فصلنامه دانش و تندرستی، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شاهرود

مقاله پژوهشی

# بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری

سعید ناظمی*[۱] (M.Sc.)، احمد خسروی[۲] (M.Sc.)
۱- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- دانشکده بهداشت- گروه بهداشت محیط. ۲- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- دانشکده پزشکی- عضو هیأت علمی.

**تاریخ دریافت:** ۱۳۸۹/۱/۱۴، **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۰/۴/۱۱

## چکیده

***مقدمه:*** *ورود فلزات سمی از طریق فعالیت‌های انسانی باعث آلودگی بسیاری از خاک‌ها شده است. فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌ها در محیط زیست به‌شمار می‌روند. این مطالعه به‌منظور تعیین غلظت فلزات سنگین در خاک، آب وگیاه اراضی سبزیکاری منطقه شهنما شاهرود انجام شده است.*

***مواد و روش‌ها:*** *سبزی‌های مورد بررسی شامل سبزی‌های برگی جعفری، تره، برگ چغندر، شنبلیله، شاهی، ریحان، تربچه و گشنیز بود. نمونه‌برداری طی مدت ۳ ماه در فاصله شهریور تا آبان ۸۷ صورت گرفت. تعداد ۱۸۰ نمونه جمع‌آوری شده سبزیجات، آب و خاک، پس از آماده‌سازی، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مطابق با روش استاندارد مورد آنالیز قرار گرفت.*

***نتایج:*** *مقادیر میانگین غلظت سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و روی در نمونه سبزیجات به‌ترتیب برابر: ۲۳/۹۹، ۲/۰۹، ۵/۴، ۵/۲۶، ۱۶۸/۴ میکروگرم بر گرم به ازای بافت گیاه بود. میانگین غلظت فلزات سنگین در آب به‌ترتیب: ۷/۵۵، ۴/۸۵، ۰/۷۸، ۱۲/۸۳ و ۳۴۷/۹۹ میلی‌گرم در لیتر نمونه و در خاک به‌ترتیب : ۸۱/۱۲، ۱۴/۴۳، ۱۳۴/۳۲، ۰/۰۸ ۱۹ و ۴۳۵ میکروگرم به ازای هر گرم نمونه خاک بود. مقایسه میانگین غلظت مقادیر فلزات سنگین موجود در سبزیجات، آب و خاک با مقادیر استاندارد اختلاف معناداری را نشان می‌دهد به جز روی که اختلاف معناداری با مقادیر استاندارد نداشت. میزان غلظت سرب، کروم، کادمیوم و آرسنیک در انواع سبزیجات بالاتر از مقدار معمول آن می‌باشد.*

***نتیجه‌گیری:*** *نتایج تحقیق بیانگر آلودگی آب، خاک و گیاه به فلزات سنگین در اثر مصرف کودهای شیمیایی، دفع غیر بهداشتی فاضلاب و احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد.*

**واژه‌های کلیدی**: فلزات سنگین، سبزیجات، جذب اتمی، محیط زیست، شاهرود.

**Original Article** **Knowledge & Health 2011;5(4):27-31**

# A Study of Heavy Metals in Soil, Water and Vegetables

**Saeid Nazemi[1*], Ahmad Khosravi[2]**
1- Dept. of Environmental Health, Faculty of Health, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran. 2- Faculty Member, Faculty of Medicine, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.

