مزارع شهر کرج، این نتیجه گرفته شد که برگ‌های گیاهان مطالعه شده از غلظت بالاتری از فلزات کروم، منگنز و آهن نسبت به ساقه و ریشه برخوردار بودند. این پدیده ناشی از انتقال بالای این فلزات بیشتر به قسمت‌های هوایی به ویژه برگ‌های گیاه است. به طوری که غلظت فلز کروم در ریشه گیاه اسفناج در محدوده ۰/۴۳-۰/۴۱۷، در ساقه گیاه در محدوده ۰/۱۵۴-۰/۵۶۷ و در برگ گیاه در محدوده ۱/۹۸-۲/۹۸ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۸۳ درصد در برگ، ۱۱ درصد در ساقه و ۶ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز کروم در برگ گیاه اسفناج داشت. غلظت فلز آهن در ریشه گیاه اسفناج در محدوده ۳/۱-۳/۹۸، در ساقه گیاه در محدوده ۲-۲/۹۸ و در برگ گیاه در محدوده ۵/۹۹-۶/۹۸ mg/kg قرار داشت. که به ترتیب ۵۳ درصد در برگ، ۱۹ درصد در ساقه و ۲۸ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز آهن در برگ گیاه اسفناج

به این نتیجه رسیدند که فلزات آهن، منگنز، مس، روی و کروم بیشترین انتقال را به گیاه از قسمت‌های هوایی در برداشت (۲۴).  
**Santamaria** و همکاران در مطالعه خود بر روی فلزات در سبزیجات، به این نتیجه دست یافتند که مقدار فلزات در بخش‌های مختلف گیاهان متفاوت هستند. آنها گزارش کردند که میزان تجمع فلزات در اندام‌های مختلف گیاهان به صورت زیر هستند: برگ < ساقه < ریشه < تکمه < پیاز < میوه < دانه (۲۵).  
 که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. **Rafati** و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای که انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که بیشترین مقدار فلزات سنگین کادمیوم، کروم و نیکل در بین اندام‌های مختلف گونه‌های گیاهی سپیدار و توت سفید در برگ‌های گیاه قرار دارند (۲۶). نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات در بخش‌های مختلف سبزیجات از جمله ریشه، ساقه و برگ نشان داد که تفاوت معنی‌داری در بین میانگین غلظت فلزات آهن، کروم و منگنز در بخش‌های مختلف سبزیجات پیاز، کلم، اسفناج و کاهو وجود دارد ( $P < 0/05$ ). **Rafati** و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای که انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که میزان فلزات کادمیوم، کروم و نیکل تجمع یافته در برگ‌های توت با مقدار آنها در ریشه اختلاف معنی‌داری دارد (۲۶). در این مطالعه همچنین مشخص شد که غلظت فلزات کروم، آهن و منگنز در برگ تمامی گیاهان اسفناج، پیاز، کلم و کاهو مطالعه شده بالاتر از حد استاندارد **FAO/WHO** قرار دارد. **Nazemi** و همکار در مطالعه‌ای که بر روی فلزات در اراضی سبزیکاری منطقه شاهرود انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که میانگین غلظت فلزات موجود در سبزیجات با مقادیر استاندارد اختلاف معناداری را نشان می‌دهد. میزان غلظت سرب، کروم، کادمیوم و آرسنیک در انواع سبزیجات بالاتر از مقدار معمول آن هستند (۱۱). که نتایج گرفته شده با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. **Akan** و همکاران در مطالعه خود بر روی فلزات کروم، منگنز، آهن، نیکل، سرب، روی، کادمیوم و مس در نمونه‌های سبزیجات از کشور نیجریه به این نتیجه رسیدند که برگ‌های سبزیجات کلم، کاهو، پیاز و

