

Health risk assessment due to heavy metals and nitrates in greenhouse okra of Kermanshah County

ABSTRACT

Background and purpose: Considering the importance of okra consumption, controlling of heavy elements' concentration nitrate in foodstuffs is important to ensure the safety of an individual's health. Therefore, this research was conducted with the aim of studying the concentration of heavy metals and nitrates in greenhouse okra one of the greenhouses in Kermanshah county.

Materials and methods: Sampling was done from the okra greenhouse of Kermanshah county in three stages with a time interval of 2 weeks and with a total of 9 samples. The concentrations of heavy metals were evaluated with an atomic absorption spectrometer. To evaluate the risk of consuming vegetables for human health, the health risk index (HRI) of non-cancerous diseases was used.

Results: A significant difference was observed between the three harvest dates of okra with nickel, copper, zinc, iron, cadmium, lead and nitrate, and with the increase in the growth rate of the plant and the number of harvests, the concentration of studied heavy metals and nitrate decreased. The highest amount of nickel (1.386 mgkg^{-1}), copper (16.393 mgkg^{-1}), zinc (54.500 mgkg^{-1}), lead (1.880 mgkg^{-1}), iron ($105.887 \text{ mgkg}^{-1}$), cadmium (0.0710 mgkg^{-1}) and nitrate (31.000 mgkg^{-1}) were observed in the first harvest. The concentration of all studied heavy metals, except lead, was lower than the WHO standard. HRI for non-cancerous diseases was less than one for the studied metals and nitrate. As a result, consumption of greenhouse okra in the greenhouse of Kermanshah county does not pose a problem for human health

Conclusion: There is no concern about the non-carcinogenic diseases and carcinogenic risk of consuming heavy metals in okra. Therefore, for optimal management and prevention of further pollution, it is recommended to study the origin and determine the amounts of heavy metals for their potential contamination of foodstuffs from the region's soil, water, and dust.

Keywords: Non-cancerous, Health Risk Index, Vegetables, Food Safety

Masoomeh Amerian

* Assistant Professor, Plant Production and Genetics Department, Faculty of Science and Agriculture Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. (Corresponding Author): Email: Masoomehamerian@yahoo.com.

Received:2022/08/08

Accepted:2022/10/02

Document Type: Research article

► **Citation:** Amerian M. Health risk assessment due to heavy metals and nitrates in greenhouse okra of Kermanshah County. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2023; 8(4): 406-418.

ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از فلزات سنگین و نیترات در بامیه گلخانه‌ای شهرستان کرمانشاه

معصومه عامریان

* استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (نویسنده مسئول):

Masoomehamerian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اهمیت مصرف بامیه، کنترل غلظت فلزات سنگین در مواد غذایی برای اطمینان از ایمنی سلامت فرد ضروری است. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین و نیترات در بامیه گلخانه‌ای یکی از گلخانه‌های شهرستان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها: نمونه برداری از گلخانه کشت بامیه شهرستان کرمانشاه و طی سه مرحله با فاصله زمانی ۲ هفته‌ای و در مجموع با ۹ نمونه انجام گرفت. غلظت فلزات سنگین با طیف‌سنج جذب اتمی و میزان نیترات با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند. برای ارزیابی خطر مصرف سبزیجات برای سلامت انسان از شاخص ریسک بهداشتی بیماری‌های غیرسرطانی استفاده گردید.

یافته‌ها: تفاوت معنی‌داری بین سه تاریخ برداشت بامیه با غلظت نیکل، مس، روی، آهن، کادمیوم، سرب و نیترات مشاهده شد و با افزایش میزان رشد گیاه و تعداد برداشت، غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه و نیترات کاهش یافت. بیش‌ترین میزان نیکل (۱/۳۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مس (۱۶/۳۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، روی (۵۴/۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سرب (۱/۸۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، آهن (۱۰۵/۸۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کادمیوم (۰/۰۷۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیترات (۳۱/۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در برداشت اول مشاهده گردید. غلظت تمام فلزات سنگین مورد مطالعه به‌جز سرب، کم‌تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود. شاخص ریسک بهداشتی برای بیماری‌های غیرسرطانی برای فلزات مورد مطالعه و نیترات کم‌تر از ۱ بود.