## Abstract:

***Introduction:*** *The arrival of toxic metals by human activities has lead to the contamination of soil. Heavy metals are among the most important pollutants in the environment. This study aimed at determining the concentration of heavy metals in, soils, water and vegetables of Shhnama region in Shahroud.*

***Methods:*** *Vegetables studied included parsley, leek, leaf beet, fenugreek, cress, basil, radish and the coriander. The sampling was performed during 3 months, from September to October, 2008. The collected 180 samples of vegetables, water, soil, after preparation by atomic absorption Spectrophotometers, were analyzed according to standard methods.*

***Results:*** *Mean concentration values of lead, cadmium, chromium, arsenic and zinc in vegetable samples were, respectively 23.99, 2.09, 5.4, 5.26, 168.4 micrograms per gram of plant tissue. Mean concentrations of heavy metals in water were, respectively, 7.55, 4.84, 0.78, 12.83 and 347.99 mg per liter in water samples. Mean concentrations of heavy metals in soil were, respectively, 81.12, 14.43, 134.32, 19.08 and 435 micrograms, per gram of soil sample. Comparing the mean concentration values for heavy metals available in vegetables, water and soil with standard values significant differences are observed except for Zn. Concentration values of lead, cadmium, chromium and arsenic in vegetables were higher than the common values.*

***Conclusion:*** *The results indicate that due to the use of synthetic fertilizers, unsanitary disposal of sewage and fossil fuel combustion, water, soil and plants of the region are polluted with heavy metals.*

**Keywords:** Heavy metals, Vegetables, Atomic absorption, Environment, Shahroud.

Conflict of Interest: No
Received: 3April 2010 Accepted: 2 July 2011

***Corresponding author:** S. Nazemi, **Email:** saied_nazemi@yahoo.com*

***نویسنده مسوول:** شاهرود- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- دانشکده بهداشت ، **تلفن:** ۰۲۷۳-۳۳۳۲۴۸۲، **نمابر:** ۰۲۷۳-۳۳۳۵۵۸۸، **Email**:saied_nazemi@yahoo.com

## مقدمه

آلودگی خاک‌ها و محیط‌های آبی با فلزات سنگین یک مشکل جدی و درحال گسترش است. ورود فلزات سمی از طریق فعالیت‌های انسانی باعث آلودگی بسیاری از خاک‌ها شده است به‌طوری که شدت آلودگی در این خاک‌ها یا بیش از حد طبیعی است و یا به زودی به آن خواهد رسید (۱ و ۲). در سراسر جهان تحقیقات متعددی بر روی آلودگی خاک‌ها و گیاهان به فلزات سنگین به‌ویژه از طریق آبیاری با فاضلاب-های شهری و صنعتی و یا لجن‌های فاضلاب در مزارع انجام گرفته است. در سال ۱۳۷۷-۱۳۷۴، به مدت چهار سال میزان جذب فلزات سنگین در سبزیجات برگی جنوب تهران بر اثر آبیاری با فاضلاب بررسی گردید که غلظت برخی فلزات سنگین در خاک و گیاهان از حد مجاز بیش‌تر بود (۳). علاوه برکشور ما در سایر کشورهای دنیا پژوهش‌های متعددی در رابطه با تعیین میزان فلزات سنگین در سبزیجات انجام گرفته است. در سال ۱۹۹۷ تحقیقی با عنوان غلظت کادمیوم در سبزیجات کشت شده در خاک‌های آلوده منطقه کمپن بلژیک انجام گرفته است که نتایج آن نشان‌دهنده تجمع کادمیم در سبزیجات و خاک منطقه می‌باشد (۴).

