سنجش مقدار آلودگی فلزات سنگین (آهن، روی، سرب و نیکل) در آب‌های سطحی، خاک و سبزی کشت شده شهرستان پیشوا

حسن کبیری‌فرد[۱]*، الهام شیخی‌نژاد[۲] و مریم معصومی[۳]

۱ و ۳- گروه شیمی، دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۸

چکیده

در تحقیق حاضر مقدار تراکم عناصر سنگین (آهن، روی، سرب و نیکل) در آب‌های سطحی، خاک و اندام‌های مختلف اسفناج، تربچه، شاهی و نعناع در دو فصل بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه‌ی پیشوا (ورامین) اندازه گیری و تعیین شد. سپس میزان انتقال فلزات سنگین به ریشه، ساقه، برگ و در نهایت مقدار جذب آن توسط انسان از طریق مصرف، محاسبه گردید. نمونه‌برداری از انواع سبزی در پنج نقطه مختلف مزرعه انجام گردید. بعد از هضم نمونه‌ها، به منظور تعیین مقدار آهن، روی، سرب و نیکل، به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله‌ای به ترتیب از طول موج‌های ۲۴۸/۳، ۲۱۳/۹، ۲۱۷/۰ و ۲۳۲/۰ نانومتر استفاده گردید. توزیع چهار فلز مورد بررسی در نمونه‌های سبزی، آب و خاک برای هر دو فصل با (P>۰/۰۵) نرمال و مقادیر میانگین فلزات در فاصله اطمینان ۹۵ درصد به ترتیب ۴۴۸/۳۴±۳۷/۵۵، ۵۶/۶۸±۱۵/۵۳، ۱۱/۵۰±۲/۷۹ و ۱۳۴/۲۰±۶/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. با توجه به حد مجاز عناصر فوق بر اساس استانداردهای بین المللی، نتایج حاصل نشان دهنده‌ی مجاز بودن آن‌ها در نمونه‌های آب و خاک مزرعه در هر دو فصل بوده و برای نمونه-های سبزی مقدار فلزات آهن، سرب و نیکل در تمام نمونه‌ها در هر دو فصل بیش از حد مجاز و مقدار روی به غیر از گیاه شاهی، ریشه نعناع و برگ اسفناج در فصل تابستان، در حد مجاز می‌باشد.

واژگان کلیدی

فلزات سنگین، طیف سنجی جذب اتمی، هضم اسیدی، سبزی‌ها، پیشوا.

مقدمه

فلزات سنگین معمولاً پایدار و غیر قابل تجزیه می‌باشند. بسیاری از آن‌ها در مقدار کم بـرای چرخـه‌هـای زیسـتی جانداران لازم هستند، اما بیشتر آن‌ها در غلظت بالا، سمی می‌باشند (مرجع کشاورزی ایـران، ۱۳۹۰). برخـی از ایـن فلزات نظیر مس، روی، آهن، منگنز و مولیبدن، برای رشد گیاهان، ضروری می‌باشند. عناصـر دیگـری مثـل کبالـت و نیکل هم ممکن است نقش‌هایی در زیست گیاهان داشته باشند. اما فلزاتی نظیر سـرب، کـادمیم، کـروم، مولیبـدن و نیکل برای گیاهان و جانوران سمی می‌باشند (Sommers, ۱۹۷۷). مقدار برخی از ایـن عناصـر نظیـر کـروم، تعیـین کننده سمی یا مفید بودن آن‌ها است. برخی از این عناصر بدون این که در گیاه اثر سـمی نشـان دهنـد، در انـدام‌هـا

* نگارنده پاسخگو: hkabirifardlz@yahoo.com

تجمع یافته و از طریق تغذیه جانوران، سبب آلودگی جانوران و انسان می‌شوند (Sommers, ۱۹۷۷). آلودگی سـبزی-ها به فلزات سنگین می‌تواند به علت آبیاری با فاضلاب‌ها، کودها، آفت‌کش‌ها و نشت پساب کارخانه‌ها باشد (Jahehed Khaniki & Eslami, ۲۰۰۷). از سوی دیگر مصرف سبزی‌ها به عنوان منبع ویتامین، مواد ریـز مغـذی و فیبـر بـرای سلامتی مفید می‌باشند. در حالی که گیاهان آلوده محتوی مواد سمی و خطرزا با غلظت بیش از حد مجـاز مـی‌باشـند (Maleki & Zarasvand, ۲۰۰۸). میزان غلظت آن‌ها به ویژگی‌های گیـاهی (گونـه گیـاهی، انـدام گیـاهی) و اثـرات متقابل فلزات سنگین بستگی دارد. گیاهان مختلف و حتی گیاهان یک گونه و بخـش‌هـای مختلـف یـک گیـاه رفتـار متفاوتی در مقابل عناصر سنگین نشان می‌دهند (Singh & Narwal, ۱۹۸۴).

کشور پهناور ایران همچون سایر کشورهای واقع در کمربند خشک زمین، دچار کم آبـی بـوده و شـهرهای بـزرگ کشور به ویژه تهران جهت جبران بخشی از این نیاز مجبور به مصرف حجم قابل توجهی از پساب‌های شهری و صنعتی می‌باشد. کاربرد دراز مدت این پساب‌ها که عمدتاً برای کشت سبزی و صیفی به کار می‌روند منجـر بـه تجمـع فلـزات سنگین در خاک و انتقال آن‌ها به گونه‌های گیاهی در غلظت‌های بیش از حد مجـاز مـی‌شـود (Givianrad et ۲۰۱۱ al.,). عناصری که برای رشد گیاه ضروری هستند معمولاً در گیاه متحرک بوده، اما عناصـر سـنگین جابجـایی کمـی داشته و بیشتر در ریشه‌ها تجمع می‌یابند. با توجه به خسارت‌های شدید ایجاد شده، حذف فلزات سنگین یـک عامـل اساسی برای حفاظت محیط زیست می‌باشد (مرجع کشاورزی ایران، ۱۳۹۰).