نتیجه‌گیری: هیچ نگرانی در مورد بیماری‌های غیرسرطانی و خطر سرطان‌زایی مصرف فلزات سنگین در بامیه وجود ندارد. بنابراین برای مدیریت بهینه و جلوگیری از آلودگی بیشتر، مطالعه منشأ و تعیین مقادیر فلزات سنگین برای آلودگی احتمالی مواد غذایی از خاک، آب و گردوغبار منطقه توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: ایمنی غذایی، سبزیجات، شاخص ارزیابی سلامت، غیرسرطانی

◀ **استناد:** عامریان م. ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از فلزات سنگین و نیترات در بامیه گلخانه‌ای شهرستان کرمانشاه. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۴۰۱؛ ۸(۴): ۴۰۶-۴۱۸.

مقدمه

به‌طور کلی امروزه ارتباط بین غلظت عناصر غذایی در خاک و کیفیت میوه به‌خوبی روشن شده است (۱). روند رو به رشد جمعیت از یک طرف و محدودیت منابع غذایی از طرف دیگر منجر شده که تولیدکنندگان برای افزایش تولید محصولات کشاورزی روبه‌روز مصرف کودهای شیمیایی را زیاد کنند، این در حالی است که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، نه تنها تأثیر مثبتی بر عملکرد نداشته است؛ بلکه سبب تجمع نیترات و فلزات سنگین در آب آشامیدنی، گوشت و مواد غذایی گیاهی به‌ویژه سبزیجات می‌شود. سبزیجات، منبع غذایی مهمی از نیترات برای تغذیه انسان هستند و حدود ۷۰-۸۰٪ از کل نیترات دریافتی در رژیم غذایی از سبزیجات تأمین می‌شود. افزایش نیترات به دلیل کاربرد بی‌رویه کودهای نیتروژن به یک نگرانی بزرگ برای سلامت عمومی افراد جامعه تبدیل شده است (۲). پس از خوردن محصولات آلوده به نیترات، این ماده توسط باکتری‌های احیاء کننده روده مانند لاکتوباسیل‌ها، انتروکوکوس‌ها و کلسترییدیوم‌ها به نیتريت و سپس نیتريت نیز تحت تأثیر آمین‌های نوع اول، آمین‌های نوع دوم و ترکیبات چهارتایی آمونیوم به ماده‌ای سمی و سرطان‌زا به نام نیتروز آمین تبدیل می‌شود که این ماده نیز می‌تواند سبب سرطان، مخصوصاً سرطان معده در انسان شود (۳). نیترات با تبدیل به نیتريت می‌تواند از طریق خون وارد شده و با اکسید نمودن و تبدیل آهن ۲ ظرفیتی هموگلوبین به آهن ۳ ظرفیتی، هموگلوبین را به مت‌هموگلوبین تبدیل و در نتیجه ظرفیت حمل اکسیژن کاهش و موجب رنگ قهوه‌ای خون، تنگی نفس و تنفس سریع در حیوانات و سندرم کشنده رنگ آبی در کودکان به‌ویژه در نوزادان زیر ۶ ماه شود (۴). علاوه بر نیترات، آلودگی محصولات کشاورزی به فلزات سنگین نیز خطری جدی برای کیفیت و امنیت غذایی این محصولات است. جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به‌وسیله گیاهان به‌ویژه محصولات کشاورزی، یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی می‌باشد که حاصل پیشرفت سریع صنعت است (۵). جذب فلزات سنگین در طول رشد گیاه از