سرنوشت فلزات سنگین و کمپلکس‌های فلزی تخلیه شده به خاک‌ها و آب‌ها با توجه به شرایط محیطی خاک و آب بسیار متفاوت می‌باشند. عوامل تأثیرگذار زیادی بر جذب فلزات مؤثر می‌باشند به‌طوری‌که به جز نوع و مقدار کلوئیدهای خاک، عوامل کنترل کننده‌ای نظیر: pH، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیونی فلز، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت‌کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی در آن نقش دارند (۵). هم‌چنین مکانیزم‌های جذب می‌توانند برای یون‌های فلزی مختلف متفاوت باشند اما یون‌هایی که با مکانیسم‌های مشابه به داخل ریشه جذب می‌شوند احتمالاً با همدیگر رقابت می‌کنند. از سویی شواهد واضحی وجود دارد که شکل‌ها و گونه‌های مختلف گیاهان در توانایی جذب، تجمع و تحمل فلزات سنگین تفاوت بسیار زیادی با هم دارند. بدین ترتیب مشخص می‌شود که در بررسی سمیت فلزات در سیستم-های مختلف و پیچیده گیاه–خاک، عوامل زیادی وجود دارند که مرتبط با ویژگی‌های خاک، خصوصیات گیاه و دیگر عوامل زیست محیطی می‌باشند. ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی، اثرات سوء متابولیکی و فیزیو لوژیکی در موجودات زنده به جای می‌گذارد. کادمیوم عنصری با وزن اتمی ۱۱۲/۴، نقطه ذوب ۳۲۱ و نقطه جوش ۷۶۷ می‌باشد. این فلز از طریق حفاری، صنایع فلزی و شیمیایی، آبکاری و کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها وارد محیط زیست می‌شود. کادمیوم ممکن است موجب ضایعات کلیوی، افزایش فشار خون، جهش‌زایی و سرطان‌زایی شود. از نظر سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) مقدار مجاز کادمیوم به‌طور هفتگی ۰/۶ – ۰/۴ میلی‌گرم برای هر فرد می‌باشد.

سرب از طریق فعالیت‌هایی نظیر ریخته‌گری و بنزین سرب‌دار وارد محیط زیست می‌شود. مقادیر بیش از ۴۰۰ میکروگرم در لیتر، سرب در خون کودکان، ایجاد عقب‌ماندگی ذهنی خواهد نمود. سرب نیز اثرات سویی مثل خستگی شدید، ناراحتی شکمی، کم خونی، اختلال در تنفس سلولی و اثر بر سیستم اعصاب را به‌دنبال خواهد داشت (۶).

یکی از عوامل مؤثر بر سلامت انسان، مصرف مواد غذایی سالم با کیفیت و کمیت مناسب است. سبزیجات از جمله مواد غذایی با ارزش می‌باشندکه با داشتن انواع ویتامین‌ها و سایر مواد مغذی، مصرف-کنندگان زیادی دارند، پس سلامت این ماده غذایی به‌دلیل مصرف بالای آن از اهمیت زیادی برخوردار است (۷). امروزه آلودگی رو به افزایش فاضلاب‌های شهری و یون‌های سمی یک مسأله نگران‌کننده زیست محیطی می‌باشد. فلزات سنگین به بدن انسان از راه‌های گوناگون وارد می‌شوند. یکی از آن راه‌ها بلع آن‌ها همراه با مواد غذایی می‌باشد. مصرف زیاد سبزیجات لزوم دقت کافی در خصوص سلامت این ماده غذایی مهم را ایجاب می‌نماید.

مطالعه حاضر با هدف بررسی وضعیت غلظت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه شهنما شاهرود صورت گرفته است. در حال حاضر مزارع سبزیکاری شهر شاهرود توسط نهرهایی آبیاری می‌شوند که دارای انواع آلودگی‌ها از جمله فاضلاب صنعتی و کشاورزی و شهری می‌باشند. آبیاری این گونه مزارع با آب‌های آلوده احتمال جذب فلزات سنگین توسط سبزیجات را ایجاد می‌کند.

## مواد و روش‌ها

جهت بررسی وضعیت غلظت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه این تحقیق به مدت ۳ ماه در فاصله شهریور تا آبان ۸۷ بر روی اراضی سبزیکاری منطقه شهنما شاهرود به اجرا درآمد. سبزی‌های مورد بررسی شامل سبزی‌های برگی جعفری، تره، برگ چغندر، شنبلیله، شاهی، ریحان، تربچه و گشنیز بودند.

