فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

۱۱۳-۱۲۴

محصولات باغبانی شهری چقدر سالم هستند؟ بررسی تجمع فلزات سنگین در سبزیجات پرورش یافته در تهران

ریحانه سادات قاضی مرعشی[۱]، امید نوری[۱]*، رضا دیهیم فرد[۱] و امیر سالمی[۲]

[۱] گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲] گروه فناوری‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۹

قاضی مرعشی، ر.س.، نوری، ا.، دیهیم‌فرد، ر. و سالمی، ا. ۱۳۹۶. محصولات باغبانی شهری چقدر سالم هستند؟ بررسی تجمع فلزات سنگین در سبزیجات پرورش یافته در تهران. فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۴): ۱۲۴-۱۱۳.

سابقه و هدف: افزایش رشد جمعیت و شهرنشینی و گسترش روزافزون آن در سراسر جهان، تقاضا برای امنیت غذایی و خودکفایی برای تولید غذا در شهرها را افزایش داده است. در این موقعیت فعالیت‌هایی در حوزه کشاورزی در محیط شهر به شیوه‌های مختلف سنتی (کشت در سطح زمین و بستر خاک) و جدید (کشت در پشت‌بام و بستر آبی) ظهور پیداکرده و پژوهش‌های زیادی در این‌باره انجام شده و مزارع بسیاری در سطح شهر و به شیوه‌های مختلف در سراسر جهان به وجود آمده است. با این حال هنوز چالش‌هایی برای گسترش این نوع کشاورزی وجود دارد و تحقیق‌های اندکی به‌منظور بررسی سلامت محصولات پرورش‌یافته در این مکان‌ها به‌ویژه تجمع آلاینده‌های هوا در این محصولات انجام شده است. هدف این تحقیق بررسی سلامت گیاهان پرورش‌یافته در محیط شهری (در دو قسمت پشت‌بام و حیاط یک ساختمان مسکونی) و ارزیابی تجمع غلظت آلاینده‌ها در میوه بادمجان(*Solanum melongena var. Depressum L.*) و فلفل دلمه‌ای (*Capsicum frutescens var. Grossum* (Mill.)) بود.

مواد و روش‌ها: دو نمونه سبزی فلفل دلمه‌ای و بادمجان در پشت بام و حیاط یک ساختمان مسکونی با ارتفاع ۱۵ متر در منطقه ۷ شهر تهران در قالب طرح کاملا تصادفی با شش تکرار کشت شدند. همچنین به‌منظور مقایسه سلامت میوه این محصولات با محصولات پرورش‌یافته در خارج شهر، نمونه‌هایی از همین محصولات، از مزرعه‌های حومه ورامین و کرج، تهیه شدند. غلظت فلزات سنگین مولیبدن، کروم، مس و منگنز (Mo, Cr, Cu, Mn) در میوه فلفل دلمه‌ای و بادمجان پرورش‌یافته در داخل شهر تهران بررسی و با محصولات پرورش‌یافته در مزرعه‌های خارج از شهر مقایسه شدند. همچنین مقدار غلظت فلز سنگین سرب و کادمیوم (Pb و Cd) در نمونه‌های کشت‌شده در شهر با استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران مقایسه شدند. هضم نمونه‌ها توسط مایکروویو و پردازش و خوانش نتایج توسط دستگاه ICP-MS انجام شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و Excel با استفاده از آزمون دانکن تجزیه شدند.

نتایج و بحث: نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که غلظت فلزات سنگین در اکثر میوه‌های پرورش‌یافته در شهر به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بالاتر از نمونه‌های پرورش‌یافته در خارج از شهر هستند، به جز فلز سنگین Cr در بادمجان که نمونه خارج از شهر غلظت بالاتری را

* Corresponding Author. *E-mail Address*: o_nouri@sbu.ac.ir

نسبت به بادمجان پرورش یافته در هر دو محل کشت شهری، نشان داد و فلز سنگین Cu که در هر دو گیاه بادمجان و فلفل دلمه‌ای، نمونه خارج از شهر غلظت بیشتری نسبت به نمونه پشت‌بام داشت. کروم در بادمجان مزرعه ۱/۵۶ برابر بادمجان حیاط و ۱/۵۸ برابر بادمجان پشت بام بود و غلظت مس در بادمجان و فلفل دلمه‌ای مزرعه ۱/۲۲ و ۱/۲۴ برابر بیشتر از نمونه پشت بام بود. همچنین جز سرب (Pb) که در برخی از نمونه‌های بادمجان پشت‌بام، فلفل دلمه‌ای پشت‌بام و فلفل دلمه‌ای حیاط؛ به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۶۳ و ۰/۱۴ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک (mg/kgDW) و به‌صورت معنی‌دار (در سطح ۵٪) بالاتر از حد مجاز بود، سایر نمونه‌ها غلظتی پایین‌تر از حد مجاز را برای سرب و کادمیوم بر طبق استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران نشان دادند و این اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که تمام محصولات پرورش‌یافته در منطقه ۷ شهر تهران ازنظر مقدار فلز سنگین Cd سالم و مطابق با استانداردهای بین‌المللی و در سطح نمونه‌های پرورش‌یافته در خارج شهر بودند اما اکثر نمونه‌ها دارای مقدار بالاتر از حد مجاز از نظر مقدار فلز سنگین سرب بودند. همچنین غلظت سایر فلزات سنگین در اکثر نمونه‌های پرورش‌یافته در داخل شهر بالاتر از نمونه‌های پرورش‌یافته در خارج از شهر بود که می‌تواند به دلیل ترافیک بالا، موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی نامناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، امنیت غذایی، باغبانی شهری، تولید در پشت‌بام، فلزات سنگین.