در برگ گیاه در محدوده  $0/98-0/54 \text{ mg/kg}$  قرار داشت که به ترتیب ۴۴ درصد در برگ، ۳۷ درصد در ساقه و ۱۹ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز منگنز در برگ گیاه کلم داشت. غلظت فلز کروم در ریشه گیاه پیاز در محدوده  $0/28-0/15$ ، در ساقه گیاه در محدوده  $1/99-1/35$  و در برگ گیاه در محدوده  $2/62-2/15 \text{ mg/kg}$  قرار داشت. که به ترتیب ۵۷ درصد در برگ، ۳۸ درصد در ساقه و ۵ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز کروم در برگ گیاه پیاز داشت. غلظت فلز آهن در ریشه گیاه پیاز در محدوده  $1/23-1/9$ ، در ساقه گیاه در محدوده  $2/78-2/1$  و در برگ گیاه در محدوده  $2/98-2/15 \text{ mg/kg}$  قرار داشت. که به ترتیب ۴۲ درصد در برگ، ۳۵ درصد در ساقه و ۲۳ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز آهن در برگ گیاه پیاز داشت. غلظت فلز منگنز در ریشه گیاه پیاز در محدوده  $2/89-2/12$ ، در ساقه گیاه در محدوده  $2/98-2/37$  و در برگ گیاه در محدوده  $3/98-3 \text{ mg/kg}$  قرار داشت. که به ترتیب ۴۱ درصد در برگ، ۳۱ درصد در ساقه و ۲۸ درصد فلز در ریشه گیاه قرار داشتند و نشان از تجمع بالای فلز منگنز در برگ گیاه پیاز داشت. **Shahriari** و همکار در مطالعه‌ای که بر روی فلزات سنگین در سبزیجات خوراکی منطقه اصفهان انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که میانگین غلظت فلز کروم در برگ گیاهان تربچه، کرفس، شاهی و تره  $5/2 \mu\text{g/g}$  از نمونه سبزی بود که بیش از مقدار معمول است (۲۳). نتایج گرفته شده با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. **Akan** و همکاران نیز در مطالعه خود بر روی برخی از فلزات سنگین در نمونه‌های سبزیجات کلم، کاهو، اسفناج و پیاز از کشور نیجریه، غلظت فلز کروم را در این گیاهان بین  $3/22-0/23 \text{ mg/kg}$  غلظت فلز آهن را بین  $3/45-0/23 \text{ mg/kg}$  و غلظت فلز منگنز را بین  $3/43-0/23 \text{ mg/kg}$  اندازه گیری کردند. همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات منگنز، آهن و کروم در برگ‌ها بیشتر از ریشه و ساقه‌ها است. که نتایج گرفته شده با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۶). **Nayek** و همکاران در مطالعه خود

### نتیجه گیری

در تمامی سبزیجات مطالعه شده برگ‌ها از غلظت بالاتری از فلزات کروم، منگنز و آهن نسبت به ساقه و ریشه برخوردار بودند. که نشان از جذب و انتقال فلزات به اندام‌های هوایی گیاه است. همچنین به دلیل بالا بودن غلظت فلزات آهن، منگنز و کروم در سبزیجات برداشت شده از مزارع موجود در شهر کرج از جمله کاهو، کلم، اسفناج و پیاز، مصرف این گونه سبزیجات توسط شهروندان، بایستی توسط سازمان‌های نظارتی مورد توجه قرار گیرد. برای کنترل آلودگی و جلوگیری از گسترش آن پیشنهاد می‌شود بررسی‌های زیست محیطی در خاک و سایر محصولات کشاورزی منطقه به طور مستمر انجام گرفته و غلظت آلاینده‌های فلزی در خاک و محصولات کشاورزی به طور سالیانه تعیین گردد. همچنین نظارت دقیقی بر میزان کودها و سموم شیمیایی استفاده شده در مزارع صورت گیرد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان «بررسی امکان تجمع فلزات سنگین کروم، منگنز و آهن در بخش‌های مختلف برگ، ساقه و ریشه برخی از سبزیجات مصرفی (مطالعه موردی شهر کرج)» مصوب باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان در سال ۱۳۹۲ با کد ۹۲۲۳۱ است که با حمایت باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان اجرا شده است.

### منابع

1. Shabankhani B, Azadbakht M, Shokrzadeh Lemoky M, Bahramighane Sh. Measurment of Pb and Cd in spinach and radish vegetables Sary city. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2001; 30: 27-30 (in Persian).
2. Gardea-Torresdey JL, Peralta-Videa JR, De La Rosa G, Parsons J. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews.