از سبزیجات ۵ مزرعه و از هر مزرعه به‌طور تصادفی از ابتدا، انتها و وسط آن نمونه‌برداری شد. وزن هر نمونه سبزی برداشت شده نیم کیلوگرم و در مجموع از هر مزرعه ۱/۵ کیلوگرم سبزی مخلوط تهیه شد تا وضعیت متوسط هر مزرعه از لحاظ آلودگی به فلزات سنگین مورد بررسی قرار گیرد. نمونه‌برداری در پانزدهم هر ماه که حالت متوسط برای هر ماه دارد انجام می‌گرفت. بدین ترتیب طی ماه‌های شهریور تا آبان به‌طور کلی ۱۵۰ نمونه و در هر ماه تعداد ۵۰ نمونه از سبزیجات خوراکی همچون تربچه، شاهی، تره، شنبلیله، ریحان، جعفری، گشنیز و برگ چغندر نمونه‌هایی برداشت شده سپس

سبزیجات نمونه‌برداری شده به‌صورت مجزا شسته و با آب مقطر آبکشی می‌شدند. پس از آن نمونه‌ها را در داخل کوره در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار داده و پس از خشک شدن کامل، ۰/۵ گرم از هر نمونه سبزی را با ترازوی دقیق وزن نموده و عمل هضم اسیدی را برای هر نمونه انجام دادیم. نمونه‌گیری درطی ۵ نوبت و در هر نوبت ۵ نمونه، در طول فصل رشد از نهرها و چاه‌های منطقه انجام شد. نمونه‌برداری از خاک (۵ نمونه) به‌صورت تهیه یک نمونه مرکب از هر هکتار و از اعماق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری انجام شد. سپس نمونه خاک‌ها را خشک و آسیاب نموده و هضم اسیدی انجام گردید. عمل هضم اسیدی برای هر نمونه طبق روش شماره F۳۰۳۰ و H۳۰۳۰ استاندارد متد انجام شد (۸). برای اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین موجود در نمونه‌های مورد مطالعه از دستگاه جذب اتمی Varian710 سری Es ساخت کشور آمریکا روش کار B۳۱۱۳ استفاده گردید و برای تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

## نتایج

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های گیاه، آب وخاک اراضی سبزیکاری منطقه شهنما شاهرود در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به جدول ۱ میانگین غلظت سرب در این سبزیجات با یکدیگر برابر نبوده و این اختلاف یک اختلاف معنادار می‌باشد (P<۰/۰۰۱). مطابق جدول ۱ بیش‌ترین میزان غلظت سرب (۵۹/۳μgr/gr) را شاهی و کم‌ترین آن را برگ تربچه (۷۲ /۴ μgr/gr) دارد. بالاترین غلظت آرسنیک را شنبلیله (۷/۸۴ μgr/gr) و کم‌ترین غلظت آرسنیک را گشنیز (۲/۲۶ μgr/gr) دارا می‌باشد. میانگین غلظت روی، کروم و کادمیوم این سبزیجات با یکدیگر متفاوت بوده و دارای یک اختلاف معنادار می‌باشد (P<۰/۰۰۱). بیش‌ترین میانگین غلظت روی در تره (۲۴۵/۹۷ μgr/gr) و کم‌ترین غلظت روی در تربچه (۱۰۶/۴۲ μgr/gr) دیده می‌شود. بیش‌ترین غلظت کروم مربوط به ریحان (۸/۸۲ μgr/gr) و کم‌ترین غلظت را شنبلیله (۲/۹۴ μgr/gr) دارد. هم‌چنین بیش‌ترین غلظت کادمیوم مربوط به تره (۴/۱۵ μgr/gr) و کم‌ترین مربوط به شاهی (۰/۳۶ μgr/gr) می‌باشد.