مقدمه

گسترش روزافزون پدیده شهرنشینی در قرن حاضر باعث ایجاد نگرانی‌هایی در مورد غذا، سوءتغذیه و در دسترس بودن زمین برای کشاورزی شده است. زمین‌های کشاورزی همزمان با توسعه سریع واحدهای صنعتی و شهرسازی علاوه بر کاهش و آلوده شدن در حال از دست دادن باروری خود نیز هستند (Walthall, 2016). در پرتو این مشکلات نیاز به جایگزین‌هایی برای سیستم‌های کشت سنتی بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا کشاورزی در محیط شهری توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. طبق پیش‌بینی Dubbeling *et al.* (2009) در سال ۲۰۳۰، ۶۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی خواهند کرد. تعداد کلان‌شهرها نیز به‌سرعت در حال افزایش است و تا سال ۲۰۲۵، ۱۲ تا از ۱۵ شهر بزرگتر جهان در آسیا واقع می‌شوند (Nagent, 2000). امروزه برای کلان‌شهری با ۱۰ میلیون نفر جمعیت روزانه بیش از ۶ هزار تن غذا وارد می‌شود (Drescher *et al*., 2005).

بررسی‌ها نشان می‌دهند یکی از راه‌حل‌های کاهش اثرات منفی شهرنشینی، کشاورزی در محیط شهری به‌ویژه ایجاد باغ‌بام‌ها است. از مزیت‌های این فضای خالی (پشت‌بام) نسبت به سایر مکان‌های قابل‌کشت (پارکینگ‌های خالی، فضای باز مقابل ساختمان‌ها و ...) در سطح شهر این است که کاربری دیگری ندارد درحالی‌که از زمین‌های خالی سطحی می‌توان برای فعالیت‌های دیگر ازجمله ساختمان‌سازی که سود حاصل از آن در کوتاه‌مدت قابل‌برگشت و بیش از کشاورزی است استفاده کرد (Meier, 2013).

در سال‌های اخیر کشاورزی شهری فعالیت‌های قابل‌توجهی را در آمریکای شمالی انجام داده است. برای مثال در کانادا پروژه‌های جالب و ابتکارات زیادی درباره باغچه‌ها در سطح پشت‌بام وجود دارد که با هدف توسعه روش‌های مؤثر برای کشاورزی در محیط شهر انجام شده‌اند (ARGP, 2008; Canadian CED Network, 2007; Kaethler, 2006; Kortright, 2001; Nasr MacRae & Kuhns, 2010). سنتروپل رولانت بنیاد خیریه‌ای است که در ۱۹۹۵ در مونترال کانادا تأسیس شد و در آن باغچه‌های سطح پشت بام توسط افراد جوان اجتماع به‌منظور افزایش سلامتی و نیازهای امنیت غذایی اداره می‌شود.

با تمام مزایای گسترده این نوع کشاورزی و گسترش بیش‌ازپیش آن، به خاطر مبهم بودن مسائلی چون سلامت گیاه رشدیافته در شهر (آلوده بودن هوای شهر) هنوز جایگاه مناسبی در جهان پیدا نکرده است. همچنین اجرای پروژه پرورش محصولات در شهر به‌ویژه در پشت‌بام‌ها و تغییر در سیستم‌های کشت، کاری زمان‌بر و پرهزینه است. در ایران

ازجمله در کلان‌شهر تهران تحقیقی درباره رفع این موانع انجام نشده است. با وجود این، تحقیقات زیادی برای بررسی این چالش‌ها در سطح جهان انجام شده است. Grewal (2012) اطلاعات مربوط به تولید باغچه‌های عمومی را برای بررسی امکان‌سنجی ایجاد خودکفایی در شهر استفاده کرد و تخمین زد که اگر ۶۲ درصد از هر پشت‌بام فضاهای صنعتی و تجاری در Cleveland برای کشاورزی استفاده شود، می‌توانند پاسخگوی تا ۳۲ درصد از محصولات تازه مورد نیاز شهر باشند. Gelman (2014) غلظت فلزات سنگین در زیتوده سه نوع محصول کاهو، تربچه و نخودفرنگی که در پشت‌بام‌های شهر هلسینکی فنلاند رشد یافته بودند را بررسی و با نمونه‌های فروشگاهی مقایسه کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار آلودگی در این محصولات در مقایسه با نمونه‌های تجاری ناچیز و تمام نمونه‌ها غلظتی پایین‌تر از حد مجاز طبق استاندارد اتحادیه اروپا داشتند. Liu *et al.* (2016) نیز امکان‌سنجی رشد سبزیجات لیفی به‌صورت هیدروپونیک را در پشت‌بام گوانجو در چین بررسی کرد. نتایج حاکی از آن بود که هیچ‌کدام از آنها از حد مجاز برای فلزات سنگین سرب، آرسنیک، کادمیوم، کرم، جیوه و نیترات بالاتر نبودند و در سطح بهترین محصولات فروشگاهی بودند.