طریق ریشه (خاک) یا برگ‌ها (هوای آلوده) صورت می‌گیرد. فلزات سنگین برای رشد گیاه ضروری نیستند و غلظت‌های بالا توسط گیاهان جذب و انباشته می‌شوند و در نتیجه برهمکنش پیچیده یون‌های سمی با سایر یون‌های ضروری باعث آسیب به سلول‌ها و بافت‌ها می‌شوند (۶). قدرت تجمع زیستی فلزات سنگین، یکی از دلایل خطرناک بودن آن‌ها است که قادر هستند در سیستم بدن موجود زنده تجمع پیدا کنند و غلظت آن‌ها به مرور زمان افزایش یابد (۷). غلظت این عناصر در خاک پایین است و در گیاه فلزات سنگین جابه‌جایی کمی دارند و در ریشه تجمع پیدا می‌کنند (۸). احتراق سوخت‌های فسیلی، آلودگی آب، پساب‌های شهری و صنعتی، لجن فاضلاب‌ها، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و آلوده بودن خاک، از دلایل انباشت فلزات سنگین در گیاهان هستند (۹). فلزات سنگین موجود در زمین‌های کشاورزی، وارد چرخه خاک، گیاه و انسان شده و در سطوح بالا ممکن است مشکلات و عوارض زیادی برای انسان در پی داشته باشند (۳). فلزات سنگین مانند روی، نیکل و مس در ساختار آنزیم‌ها و رنگ‌دانه‌ها شرکت می‌کنند و جزء عناصر ضروری محسوب می‌شوند و در صورتی که غلظت آن‌ها از حد خاصی بالاتر رود، برای گیاهان ایجاد سمیت می‌کنند (۱۰). در حالی که فلزات سنگینی مانند کادمیوم، سرب، جیوه و ... جزء عناصر غیرضروری بوده و به هر مقدار که وارد گیاهان شوند، اثرات سمی و مخری ایجاد می‌کنند (۱۱). کادمیوم، یکی از عناصر پرتحرکی می‌باشد که به راحتی و سریع جذب گیاه می‌شود و به اندام‌های هوایی انتقال پیدا می‌کند که بر تقسیم و رشد سلول‌ها در منطقه مرستمی تأثیرگذار بوده و موجب تأخیر در رشد می‌شود و از سمیت بیشتری نسبت به سایر فلزات سنگین برخوردار است (۱۲). جذب بالای کادمیوم باعث سرطان کلیه، پروستات و تخمدان می‌شود (۱۳). مس، یکی از عناصر کم‌مصرف و ضروری است که استفاده مکرر از قارچ‌های حاوی مس برای کنترل بیماری‌های گیاهی، منجر به تجمع این عنصر در خاک شده است. جذب زیاد مس در انسان با آسیب گسترده مویرگی، تغییرات نکروتیک کبدی و کلیوی دستگاه

سبزیجاتی است که ارزش غذایی و دارویی آن بالا بوده و سطح زیر کشت گلخانه‌ای این سبزی در استان کرمانشاه در حال افزایش است که این موارد، دلایل انتخاب این گیاه جهت بررسی میزان فلزات سنگین و نیترات در میوه بامیه بوده است.

در سال‌های اخیر در ایران تولیدات گلخانه‌ای به‌ویژه سبزیجات گلخانه‌ای، از رشد و اهمیت چشمگیری برخوردار شده‌اند. با توجه به مزایای کشت‌های گلخانه‌ای، این روش کشت و تولید، به یکی از سودآورترین روش‌های تولید محصولات در بخش کشاورزی و باغبانی تبدیل شده است. شهرستان کرمانشاه به دلیل وسعت، جمعیت، سطح زیر کشت و تنوع آب‌وهوایی، از موقعیت ویژه، استثنایی و کم‌نظیری در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه کشت‌های گلخانه‌ای برخوردار است. سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در استان کرمانشاه هم‌اکنون ۵۰ هکتار است. استان کرمانشاه هم‌اکنون ۰/۵٪ گلخانه‌های کشور را در اختیار دارد. با توجه به اهمیت سلامت محصولات کشاورزی به‌ویژه سبزیجات به‌عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده رژیم غذایی، کشت وسیع آن‌ها در گلخانه و نیز عدم وجود اطلاعات کافی در زمینه وضعیت آلودگی فلزات سنگین محصولات گلخانه‌ای، مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آلودگی میوه بامیه به فلزات سنگین و نیترات و ارزیابی ریسک بهداشتی آن صورت گرفت.

روش کار

نمونه برداری

به‌منظور بررسی وضعیت غلظت نیترات و فلزات سنگین در میوه بامیه کشت شده در یکی از گلخانه‌های شهرستان کرمانشاه این پژوهش در سال ۱۴۰۱ انجام شد. در این گلخانه رقم بیکر برادرز هلندی (Bakker Brothers) (زودبارده) در تاریخ ۱۴۰۰/۱۲/۲۱ به‌صورت کشت مستقیم بذر با فاصله ۵۰×۳۰ سانتی‌متر کشت شده بود. هر روز صبح مدت زمان آبیاری هر بوته ۴۵-۶۰ دقیقه بوده است. در تاریخ ۱۴۰۱/۰۳/۰۱ اولین برداشت بامیه گلخانه‌ای انجام شد. برداشت بامیه به‌صورت روزانه انجام می‌شود و به‌مدت ۳ الی ۴