رفتار گیاهان در جذب عناصر متفاوت است و بنابراین ضریب انتقال تمـام گیاهـان یکسـان نخواهـد بـود. ضـریب انتقال عناصر به گیاهان (Transfer Factor, Tf)، روش مناسبی برای تعیین میزان جذب عناصر توسط گیاه می‌باشـد. ضریب انتقال از تقسیم غلظت عنصر در بافت گیاه بر کل غلظت عنصر در نمایه خاک قابل محاسبه اسـت (کرباسـی و بیاتی،۱۳۸۶). به طور کلی آن دسته از عناصری که دارای ضریب انتقال جزئـی (۰/۰۱-۰/۰۰۱) بـه گیـاه مـی‌باشـند، دارای میل جذب بر روی ذرات خاک هستند و کمتر به صورت یون آزاد در دسـترس مـی‌باشـند و بـدین ترتیـب بـه صورت بسیار جزئی و ناچیز در گیاهان دیده می‌شوند و آن دسته از عناصر که دارای ضریب انتقال بـالا (۱۰-۱/۰) بـه گیاه هستند، دارای میل جذب کمتر بر روی ذرات خاک و تمرکز بیشتر در گیاه هستند. عناصری کـه ضـریب انتقـال متوسط (۱/۰-۰/۰۱) به گیاه دارند نیز، دارای تمایل جذب متوسط روی ذرات خاک و همچنین تمرکـز متوسـط روی گیاه هستند و در واقع جذب روی خاک و گیاه به طـور متوسـط صـورت مـی‌گیـرد (Kabata-Pendias & Pendias, ۱۹۹۲).

در خصوص آلودگی گیاهان به فلزات سنگین تحقیقات زیادی انجام شده است، از جمله، درمنطقه لاگوس نیجریه روی مقادیر فلزات سنگین موجود در سبزی‌ها به وسیله اسپکتروفتومتر جذب اتمی تحقیق کردند و از مقایسـه نتـایج حاصل بـا سـطوح مجـاز، نشـان داده شـد کـه نمونـه‌هـا در حـد مجـاز هسـتند (Kudirat & Funmilayo, ۲۰۱۱)، (Doherty *et al.*, ۲۰۱۱)، (Galadima *et al.*, ۲۰۱۰)، (Adefila *et al.*, ۲۰۱۰) و (Ibukun *et al.*, ۲۰۱۰). در منطقه‌ی سـند پاکسـتان (Abbas *et al.*, ۲۰۱۱)، در کشـور تانزانیـا (Kihampa & Mwegoha, ۲۰۱۰)، در منطقـه آگرای هند (Sharma & Prasad, ۲۰۱۰) و در منطقـه واراناسـی هنـد (Singhi *et al.*, ۲۰۱۰)، نیـز بـر روی فلـزات سنگین موجود در سبزی‌ها تحقیق نموده‌اند.

هدف از تحقیق حاضر بررسی و اندازه گیری آلودگی فلزات سنگین آهن، روی، سـرب و نیکـل، ناشـی از آب‌هـای سطحی حوزه شهرستان پیشوا بر روی چهار نمونه سبزی کشت شده در منطقه شامل اسفناج (*S. oleracea*)، تربچـه (*R. sativus*)، شاهی (*L. sativum*) و نعناع (*M. longifolia*) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این بررسی طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه‌ی پیشوا (ورامین) صورت گرفت. ایـن روسـتا در ′۴۱ ۵۱ طول شرقی و′۲۲ ۳۵ عرض شمالی واقع شـده اسـت. ارتفـاع آن ازسـطح دریـا ۹۵۰ متـر مـی‌باشـد. پیشـوا یکـی از روستاهای تابع شهرستان ورامین در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی تهران و ۱۰ کیلومتری شـهر ورامـین و در دامنـه‌ی تپه‌های طبیعی واقع شده است. منطقه ورامین به علت باران ناچیز و تبخیر شدید همیشه با مشکل کـم آبـی درگیـر است، با این وجود، به دلیل رسوبات ته نشین شده در این منطقه به وسیله رودخانه‌ی جاجرود یکی ازحاصل‌خیزترین اراضی منطقه را دراستان تهران داراست. خاک ورامین درردیف ۲۵۵، بهترین اراضی جهان قـرار دارد و منطقـه، یکـی ازده منطقه‌ای است که در سطح کشور جزء قطب‌های مهم کشاورزی محسوب می‌شـود. امـروزه متأسـفانه بـه دلیـل مصارف زیاد آب، یا بستن سد درسرچشمه‌های رودخانه‌ها از جمله جاجرود دیگر دردشت ورامین آب جاری نیسـت و تمام منابع آبی ازچاه‌ها وتعداد معدودی قنات وکانال آب تأمین می‌شود (مرجع کشاورزی ایران، ۱۳۹۰).

نمونه‌برداری سبزی‌ها از مزرعه با استفاده از شکل زیگزاگ (W) در پنج نقطه مختلف مزرعه انجام گرفت و سـپس نمونه‌های جمع آوری شده چهار گونه را بعد از جدا کردن خاک از قسمت‌های مختلف آن و شستشو بـا آب مقطـر در کیسه‌های پارچه‌ای کاملاً تمیز ریخته و برای انجام مراحل بعدی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه اندام‌های هـر گیاه جدا گردیده و سپس نمونه‌ها خشک شد. آن گاه هر نمونه در هاون چینی ساییده و به صورت پودر در آمـد و در نهایت از الک با مش ۲ میلی‌متر عبور داده شد. برای داشتن وزن ثابت، نمونه‌ها در کوره با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند. یک گرم از هر نمونه خشک، به وسیله ۱۰ میلی‌لیتر نیتریـک اسـید ۶۵ درصـد بـه مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط (زیرهود)، سپس به مدت ۴ ساعت در کـوره بـا دمـای ۵۰ درجـه سـانتی‌گـراد و در نهایت افزودن ۱۲ میلی‌لیتر محلول (۱ به ۵) هیدروکلریک اسید ۳۷ درصد و نیتریک اسید ۶۵ درصد و حـرارت دادن به مدت یک ساعت، هضم شیمیایی شدند. بعد از سرد شدن، محتویات هر ظرف با قیف و کاغذ صافی واتمـن، داخـل بالن ژوژه‌ی ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردید و با آب مقطر به حجم رسانده شد (Kumar *et al.*, ۲۰۰۹).

برای نمونه‌برداری از آب مزرعه، روز قبل از نمونه‌برداری، بطری‌های پلی اتیلنی با نیتریک اسید ۱۰درصد شستشو داده شد. در زمان نمونه‌برداری دهانه بطری را به طرف جریان آب گرفته، سه مرتبه با آب همان منطقه شستشو داده شد و در مرحله بعد بطری را کاملاً پر کرده و درب آن محکـم گردیـد. (از آن جـایی کـه نمونـه‌بـرداری آب در نقـاط مربوطه عمق زیادی ندارد، عملیات نمونه‌برداری از سطح آب انجام گرفته است). عمل نمونه‌برداری برای هر فصـل، در پنج نقطه مختلف مزرعه انجام گرفت و در نهایت کل نمونه‌های جمع آوری شده را به یک ظرف یک لیتری منتقـل و در آزمایشگاه آن را چند بار از کاغذ صافی واتمن عبور دادیم تا کاملاً شفاف شود (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۱).