مطابق جدول ۱ بالاترین غلظت فلز سنگین در خاک مربوط به روی (۴۳۵μgr/gr) و پایین‌ترین مربوط به کادمیوم (۱۴/۴۳ μgr/gr) می‌باشد. بیش‌ترین غلظت فلز سنگین در آب مربوط به روی (ppm ۳۴۷/۹۹ ) و کم‌ترین غلظت مربوط به کروم (۰/۷۸ ppm) می‌باشد. میانگین غلظت کلی فلزات سنگین در سبزیجات، آب و خاک و مقایسه آن با حدود استاندارد در جدول ۲ ارایه شده است. طبق این جدول میانگین غلظت فلز سرب در سبزیجات ۲۳/۹۹μgr/gr بوده که با حدود استاندارد مجاز مواد غذایی از طریق گیاهان (۱۰μgr/gr و ۰/۱) هم‌خوانی ندارد. این مطلب به وضوح در مورد کروم و کادمیوم نیز صادق است و نشان‌دهنده بالا بودن غلظت این دو فلز بیش از استانداردهای پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) است. میانگین غلظت به‌دست آمده برای آرسنیک ۵/۲۶ μgr/gr است که با توجه به حدود استاندارد (۵ μgr/gr -۰/۱) می‌توان گفت آرسنیک اندازه‌گیری شده در این سبزیجات اختلاف چندانی با حدود استاندارد ارایه شده ندارد. غلظت فلز روی در سبزیجات ۱۶۸/۴μgr/gr می‌باشد که کاملاً در محدوده استاندارد (۴۰۰μgr/gr و ۱۰۰) قرار دارد. مطابق با جدول ۲ میانگین غلظت سرب (۷/۵۵ppm)، کروم (۰/۷۸ppm)، کادمیوم (۴/۸۵ppm) آرسنیک (۱۲/۸۳ppm) و روی (۳۴۷/۹۹ ppm) در آب مصرفی جهت آبیاری مزارع می‌باشد که با حدود استاندارد ارایه شده هم‌خوانی ندارد. هم‌چنین میانگین غلظت فلزات سنگین سرب μgr/gr ۸۱/۱۲، کادمیوم ۱۴/۴۳ μgr/gr در خاک مزارع می‌باشد که بیش از حدود استاندارد پیشنهادی می‌باشد و میانگین غلظت در مورد، روی ۴۳۵ μgr/gr، کروم ۱۳۴/۳۲ μgr/gr و آرسنیک ۱۹/۰۸ μgr/gr می‌باشد که مقادیر این سه فلز به‌طور کامل با حدود استاندارد ارایه شده هم‌خوانی دارد.

**جدول ۱- میانگین مقادیر فلزات سنگین در سبزیجات، خاک و آب منطقه شهنما شاهرود در سال ۱۳۸۷**

| گیاه | فلز سنگین μ gr/gr | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Pb | Cr | Cd | As | Zn |
| جعفری | ۱۷/۹۴ | ۵/۶۵ | ۳ | ۵/۱۷ | ۲۰۱/۶۳ |
| تره | ۹/۰۷ | ۴/۷ | ۴/۱۵ | ۵/۸۵ | ۲۴۵/۹۷ |
| برگ چغندر | ۹/۱۸ | ۶/۹۹ | ۱/۵ | ۶/۹ | ۱۵۵/۳ |
| شنبلیله | ۳۹/۷۲ | ۲/۹۴ | ۱/۹۹ | ۷/۸۴ | ۱۰۷/۰۲ |
| شاهی | ۵۹/۳ | ۳/۰۵ | ۰/۳۶ | ۴/۸۸ | ۱۹۱/۹۳ |
| ریحان | ۶/۶۹ | ۸/۸۲ | ۰/۵۴ | ۴/۱۲ | ۱۴۵/۱۹ |
| برگ تربچه | ۴/۷۲ | ۶/۳۸ | ۲/۳۳ | ۵/۵۴ | ۱۹۲/۸۶ |
| تربچه | ۵۲/۴۲ | ۴/۵۱ | ۲/۶۵ | ۴/۸۳ | ۱۰۶/۴۲ |
| گشنیز | ۱۶/۸۸ | ۵/۶۲ | ۲/۳۵ | ۲/۲۶ | ۱۶۹/۰۵ |
| خاک | ۸۱/۱۲ | ۱۳۴/۳۲ | ۱۴/۴۳ | ۱۹/۰۸ | ۴۳۵ |
| آب (ppm) | ۷/۵۵ | ۰/۷۸ | ۴/۸۵ | ۱۲/۸۳ | ۳۴۷/۹۹ |