گوارش و سیستم عصبی مرکزی همراه می‌باشد (۱۴). میزان کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم در دانه‌های برنج (*Oryza sativa*) کشت شده در منطقه تانگیل بنگلادش بیش از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت بود. استفاده بیش از کودهای دامی و شیمیایی، آفت‌کش‌ها و نیز آبیاری اراضی کشاورزی با آب فاضلاب‌ها، دلایل عمده برای تغییر سطح فلزات سنگین در خاک است که بر میزان جذب فلزات سنگین توسط ریشه گیاهان و غلظت آن‌ها در گیاه تأثیرگذار است (۱۵). طی پژوهش انجام شده در کشور نیجریه، میزان نیکل موجود در سبزیجات برگی و میوه‌ای بیشتر از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت بود که با بالا بودن خطر بیماری‌های غیرسرطانی همراه بوده است (۱۶). در مطالعه‌ی سیلسپور (۱۴۰۱) غلظت فلزات سنگین در اندام‌های خوراکی سبزیجات برگی در شهرستان‌های ورامین، پاکدشت، پیشوا و قرچک مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی سرب، نیکل و کادمیوم مربوط به سبزیجات نعنای جعفری و کاهو بود (۱۷). غلظت نیترات در کاهو، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، پیاز و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) در استان قم مورد بررسی قرار گرفت که غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی و پیاز بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران بود (۱۸).

بامیه (*Abelmoschus esculentus* L) گیاهی یک‌ساله از تیره پنیرکیان (*Malvaceae*) است که منشأ اصلی آن آفریقا می‌باشد. بذور بامیه دارای میزان قابل‌توجهی روغن و پروتئین هستند و میزان کربوهیدرات، اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری در میوه بامیه بالاست که منجر به افزایش ارزش غذایی و دارویی آن شده است. میوه بامیه دارای انواع ویتامین‌ها (A, B, C و ...)، عناصر معدنی و فیبر است که موسیلاژ آن در کاهش کلسترول نقش به‌سزایی دارد (۱۹). بامیه دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضددیابت، ضدآلرژی، محافظ کبد، ضدالتهاب و ضدتومور است که در درمان عفونت‌های کلیوی و سوزش ادرار، درمان اسهال، زخم معده و روده نقش دارد (۲۰). بامیه جزء

از تشکیل رنگ زرد میزان نیترات نمونه‌ها برحسب میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک هر نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر تعیین شد (۲۱).

ارزیابی خطر سلامتی

دریافت روزانه سبزیجات یکی از مسیرهای اصلی است که افراد در مواجهه با فلزات سنگین قرار می‌گیرند (۲۲). دریافت روزانه فلزات سنگین و نیترات با مصرف سبزیجات از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$EDI = C \times FIR / WAB$$

EDI = دریافت روزانه فلزات سنگین و نیترات بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن (Estimated Daily Intake)
 C = غلظت فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم
 FIR = مصرف روزانه سبزیجات (میانگین مصرف روزانه سبزیجات در ایران ۱۰۰ گرم می‌باشد (۲۳)).

$$WAB = \text{متوسط وزن بدن برای افراد بالغ } 65 \text{ کیلوگرم (24)}$$

ارزیابی ریسک بهداشتی

این شاخص به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی تهدیدات ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین و نیترات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$HRI = DIM / RFD$$

$$HRI = \text{شاخص ریسک بهداشتی}^1$$

EDI = دریافت روزانه فلزات سنگین و نیترات برحسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن^۲
 RFD = غلظت رفرنس^۳ (۲۵)
 شاخص ریسک بهداشتی بزرگ‌تر از یک نشان‌دهنده وجود ریسک ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین و نیترات برای مصرف‌کنندگان است (۲۶).

تجزیه آماری حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار (۹/۱) SAS، در دو سطح آمار توصیفی و استنباطی، انجام شد. در بخش آمار توصیفی از مشخصه‌های آماری مانند فراوانی، میانگین و

ماه با توجه به شرایط کشت برداشت ادامه دارد. نمونه‌برداری در سه مرحله با فاصله زمانی ۲ هفته‌ای و با ۳ تکرار انجام گرفت (در هر برداشت بامیه ۳ نمونه یا تکرار در نظر گرفته شد). که در مجموع ۹ نمونه جهت آنالیز فلزات سنگین (نیکل، مس، روی، سرب، آهن و کادمیوم) و نیترات به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های برداشت شده به‌منظور جلوگیری از کاهش وزن و از دست دادن آب بافت سریعاً به آزمایشگاه فیزیولوژی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی منتقل شدند. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه با آب مقطر شسته شد و سپس در آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده بعد از خشک شدن نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شدند.