برای نمونه‌برداری از خاک مزرعه، مناسب ترین مقدار نمونه خاک باید حداقل ۴۰۰ گرم باشد، مگر این که مقـدار بیشتر از ۴۰۰ گرم درخواست شده باشد (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶). برای نمونه‌بـرداری بـا اسـتفاده از شـکل زیگـزاگ می‌توان مسیر نمونه برداری را در مزرعه تعیین نمود. شکل زیگزاگ فرضی طوری در نظر گرفته شد که شروع و پایان آن دور از محل ورود به مزرعه باشد و همچنین از نقـاطی کـه نمایـانگر کـل زمـین نیسـت نیـز نگـذرد (مثـل کنـار پرچین‌ها، محل انبار شده کود حیوانی، محل‌های آغشته به ذغال و خاکستر چوب و غیره) (مرجـع کشـاورزی ایـران، ۱۳۹۰). برای هر فصل، نمونه‌های فرعی کاملاً مخلوط شده و از آن یک نمونه ۴۰۰ گرمی تهیه و به آزمایشگاه ارسـال شد. مراحل خشک کردن و هضم شیمیایی مشابه با نمونه‌های سبزی انجام شد.

اندازه‌گیری فلزات سنگین به وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی با روش شعله انجام گرفت. قبل از اندازه‌گیری مسـتقیم فلزات به وسیله دستگاه جذب اتمی، ابتدا محلول مادر (stock) از نمک نیترات فلـز مربوطـه سـاخته شـد. سـپس بـا استفاده از محدوده‌ی غلظت‌های مطلوب عناصر در طول موج ماکزیمم هر فلز (از روی اطلاعـات موجـود در دسـتگاه، جدول ۱)، محلول‌های استانداردی با غلظت‌های مشخص، برای هر فلز تهیه شد. اندازه‌گیـری عناصـر آهـن، سـرب و

نیکل به وسیله دستگاه جذب اتمی ۲۴۰ AA ساخت کشور آمریکا و عنصر روی به وسیله دسـتگاه جـذب اتمـی ۹۳۲ GBC ساخت کشور استرالیا انجام گرفت.

جدول۱- مشخصات و محدوده‌ی غلظتی مطلوب عناصر مورد بررسی (varian/standard conditions. ۲۰۰۲)

عنصر	طول موج (nm)	مشخصات شعله	محدوده‌ی غلظتی مطلوب (ppm)
آهن	۲۴۸/۳	هوا+ استیلن	۰/۰۶-۱۵
روی	۲۱۳/۹	هوا+ استیلن	۰/۰۱-۲
سرب	۲۱۷/۰	هوا+ استیلن	۰/۱-۳۰
نیکل	۲۳۲/۰	هوا+ استیلن	۰/۱-۲۰

برای رسم منحنی کالیبراسیون، ابتدا محلول‌های استاندارد فلز تهیه شده در طول موج مـاکزیمم آن، بـه دسـتگاه تزریق و نمودار جذب برحسب غلظت رسم گردید. در مرحله بعد، نمونه‌های هضم شده به دستگاه تزریق و بـر اسـاس نمودار کالیبراسیون مربوطه، غلظت‌های فلز موجود در نمونه‌ها تعیین شد. سپس مقادیر غلظت خوانده شده به وسیله دستگاه برحسب میلی‌گرم بر لیتر با استفاده از فرمول زیر، به مقـدار واقعـی برحسـب میلـی‌گـرم بـر کیلـوگرم، وزن نمونـه خشک تبدیل شد:

$$Cr=Ci \times V/m$$

که Cr مقدار غلظت واقعی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)، Ci مقـدار غلظـت خوانـده شـده بـه وسـیله دسـتگاه (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)، V حجم نهایی نمونه‌ها (۲۵ میلـی‌لیتـر) و m وزن خشـک نمونـه انتخـاب شـده (۱ گـرم) اسـت (Berman, ۱۹۹۰).

برای به دست آوردن ضریب انتقال فلزات (Tf)، ابتدا میانگین غلظت فلزات در نمونه‌های سبزی برای هر دو فصـل (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه و سپس با توجه به مقـادیر غلظـت فلـزات مـورد بررسـی در خـاک، مقـادیر ضریب انتقال فلزات به گیاهان مورد مطالعه، در دو فصل بهار و تابستان به دست آمد. بـا توجـه بـه مقـادیر میـانگین غلظت فلزات در قسمت‌های خوراکی سبزی‌های مورد مطالعه، مقادیر مصرف روزانه‌ی فلزات برای افـراد بـالغ (بـا وزن متوسط ۶۰ کیلوگرم) محاسبه گردید (Singh *et al.*, ۲۰۱۰).

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های سبزی در فصول بهار و تابستان در منطقه پیشوا، برای فلزات سـنگین آهـن، روی، سرب و نیکل برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر حداقل و حداکثر آهن در فصل بهار در ریشه تربچه (۳۱۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ریشه نعناع (۷۵۵/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در فصل تابسـتان در ساقه تربچه (۴۸۱/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ریشه نعناع (۵۲۲/۶۳ میلـی‌گـرم بـر کیلـوگرم) مـی‌باشـد. مقـادیر حداقل و حداکثر روی در فصل بهار در ساقه تربچه (۱۷/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و برگ شاهی (۶۸/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در فصل تابستان در ساقه نعناع (۲۸/۷۸ میلی‌گرم بر کیلـوگرم) و بـرگ شـاهی (۱۴۷/۵۰ میلـی‌گـرم بـر کیلوگرم) می‌باشد. مقادیر حداقل و حداکثر سرب در فصل بهار در ریشه شاهی (۶/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ریشـه نعناع (۱۳/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در فصل تابستان در ساقه اسفناج (۹/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ریشـه نعنـاع (۳۸/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. مقادیر حداقل و حداکثر نیکل در فصل بهار در ریشه شـاهی (۵۳/۴۰ میلـی-

گرم بر کیلوگرم) و ریشه نعناع (۹۳/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در فصل تابستان در ریشه نعناع (۱۷۶/۹۵میلـی‌گـرم بر کیلوگرم) و ریشه تربچه (۱۹۹/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است.

غلظت فلزات سنگین برای هر دو فصل در نمونه‌های آب سطحی برحسب میلی‌گرم بـر لیتـر و نمونـه‌هـای خـاک مزرعه برحسب میلی‌گرم بر کیلو گرم، در جدول ۳ گزارش شده است.