اسفناج دارای غلظتی بیشتر از حد استاندارد هستند (۱۶). که نتایج گرفته شده با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Kocak و همکاران نیز در مطالعه خود غلظت فلزات سنگین موجود در سبزیجات بررسی شده را بالاتر از حد استاندارد گزارش کردند (۲۷). براساس یافته‌های Zacchini و همکاران (۲۰۰۸)، گونه‌ای که دارای ضریب تجمع زیستی در ریشه بزرگ‌تر از یک و فاکتور انتقال کوچک‌تر از یک است، برای تثبیت گیاهی و گونه‌ای که دارای ضریب تجمع زیستی در اندام‌های هوایی بزرگ‌تر از یک است، برای برداشت گیاهی مناسب است (۲۸). نتایج این قسمت بیان می‌کند که تمامی سبزیجات مطالعه شده دارای فاکتور انتقال بیشتر از یک و ضریب تجمع زیستی ریشه کمتر از یک بوده، بنابراین این گونه‌های گیاهی برای تثبیت عناصر کروم، آهن و منگنز مناسب نیستند. اما با داشتن فاکتور انتقال بیشتر از یک این نتیجه بدست آمد که تقریباً تمامی سبزیجات مطالعه شده پتانسیل بالایی در انتقال و انباشت فلزات مورد مطالعه در بخش هوایی خود دارند و می‌توان آنها را در گروه گیاهان تجمع‌دهنده قرار داد. Rafati و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای که انجام دادند با توجه به مقادیر ضریب تجمع زیستی و فاکتور انتقال به این نتیجه دست یافتند که گونه توت برای برداشت فلز نیکل و سپیدار برای برداشت فلزات کادمیوم و نیکل از خاک مناسب هستند (۲۶). از آنجایی که آبیاری با فاضلاب شهری سبب افزایش غلظت فلزات قابل جذب در گیاهان می‌شود. بنابراین پیش‌بینی می‌شود که غلظت این فلزات در سبزیجات نیز در اثر کاربرد فاضلاب شهری افزایش یابد (۲۹). Afyuni و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که با افزایش عناصر سنگین در خاک، غلظت این عناصر در گیاه نیز افزایش می‌یابد (۳۰). Singh و همکار در سال ۲۰۰۵ و Sillanpaa و همکار در سال ۱۹۹۲ بیان کردند که بین افزایش غلظت این عناصر در گیاه همراه با افزایش آنها در خاک و منبع آبیاری ارتباط مستقیمی وجود دارد (۳۱، ۳۲) خاک اطراف ریشه، اولین منبع برای ورود فلزات سنگین به بافت گیاهان هستند (۳۳).

- 2005;249(17):1797-810.
3. Salehipour M, Ghorbani H, Kheirabadi H, Afyuni M. Health risks from heavy metals via consumption of cereals and vegetables in Isfahan Province, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 2015;21(7):1920-35.
  4. Yadav R, Goyal B, Sharma R, Dubey S, Minhas P. Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water—a case study. *Environment International*. 2002;28(6):481-86.
  5. Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*. 2010;51(2):375-87.
  6. Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. *Environmental Pollution*. 2008;154(2):254-63.
  7. Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Atmospheric deposition of heavy metals (Cu, Zn, Cd and Pb) in Varanasi city, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2008;142(1-3):269-78.
  8. Asdeo A, Loonker S. A comparative analysis of trace metals in vegetables. *Research Journal of Environmental Toxicology*. 2011;5(2):125-32.
  9. Bigdeli M, Seilsepour M. Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with waste water in Shahre Rey-Iran and toxicological implications. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2008;4(1):86-92.
  10. Yanqun Z, Yuan L, Schwartz C, Langlade L, Fan L. Accumulation of Pb, Cd, Cu and Zn in plants and hyperaccumulator choice in Lanping lead-zinc mine area, China. *Environment International*. 2004;30(4):567-76.
  11. Nazemi S, Khosravi A. A study of heavy metals in soil, water and vegetables. *Knowledge and Health*. 2011;5(4):27-31 (in Persian).
  12. Torabian A, Mahjoori M. Effect of sewage irrigation on heavy metal uptake by leaf vegetables south of Tehran. *Soil and Water Journal*. 2002;16(2):188-96 (in Persian).
  13. Burchett H. Increasing fruit and vegetable consumption among British primary schoolchildren: a review. *Health Education*. 2003;103(2):99-109.
  14. Sharma RK, Agrawal M, Marshall F. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2007;66(2):258-66.
  15. Cheraghi M, Lorestani B, Yousefi N. Effect of waste water on heavy metal accumulation in Hamedan Province vegetables. *International Journal of Botany*. 2009;5(2):190-93.
  16. Akan J, Kolo B, Yikala B, Ogugbuaja V. Determination of some heavy metals in vegetable samples from Biu local government area, Borno State, North Eastern Nigeria. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*. 2013;2:40-46.
  17. Jafari J, Rastegar A, Farzadkia M, Rezaee Kalantary R, Rezaee Gozalabad Z. Survey of the effects of soil type on the leaching and adsorption of heavy metals (chromium, lead and cadmium) after compost application on the soils. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(4):523-34 (in Persian).
  18. Voutsas D, Grimanis A, Samara C. Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. *Environmental Pollution*. 1996;94(3):325-35.
  19. Branquinho C, Serrano HC, Pinto MJ, Martins-Loução MA. Revisiting the plant hyperaccumulation criteria to rare plants and earth abundant elements. *Environmental Pollution*. 2007;146(2):437-43.
  20. Ma LQ, Komar KM, Tu C, Zhang W, Cai Y, Kennelley ED. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature*. 2001;409(6820):579.
  21. WHO. Evaluation of Certain Food Additives: Seventy-first Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: World Health Organization; 2010.
  22. Sauerbeck D. Plant element and soil properties governing uptake and availability of heavy metals derived from sewage sludge. *Water, Air, and Soil Pollution*. 1991;57(1):227-37.
  23. Shahriari A, Takdastian T. Investigation the amount of heavy metals in edible vegetables in Isfahan. 14th National Conference of Environmental Health; 2010; Yazd Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd.

