پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 3، شماره 6، پاییز و زمستان 1391، از صفحه 65 تا 74

بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین نیکل، سرب، مس، منگنز، روی، کادمیوم و وانادیوم در سبزی‌های خوراکی جنوب پالایشگاه تهران

جواد کاظم‌زاده خویی[1]، اعظم سادات نوری*[2]، نیما پورنگ[3]، محمد علیزاده[4]، حسین قریشی[5]، امین پاداش[6]

1 دانشجوی دکترای دانشگاه دولتی باکو، دانشکده زیست‌شناسی، گروه میکروبیولوژی
مدیر مرکز مهندسی محیط‌زیست، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
2 دانشجوی دکترای گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم‌زیستی، دانشگاه تربیت مدرس
کارشناس مرکز مهندسی محیط‌زیست، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
3 هیأت علمی موسسه تحقیقات شیلات ایران
4 مدیر پسماند دفتر آب و خاک اداره محیط‌زیست استان تهران
5 ارزیاب انجمن مدیریت سبز ایران
6 کارشناس مرکز مهندسی محیط‌زیست، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف

(تاریخ دریافت: 1390/4/5؛ تاریخ تصویب: 1391/10/4)

چکیده

امروزه یکی از بحرانی‌ترین مسائل در زمینه آلودگی آب و خاک، مسئله آلودگی ناشی از ترکیبات نفتی است. مناطق نفت‌خیز از جنبه‌های مختلف طی مراحل استخراج تا انتقال و پالایش در معرض این آلودگی هستند. از جمله این مناطق، جنوب شرقی تهران است که دارای اراضی وسیع کشاورزی است و در معرض عوامل آلوده‌کننده مختلف از جمله پالایشگاه تهران، خطوط انتقال نفت، پساب شهری، فعالیت‌های صنعتی و جامعه ساکن منطقه قرار دارد. از آنجایی که گیاهان زراعی کشت‌شده در این منطقه نیاز مناطق وسیعی از شهرهای مجاور از جمله تهران را برآورده می‌کند، به منظور بررسی میزان آلودگی این گیاهان پس از نمونه‌برداری، غلظت عناصر سنگین نیکل، وانادیوم، کروم، کادمیوم، منگنز، سرب و روی آنها سنجش شد. اطلاعات و مقادیر کمی آلاینده‌ها، براساس روش‌های آماری و با نرم‌افزارهای SPSS و MVSP مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. براساس نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه با استانداردهای موجود، همه گیاهان دارای مقادیر متفاوتی از فلزات بودند و از 14 گونه گیاهی مطالعه شده، گیاه پیاز بالاترین محتوای اغلب فلزات را نشان داد. نتایج حاصل از این مطالعه انباشتگی مقادیر بالای فلزات را نسبت به مطالعات مشابه نشان می‌دهد. بالا بودن غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل که به‌عنوان شاخص آلودگی نفتی شناخته می‌شود، مبین وجود آلودگی نفتی در منطقه است.

کلید واژه‌ها: آلودگی نفتی، پالایشگاه تهران، فلزات سنگین، گیاهان

* نویسنده مسئول: Email: asntpnoori@yahoo.com

سرآغاز

سلامت بشر به استفاده از مواد غذایی و محیط سالم بستگی دارد، گیاهان به‌دلیل دارا بودن مواد مغذی، ویتامین‌ها و عناصر مورد نیاز بدن مورد توجه و استفاده عموم هستند (Omale, et al., 2011). در سال‌های اخیر به‌دلیل گسترش فعالیت‌های صنعتی، غلظت فلزات سنگین در محیط‌زیست و همچنین مواد غذایی افزایش یافته‌است. از دلایل خطرآفرین بودن فلزات سنگین، قدرت تجمع زیستی[1] آنها است به این مفهوم که قادر هستند در سیستم بدن موجود زنده تجمع یابند و غلظت آنها به مرور زمان و با تماس بیشتر با آلاینده‌ها افزایش یابد (Kilic, 2011) . یکی از دلایل آلودگی گیاهان با فلزات سنگین به واسطه آلودگی آب و خاک در ریزوسفر گیاه است (Maleki, et al., 2008). تماس با فلزات سنگین، به‌ویژه برای کودکان در حال رشد به‌دلیل جذب بالای فلزاتی مانند سرب ایجاد عوارض مختلف می‌کند. تماس کوتاه مدت با غلظت بالای فلزات، حالت سمی با مقیاس بالا و قابل مشاهده ایجاد می‌کند، درحالی‌که تماس طولانی مدت با غلظت کمتر به مرور آثار غیرقابل جبرانی را بر بدن وارد می‌کند، مانند کم‌خونی، دردهای گوارشی، یبوست، کم‌خوابی، سردرد، خستگی، اضطراب که به مرور با اختلال عصبی، آسیب ریه‌ها، کلیه‌ها، گوارش و حتی سرطان همراه است (Howard, 2002).