مقادیر ضریب انتقال فلزات به گیاهان مورد مطالعه و مقادیر مصرف روزانه‌ی فلزات در دو فصل بهار و تابسـتان در جدول ۴ نشان داده شده است. در نهایت مقادیر به دست آمده با مقادیر استاندارد در جدول ۱۰، مقایسه خواهد شد.

جدول ۲- غلظت فلزات سنگین مورد بررسی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)، (± انحراف استاندارد برای n=۳) در نمونه‌های سبزی درفصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا

سبزی	فصل	اندام‌های سبزی	آهن	روی	سرب	نیکل
اسفناج	بهار	ریشه	۴۳۶/۷۵۰±۰/۰۱۰	۴۸/۷۰۰±۰/۰۶۰	۸/۵۰۰±۰/۰۰۴	۸۲/۸۲۵۰±۰/۰۱۳
		ساقه	۳۴۲/۲۷۵±۰/۰۰۶	۴۳/۹۵۰±۰/۰۳۵	۷/۰۰۰±۰/۰۵۳	۸۳/۱۷۵±۰/۰۱۰
		برگ	۳۵۸/۵۰۰±۰/۰۰۲	۵۸/۶۰۰±۰/۰۴۳	۹/۰۰۰±۰/۰۷۴	۸۴/۹۲۵±۰/۰۲۰
	تابستان	ریشه	۴۹۹/۸۵۰±۰/۰۰۱	۶۸/۲۵۰±۰/۰۳۴	۱۴/۷۵±۰/۱۷	۱۹۲/۱۲۵±۰/۰۰۷
		ساقه	۴۸۵/۶۷۵±۰/۰۰۱	۵۴/۷۵۰±۰/۰۲۷	۹/۰۰±۰/۳۲۰	۱۹۷/۵۲۵±۰/۰۰۱
		برگ	۴۹۰/۸۰۰±۰/۰۰۴	۷۶/۵۰۰±۰/۰۵۶	۱۰/۷۵±۰/۲۴۰	۱۸۸/۱۵۰±۰/۰۰۹
تربچه	بهار	ریشه	۳۱۸/۵۰۰±۰/۰۰۵	۲۴/۵۵۰±۰/۰۵۰	۷/۵۰۰±۰/۰۶۶	۸۶/۴۵۰±۰/۰۱۱
		ساقه	۳۲۶/۲۰۰±۰/۰۰۳	۱۷/۶۷۰±۰/۱۸۱	۷/۵۰۰±۰/۰۴۴	۶۲/۲۷۵±۰/۰۰۳
		برگ	۴۰۰/۶۵۰±۰/۰۰۲	۲۹/۷۴۰±۰/۱۴۶	۱۰/۵۰۰±۰/۰۵۶	۶۹/۴۷۵±۰/۰۱۲
	تابستان	ریشه	۴۸۸/۲۲۵±۰/۰۰۲	۳۱/۶۵۰±۰/۰۲۱	۱۳/۷۵۰±۰/۱۴۰	۱۹۹/۰۷۵±۰/۰۱۰
		ساقه	۴۸۱/۶۵۰±۰/۰۰۱	۳۵/۵۰۰±۰/۰۱۸	۹/۵۰±۰/۴۵۰	۱۹۷/۵۷۵±۰/۰۴۰
		برگ	۴۹۶/۷۲۵±۰/۰۰۱	۵۴/۷۵۰±۰/۰۳۶	۱۲/۰۰۰±۰/۱۲۵	۱۹۴/۴۵۰±۰/۰۱۲
شاهی	بهار	ریشه	۴۳۰/۰۵۰±۰/۰۰۵	۵۶/۸۷۰±۰/۰۹۲	۶/۰۰۰±۰/۰۴۳	۵۳/۴۰۰±۰/۰۰۷
		ساقه	۳۳۹/۷۲۵±۰/۰۰۲	۶۷/۶۷۰±۰/۰۸۳	۷/۵۰۰±۰/۰۴۸	۸۴/۴۵۰±۰/۰۰۹
		برگ	۳۳۵/۰۷۵±۰/۰۰۶	۶۸/۱۰۰±۰/۰۱۳	۶/۵۰۰±۰/۱۱۰	۵۸/۵۵۰±۰/۰۰۹
	تابستان	ریشه	۴۸۶/۹۵۰±۰/۰۰۱	۱۱۳/۵۰۰±۰/۰۴۳	۱۳/۷۵۰±۰/۱۶۰	۱۸۷/۸۲۵±۰/۰۱۱
		ساقه	۴۸۴/۴۷۵±۰/۰۱۵	۹۳/۵۰۰±۰/۰۷۴	۱۳/۵۰۰±۰/۱۵۰	۱۹۸/۱۵۰±۰/۰۰۹
		برگ	۴۹۵/۱۷۵±۰/۰۰۳	۱۴۷/۵۰۰±۰/۰۱۱	۱۴/۰۰۰±۰/۱۸۰	۱۸۰/۴۷۵±۰/۰۰۶
نعناع	بهار	ریشه	۷۵۵/۹۸۰±۰/۰۰۱	۶۱/۲۰۰±۰/۱۹۰	۱۳/۰۰۰±۰/۰۱۰	۹۳٫۷۲۵±۰/۰۱۷
		ساقه	۴۱۵/۷۲۵±۰/۰۰۶	۲۷/۱۵۰±۰/۰۲۹	۷/۰۰۰±۰/۱۰۰	۸۶٫۸۰۰±۰/۰۰۹
		برگ	۳۹۸/۷۰۰±۰/۰۰۱	۳۴/۴۸۰±۰/۰۰۷	۹/۰۰۰±۰/۰۶۰	۹۰/۰۰۰±۰/۰۰۲
	تابستان	ریشه	۵۲۲/۶۲۵±۰/۰۰۱	۷۸/۷۵۰±۰/۰۴۰	۳۸/۵۰۰±۰/۰۴۰	۱۷۶/۹۵۰±۰/۰۰۱
		ساقه	۴۹۰/۴۰۰±۰/۰۰۲	۲۸/۷۷۵±۰/۰۷۰	۱۲/۲۵۰±۰/۱۱۰	۱۷۷/۹۰۰±۰/۰۰۳
		برگ	۴۹۷/۵۵۰±۰/۰۰۲	۳۸/۳۷۰±۰/۰۴۵	۱۵/۲۵۰±۰/۱۶۰	۱۹۴/۷۲۵±۰/۰۰۵

جدول۳-غلظت فلزات مورد بررسی در نمونه‌های آب کشاورزی (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) و نمونه‌های خاک (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)، (± انحراف استاندارد برای سه بار تکرار) منطقه، در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا

نمونه	فصل	آهن	روی	سرب	نیکل
آب کشاورزی	بهار	۰/۰۳۹±۰/۰۵۸	۰/۶۴۰±۰/۰۷۱	۰/۱۱۰±۰/۰۲۳	۰/۰۶۰±۰/۰۰۷
	تابستان	۰/۰۲۴±۰/۰۱۱	۰/۳۵۰±۰/۰۱۳	۰/۱۸۰±۰/۰۴۹	۰/۰۱۸±۰/۰۰۴
خاک کشاورزی	بهار	۳۸۸/۷۵±۰/۰۲۰	۵۹/۵۰۰±۰/۰۱۰	۲۳/۲۵۰±۰/۰۵۰	۱۸/۲۵۰±۰/۰۱۰
	تابستان	۳۹۱/۲۵±۰/۰۱۰	۶۱/۷۵۰±۰/۰۱۰	۳۷/۷۵۰±۰/۰۴۰	۲۶/۷۵۰±۰/۲۰۰

جدول ۴- ضریب انتقال فلزات (Tf) در نمونه‌های سبزی و مصرف روزانه (برحسب میلی‌گرم بر ۶۰ کیلوگرم) در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا

		اسفناج		تربچه		شاهی		نعناع	
فلز	فصل	Tf	مصرف روزانه	Tf	مصرف روزانه	Tf	مصرف روزانه	Tf	مصرف روزانه
آهن	بهار	۰/۹۷	۵/۸۴	۰/۸۹	۵/۸۰	۰/۹۵	۵/۶۲	۱/۳۵	۶/۸۰
	تابستان	۱/۲۶	۸/۱۴	۱/۲۵	۸/۱۵	۱/۲۵	۸/۱۶	۱/۲۹	۸/۲۳
روی	بهار	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۴۰	۰/۴۰	۱/۰۸	۱/۱۳	۰/۶۹	۰/۵۱
	تابستان	۱/۰۷	۱/۰۹	۰/۶۶	۰/۶۸	۱/۱۹	۲/۰۱	۰/۷۹	۰/۵۶
سرب	بهار	۰/۳۵	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۱۳
	تابستان	۰/۳۰	۰/۱۶	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۵۸	۰/۲۳
نیکل	بهار	۴/۶۰	۱/۴۰	۴/۰۰	۱/۲۱	۳/۶۰	۱/۱۹	۴/۹۰	۱/۴۷
	فصل	۷/۲۰	۳/۲۰	۷/۴۰	۳/۲۸	۷/۰۶	۳/۱۵	۶/۸۵	۳/۱۰

جهت بررسی در مورد توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون کولموگوروف-اسـمیرنوف (KS) اسـتفاده شـد. نتـایج شـامل میانگین و انحراف معیار در جدول ۵ برای هر چهار نمونه‌ی فلز موجود در چهـار نمونـه‌ی سـبزی، نمونـه‌هـای آب و خاک در هر دو فصل گزارش شده است. در تمام موارد (P>۰/۰۵) و در نتیجه .H (توزیع نرمال بودن داده‌هـا) قابـل پذیرش است.

جدول ۵– نتایج آزمون توزیع نرمال داده‌ها (KS) برای نمونه‌های سبزی با N=۶، خاک با N=۲ (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آب با N=۲ (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا

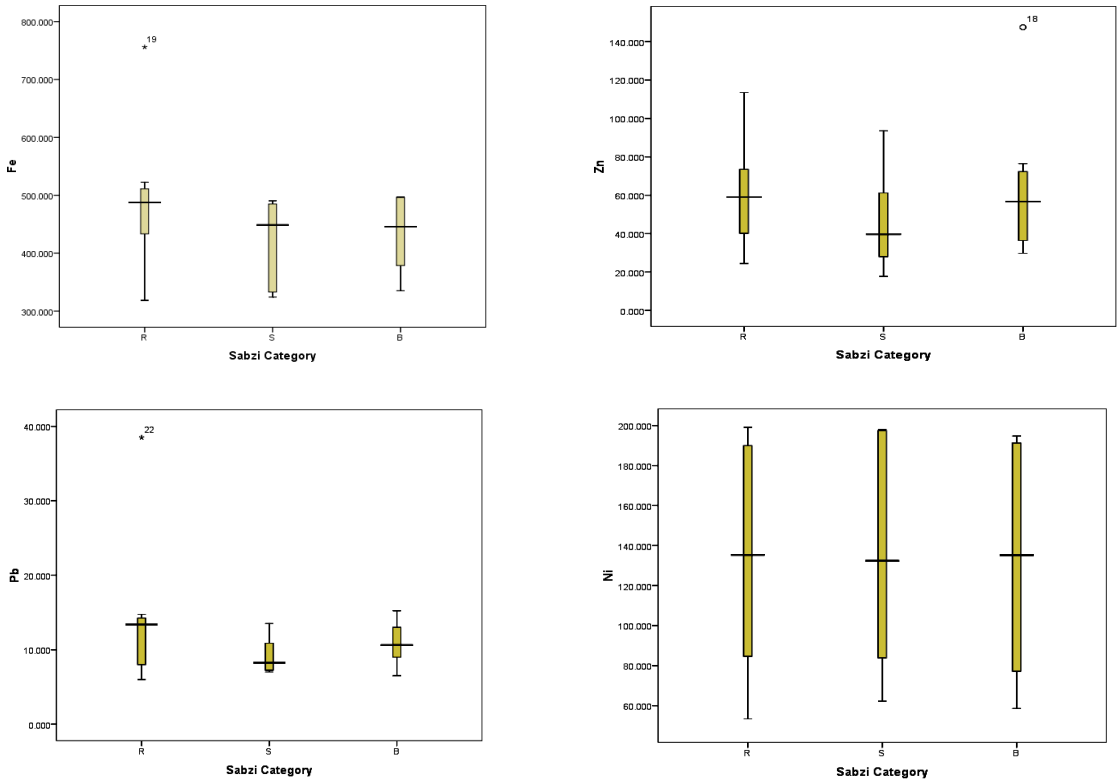
فلز	پارامتر	اسفناج	تربچه	شاهی	نعناع	خاک	آب
آهن	میانگین	۴۳۲/۶۴	۴۱۸/۶۵	۴۲۸/۵۷	۵۱۳/۴۹	۳۹۰/۰۰	۰/۰۳
	انحراف معیار	۷۴/۷۹	۸۲/۲۳	۷۴/۳۰	۱۲۸/۳۷	۱/۷۷	۰/۰۱
روی	میانگین	۵۸/۴۶	۳۲/۳۱	۹۱/۱۹	۴۴/۷۹	۶۰/۶۲	۰/۴۹
	انحراف معیار	۱۲/۱۷	۱۲/۶۱	۳۴/۴۶	۲۰/۶۸	۱/۵۹	۰/۲۰
سرب	میانگین	۹/۸۳	۱۰/۱۲	۱۰/۲۱	۱۵/۸۳	۳۰/۵۰	۰/۴۹
	انحراف معیار	۲/۶۹	۲/۴۸	۳/۹۱	۱۱/۴۸	۱۰/۲۵	۰/۲۰
نیکل	میانگین	۱۳۸/۱۲	۱۳۴/۸۸	۱۲۷/۱۴	۱۳۶/۶۸	۲۲/۵۰	۰/۰۴
	انحراف معیار	۵۹/۷۵	۶۸/۵۵	۶۸/۶۱	۵۱/۳۸	۶/۰۱	۰/۰۳