اندازه‌گیری فلزات سنگین و نیترات

جهت غلظت فلزات سنگین یک گرم از نمونه‌های خشک شده در بوتله چینی حرارت داده شدند تا دود حاصل از سوختن آن خارج گردد. سپس نمونه‌ها به مدت سه ساعت در کوره با دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا خاکستر سفید رنگ که بیانگر از بین رفتن مواد آلی است، به دست آید. بعد از سرد شدن در دسیکاتور به هر بوتله چینی ۳۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ اضافه شد و بعد از حل شدن کامل با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید و فلزات سنگین در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی متصل به کوره گرافیتی تعیین شدند (۱۷).

به‌منظور اندازه‌گیری نیترات ابتدا به ۰/۴ گرم از نمونه‌های خشک و آسیاب شده ۴۰ میلی‌لیتر سولفات آلومینیوم ۰/۰۲۵ مولار اضافه گردید. برای بی‌رنگ کردن نمونه‌ها حدود ۰/۵ گرم زغال فعال نیز به هر نمونه اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به وسیله شیکر با دور ۲۰۰ در دقیقه تکان داده شدند. در نهایت عصاره‌های به دست آمده با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شدند. در ادامه به ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده ۰/۸ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک ۵٪ اضافه گردید. در این مرحله دمای نمونه‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه بعد از گذشت ۲۰ دقیقه و سرد شدن نمونه‌ها، ۱۷/۷ میلی‌لیتر سود ۲ مولار به آن‌ها اضافه گردید. پس

1. Health Risk Index
 2. Estimated Daily Intake
 3. Refrence Oral Doses

جهانی در جدول ۱ گزارش شده است. بر اساس نتایج آزمون آماری تی تست تک نمونه‌ای، تفاوت معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین (نیکل، مس، سرب، روی، آهن و کادمیوم) و نیترات با حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی وجود داشت ($p=0/05$). در نتیجه، غلظت نیکل، مس، روی، آهن، کادمیوم و نیترات به جز سرب در سه تاریخ برداشت، کمتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود (جدول ۱).

انحراف معیار و در بخش آمار استنباطی از آزمون آماری تی تست تک نمونه‌ای با سطح خطای ۵٪ و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح خطای ۵٪ استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین (نیکل، مس، سرب، روی، آهن و کادمیوم) و نیترات در سه تاریخ برداشت مختلف از گلخانه تولید بامیه و حد استاندارد سازمان بهداشت