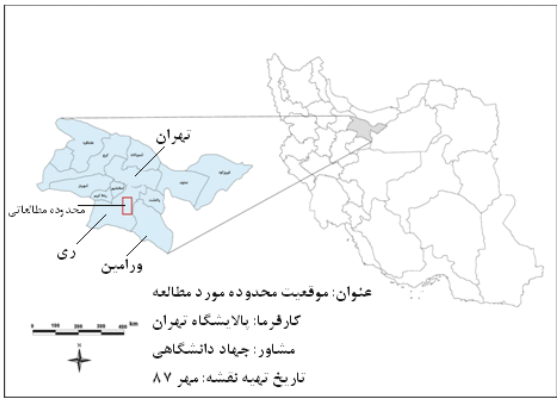
فعالیت‌های مربوط به صنعت نفت و تصفیه و تبدیل نفت خام به سایر فرآورده‌های نفتی، از نیازهای ضروری و راهبردی کشورها، بخصوص کشورهای دارای منابع نفتی است، فعالیت این صنعت مانند سایر صنایع، با تأثیرگذاری بر کیفیت محیط‌زیست پیرامون همراه است. آلودگیهای عمده متصوره از صنعت نفت شامل انتشار ترکیبات نفتی، هیدروکربن‌ها و برخی از فلزات سنگین به هوا، خاک و آب هستند. پالایشگاه تهران واقع در جنوب کلان‌شهر تهران، یکی از پالایشگاه‌های قدیمی کشور است که به علت مشاهده برخی آلودگی‌های نفتی در منابع آب سطحی و زیرزمینی در محدوده اطراف آن طی سال‌های اخیر مورد توجه کارشناسان و مسئولان محیط‌زیست قرار گرفته است. این آلودگی ممکن است ناشی از حمل و نقل ترکیبات نفتی، یا حاصل نشت پساب‌های پالایشگاه‌های نفت، یا صنایع مرتبط با آن باشد. کشاورزی در این منطقه از رونق نسبی برخوردار است و هر یک از گیاهان کشت شده در منطقه متأثر از آلودگی‌های مختلف ناشی از ورود آلاینده‌های نفتی و فاضلاب حاوی مواد خطرناک از جمله فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی هستند. از آنجایی که گیاهان از آب و خاک آلوده تغذیه می‌کنند در این مطالعه بررسی میزان فلزات سنگین در سبزی‌های کشت‌شده در اراضی اطراف پالایشگاه مورد توجه قرار گرفت.

به این منظور در مطالعه حاضر سعی شده‌است منابع محتمل آلاینده محیط‌زیست در محدوده مطالعاتی مورد نظر مطالعه شوند و فلزات سنگین شاخص آلودگی نفتی شامل فلزات نیکل و وانادیوم و فلزات سنگین کروم، کادمیوم، منگنز، روی و سرب به دلیل وجود مراکز متعدد صنعتی در منطقه سنجش شوند.

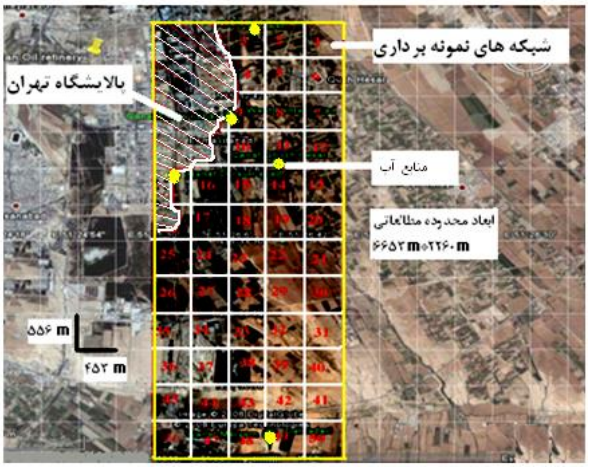
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در اراضی کشاورزی اطراف پالایشگاه تهران تعیین شد، موقعیت منطقه مطالعاتی نسبت به پالایشگاه تهران و شهر تهران در شکل (1) نشان داده شده است. به منظور تعیین منطقه مطالعاتی از شمال شرقی تا جنوب شرقی پالایشگاه، مستطیلی به ابعاد 6 کیلومتر از غرب به شرق و 8 کیلومتر از شمال به جنوب در موقعیت جغرافیایی "N: 35° 33' 7.36 و "E=51°26'50.73 تا "N=35° 29' 49.87 و E=51° 26' "50.99 در نظر گرفته‌شد و به منظور حداکثر پوشش‌دهی و افزایش دقت در عملیات نمونه‌برداری، منطقه مطالعاتی به 50 شبکه تقسیم و هر یک از این شبکه‌ها در ابعاد 453×556 متر در نظر گرفته شد. مختصات مرکز هر شبکه با کمک سیستم google earth تعیین و ثبت شد (شکل 2).