## بحث

وجود فلزات سنگین در دنیای صنعتی امروزه به یک معضل تبدیل شده است که از راه‌های مختلف در حال وارد شدن به زنجیزه غذایی انسان می‌باشد. بر اساس جدول ۱ ترتیب مقدار فلزات در سبزیجات مورد مطالعه از بیش‌ترین به کم‌ترین به‌صورت زیر می‌باشد:

**جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در سبزیجات، آب و خاک مورد مطالعه با حدود استاندارد (۱۵)**

| فلز سنگین | میانگین غلظت در سبزیجات (µgr/ gr) | حدود استاندارد در گیاه (۵)(µgr/ gr) | میانگین غلظت در آب (mg/l) | حدود استاندارد در آب (۱۸) mg/l | میانگین غلظت در خاک (µgr/gr) | حدود استاندارد در خاک (۵)(µgr/ gr) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سرب | ۲۳/۹۹±۲/۰۹ | ۰/۱-۱۰ | ۷/۵۵±۰/۹۱ | ۰/۷۱ | ۸۱/۱۲±۱۶/۲۲ | ۰/۲-۱ |
| کروم | ۵/۴±۱/۸۷ | ۰/۲-۱ | ۰/۷۸±۰/۰۹۸ | ۰/۰۵ | ۱۳۴/۳۲±۱۰/۸۳ | ۵-۳۰۰ |
| کادمیوم | ۲/۰۹±۱/۱۸ | ۰/۲-۰/۸ | ۴/۸۵±۰/۰۹۱ | ۰/۰۰۳ | ۱۴/۴۳±۱۶/۷۷ | ۰/۱-۷ |
| آرسنیک | ۵/۲۶±۱/۵۹ | ۰/۱-۵ | ۱۲/۸۳±۰/۵۲ | ۰/۰۱ | ۱۹/۰۸±۲/۵۶ | ۰/۱-۴۰ |
| روی | ۱۶۸/۴±۴۵/۵ | ۱۰۰-۴۰۰ | ۳۴۷/۹۹±۴۵/۹ | بیش از ۳ غیر قابل قبول | ۴۳۵±۲۰۵/۴۴ | ۴۰۰-۶۰۰ |

سرب: شاهی> تربچه> شنبلیله>جعفری >گشنیز>برگ چغندر>تره>ریحان>برگ تربچه.

آرسنیک: شنبلیله>برگ چغندر>تره>جعفری>برگ تربچه>تربچه>شاهی>ریحان> گشنیز.

کروم: ریحان>برگ چغندر>برگ تربچه>جعفری>گشنیز>تره> تربچه>شاهی>شنبلیله.

کادمیوم: تره>جعفری>تربچه>گشنیز>برگ تربچه>شنبلیله>برگ چغندر>ریحان>شاهی.

روی: تره>جعفری>برگ تربچه>شاهی>گشنیز>برگ چغندر>ریحان>شنبلیله> تربچه.

مطابق جدول ۲ مقدار غلظت فلزات سنگین در سبزیجات به‌ترتیب براساس غلظت بیش‌تر به سرب، کروم، آرسنیک و کادمیوم تعلق می‌گیرد هر چند که غلظت روی بیش‌تر می‌باشد اما مقدار میانگین سنجش شده در محدوده استاندارد قرار گرفته است.