Antisari *et al.* (2015) طی پژوهشی آزمایشگاهی در ایتالیا با هدف بررسی سلامت محصولات رشدیافته در شهر نشان داد که سبزیجات رشدیافته در سطح شهر دارای مقدار بالایی از فلزات سنگین بودند که این امر به دلیل آلودگی خاک‌های نزدیک خیابان‌های شهر بود. Grard *et al.* (2015) کشاورزی در سطح پشت‌بام را در پاریس با استفاده از ضایعات ارگانیک شهری به‌عنوان بستر کشت آزمایش کردند و به تجمع پایینی از فلزات سنگین در محصولات رسیدند.

امکان‌سنجی و قابلیت اجرای طرح در شهر تهران

طبق گزارش مرکز آمار ایران در نیمه ۱۳۹۴، ۴۵۱۶ پروانه ساختمانی توسط شهرداری تهران صادرشده است. از طرفی با توجه به مقررات و آیین‌نامه مربوط به مساحت حیاط‌خلوت در مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، حداقل مساحت حیاط داخلی برای زمین‌های کمتر از ۲۰۰ مترمربع به‌اندازه ۳ درصد مساحت زمین است. درنتیجه تهران پتانسیل بالایی از نظر دارا بودن مساحت‌های پشت‌بامی و زمینی مناسب برای کشت و بهره بردن از مزایای تولیدی کشاورزی در محیط شهر را دارد.

با توجه به فقدان بررسی آزمایشگاهی در زمینه رفع ابهامات موجود ازنظر سلامت گیاهان رشدیافته در کلان‌شهرهای ایران ازجمله تهران، در این پژوهش سعی شد تا از رشد چند صیفی در پشت‌بام یک ساختمان مسکونی در منطقه ۷ شهر تهران امکان‌سنجی شود. در این تحقیق، نمونه‌ها از نظر مقدار آلاینده‌ها با محصولات مشابه کشت‌شده در دو محل کشت حیاط (فضایی در سطح زمین) و مزرعه (فضایی در خارج شهر) و همچنین مقدار دو آلاینده سرب و کادمیوم در نمونه‌های رشدیافته در شهر با حد مجاز استانداردهای اتحادیه اروپا و ملی ایران مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

محل تحقیق

این تحقیق در فضای پشت‌بام و حیاط یکی از ساختمان‌های مسکونی به طول و عرض جغرافیایی ۳۵,۷۱۳۳۵۵ و ۵۱,۴۵۰۶۰۲ با ارتفاع ۱۵ متر واقع در منطقه ۷ در محدوده شرق تهران انجام شد. طبق جدول شاخص کیفیت هوا (AQI) که توسط شرکت کیفیت هوا، وابسته به شهرداری تهیه شده است و با توجه به موقعیت جغرافیایی آن و وزش بادهای غربی و جنوب شرقی، این منطقه از آلوده‌ترین مناطق به شمار می‌رود. نمونه‌های پرورش‌یافته در خارج از شهر از مزرعه‌هایی در محدوده شهرستان ورامین و کرج تهیه شدند.

نحوه انجام طرح آزمایشی کشت گیاهان

کشت در گلدان‌هایی با عمق ۴۵ و قطر ۳۵ سانتی‌متر به‌عنوان واحدهای آزمایشی انجام شد. بستر کشت گیاهان

توسط خاک مزرعه خارج شهری پر شد. دو گیاه بادمجان و فلفل دلمه‌ای به‌عنوان نمونه‌های آزمایشی انتخاب شدند. در مجموع ۲۴ گلدان در پشت‌بام و ۲۴ گلدان در حیاط در قالب طرح کاملا تصادفی با شش تکرار قرار گرفت. سایر شرایط ازجمله نوع خاک، آبیاری، کوددهی و نورگیری برای تمام واحدهای آزمایشی یکسان بود.

زمان کشت نمونه‌ها

بذر فلفل دلمه‌ای و بادمجان در فروردین ۱۳۹۵ کشت شد و بعد از رسیدن به مرحله نشاکاری، در ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۵ برداشت شدند و در ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۵ کاشت نمونه‌ها در واحدهای آزمایشی انجام شد.

زمان برداشت نمونه‌ها

نمونه‌برداری از میوه گیاهان پرورش‌یافته در داخل شهر و خارج شهر، به‌صورت تصادفی از میان واحدهای آزمایشی و از قسمت‌های مختلف تاج گیاهان (از چهار قسمت تاج گیاهان) در هر تیمار، در ۱۵ شهریور ۱۳۹۵ انجام شد.

متغیرهای موردنظر

Pb, Mo, Mn, Cr, Cu, Cd فلزات سنگینی بودند که در این تحقیق بررسی شدند.

مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها توسط دستگاه آون با حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و با آسیاب به نمونه‌های پودرشده تبدیل و برای هضم و انجام آنالیز دستگاهی به آزمایشگاه فرستاده شدند.