شکل (1): موقعیت منطقه مطالعاتی نسبت به پالایشگاه و شهر تهران



شکل (2): موقعیت محل مورد مطالعه و شبکه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد

روش پژوهش

نمونه‌برداری و مطالعه گیاهان

مطالعه گیاهان با استفاده از روش ترانسکت انجام شد. به این منظور نوار ترانسکت از مرکز شبکه به دو سمت شرق و غرب به صورت عمود نصب شد. نمونه‌برداری از گیاهانی که با ترانسکت در تماس بودند صورت گرفت و حداقل 3 نمونه از قسمت ماکول هر گونه گیاهی در فواصل تصادفی جمع‌آوری‌شد. در مطالعه حاضر نوار ترانسکت برابر طول هر شبکه یعنی 556 متر بود. به این ترتیب با توجه به آنکه در محدوده مطالعاتی عموما زمین‌های کشاورزی به صورت یکنواخت کشت شده‌اند، در طول مسیر حرکت، کل محدوده مطالعاتی پوشش داده‌شد. شایان ذکر است در هر عملیات نمونه‌برداری، برای تعیین نوع گونه گیاهی و تعیین مکان مناسب نمونه‌برداری، به مشخصه‌های متعددی مانند وسعت منطقه، سطح زیر کشت در مزارع، محصولات کشت شده، محل استقرار تأسیسات و اماکن، محل و موقعیت چاه‌های تأمین آب و توپوگرافی منطقه توجه‌شد. نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری در بسته‌های پلی‌اتیلنی پیچیده و برای تجزیه‌وتحلیل فلزات سنگین به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در گیاهان

برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین گیاهان از روش‌های متداول WHO و Sekabira و همکاران (Sekabira et al., 2011) استفاده شد. به این ترتیب که گیاهان به قطعات کوچک تقسیم شده و دو مرتبه با آب دیونیزه شسته‌شدند؛ سپس نمونه‌ها در کاغذهای آلومینیومی پیچیده شده و برای 24 ساعت در آون خشک شدند. از هر نمونه 1/2 گرم در ارلن‌های 250 میلی‌لیتری ریخته شد؛ سپس 25 میلی‌لیتر از HNO_3 65٪ به نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها قبل از گرما دادن به مدت یک شب در اسید قرار داده شدند. هضم با ظروف درباز در دمای 250°C انجام گرفت تا زمانی‌که محتوای مایع ظروف بخار و تقریبا خشک شد. سپس 5 میلی‌لیتر از پراکسید هیدروژن 30٪ برای تکمیل هضم به ارلن‌ها اضافه شد و مجدداً تا بخار شدن مایع حرارت دید. سپس دیواره ارلن‌ها با آب دیونیزه شسته شد و مخلوط تا جوشیدن حرارت دید. محتوای ظروف بعد از خنک شدن به ظروف استاندارد 25 میلی‌لیتری منتقل و با آب دیونیزه به حجم رسانده‌شد. برای تجزیه‌وتحلیل فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی از Perkin- Elmer مدل 2380 استفاده‌شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

اطلاعات و مقادیر کمی آلاینده‌ها، براساس روش‌های آماری، با نرم‌افزارهای SPSS و MVSP مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و نتایج حاصل با استانداردهای موجود مانند Codex و FAO مقایسه شد. دقت مراحل ارزیابی با دو نوع CRM [2] (Bush branches and leaves: NCS DC73348 and Apple leaves: NIST-1515) برای هر ده نمونه در سه تکرار انجام شد و برای هر گروه تجزیه‌وتحلیلی Blank تا 20 نمونه آنالیز و تجزیه نیز در الگوی مشابه انجام شد. متقابلاً باز یافتی در محدوده 97/6 تا 102/4 ٪ بود (جدول 1). محدوده ارزیابی[3] براساس سنجش ده Blank به صورت سه تکرار انحراف استاندارد برحسب $mg\ kg^{-1}$ در وزن خشک محاسبه شد که به ترتیب زیر بودند:

کادمیوم: 0/006، کروم: 0/030، منگنز: 0/045، نیکل: 0/055، سرب: 0/018، وانادیوم: 0/060 و روی 0/054.

یافته‌ها

گیاهان کشت‌شده در منطقه شامل ذرت، ترخون، شوید، ریحان، جعفری، شبدر، نعناع، تره، اسفناج، گشنیز، پیاز، گوجه، بادمجان و مرزه بودند. شکل (3) کاربری اراضی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن، ترتیب غلظت فلـزات سنگیـن در نمونه‌هـای گیاهی به‌صورت زیر است

جدول(1): نتایج تجزیه‌وتحلیلیCRM در این مطالعه. غلظت‌ها بر اساس $mg\ kg^{-1}$ **در وزن خشک هستند**

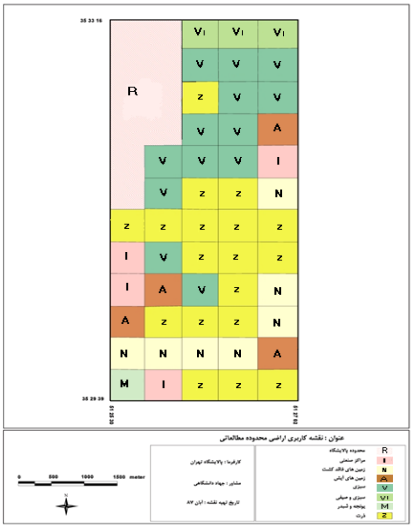
CRM		Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
NCS DC73348	Certified value	0/14	2/3	58	1/7	7/1	20/6
	This study [a]	0/142±0/02	2/249±0/25	56/956±3.21	1/695±0/29	7/157±0/87	20/106±1/30
	Recovery (%)	101/6	97/8	98/2	99/7	100/8	97/6
NIST 1515	Certified value	0/013	-	54	0/91	0/47	12/5
	This study [a]	0/0133±0/004	-	53/622±1/46	0/914±0/11	0/462±0/03	12/8±1/07
	Recovery (%)	102/2	-	99/3	100/5	98/4	102/4