در حالی‌که در مطالعه ترابیان و مهجوری (۳) بیش‌ترین غلظت فلزات مورد بررسی به‌ترتیب تعلق به کروم، مس، روی و سرب داشت و این ترتیب در مطالعه راجیش کومار و همکاران (۹) به‌ترتیب عبارت بود از روی، مس، کادمیوم و سرب و در مطالعه باهموکا و موبوفو (۱۰) این ترتیب عبارت بود از روی، مس، سرب و کادمیوم. در مطالعه انجام شده توسط باهموکا و موبوفو (۱۰) بر روی سبزیجات مقدار میانگین غلظت کادمیوم، روی و سرب به ترتیب برابر با ۰/۲، ۳/۹۵ و ۳۵/۷۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم سبزی به‌دست آمد که در مقایسه با این مطالعه دیده می‌شود که نتایج میانگین غلظت این فلزات بیش‌تر از نتایج مطالعه باهموکا و موبوفو (۱۰) بوده است. در مطالعه انجام شده توسط سمرقندی و همکاران (۱۱) غلظت کادمیوم در سبزیجات مورد بررسی حدود صفر گزارش شده است و هم‌چنین مقدار سرب ۳/۸۸ و کروم ۰/۵۲ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم سبزی گزارش شد که کم‌تر از نتایج به‌دست آمده در این مطالعه می‌باشند.

میانگین غلظت سرب و کادمیوم در خاک مزارع سبزیجات و نهرهای انتقال آب به مزارع نشان می‌دهد که این مقادیر در مقایسه با مقادیر استاندارد به‌طور معناداری بیش‌تر می‌باشند.

در این تحقیق با افزایش فاصله محل نمونه‌برداری از بزرگراه، میزان سرب در خاک کاهش می‌یافت در حالی که در مورد سایر فلزات سنگین چنین نبود. آنچه در مورد آلودگی خاک مزارع منطقه شهنما به فلزات سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و روی مشاهده شد با مشاهدات محققینی نظیر سلیک و همکاران در ترکیه (۱۲)، دیکور در نیجریه (۱۳) و هاریسون و همکاران (۱۴) در انگلیس همخوانی دارد. همان طوری‌که در جدول ۲ مشاهده می‌شود میانگین غلظت فلزات سنگین، سرب، کادمیوم، کروم، آرسنیک و روی به‌ترتیب: ۷/۵۵، ۴/۸۵، ۷۸/ ۰، ۱۲/۸۳ و ۳۴۷/۹۹، میلی‌گرم در لیتر نمونه آب می‌باشد. مقادیر فلزات سنگین در منابع آب مورد استفاده جهت آبیاری مزارع منطق شهنما بیش‌تر از مقادیر توصیه شده می‌باشد (۱۵). که این نتایج از مشاهدات محمدیان و همکاران در زنجان بیش‌تر می‌باشد (۱۶). ولی با نتایج تحقیقات فاضلی و همکاران درآمل مطابقت دارد (۱۷). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات گرین و همکاران که بر روی ۶۰۰ حلقه چاه صورت گرفته مطابقت داشته و بیانگر این موضوع می‌باشد که غلظت آرسنیک شدیداً در طول زمان تغییر می‌کند (۱۸).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه توصیه می‌شود که موارد زیر که از عوامل اصلی آلودگی آب، خاک و سبزیجات پرورشی منطقه شهنما شهر شاهرود می‌باشد توسط مسوولین زیربط مورد توجه قرار گیرد تا سلامت و بهداشت عمومی مصرف‌کنندگان این محصول غذایی تا حدود بیش‌تری تأمین شود.

با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهادات زیر جهت کنترل و کاهش مقادیر فلزات سنگین ارایه می‌گردد:

۱- شناسایی صنایع و کارگاه‌های کوچک و ساماندهی آن‌ها.

۲- تسریع در عملیات احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری شاهرود.