با استفاده از آزمونT، مقادیر در فاصله‌ی اطمینان ۹۵٪ برای چهار فلز مورد بررسی در هر فصل محاسبه و در جدول۶ گزارش شد. در تمام موارد (P□۰/۰۵) و در نتیجه .H (تساوی میانگین دو جامعه) رد می‌شود، پس مقدار میانگین‌ها بر حسب متغیر فصل، متفاوت است و می‌توان نتیجه گرفت که متغیر فصل (متغیر مستقل) بر متغیر مقدار هر فلز در هر فصل (متغیر وابسته) تاثیر گذار است، بدین معنی که بیشترین تاثیر بر روی نیکل (با اختلاف میانگین ۱۱۲/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین اثر را بر روی سرب (با اختلاف میانگین ۶/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده می‌کنیم.

از طرفی، در نمایش جعبه‌ای با ترسیم مقدار میلی‌گرم بر کیلوگرم هر فلز بر حسب اندام‌های گیاه (شکل ۱) و مقایسه‌ی میانه‌ها مشاهده شد که غلظت فلز نیکل در اندام‌های سبزی (با پراکندگی کم) نسبت به سایر فلزات بیشتر (یکنواخت‌تر) و غلظت فلز سرب در اندام‌های سبزی نسبت به فلزات دیگر از همه کمتر است.

جدول ۶– نتایج آزمون T برای نمونه‌های سبزی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا با N=۱۲

فلز	فصل	میانگین	انحراف معیار	فاصله‌ی اطمینان ۹۵٪
آهن	بهار	۴۰۳/۳۴	۱۱۹/۲۷	۴۰۳/۳۴ ±۶۸/۸۶
	تابستان	۴۹۳/۳۴	۱۰/۸۲	۴۹۳/۳۴ ±۶/۲۴
روی	بهار	۴۴/۸۹	۱۷/۷۸	۴۴/۸۹±۱۰/۲۶
	تابستان	۶۸/۴۸	۳۶/۱۴	۶۸/۴۸±۲۰/۸۰
سرب	بهار	۸/۲۵	۱/۹۵	۸/۲۵ ±۱/۱۲
	تابستان	۱۴/۷۵	۷/۷۴	۱۴/۷۵ ±۴/۴۶
نیکل	بهار	۷۸/۰۰	۱۳/۴۳	۷۸/۰۰±۷/۷۴
	تابستان	۱۹۰/۴۱	۸/۱۱	۱۹۰/۴۱±۴/۶۸



شکل۱- نمودار جعبه‌ای فلزات. R=ریشه، S=ساقه، B=برگ، ه=داده‌های نسبتاً پرت، *=داده‌های بسیار پرت

جهت بررسی در مورد همبستگی معنی‌دار داده‌ها، از آزمون‌های پیرسون و اسپیرمن استفاده شد (مـومنی و فعـال قیومی، ۱۳۸۹). نتایج همبستگی معنی‌دار بین کل فلزات موجـود در نمونـه‌هـای آب، خـاک و سـبزی طبـق آزمـون پیرسون و همبستگی معنی‌دار بین مقدار هر فلز موجـود در انـدام‌هـای ریشـه، سـاقه و بـرگ گیاهـان طبـق آزمـون اسپیرمن (براساس رتبه داده‌ها)، در هر دو فصل به ترتیب در جدول‌های ۷ و ۸ گزارش شده‌اند.

در جدول۷ مشاهده شد که بین فلزات موجود در نمونه‌های آب با نمونه‌های خاک و یا نمونه‌های سبزی در هر دو فصل با توجه به (P□۰/۰۵) و پذیرش □H، همبستگی معنی‌داری وجود ندارد، بدین معنی که افزایش غلظـت فلـزات در نمونه‌های آب موجب افزایش غلظت فلزات در نمونه‌های خاک و یا سبزی نبود. ولی بـا توجـه بـه (P□۰/۰۱) و رد □H، همبستگی معنی‌داری بین فلزات موجود در نمونه‌های خاک با فلزات موجود در نمونـه‌هـای سـبزی در هـر دو فصل وجود دارد و در نتیجه نمونه‌های سبزی در برابر غلظت فلزات موجود در نمونه‌هـای خـاک حساسـیت بیشـتری دارند.

طبق جدول۸ نیز با توجه به (P>۰/۰۵) و پذیرش □H، همبستگی معنی‌داری بین فلزات سـنگین در انـدام‌هـای ریشه، ساقه و برگ نمونه‌های سبزی در هر دو فصل وجود ندارد.

جدول۷- مقادیر ضریب همبستگی فلزات موجود در نمونه‌های آب، خاک و گیاه در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا با N=۸

نوع نمونه	ضریب همبستگی پیرسون	نوع نمونه	ضریب همبستگی پیرسون
آب و اسفناج	-۰/۴۹	خاک و اسفناج	۰/۹۲۵
آب و تربچه	-۰/۵۴	خاک و تربچه	۰/۹۰۷
آب و شاهی	-۰/۴۳	خاک و شاهی	۰/۹۲۷
آب و نعناع	-۰/۵۱	خاک و نعناع	۰/۹۵۶

آب و خاک	-۰/۳۴

جدول۸- مقادیر ضریب همبستگی فلزات موجود در اندام‌های گیاه در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۰ در منطقه پیشوا

با N=۲۴

فلز	آهن	روی	سرب	نیکل
ضریب همبستگی اسپیرمن	-۰/۱۴	-۰/۰۱	-۰/۰۷	-۰/۰۱

بعد از تایید همبستگی معنی‌دار بسیار قوی بین فلزات موجود در نمونه‌های خاک با نمونه‌های سبزی، بـه وسـیله آزمون ANOVA جدول (۹)، خطی بودن این همبستگی‌ها (در سطح معنـی‌داری ۰/۰۱) اثبـات مـی‌شـود. در تمـام موارد (P□۰/۰۱) و در نتیجه .H (رابطه‌ی خطی بین دو متغیر وجود ندارد) رد می‌شود، پس یک رابطه‌ی خطـی بـین تغییرات فلزات موجود در نمونه‌های خاک با نمونه‌های سبزی وجود دارد.