[a]: داده‌های مطالعه حاضر ± واریانس استاندارد

(فلزاتی که خط پیوسته زیر آنها کشیده شده‌است در یـک گـروه جای می‌گیرند و به‌عبارت دیگر اختلاف معنـی‌داری بـین میـزان تجمع آنها وجود نداشته‌است):

$$\underline{Mn} > \underline{Zn} > \underline{Pb} > \underline{Cr} > \underline{Ni} > \underline{V} > \underline{Cd}$$

- نتایج مربوط به مقایسه گیاهان از نظر تجمع هر یک از فلزات نتایج حاصل از آنالیز هر یک از گونه‌های مطالعه شده در جـدول (2) آمده‌است.



شکل (3): نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی

جدول(2): میزان تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهان جمع‌آوری شده (ppm)

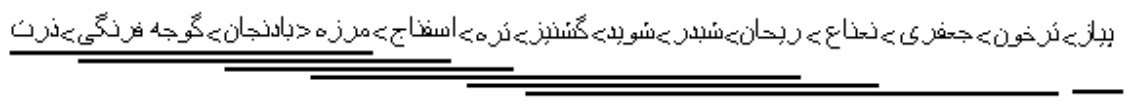
ردیف	نام علمی گیاه	نام عمومی گیاه	V	Cr	Mn	Cd	Zn	Pb	Ni
1	Lycopersicum esculentum	گوجه فرنگی	1/05	3/42	21/48	0/25	70/68	2/10	2/35
2	Ocimum basilicum	ریحان	6/81	9/20	187/13	0/27	97/37	29/66	6/07
3	Satureja hortensis	مرزه	2/60	4/86	105/31	0/25	98/11	11/57	3/73
4	solanum melongena	بادمجان	0/98	1/76	44/15	0/36	85/53	1/68	2/71
5	Coriandrum sativum	گشنیز	0/99	4/97	156/81	0/33	15/57	8/92	5/16
6	Allium cepa	پیاز	141/88	172/62	851/60	2/61	358/03	21/19	72/09
7	Mentha piperita	نعناع	6/43	10/30	205/51	0/25	91/22	16/46	6/96
8	Artemisia Dracunsulus	ترخون	5/97	8/04	285/17	0/65	159/24	31/55	8/88

9	Petroselinum sativum	جعفری	5/37	8/59	212/20	0/09	109/50	21/49	7/78
10	Spinacia oleracea	اسفناج	5/09	6/89	280/51	0/23	63/73	6/70	3/93
11	Aniethum graveolens	شوید	3/97	4/07	156/19	0/41	89/53	34/81	5/26
12	Allium porrum	تره	3/92	5/35	74/11	0/13	72/92	16/49	4/51
13	Zea mays	ذرت	1/01	2/97	57/03	0/10	86/68	13/70	2/34
14	Trifolium repens	شبدر	0/92	2/75	110/09	0/10	79/99	22/74	5/34

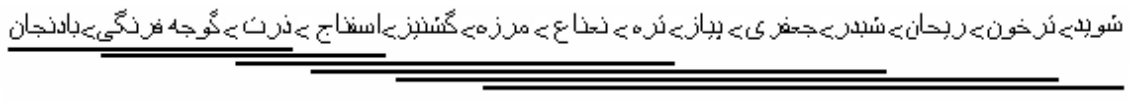
LOQ (Limit of Quantitation) for Ni: <4 ppb, Pb: <4 ppb, Zn: <2 ppb, Cd: <0.5 ppb, Mn: <5 ppb, Cr: <5 ppb and V: <5ppb.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن، ترتیب گونه‌های گیاهی از نظر میزان تجمع هر یک از فلزات سنگین به‌صورت زیر است، گیاهانی که خط پیوسته زیر آنها کشیده شده است در یک گروه جای می‌گیرند و اختلاف معنی‌داری بین آنها از نظر تجمع فلز وجود نداشته است:

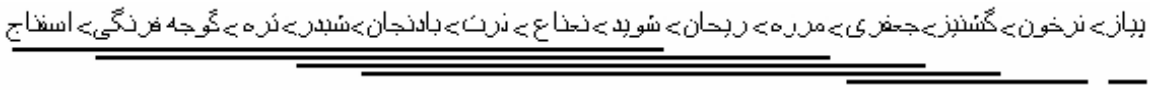
نیکل



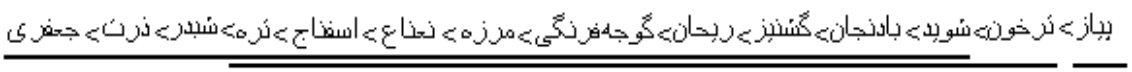
سرب



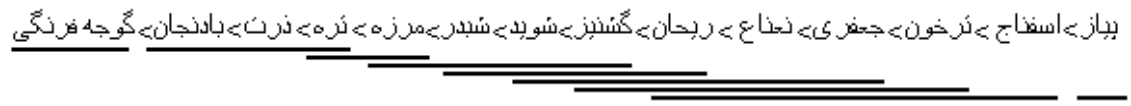
روی



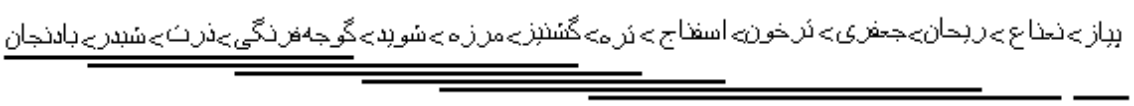
کادمیوم



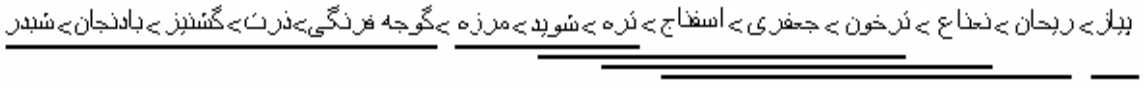
منگنز



کروم



وانادیوم



بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه 14 گونه گیاهی به‌عنوان عناصر مورد نظر در بخش خوراکی اندازه‌گیری شدند و بالاترین و کمترین غلظت هر یک از عناصر به ترتیب برای **وانادیوم** بین (ppm) 0/92 تا 141/88 در شبدر کمترین و پیاز بالاترین غلظت، **کروم** (ppm) 1/76 تا 72/62 در بادمجان و پیاز، **منگنز** (ppm) 21/48 تا 851/60 در گوجه‌فرنگی و پیاز، **کادمیوم** (ppm) 0/09 تا 2/61 در جعفری و پیاز، **روی** (ppm) 5/57 تا

358/03 در گشنیز و پیاز، **سرب** (ppm) 1/68 تا 34/81 در گشنیز و شوید و **نیکل** (ppm) 2/34 تا 72/09 در ذرت و پیاز مشاهده‌شد.

با بررسی ترتیب تجمع فلزات در گیاهان مورد مطالعه مشخص‌شد که در تمامی گیاهان کمترین میزان تجمع مربوط به کادمیوم است که اختلاف کاملاً معنی‌داری را با سایر عناصر (با توجه به نتایج آزمون دانکن) نشان می‌دهد. پس از کادمیوم تقریبا در تمامی موارد کمترین میزان تجمع مربوط به وانادیوم است که البته یگانه مورد استثنا (با در نظر گرفتن وجود، یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری) در مورد پیاز مشاهده می‌شود. در تمامی موارد بجز در مورد سرب بیشترین میزان تجمع فلزات با اختلاف چشمگیری و کاملاً معنی‌دار نسبت به سایر گیاهان در پیاز مشاهده شد ولی کمترین میزان تجمع در گیاهان متفاوت مشاهده شد.

تفاوت در غلظت عناصر در گیاهان مختلف ناشی از توانایی‌های متفاوت گونه‌های مختلف گیاهی در جذب و تجمع فلزات سنگین است. افزون‌بر این تفاوت گونه‌های مختلف در دوره رشد، سرعت رشد و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نیز بر جذب فلزات سنگین مؤثر است (Verloo and Eckhout, 1990, Moseholm et al., 1992). به‌عبارت دیگر، توانایی دسترسی زیستی عناصر برای گیاهان به‌واسطه عوامل متعدد مرتبط با خواص فیزیکوشیمیایی خاک، شرایط اقلیمی، ژنوتیپ گیاهی، منابع آب آبیاری و مدیریت آگرونومیک کنترل می‌شود (Golia et al., 2008). توانایی انحلال و توانایی دسترسی زیستی یون‌های فلزات سنگین به دلیل عوامل متعدد مؤثر بر غلظت آنها در محلول خاک تا حدود زیادی متغیر است. در بین عوامل ذکر شده pH خاک، بافت خاک و همچنین میزان مواد آلی اهمیت بیشتری دارند (Chojnacka et al., 2005; Tokalioglu and Kartal, 2006).

سرب از طریق فعالیت‌های مختلف به هوا، خاک و حتی آب نوشیدنی وارد می‌شود. در مطالعه انجام شده برای بررسی فعالیت‌های صنعتی بر تجمع سرب در سبزی‌های نواحی مختلف هند، حداکثر مقدار تجمع سرب $18/5\ mg\ kg^{-1}$ در برگ‌های ریحان گزارش شده‌است (Patel et al., 2008). در حالی‌که در این مطالعه میانگین غلظت سرب در برگ‌های ریحان ppm 29/66 اندازه‌گیری شد که مبین تاثیر فعالیت‌های صنعتی بر آلودگی گیاهان به فلزات است. مطالعه حاضر نشان داد که براساس استاندارد، 6 گونه از 14 گیاه مطالعه شده دارای محتوای سرب بالا هستند (جدول 2) که مبین توانایی این گیاهان برای رشد در نواحی آلوده به این فلز است. مطالعه بر ریحان و شوید و تیمار با سه فلز سرب، کادمیوم و مس نیز قدرت سازگاری این گیاهان در شرایط آلوده به فلزات مذکور را تأیید کرد (Zheljazkov et al., 2006). سرب از آلاینده‌هایی است که منجر به صدمات مختلف بر سلامتی افراد مانند مشکلات رفتاری، ناتوانی در یادگیری، سکته قلبی و مرگ می‌شود. محتوای بالای این فلز در مناطق کشاورزی عامل تهدید کننده سلامت ساکنان منطقه و مصرف‌کنندگان است. در مطالعه حاضر بالاترین غلظت نیکل، ppm 72/09 در پیاز (Allium cepa) مشاهده‌شد. نتایج مطالعات مشابه نیز نشان‌دهنده تجمع نیکل در پیاز است، به‌طوری‌که بررسی محتوای فلزات سنگین در چندین گونه گیاهی در نیجریه نیز مبین غلظت بالای سرب و نیکل در پیاز نسبت به سایر گیاهان مطالعه شده‌است (James et al., 2011). نقش پیاز به عنوان گیاه انباشته کننده آلاینده‌های نفتی و فلزات سنگین گزارش شده است (Wierzbicka, 1987)، از آنجایی‌که در مطالعه حاضر نمونه‌برداری از بخش خوراکی گیاهان انجام شد، وجود مقادیر بالاتر از حد استاندارد آلاینده‌ها در این گیاه حاکی از عدم سلامت آن برای مصرف‌کننده است. جدول (3) مقایسه غلظت فلزات سنگین برخی از گیاهان مطالعه حاضر را با مطالعات مشابه نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود کلیه نتایج مقادیر کمتری را نسبت به این مطالعه نشان می‌دهند، که نشان‌دهنده تأثیر فعالیت‌های نفتی و صنعتی منطقه در افزایش آلودگی است.