۳- بهسازی رودها و جلوگیری از ورود فاضلاب مناطق مسکونی و صنعتی به آن.

۴- جابجایی مزارع سبزی از مجاورت بزرگراه‌ها مثل اتوبان علامه مجلسی.

۵- آموزش به باغداران در مورد نحوه استفاده صحیح از کودهای شیمیایی.

۶- آموزش مردم و باغداران در مورد اثرات سوء مشاهده فلزات سنگین در سبزیجات و راه‌های کنترل و کاهش آن.
۷- جایگزینی سبزیجات با میزان، جذب پایین‌تر فلزات سنگین در منطقه.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی به شماره ۸۷۱۴ مصوب دانشگاه علوم پزشکی شاهرود می‌باشد که نویسندگان بدین طریق مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت پژوهشی این دانشگاه و هم‌چنین کارشناسان آزمایشگاه دانشکده بهداشت سرکار خانم پیراسته نوروزی و خانم زهرا داوردوست به‌عمل می‌آورند.

## References

1. World Health Organization. reducing risks, promoting health life: The world health report.Geneva: World Health Organization;2003. Translated to Persian by: Ahmadvand A, et al. 2003.p.162-163.[Persian].
2. Wilson T, Temple N. Nutritional health: strategies for disease prevention. Human Press; 2001.p.16-93.
3. 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):188-196.[Persian].
4. Burchett H. Increasing fruit & vegetable consumption among britishprimary school children: a review. Health Educ 2003;103(2):99-109.
5. Alloway BJ. Heavy metal in soil. New York: John Wiley and sons Inc;2001.p.20-28.
6. Food and Agricultural Organization(FAO). Summary and conclusions. In: 53rd Meeting, Rome, 1999 1-10June;Rome; 1999.p.123-130.
7. Merrington G, Alloway BJ. Determination of the residual metal binding characteristics of soil polluted by cd and pb. J. Water, Air and Soil Pollution 1997;100:49-62.
8. American Public Health Association(APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, D.C;1998.
9. Rajesh Kumar S, Madhoolika A, Fiona MM. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. Environ Pollut 2008;154(2):254-263.
10. Bahemuka TE, Mubofu EB. Heavy metal in edible green vegetable grown along the sites of the sinza and mismbazi rivers in dares salaam, tanzania. Food Chemistry 1999;66:63-66.
11. Samarghand MR, Karimpur M. Amounts of heavy metals in vegetable breeding waters contaminated with metals in the suburbs of Hamadan in 1996. Privacy Journal,Sabzevar Faculty of Medical Sciences2000;7(2): 45-53.[Persian].
12. Ali Celika, Kartalb AA, Akdoganb A, Kaskaa Y. Determining the heavy metal pollution in denizil. Environment International Journal 2005;31:105-112.
13. Ndiokwere CL. A study of heavy metal pollution from motor vehicle emissions and its effect on roadside soil, vegetation and crops in nigeria. Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical 1984;7:35-40.
14. Harrison RM, Laxen DPH, Wilson SJ. Chemical association of lead, Cadmium and Zinc in street dust and soils. Environ Sci Technol 1981;15(11):1378-1383.
15. Institue of standards and Industrial research of Iran .Specifications for Drinking water;1997.[Persian].
16. Mohamadian M, Nouri J, Afshari N, Nassiri J, Nourian M. Investigation of heavy metals concentration in the water wells close to Zanjan zink and lead smelting plant. Iran j Health & Environmental 2008;1:51-56.[Persian].
17. Sharif Fazeli M, Ryahi Bakhteyari AR. Determination of lead in soil and paddy crops of the adjacent area of behshahr - amol highway. Journal of Agricultural Sciences 2002;7(4):43-49.[Persian].
18. Geen V, Zheng Y, Vestige R, Stute M, Horneman A, Dhar R, et al. Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 Km2 area of Bangladesh. Water Resources Research 2003;39(5):1140.