جدول۹- نتایج آزمونANOVA برای N=۸

نوع نمونه	خاک و اسفناج	خاک و تربچه	خاک و شاهی	خاک و نعناع
ضریب همبستگی	۰/۹۲۵	۰/۹۰۷	۰/۹۲۷	۰/۹۵۶

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به توزیع نرمال هر چهار فلز در نمونه‌های سبزی، آب، خـاک و مقـدار فلـزات مربوطـه در گیاهـان مـورد مطالعه جدول (۲)، مشخص شد که: در نعناع، ریشه آن بهترین جاذب فلزات آهن، روی و سرب، در تربچـه، بـرگ آن به دلیل تبخیر و تعرق بیشتر، بهترین جاذب فلزات آهن، روی و سرب و ریشه آن جاذب نیکل، در اسـفناج، بـرگ آن جاذب روی و ریشه آن جاذب آهن، در شاهی، برگ آن جاذب روی و ساقه آن جاذب نیکل می‌باشـد. یعنـی نعنـاع از طریق ساقه و برگ، تربچه و اسفناج از طریق ساقه و شاهی از طریق ریشه، جذب فعال فلز نداشته اند. با توجه به نوع گیاهان مورد مطالعه نتیجه شد که، برای هر دو فصل، فلز روی بیشتر جذب برگ، فلـز آهـن و سـرب بیشـتر جـذب ریشه و فلز نیکل بیشتر جذب ریشه و ساقه شده است.

مقادیر مجاز عناصر آهن، روی، سرب و نیکل بر اساس استانداردهای بین المللی در نمونه‌های گیـاه، آب، خـاک و مقدار مصرف روزانه برای افراد بالغ با وزن متوسط ۶۰ کیلوگرم برای فلزهای مربوطه در جدول (۱۰) نشان داده شـده است (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶). با بررسی حد مجاز فلزات آهن، روی، سرب و نیکل در محصـولات کشـاورزی جـدول (۱۰)، نتایج نشان می‌دهد مقدار آهن برای تمام نمونه‌ها در هر دو فصل بیش از حـد مجـاز (۱۳۰-۲۵ میلـی‌گـرم بـر کیلوگرم)، مقدار روی در فصل بهار در حد مجاز و در فصل تابستان به غیر از شاهی، ریشه نعناع و برگ اسـفناج بقیـه در حد مجاز (۷۳–۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مقدار سرب برای تمام نمونه‌ها و در هر دو فصل بیش از حد مجـاز (۳-۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مقدار نیکل برای تمام نمونه‌ها در هر دو فصل بیش از حد مجاز (۳/۸-۰/۳ میلی‌گرم بـر کیلوگرم) است. از طرفی، با توجه به حد مجاز فلزات مورد بررسی در آب‌های سطحی و خاک کشاورزی جدول (۱۰)، مشخص شد که تمامی مقادیر در هر دو فصل در حد مجاز است و از لحاظ زیست محیطی مشکل مشاهده نمی‌شـود. با توجه به اینکه راه‌های انتقال این عناصر به بدن انسان از اهمیت زیادی برخوردار است، باید اذعان داشت کـه خـاک مهمترین عامل است چرا که حتی در انتقال عناصر به آب‌های سطحی و زیرزمینی خـاک مـی‌توانـد نقـش مهمـی در

جذب و یا دفع عناصر سنگین داشته باشد. بعد از ورود فلزات سنگین از خاک بـه گیاهـان از جملـه سـبزی‌هـا، ایـن فلزات وارد زنجیره غذایی انسان شده و طبق وعده روزانه مردم اثرات آنها ظاهر می‌شود (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶).

جدول ۱۰- مقادیر مجاز فلزات مربوطه بر اساس استانداردهای بین المللی در نمونه‌های گیاه، آب، خاک و مقدار مصرف روزانه

نوع نمونه	منابع	آهن	روی	سرب	نیکل
غلظت متداول درمحصولات کشاورزی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶	۲۵-۱۳۰	۱/۲ – ۷۳	۰/۰۵-۳	۰/۳-۳/۸
آب سطحی (میلی‌گرم بر لیتر)	WHO ۲۰۰۷	۰/۳	۲/۰	۵/۰	۰/۲
غلظت متداول درخاک کشاورزی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶	۵۰۰۰-۵۰۰۰۰	۱۷-۱۲۵	۳-۱۸۹	۰/۲-۴۵۰
مصرف روزانه (میلی‌گرم بر ۶۰ کیلوگرم)	FAO/WHO ۱۹۹۹	۱۸	۱۵	۰/۲	۱/۵

با توجه به این‌که افزایش غلظت فلزات در نمونه‌های آب موجب افزایش غلظت در نمونه‌های سبزی نخواهـد شـد، اما طبق آزمون پیرسون، همبستگی معنی‌داری بین مقادیر فلزات موجود در خاک با نمونه‌های سبزی در هر دو فصل وجود دارد که در نهایت به وسیله آزمون ANOVA، خطی بودن این رابطه تایید شد، بدین معنـی کـه بـه ازای یـک واحد تغییر در مقدار فلزات سنگین موجود در خـاک، بـه ترتیـب ۰/۹۲۵، ۰/۹۰۷، ۰/۹۲۷ و ۰/۹۵۶ تغییـر در مقـدار فلزات سنگین موجود در نمونه‌های سبزی ایجاد شده است، که این مسئله با فرض ثابت بودن سایر متغیرها می‌باشـد. یعنی گیاه، آب مصرفی خود را توسط ریشه‌ها از آب وارد شده به خاک جذب می‌کند.