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در سبزی‌های خوراکی اطراف زنجان نشان داد که محتوای سرب بین 3/89 تا 32/49 و روی بین 43/61 تا 223/10 متغیر بود و محتوای کروم قابل اندازه‌گیری نبود (Eslami, et al., 2007). مقایسه نتایج مطالعه حاضر با نتایج Eslami و همکاران نشان می‌دهد که غلظت عناصر در محدوده اطراف پالایشگاه تهران بالاتر است که می‌تواند به دلیل فعالیت‌های مختلف صنعتی در منطقه مانند شرکت پالایش نفت تهران، خطوط انتقال لوله و همچنین آبیاری گیاهان با آب نهر فیروزآباد باشد. نهر فیروزآباد نیز به‌دلیل جمع‌آوری فاضلاب‌های شهری و صنعتی در مسیر خود دارای

آلودگی‌های صنعتی و زیستی فراوان است. افزون‌بر این تفاوت ویژگی‌های خاک و شرایط اقلیمی در بین دو منطقه ذکر شده براساس مطالعات Golia و همکاران از عوامل تاثیرگذار بر میزان جذب عناصر توسط گیاه است (Golia et al., 2008). از سوی دیگر در مطالعه Hosseinpour و همکاران آلودگی چاه‌های آب اراضی اطراف پالایشگاه تهران و غلظت بالای سرب (از 27 تا 68 ppm) در چاه‌های آب منطقه مشاهده شده است (Hosseinpour et al., 2010). با توجه به استفاده از چاه‌های آب به‌عنوان یکی از منابع آبیاری گیاهان منطقه، یکی از عوامل ایجادکننده غلظت بالای سرب در گیاهان این ناحیه را می‌توان ناشی از منابع آبی دانست.

مقایسه میانگین مقادیر تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهان گردآوری شده از منطقه مطالعاتی با استانداردهای مختلف برگرفته از منابع معتبر علمی مبین آن است که میانگین

جدول (3): مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین در برخی از نمونه‌های گیاه تحقیق کنونی با نتایج تحقیقات مرتبط (کلیه مقادیر بر حسب μg/g dry weight **هستند) تمامی مقادیر کمتر از تحقیق کنونی با علامت * مشخص شده‌اند.**

گونه	منطقه جغرافیایی	Ni	Pb	Zn	Cd	Mn	Cr	V	مأخذ
گوجه فرنگی	Central Greece	0/120*	0/092*	0/184*	0/004*		0/132*		Golia et al., 2008
گوجه فرنگی	East and southeastern part of Tehran Refinery	2/35	2/10	70/68	0/25	21/48	3/42	1/05	The present study
اسفناج	Banks of Sinza river, Dar es Salaam, Tanzania		0/59*	4/81*	0/03*				Bahemuka and Mubofu, 1999
اسفناج	East and southeastern part of Tehran Refinery	3/93	6/70	63/73	0/23	280/51	6/89	5/09	The present study
بادنجان	City of Udaipur, India	7/92	13/15	48/43*	4/18				Pandey and Pandey, 2009
بادنجان	East and southeastern part of Tehran Refinery	2/71	1/68	85/53	0/36	44/15	1/76	0/98	The present study
تره	Suburb of Zhengzhou city, China		0/92*		0/055*		15/38		Liu et al., 2006
تره	East and southeastern part of Tehran Refinery	4/51	16/49	72/92	0/13	74/11	5/35	3/92	The present study
جعفری	Banks of the river Zanjanood, Iran		7/44*	85/78*	11/54				Eslami et al., 2007
جعفری	East and southeastern part of Tehran Refinery,	7/78	21/49	109/50	0/09	212/20	8/59	5/37	The present study
ریحان	Banks of the river Zanjanood, Iran		9/46*	101/18	9/95				Eslami et al., 2007
ریحان	East and southeastern part of Tehran Refinery	6/07	29/66	97/37	0/27	187/13	9/20	6/81	The present study
گشنیز	Baisgodam, Jaipur, India		25/86		34/48		34/42		Kumar et al., 2009
گشنیز	East and southeastern part of Tehran Refinery	5/16	8/92	15/57	0.33	156/81	4/97	0/99	The present study

پیاز	Baisgodam, Jaipur, India		14/34*						Kumar et al., 2009
پیاز	East and southeastern part of Tehran Refinery	72/09	21/19	358/03	2/61	851/60	172/62	141/88	The present study

ردیف‌های تیره شده، نتایج مطالعه حاضر را نشان می‌دهد.