هضم و دستگاه مورداستفاده برای انجام تجزیه

برای استفاده از دستگاه مایکروویو و هضم، نمونه‌های آزمایشی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک و تا مش ۱۵۰ پودر شدند. ۰/۲۵ گرم از هر نمونه در سل مایکروویو ۵۰ سی‌سی توزین و به آن ۳ میلی‌لیتر اسید نیتریک و یک میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه اضافه شد. پس از اتمام واکنش‌های اولیه درپوش گذاشته شد و طی برنامه حرارتی دستگاه، نمونه هضم شد. بعد از خنک شدن سل، نمونه هضم‌شده در داخل بالن حجمی به حجم نهایی رسید و درنهایت با محلول‌های استاندارد حاوی عناصر موردنظر با دستگاه ICP-MS و ICP-OES خوانش و پردازش انجام شد.

نرم‌افزار

برای انجام تجزیه نتایج آزمایشگاهی از دو نرم‌افزار Excel و SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق خطای استاندارد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مقدار فلزات سنگین در دو گیاه بادمجان و فلفل دلمه‌ای در سه محل کشت در جدول۱ نشان داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن بود که نوع گیاه و محل کشت بر تمام صفات بررسی‌شده تاثیر معنی‌داری داشت و تمام صفات تحتز تأثیر تیمار مورد نظر قرارگرفته بودند.

ارزیابی غلظت فلزات سنگین در دو گیاه و در سه محل کشت

به‌طورکلی مقدار غلظت فلزات سنگین در اکثر نمونه‌های پرورش‌یافته در محیط شهری، به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بیشتر از نمونه‌های پرورش یافته درخارج از شهر بود. فلز سنگین Cr در میوه بادمجان مزرعه نسبت به بادمجان پرورش‌یافته در حیاط و پشت‌بام به‌طور معنی‌دار غلظت بیشتری داشت. همچنین مقدار فلز سنگین Cu در هر دو گیاه بادمجان و فلفل دلمه‌ای کشت‌شده در مزرعه بیشتر از نمونه‌های پرورش‌یافته در سطح پشت‌بام بود.

بادمجان پشت‌بام و حیاط ۵/۱۰ و ۴/۲۸ برابر Mo

بیشتری نسبت به بادمجان مزرعه داشتند. فلفل دلمه‌ای پشت‌بام و حیاط نیز ۲/۵ و ۱/۴ برابر Mo بالاتری نسبت به فلفل دلمه‌ای مزرعه داشتند. فلز سنگین Cr در بادمجان مزرعه ۱/۵۸ و ۱/۵۶ برابر بیشتر از بادمجان پشت‌بام و حیاط بود، همچنین فلفل دلمه‌ای پشت‌بام و حیاط ۱/۳۴ و ۱/۲۵ برابر کروم بیشتری نسبت به فلفل دلمه‌ای مزرعه داشتند. فلز سنگین مس در بادمجان و فلفل دلمه‌ای حیاط ۱/۴۲ و ۱/۲۹ برابر بیشتر از بادمجان و فلفل دلمه‌ای مزرعه بود ولی در بادمجان و فلفل دلمه‌ای پشت‌بام ۱/۲۲ و ۱/۲۴برابر کمتر از مزرعه نشان داد. فلز سنگین منگنز در بادمجان پشت‌بام و حیاط به ترتیب ۱/۹۹ و ۱/۹۴ برابر بیشتر از نمونه بادمجان مزرعه بود و در نهایت فلفل دلمه‌ای پشت‌بام و حیاط نیز به ترتیب ۱/۲۷ و ۱/۵۹ برابر منگنز بیشتری نسبت به فلفل دلمه‌ای مزرعه داشتند.

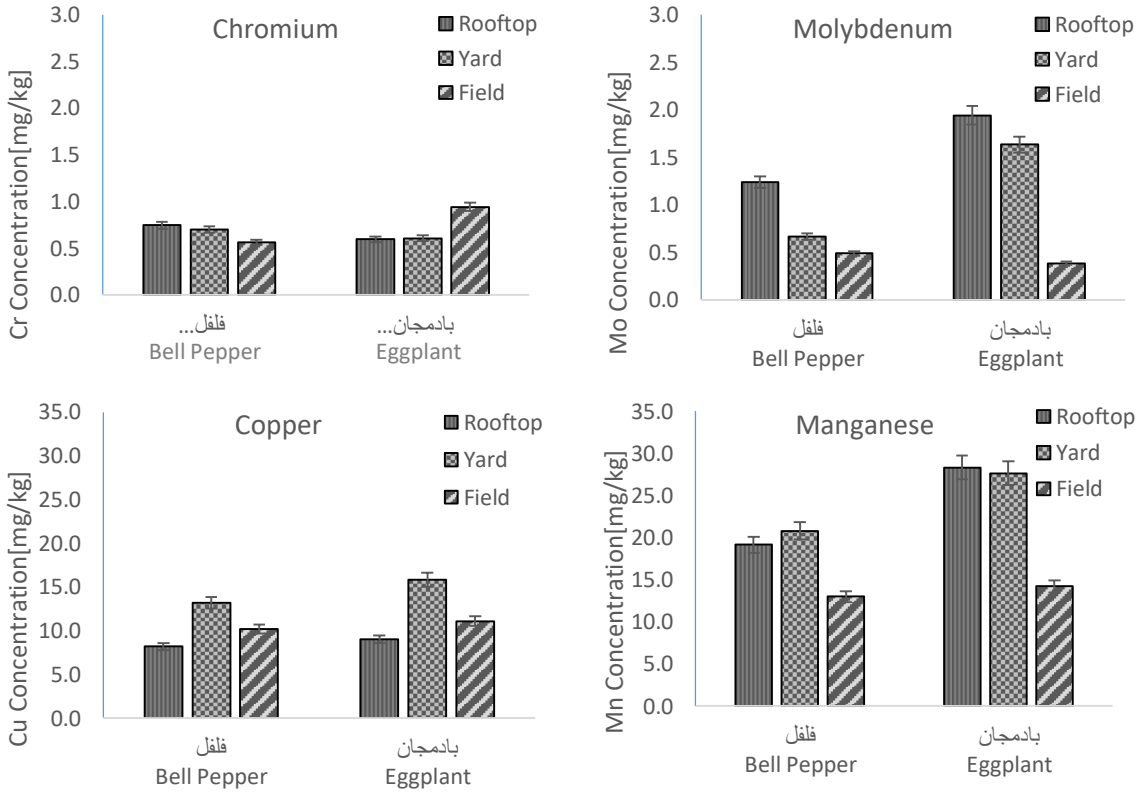
جدول۱- نتایج تجزیه واریانس میزان غلظت فلزات سنگین در بادمجان و فلفل دلمه‌ای در سه محل کشت