بر اساس جدول (۴)، فلز آهن در هر چهار نمونه سبزی در فصـل تابسـتان و نعنـاع در فصـل بهـار و فلـز روی در اسفناج در فصل تابستان و شاهی در هر دو فصل و فلز نیکل در هر چهار گونه سبزی در هـر دو فصـل نمونـه‌بـرداری ضریب انتقال بالا دارند و فلز سرب در هر دو فصل ضریب انتقال متوسط دارد. ضریب انتقال بالا نشان‌دهنده آن اسـت که مقدار فلز بیشتری از خاک جذب گیاه شده و تجمع آن در گیاه بالاتر از حد مجاز خود قرار گرفته است، که دلیـل آن می‌تواند تبخیر و تعرق (جریان آب از سمت ریشه به قسمت‌های مختلـف گیـاه و تبخیـر آن از طریـق بـرگ) کـه عامل مهمی در جذب به شمار می‌آید و یا جذب از طریق اتمسفر آلوده‌ی منطقه باشد (کرباسـی و بیـاتی، ۱۳۸۶). از طرفی، با توجه به نتایج جدول (۴) و در حد مجاز بودن مقادیر فلزات در آب و خاک برای هر دو فصل، مقدار مصـرف روزانه دو عنصر حیاتی آهن و روی موجود در قسمت‌های خوراکی سبزی‌ها خیلی کمتر از مقدار مجـاز آن مـی‌باشـد. مقدار مصرف روزانه سرب فقط در فصل تابستان برای نعناع و شاهی اندکی از حد مجاز بیشتر است، در نتیجـه چـون بلع سرب از طریق خاک مهمتر است تا گیاه (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶) و در اینجا نیـز غلظـت سـرب در خـاک مجـاز است، پس مقدار ناچیز غیر مجاز بودن آن قابل صرف نظر کردن می‌باشد. برای نیکل در فصل تابستان مقـدار مصـرف روزانه آن تقریباً دو برابر حد مجاز است، که می‌تواند مخاطره برانگیز باشد.

منابع

کرباسی، ع. و بیاتی، آ. ۱۳۸۶. ژئوشیمی زیست محیطی. کاوش قلم. ایران.

مومنی، م. و فعال قیومی، ع. ۱۳۸۹. تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS. جلد اول. انتشارات کتاب نو. تهران.

سازمان انرژی اتمی ایران. ۱۳۷۱. روشهای نمونه برداری آب. مرکز تکنولوژی هسته‌ی. اصفهان.

مرجع کشاورزی ایران.۱۳۹۰. خاک شناسی- روش‌های نمونه‌برداری و تعیـین مقـدار نیـاز غـذایی و کـوددهی در گیاهان. دسترسی در: www.keshavarzee.ir

Abbas, M., Parveen, Z., Iqbal, M., Iqbal, S., Ahmed, M. & Bhutto, R. ۲۰۱۰. Monitoring of toxic metal (Cd, Pb, As and Hg) in vegetables of Sindh, Pakistan. Journal of Science, Engineering and Technology, ۶ (۲): ۶۰-۶۵.

Adefila, E. O., Onwordi, C. T. & Ogunwande, I. A. ۲۰۱۰. Level of heavy metals uptake on vegetables planted on poultry dropping dumpsite. Archives of Applied Science Research, ۲ (۱): ۳۴۷-۳۵۳.

Berman, S. ۱۹۹۰. Fourth round intercomparison for trace metals in marine sediments and biological tissues. NOAA/BT۴.

Doherty, V. F., Kanife, U. C., Ladipo, M. K. & Akinfemi, A. ۲۰۱۱. Heavy metal levels in vegetables from selected markets in Lagos, Nigeria. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, ۱۰ (۲): ۱۸۸۷-۱۸۹۱.

Galadima, A., Muhammad, N. U. & Garba, Z. N. ۲۰۱۰. Spectroscopic investigation of heavy metals in waste water from university student's halls of residence. African Scientist, ۱۱ (۳): ۱۶۵-۱۷۰.

Givianrad, M. H., Sadeghi, T., Larijani, K. & Hosseini, S. E. ۲۰۱۱. Determination of cadmium and lead in lettuce, mint and leek cultivated in different sites of Southern Tehran. Food Technology & Nutrition, ۸ (۲): ۳۸-۴۳.

Ibukun, A., Chimezie, A., Osaretin۱, E. & Olatundun, B. ۲۰۱۰. Lead levels in some edible vegetables in Lagos, Nigeria. Scientific Research and Essays, ۵ (۸): ۸۱۳-۸۱۸.

Jahehed Khaniki, Gh. & Eslami, A. ۲۰۰۷. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Zanjanrood River Zanjan, Iran. Journal of Biological Sciences, ۷: ۹۴۳-۹۴۸.

Joint FAO/WHO. ۲۰۰۷. Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission ۱۳th Session. Water Quality for Agriculture. Paper No. ۲۹ (Rev. ۱) UNESCO Publication, Rome.

Joint FAO/WHO. ۱۹۹۹. Expert Committee on Food Additives, Toxicological Evaluation of Certain Food Additives. ILSI Press International Life Sciences Institute, Washington, DC.

Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. ۱۹۹۲. Trace elements in soils and plants. ۲nd Edition, CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida.

Kihampa, C. & Mwegoha, W. J. S. ۲۰۱۰. Heavy metal contamination in agricultural soils and water in Dares Salaam city, Tanzania. African Journal of Environmental Science and Technology, ۴ (۱۱): ۷۶۳-۷۶۹.

Kudirat, L. M. & Funmilayo, D. V. ۲۰۱۱. Heavy metal levels in vegetables from selected markets in Lagos, Nigeria. African Journal of Food Science and Technology, ۲ (۱): ۱۸-۲۱.

Kumar, A., Sharma, I. K., Sharma, A., Varshney, S. & Verma, P. S. ۲۰۰۹. Heavy Metals Contamination of Vegetable Foodstuffs in Jaipyr (India). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, ۸ (۲): ۹۶-۱۰۱.

Maleki, A. & Zarasvand, M. ۲۰۰۸. Heavy metals in selected edible vegetables and estimation of the daily intake in Sanandaj, Iran, Southeast Asian. journal of tropical medicine and public health, ۳۹: ۳۳۵-۳۴۰.

Sharma, S. & Prasad, F. M. ۲۰۱۰. Accumulation of lead and cadmium in soil and vegetable crops along major highways in Agra (India). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, ۷ (۴): ۱۱۷۴-۱۱۸۳.

Singh, B. R. & Narwal, R. P. ۱۹۸۴. Plant availabilty of heavy metais uptake. Journal of Environmental Quality, ۱۳: ۳۳۲-۳۴۸.

Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M. & Marshall, F. M. ۲۰۱۰. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. Tropical Ecology, ۵۱ (۲S): ۳۷۵-۳۸۷.

Sommers, L. E. ۱۹۷۷. Chemical composition of sewage sludge and analysis their potential use as fertilizer. Journal of Environmental Quality, ۶: ۲۲۵-۲۳۱.

Varian. ۲۰۰۲. Standard conditions. Available in: www.manuel varian/standard conditions.