مقادیر اندازه‌گیری شده در تمامی 14 گونه مطالعه شده در تحقیق کنونی در بسیاری از موارد بیشتر از حداکثر مقدار مجاز و همچنین استانداردهای ملی کشورهای مختلف برای استفاده انسان است (جدول 4). بیشترین موارد بیش از آستانه مربوط به فلزات سرب و سپس کروم و نیکل می‌باشد که حاکی از آلودگی نسبی منطقه به ترکیبات آلاینده حاوی این عناصر است. میانگین مقادیر کروم در پیاز و نعناع و همچنین میانگین غلظت کادمیوم در پیاز بیشتر از مقادیر مجاز اعلام شده‌است.

در رابطه با سرب، مشاهده شد که در موارد متعددی میزان تجمع این عنصر در بافت‌های مأکول گیاهان مطالعه شده بالاتر از نتایج سایر تحقیقات است. بر اساس منابع علمی یکی از منابع مهم ورود فلز سرب به اکوسیستم‌های مختلف، آلاینده‌های نفتی است (INCHEM, 1977- 1988) با عنایت به فعالیت‌های متعدد نفتی در منطقه مطالعاتی، می‌توان یکی از منابع مهم آلودگی در این منطقه را آلاینده‌های نفتی مطرح کرد.

افزون‌بر این نتایج حاصل تأییدکننده وجود آلودگی گیاهان به

جدول(4): مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های گیاه تحقیق کنونی با استانداردها. کلیه مقادیر بر حسب µg/g **وزن تر می‌باشند (بجز موارد مشخص شده با علامت❖ که بر حسب وزن خشک ارائه شده‌اند).**

مقادیر کمتر از تحقیق کنونی با علامت * مشخص شده‌اند.

استانداردها	Ni	Pb	Zn	Cd	Mn	Cr	ماخذ
Present study ❖	6/53	18/81	101/52	0/31	153/08	10/07	
WHO ❖	67/00	0/30*	100/00*	0/10*	500/00		Ewers, 1991
Chinese national food sanitation standards ❖		0/20*	20/00*	0/05*		0/5*	Liu et al., 2006
Safe limit – India- Prevention of Food Adulteration Act ❖	1/5*	2/5*	50/0*	1/5			Marshall, 2003; Pandey and Pandey, 2009
Recommended maximum limits for vegetables		0/1-0/3*	99/40*	0/20*		2/30*	Codex Alimentarius Commission, 2007
FAO Guideline	0/2*		2*	0/01*		0/1*	Marshall, 2003
Critical levels of different metal ions in edible portions of vegetables	10/00	2/00*	5/00*	0/02*	6/61*	1/30*	Lone et al., 2003
EC regulation- maximum levels for vegetables (excluding brassica, leafy vegetables, fresh herbs and all cultivated fungi)		0/1-0/3*		0/05*			EC, 2001

Dry weight to fresh weight conversion factor for vegetables: 0.25 (Staven et al., 2003)

ردیف تیره شده (ردیف اول) مقادیر مطالعه حاضر را نشان می‌دهد.

فلزات سنگین بویژه نیکل است که مبین آلودگی نفتی است، از آنجائیکه نیکل از فلزات شاخص آلودگی نفتی است، غلظت بالای آن در منطقه نشان‌دهنده نفوذ آلاینده‌ها از مراکز فعال نفتی مانند پالایشگاه، خطوط انتقال نفت و نفت بهران است. غلظت بالای آلاینده‌ها در محیط و جذب آن توسط گیاهان بر سلامت افراد تاثیر می‌گذارد. حضور آلاینده‌ها در سبزی‌های خوراکی به‌شدت برای بهداشت و سلامت عمومی مضر است، بنابراین لازم است تدابیری برای کاهش آلاینده‌ها در منطقه اتخاذ شود، استفاده از روش‌هایی همچون تغییر نوع کشت، استفاده از گیاهان دارای قدرت گیاه پالایی و نیز تلقیح گیاهان به میکروارگانیسم‌هایی مانند میکوریز به‌عنوان عامل پاک‌کننده محیط از آلاینده‌ها برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه ارائه شده با حمایت مالی پالایشگاه تهران انجام شد و بخشی از پروژه بررسی و اندازه‌گیری میزان تجمع هیدروکربن‌های نفتی و عناصر سنگین در محصولات و خاک‌های کشاورزی جنوب شهر تهران (اراضی جنوب پالایشگاه تهران) است.

یادداشت‌ها

1. Bioacuumulation
2. Certified reference materials
3. Detection limit

فهرست منابع

Bahemuka, T. E. & Mubofu, E. B. 1999. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dares Salaam, Tanzania. Food Chemistry. 66(1): 63- 66.