Table 1. Results of Analysis of variance of heavy metals concentration in eggplant and Bell Pepper in three locations

Mn	Cu	Cr	Mo	درجه آزادی df	منابع S.O.V
93.35 **	4.83*	11.99**	396.54**	1	گیاه Plant
445.92**	227.96**	874.48**	1138.76**	2	محل کشت place Cultivating
115.72**	15.62**	57.64**	186.44**	2	گیاه× محل کشت Cultivating place x plant
1.11	0.33	0.0045	0.0042	22	خطا Error
5.30	5.12	6.62	5.73		ضریب تغییرات Coeff Var

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪

* and ** significant at 5% and 1%, Respectively.



شکل۱- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های برداشت‌شده

Fig. 1- Mean Comparison of heavy metal Concentration in samples

این نتایج نشان‌دهنده این مطلب بود که جز تعداد محدودی از نمونه‌ها، اکثر گیاهان کشت‌شده در سطح شهر آلودگی بیشتری نسبت به نمونه‌های پرورش‌یافته در خارج شهر داشتند و این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

مقایسه مقدار Pb و Cd موجود در نمونه‌های کشت‌شده در محیط شهری با استانداردهای بین‌المللی

مقدار حد مجاز فلز سنگین Pb در بادمجان و فلفل دلمه‌ای طبق استانداردهای مورد نظر ۰/۱ mg/kgDW است. طبق نتایج به‌دست‌آمده مقدار سرب در برخی از نمونه‌ها زیر حد مجاز بود (جز بادمجان پشت‌بام و فلفل دلمه‌ای پشت‌بام و حیاط که به ترتیب ۰/۱۸ mg/kgDW، ۰/۶۳ و ۰/۱۴ حاوی فلز سنگین سرب بودند و بالاتر از حد استاندارد نشان دادند و این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود). حد مجاز Cd ۰/۰۵ mg/kgDW بود و هیچ‌کدام از نمونه‌ها Cd اضافی طبق این استانداردها نداشتند (جدول۲).

جدول۲- مقایسه غلظت Pb و Cd با استانداردهای بین‌المللی

Table 2. Concentration comparison of Pb and Cd according with international standards

عناصر و طبقه‌بندی محصولات Elements and Crops Classification		استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران EC Standard and National Iranian Standard [mg/kg dw]	نمونه‌های پشت‌بام Rooftop Samples [mg/kg dw]	نمونه‌های حیاط Yard Samples [mg/kg dw]
سرب (Pb)	(بادمجان) (Eggplant)	0.1	0.18	< 0.05
	(فلفل دلمه‌ای) (Bell Pepper)	0.1	0.63	0.14
کادمیوم (Cd)	(بادمجان) (Eggplant)	0.05	< 0.05	< 0.05
	(فلفل دلمه‌ای) (Bell Pepper)	0.05	< 0.05	< 0.05

با توجه به اینکه کشاورزی در محیط شهری در سراسر جهان رو به رشد است، بررسی مقدار غلظت آلاینده‌ها در این محصولات به‌عنوان یک عامل تهدیدکننده سلامتی، مسئله مهمی است. بااین‌حال باید متذکر شد که شرایط محیطی از شهری به شهر دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. برای مثال آلاینده PM10 در هلسینکی فنلاند در ۱۹۹۹، ۱۹میکروگرم در هر متر مربع بود درحالی‌که برای شهر نیویورک ۲۴ و در رم ۵۲ میکروگرم در هر گرم بود (Baldasano *et al.*, 2003). بسته به سطح آلاینده‌ها در یک شهر خاص مقدار آلودگی محصولات شهری با یکدیگر تفاوت‌های زیادی دارد (e.g. Sanchez-Camazano *et al*., 1994; De Nicola *et al.*, 2008; Nabulo *et al.*, 2012; Saumel *et al.*, 2012). محصولات رشدیافته در پشت‌بام و حیاط در منطقه ۷ شهر تهران غلظت بالاتری از فلزات سنگین در مقایسه با نمونه‌های تجاری داشتند. علاوه بر این غلظت سرب در برخی از نمونه‌ها و کادمیوم در تمام نمونه‌ها زیر حد مجاز بودند.