24. Nayek S, Gupta S, Saha R. Metal accumulation and its effects in relation to biochemical response of vegetables irrigated with metal contaminated water and wastewater. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;178(1):588-95.
25. Uwah E, Abah J, Ndahi N, Ogugbuaja V. Concentration levels of nitrate and nitrite in soils and some leafy vegetables obtained in Maiduguri, Nigeria. *Journal of Applied Science in Environmental Sanitation*. 2009;4(3):233-44.
26. Rafati M, Khorasani N, Moattar F, Shirvany A, Moraghebi F, Hosseinzadeh S. Phytoremediation potential of *Populus alba* and *Morus alba* for cadmium, chromium and nickel absorption from polluted soil. *International Journal of Environmental Research*. 2011;5(4):961-70.
27. Kocak S, Tokusoglu O, Aycan S. Some heavy metal and trace essential element detection in canned vegetable foodstuffs by differential pulse polarography (DPP). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 2005;4:871-78.
28. Zacchini M, Pietrini F, Mugnozsa GS, Iori V, Pietrosanti L, Massacci A. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2009;197(1-4):23-34.
29. Aghabarati A, Hoseini M, Esmaeili A, Marelian H. Accumulation heavy metals Pb and Zn in leaf and fruit *Olea europaea* L. and soil of irrigated by wastewater. *Journal of environmental recognition*. 2009;47:51-58 (in Persian).
30. Afyuni M, Rezaei Nezhad Y, Khayambashi B. Effect of wastewater sludge on action and adsorption heavy metals by lettuce and spinach. *Journal Science of Agriculture and Natural Sources*. 1999;2(1):19-30 (in Persian).
31. Singh G, Bhati M. Growth of *Dalbergia sissoo* in desert regions of western India using municipal effluent and the subsequent changes in soil and plant chemistry. *Bioresource Technology*. 2005;96(9):1019-28.
32. Sillanpää M, Jansson H. Status of Cadmium, Lead, Cobalt and Selenium in Soils and Plants of Thirty Countries. Rome: Food & Agriculture Organization; 1992.
33. Logan TJ, Chaney R. Utilization of municipal wastewater and sludge on land-metals. *Proceedings of the Workshop on Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land*; 1983; University of California Riverside, California.





Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Investigating the Amount of Heavy Metals in Different Parts of Some Consumable Vegetables in Karaj City

N Rouniasi<sup>1,\*</sup>, H Parvizi Mosaed<sup>2</sup>

1. Young Researchers and Elites Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran  
2. Young Researchers and Elites Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 13 January 2016  
**Revised:** 4 April 2016  
**Accepted:** 10 April 2016  
**Published:** 18 September 2016

**Key words:** Heavy metals, Vegetables, Atomic absorption, Karaj City

**\*Corresponding Author:**  
[nassimrouniasi@yahoo.com](mailto:nassimrouniasi@yahoo.com)

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Heavy metals are seriously dangerous for the human body and their accumulation in the body can cause pathological changes in the organs and this can result in cardiovascular, liver and bone diseases, and even cancer. Human is exposed daily to these pollutants via consumption of food and water.

**Materials and Methods:** Considering the cumulative properties of these metals in plant organs, the amount of Cr, Mn, and Fe in soil and leaf, stem, and root tissues of cabbage, lettuce, spinach, and onions in Karaj City were investigated. For this purpose, 15 samples were randomly collected from each part of the plants, and then, the density of heavy metals was measured via atomic absorption spectrometer after cleansing, grinding, drying, and acid digestion. The data were then analyzed using SPSS software.

**Results:** It was found that leaves of spinach, cabbage, lettuce, and onion have higher concentrations of Cr, Mn, and Fe rather than their stems and roots. The roots of plants contain the least densities of metals. Moreover, concentrations of Fe, Cr, and Mn in soil were 11.87, 3.99 and 17.78 mg/kg, respectively. This was due to the high transportation of these metals to air-related parts of the plant like leaves. This research also showed that the densities of Cr, Mn, and Fe in leaves of studied spinach, onion, cabbage, and lettuce exceeded the FAO/WHO standard limitations (0.15, 0.3, and 0.3 mg/kg for Cr, Fe and Mn, respectively).

**Conclusion:** Due to the high concentrations of Cr, Mn, and Fe in studied vegetables in Karaj City, the consumption of these kinds of vegetables by citizens must be taken into consideration by regulatory agencies.