Chojnacka, K.; Chojnacki, A.; Górecka, H. & Górecki, H. 2005. Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants. The Science of the Total Environment 337: 175- 182.

Codex Alimentarius Commission. 2007. Joint FAO/WHO food standards program. Codex committee on methods of analysis and sampling, twenty-eighth session, Budapest, Hungary: 5- 9.

Eslami, A.; Jahed Khaniki, G. R.; Nurani, M.; Mehrasbi, M.; Peyda, M. & Azimi, R. 2007. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Zanjanrood River in Zanjan, Iran. Journal of biological sciences. 7: 943-948.

Ewers, U. 1991. Standards, guidelines and legislative regulations concerning metals and their compounds, In: Metals and their compounds in the Environment. Ed. E. Merian, VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge: 687-711.

Golia, E. E.; Dimirkou, A. & Mitsios, I. K. 2008. Influence of some soil parameters on heavy metals accumulation by vegetables grown in Agricultural Soils of Different Soil Orders. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 81: 80-84.

Hosseinpour, M. A.; Ghoreishi, H.; Gitipour, S. & Jafarnejad, M. 2010. Investigation of Oil inside the Wells in REY Area in Tehran Oil Refining Company in Iran. World Academy of Science, Engineering and Technology. 69: 200- 206.

Howard, H. 2002. Human health and heavy metals exposure. In: Life Support: The Environment and Human Health. Michael McCally (ed). MIT press.

Inchem. 1977. Environmental health criteria 3: Lead. International Program on Chemical Safety, World Health Orgnization, Geneva. http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc003.htm.

Inchem. 1988. Environmental health criteria 81: Vanadium. International Program on Chemical Safety, World Health Orgnization, Geneva. http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc81.htm.

James, O. & Emmanuel, U. C. 2011. Comparative studies on the protein and mineral composition of some selected Nigerian vegetables. African Journal of Food Science. 5 (1): 22- 25.

Kilic, E. 2011. http://www.tip2000.com/health/waterpollution.asp.

Kumar, A.; Sharma, I. K.; Sharma, A.; Varshney, S. & Verma, P. S. 2009. Heavy metals contamination of vegetable foodstuffs in Jaipur (India). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 8(2): 96- 101.

Liu, W. X.; Li, H. H.; Li, R. & Wang, Y. W. 2006. Heavy Metal Accumulation of Edible Vegetables Cultivated in Agricultural Soil in the Suburb of Zhengzhou City, People's Republic of China. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 76: 163- 70.

Lone, M. I.; Saleem, S.; Khan, K. S.; Mahmood, T. & Hussain, G. 2003. Heavy metal contents of vegetables irrigated by Sewage/Tubewell water. International Journal of Agriculture and Biology, 15(4): 533-535.

Maleki, A. & Alasvand Zarasvand, M. 2008. Heavy metals in selected edible vegetables and estimation of their daily intake in Sanandaj, Iran. Southern Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. 39 (2): 335- 340.

Marshall, F. M.; Agarwal, R.; Lintelo, D. Te.; Bhupal, D. S.; Rana Singh, P. B.; Mukherjee, N.; Sen, C.; Poole, N.; Agrawal, M. & Singh, S. D. 2003. Heavy Metal Contamination of Vegetables in Delhi. Executive summary of technical report. pp: 10. http://www.dfid.gov.uk.

Moseholm, L.; Larsen, E. H.; Andersen, B. & Nielsen, M.M. 1992. Atmospheric deposition of trace elements around point sources and human health risk assessment. I: Impact zones near a source of lead emissions. The Science of the Total Environment 126: 243- 262.

Omale, J. & Emmanuel, U. C. 2011. Comparative studies on the protein and mineral composition of some selected Negerian vegetables. African Journal of Food Science. 5(1): 22- 25.

Pandey, J & Pandey, U. 2009. Accumulation of heavy metals in dietary vegetables and cultivated soil horizon in organic farming system relation to atmospheric deposition in a seasonally dry tropical region of India. Environ. Monit. Assess. 148(1-4): 61-74.

Patel, K.; Ambade, B.; Sharma, S. & Sahu, D. 2008. Lead environmental pollution in central India, New trends in technologies. 4: 65-76.

Sekabira, K.; Oryem- Origa, H.; Mutumba, G.; Kakudidi, E. & Basamba, T. A. 2011. Heavy metal phytoremediation by Commelina benghalensis (L) and Cynodon dactylon (L) growing in Urban stream sediments. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry. 3(8): 133-142.

Staven, L. H.; Rhoads, B. A.; Napier & Strenge, D. L. 2003. A compendium of transfer factors for agricultural and animal products. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, pp: 31.

Tokalioglu, S. & Kartal, S. 2006. Statistical evaluation of the bioavailability of heavy metals from contaminated soils to vegetables. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 76: 311-9.

Verloo, M. & Eeckhout, M. 1990. Metals species transportation in soil: an analytical approach. International Journal of Environmental and Analytical Chemistry, 39: 179-186.

Wierzbicka, M. 1987. Lead translocation and localization in Allium Cepa roots. Canadian Journal of Botany, 65: 1851-1860.

Zheljazkov, V. D.; Craker, L. E. & Xing, B. 2006. Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil. Environmental and Experimental Botany, 58 (1-3): 9-16.