عوامل مؤثر در مقدار غلظت آلاینده‌ها

ازجمله عواملی که می‌تواند باعث بالا رفتن غلظت فلزات در محصولات شهری شود آلودگی‌های خاک است و این عامل به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین ریسک‌ها برای تولید محصول سالم در محیط شهری محسوب می‌شود (Wortman and Lovel, 2014). در این بررسی ریسک کیفیت خاک به‌واسطه کاشت محصولات در خاک غیرآلوده خارج شهر تا حد زیادی کاهش‌یافته بود. بالا بودن غلظت آلاینده‌ها در محصولات شهری عمدتاً از

آلودگی‌های هوا نشات می‌گیرد زیرا ترافیک از عوامل مهم در افزایش فلزات سنگین در هوای شهر است. با وجود این، دلیل اینکه برخی از نمونه‌های پشت‌بام آلودگی کمتری از حیاط داشتند می‌تواند ارتفاع باشد. بررسی‌ها نشان دادند که کیفیت هوای شهری در ارتفاعات بالاتر از سطح خیابان، ناپایدار است، همچنین وجود تنگه‌های شهری سبب جریان هوا و ترکیب نامنظم ذرات می‌شود و کیفیت هوا در ارتفاع را غیرقابل پیش‌بینی می‌کند (Building height fact sheet, 2014).

Chrysikou *et al.* (2009) در بررسی‌هایشان در یونان نشان دادند که غلظت ذرات در همه اندازه‌ها در سطح خیابان بیشتر از پشت‌بام بود. بااین‌حال نتایج مقدار آلاینده‌ها تفاوت چندانی در ارتفاعات مختلف نشان نداد. دلیل دیگر برای بالا بودن مقدار فلزات سنگین در نمونه‌های شهری در این تحقیق می‌تواند کیفیت هوای کلی شهر به‌ویژه منطقه ۷ تهران باشد. طبق آمار سازمان هواشناسی، محدوده شرق تهران به دلیل وزش بادهای غالب و شیب شهر از آلوده‌ترین مناطق تهران است. علاوه بر این آب‌وهوای شهر تهران گرم و خشک است درحالی‌که وجود بارندگی می‌توانست به‌عنوان عاملی مؤثر برای از بین بردن آلودگی عمل کند. باران ذرات مختلف را جمع‌آوری و از هوا حذف می‌کند.

بررسی‌های میدانی انجام‌شده در شهرها تعدادشان کم است و هیچ بررسی به‌طور خاص روی ارزیابی کیفیت محصولات پرورش‌یافته در کشاورزی شهری تمرکز نکرده است. از جمله تحقیق مشابهی در نیویورک انجام شده که غلظت فلزات سنگین در نمونه کشت‌شده کاهو بر پشت‌بام را با یک نمونه کاهوی کشت‌شده در مزرعه مقایسه می‌کند. نتایج این تحقیق غلظت‌های ناچیزی از فلزات سنگین را در نمونه‌های پشت‌بام نشان داد که با نتایج این تحقیق در تهران متفاوت است (Arky *et al.*, 2012).

نتایج این تحقیق برای Cd برای تمام نمونه‌ها زیر حد تشخیص بود و غلظت Pb فقط در نمونه‌های بادمجان و فلفل پشت‌بام و فلفل حیاط دیده شد و از ۰/۱۴ تا نهایتاً ۰/۱۸ mg/kg بود، درحالی‌که غلظت Cd در پژوهش Sanchez-Camazano *et al.* (1994) بین ۰/۵۷ تا ۱/۷۷ mg/kgو Pb بین ۱/۰۷ تا ۱۰/۸۳ mg/kg در علف‌های باغچه‌های شهری بود. در پژوهش برلین نیز غلظت Cd بین ۰/۰۱ تا ۱/۲۳ mg/kg و Pb بین ۰/۱ تا ۳۲/۲ mg/kg در گونه‌های مختلف در سبزیجات در مناطق شهری متغیر بود.

همچنین در چندین تحقیق، سطح آلودگی در نمونه‌های مزرعه بیشتر بود (برای مثال Cu در نمونه بادمجان و فلفل پشت‌بام به ترتیب ۹/۰۲ و ۸/۱۶ mg/kg بود درحالی‌که نمونه مزرعه ۱۱/۰۸ و ۱۰/۱۹mg/kg نشان داد). وجود آلودگی در نمونه‌های مزرعه سوالی را در مورد منبع این آلودگی به وجود می‌آورد که می‌تواند به دلیل کیفیت هوا، آب، خاک و یا استفاده از کودهای شیمیایی و دیگر مواد شیمیایی کشاورزی باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش جمعیت و گسترش شهر نشینی، کشاورزی در محیط شهر و رفع موانع برای تامین امنیت غذایی ضروری است. به‌طورکلی این بررسی نشان داد که محصولات پرورش‌یافته در ارتفاع (پشت‌بام) و سطح زمین (حیاط) منطقه ۷ شهر تهران در اکثر نمونه‌ها غلظت بالاتری از فلزات سنگین نسبت به نمونه‌های پرورش‌یافته در خارج از شهر داشتند و این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بااین‌حال مقدار Cd در تمام نمونه‌ها و Pb در برخی از نمونه‌ها زیر حد مجاز بودند. این نتایج فقط مربوط به منطقه ۷ شهر تهران است و نمی‌توانند به سایر مناطق شهری تعمیم داده شوند زیرا کیفیت هوا و دیگر شرایط محیطی از شهری به شهر دیگر و در مناطق مختلف متفاوت است. بررسی وجود سایر آلاینده‌ها در محصولات پرورش‌یافته در محیط شهری و همچنین بررسی سلامت سایر محصولات و در نهایت انجام این تحقیق در سایر مناطق شهر تهران از جمله تحقیقاتی

است که در ادامه این تحقیق، پیشنهاد می‌شود. در پرتو رشد کشاورزی شهری در سراسر جهان، تحقیقات بیشتری به‌منظور تأیید ایمنی و کیفیت محصولات نیاز است.

سپاسگزاری

نگارندگان از مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهرداری تهران برای حمایت مالی از این تحقیق، کمال تشکر را دارد.

منابع

Antisari, L.V., Orsini, F, Marchetti, L, Vianello, G. and Gianquinto, G., 2015. Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. Agronomy for Sustainable Development. 3, 1139–1147.

Anonymous., 2014. Building height fact sheet. San Francisco Health Code. San Francisco Planning Department. 38.

Baldasano, J. M., Valera, E. and Jiménez, P., 2003. Air quality data from large cities. - Science of the Total Environment. 307, 141-165.

Chrysikou, L.P., Gemenetzis, P.G. and Samara, C.A., 2009. Wintertime size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in the urban environment: Street- vs. rooftop-level measurements. – Atmospheric Environment. 43, 290–300.

De Nicola, F, Maisto, G, Prati, M.V. and Alfani, A., 2008. Leaf accumulation of trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Quercus ilex L. Environmental Pollution. 153, 376-383.

Drescher, A.W., Jacobi, P. and Amend, J., 2005. Urban food security—urban agriculture, a response to crisis? Available online at: www.ruaf.org.

Dubbeling, M, de Zeeuw, H. and van Veenhuizen, R., 2010. Cities, poverty and food—multi-stakeholder policy and planning in urban agriculture. . Practical Action Publishing.

European Commission, 2017. Available online at: www.ec.europa.eu.

Eigenbrod, C. and Gruda, N., 2015. Urban vegetable for food security in cities. A review. Agronomy for Sustainable Development. 35, 483–498.

Gelman, V., 2014. Rooftop vegetables and urban contamination: Trake elements and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Crops from Helsinki Rooftops. M.Sc Thesis. University of HelsinkiI. Department of Environmental sciences.

Germain, A., Gregoire, B., Hautecoeur, I., Ayalon R. and Bergeron, A., 2008. Guide to Setting Up Your Own Edible Rooftop Garden, Alternatives and the Rooftop Garden Project . Montreal. Published by Alternatives and the Rooftop Gardens Project.

Grard, B.J, Bel, N. and Marchal, N., 2015. Recycling urban waste as possible use for rooftop vegetable garden. Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society. 1, 21–34.

Grewal, S.S. and Grewal, P.S., 2012. Can cities become self-reliant in food? Cities. 29, 1–11.

Hui, S., 2011. Green roof urban farming for buildings in high-density urban cities. Invited paper for the Hainan China World Green Roof Conference. Hainan (Haikuo, Boao and Sanya), China.

Institute of Standard and Industrial Research of Iran, 2011. Available online at: www.isiri.org.

Kaethler, T.M., 2006. Growing Space: the Potential for Urban Agriculture in the City of

Vancouver, School of Community and Regional Planning, University of British Columbia, Vancouver.

Kortright, R., 2001. Evaluating the Potential of Green Roof Agriculture: A Demonstration Project, Trent University, Peterborough, Canada.

Li, Y. and Babcock, R.W., 2014. Green roofs against pollution and climate change. Agronomy for Sustainable Development. 4, 695–705.

Liu, T, Yang, M., Han, Zh. and Ow, D., 2016. Rooftop production of leafy vegetables can be profitable and less contaminated than farm-grown vegetables 2015. Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. Agronomy. 36-41.

Meier, S., 2013. Sustainable Urban Agriculture: Confirming Viable Scenarios for Production. 13-07, Energy Research and Development Authority. New York State.

Mazor K., 2007. The Rooftop Garden Project, Profile of International Partnership in Community Economic Development. Available online at: www.ccednet-rcdec.ca.

Nabulo, G., Young, S.D., Black, C.R. and Craigon, J., 2012. Does consumption of leafy vegetab les grown in peri-urban agriculture pose a risk to human health? Environmental Pollution. 162, 389-398

Nasr, J., MacRae, R. and Kuhns, J., 2010. Scaling up Urban Agriculture in Toronto: Building the Infrastructure, George Cedric Metcalf Charitable Foundation, Toronto, Ontario George Cedric Metcalf Charitable Foundation.

Nugent, R., 2000. The impact of urban agriculture on the household and local economies., Dtsch Stift int Entw, Feldafing, pp. 67–97.

Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkereit, C., Weber, F. and Kowarik, I., 2012. How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. Environmental Pollution.165, 124-132.

Sanchez-Camazano, M., Sanchez-Martin, M.J. and Lorenzo, L.F., 1994. Lead and cadmium in soils and vegetables from urban gardens of Salamanca (Spain). Science of the Total Environment. 146, 163-168.

Walthall, B., 2016. Strengthening City Region Food Systems: Synergies between Multifunctional Peri-Urban Agriculture and Short Food Supply Chains: A Local Case Study in Berlin, Germany. In: Niewöhner J., Antje Bruns, A., Haberl, H., Hostert, P., Krueger, T., Lauk, Ch., Lutz, J., Daniel Müller, D., Jonas Ø. Nielsen, J. Ø (eds), Land Use Competition. Human-Environment Interactions, 6. Springer, Cham.

Whittinghill, L, Rowe, B, Cregg, B., 2013. Evaluation of Vegetable Production on Extensive Green Roofs. Agroecology and Sustainable Food Systems. 37, 465–484.

Wortman, S.E. and Lovell, S.T., 2013. Environmental challenges threatening the growth of urban agriculture in the United States. Journal of Environmental Quality. 42, 1283-1294.

Environmental Sciences Vol.15 / No.4 / Winter 2018

113-124

How healthy are urban horticultural crops? A study of the accumulation of heavy metals in vegetables grown in Tehran

Reyhane Ghazi Marashi,[1] Omid Noori,[1*] Reza Deihimfard[1] and Amir Salemi[2]

[1] Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran
[2] Department of Environmental Technologies, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran

Received: 2017.10.24 **Accepted:** 2017.12.20

Ghazi Marashi, R., Noori, O., Deihimfard, R. and Salemi, A., 2018. How healthy are urban horticultural crops? Study of the accumulation of heavy metals in vegetables grown in Tehran. Environmental Sciences. 15(4):113-124.

Introduction: Urbanization and population growth and their rapid development across the world have led to a major demand for the food security and self-sufficiency in terms of food production in many cities. Accordingly, activities based on urban agriculture using different traditional methods (e.g. planting on the ground surface with a soil bedding) or modern ones (e.g. rooftop gardening with hydroponic cultivation methods) have emerged and numerous studies regarding these methods have been accomplished. Likewise, a large number of farms in urban areas have come into existence worldwide. Nonetheless, there are yet various challenges in developing this type of agriculture. Moreover, only a few studies have been carried out to monitor the health and hygiene condition of the food produced in such places, especially in terms of air pollutant accumulation. The objective of this research was to study the hygiene of the plants cultivated in an urban environment (rooftops and courtyards), and to determine the accumulation rates of pollutants in the eggplant fruit (*Solanum Melongena var. depressum* (L.)) and bell peppers *(Capsicum fruitescens var. grossum* (Mill.)).

Materials and methods: Two types of vegetables; bell pepper and eggplant were cultivated in the rooftop and courtyard of a five-storey building in the 7th district of Tehran. The seeds were planted on the basis of a completely randomized design system using six replications. In order to compare the health of these fruits with those of the fruits cultivated in the countryside, similar samples of the same products were grown on farms located in the environs of Varamin and Karaj cities. Densities of heavy metals such as molybdenum, chrome, copper and manganese (Mn, Mo, Cr and Cu) found in bell pepper and eggplant fruit cultivated in the urban areas of Tehran were compared with amounts found in fruits cultivated on the farms located outside towns. Additionally, the amounts of the heavy metals lead and cadmium (Cd, Pb) in the samples related to the city of

* Corresponding Author. *E-mail Address*: o_nouri@sbu.ac.ir

Tehran were compared to European Union Standards and the Iranian National Standard. The sample digestion was carried out using microwave and, in order to analyse and measure the results, the ICP-MS device was used. Data was analysed using SAS and Microsoft Excel software and the comparison of means was done through standard error.

Results and discussion: The resultant data demonstrate that the densities of heavy metals in the most of the fruits grown in city showed were significantly higher (in the range of 5%) than those of plants grown in countryside, except for the content of chrome in eggplant which is higher in the samples from farms located in the countryside than those of both urban areas. Moreover, the heavy metal pollution of copper in both eggplant and bell pepper from the farms located in countryside were higher than the samples of the rooftop. The chrome density in the eggplants cultivated in farmland was 1.56 times more than that of the courtyard plants, and 1.58 times more than those grown on the rooftop. Densities of copper in the eggplant and bell pepper of countryside farm are, respectively, 1.22 and 1.24 times more than the rooftop samples. Furthermore, except for lead content (Pb) being observed at the three different levels of 0.18, 0.63 and 0.14 milligrams per kilogram of dry weight (mg/kgDW) in some samples, respectively, for rooftop eggplants, rooftop bell peppers and courtyard bell peppers which showed significant variances to the permissible limits (in the range of 5%), other samples indicated acceptable amounts of lead and cadmium with respect to the European Union Standard and Iranian National Standard (under the limits of 5%).

Conclusion: In general, it can be concluded that all the samples cultivated in the urban areas of 7^{th} district of the city of Tehran were healthy in terms of allowable amounts of the heavy metal cadmium. These density ratios fully complied with international standards, and were similar to those of the samples cultivated in the countryside. In contrast, most of the aforementioned samples contained impermissible amounts of the heavy metal lead. Likewise, the densities of other heavy metals included in the products of urban farms were much higher than those grown on the city exteriors. This difference may well be the impact of the effects of heavy traffic flow, geographic position and the unsuitable climatic conditions on the air quality of urbanized areas.

Keywords: Air pollution, Food security, Urban horticulture, Rooftop garden (RTG), Heavy metals.