جدول ۱. میانگین غلظت فلزات سنگین (mg kg^{-1}) میوه‌ی بامیه

تاریخ برداشت	فلزات سنگین	فراوانی	میانگین غلظت انحراف معیار	حداقل غلظت	حداکثر غلظت حد استاندارد WHO	t*	
برداشت اول ۱۴۰۱/۰۳/۰۱	نیکل	۳	۱/۳۸۶	۰/۰۷۷	۱/۳۰۰	۱/۴۵۰	-۲/۵۳
	مس	۳	۱۶/۳۹۳	۰/۶۱۲	۱۵/۹۴۰	۱۷/۰۹۰	-۶۶/۷۷
	روی	۳	۵۴/۵۰۰	۱/۰۰۰	۵۳/۵۰۰	۵۵/۵۰۰	-۹/۵۳
	سرب	۳	۱/۸۸۰	۰/۲۸۹	۱/۶۷۰	۲/۲۱۰	۹/۴۶
	آهن	۳	۱۰۵/۸۸۶	۱۴/۷۳۹	۹۵/۰۰۰	۱۲۲/۶۶۰	۴۲۵
برداشت دوم ۱۴۰۱/۰۴/۰۱	کادمیوم	۳	۰/۰۷۱	۰/۰۰۹	۰/۰۶۲	۰/۰۸۰	-۵/۵۸
	نیترات	۳	۳۱/۰۰۰	۰/۶۰۵	۲۸/۰۰۰	۳۵/۰۰۰	-۸۱/۱۸
	نیکل	۳	۱/۳۸۶	۰/۰۲۶	۱/۱۹۰	۱/۲۴۰	-۱۸/۹۸
	مس	۳	۱۵/۱۴۳	۰/۶۸۳	۱۴/۷۰۰	۱۵/۹۳۰	-۶۳/۰۳
	روی	۳	۲۳/۲۷۰	۰/۳۹۲	۲۳/۰۰۰	۲۳/۷۲۰۰	-۱۶۲/۱۷
برداشت سوم ۱۴۰۱/۰۵/۰۱	سرب	۳	۱/۵۱۰	۰/۱۱۵	۱/۴۰۰	۱/۶۳۰	۱۸/۱۷
	آهن	۳	۸۸/۰۰۰	۱۴/۷۳۹	۸۵/۰۰۰	۹۰/۰۰۰	-۲۲۰/۶۲
	کادمیوم	۳	۰/۰۴۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۱۰	۰/۰۵۴	-۸/۳۶
	نیترات	۳	۲۲/۱۳۳	۲/۵۰۰	۲۰/۴۰۰	۲۵/۰۰۰	-۱۲۳/۲۰
	نیکل	۳	۱/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۹۰۰	۱/۱۰۰	-۸/۶۶
برداشت سوم ۱۴۰۱/۰۵/۰۱	مس	۳	۳/۸۸۰	۱/۰۰۰	۲/۸۸۰	۴/۸۸۰	-۶۲/۵۶
	روی	۳	۱۸/۹۳۶	۱/۷۸۹	۱۷/۸۱۰	۲۱/۰۰۰	-۳۹/۷۵
	سرب	۳	۱/۳۵۳	۰/۰۰۵	۱/۳۵۰	۱/۳۶۰	۳۱۶/۰۰
	آهن	۳	۸۳/۰۰۰	۱/۰۰۰	۸۲/۰۰۰	۸۴/۰۰۰	-۵۹۲/۳۶
	کادمیوم	۳	۰/۰۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۲۳	۰/۰۳۰	-۳۵/۵۵
نیترات	۳	۱۸/۲۶۶	۱/۲۰۵	۱۷/۰۰۰	۱۹/۴۰۰	-۲۶۱/۱۰	

* عدد آماری T-student برای اختلاف میانگین میزان فلزات سنگین و نیترات با حد استاندارد آن‌ها است.

مشاهده نشد و بیشترین میزان این عناصر در برداشت اول بود و میزان نیکل ($1/386$ میلی گرم بر کیلوگرم)، مس ($16/393$ میلی گرم بر کیلوگرم)، روی ($54/500$ میلی گرم بر کیلوگرم)، سرب ($1/880$ میلی گرم بر کیلوگرم)، آهن ($105/887$ میلی گرم بر کیلوگرم)، کادمیوم ($0/0710$ میلی گرم بر کیلوگرم) و نیترات ($31/000$ میلی گرم بر کیلوگرم) در برداشت اول مشاهده گردید.

طبق نتایج به دست آمده (جدول ۲)، با افزایش طول دوره رشد بامیه میزان فلزات سنگین و نیترات کاهش پیدا کرده است. در سه تاریخ برداشت بامیه تفاوت معنی داری بین میزان فلزات نیکل، مس، روی، کادمیوم و نیترات مشاهده گردید و به ترتیب کمترین و بیشترین غلظت نیکل، مس، روی، کادمیوم و نیترات در برداشت سوم و دوم بود. در برداشت دوم و سوم تفاوت معنی داری بین فلزات سرب و آهن

جدول ۲. مقایسه غلظت فلزات سنگین و نیترات ($mg\ kg^{-1}$) در میوه‌ی بامیه در شرایط گلخانه‌ای

تاریخ برداشت	نیکل	مس	روی	سرب	آهن	کادمیوم	نیترات
۱۴۰۱/۰۳/۰۱ (برداشت اول)	$1/386^a$	$16/393^a$	$54/500^a$	$1/880^a$	$105/887^a$	$0/0710^a$	$31/000^a$
۱۴۰۱/۰۴/۰۱ (برداشت دوم)	$1/210^b$	$15/143^b$	$23/270^b$	$1/510^b$	$87/000^b$	$0/043^b$	$22/133^b$
۱۴۰۱/۰۵/۰۱ (برداشت سوم)	$1/000^c$	$3/880^c$	$18/936^c$	$1/353^b$	$83/000^b$	$0/026^c$	$18/267^c$
سطح معنی داری	**	**	**	*	*	**	**

در هر ترکیب تیماری حروف مشابه عدم اختلاف معنی دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار را در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)

کیلوگرم بر روز، مس $1/393$ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز، روی $4/632$ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز، سرب $0/159$ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز، آهن $9/000$ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز، کادمیوم $0/006$ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز و نیترات $2/635$ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز بود. بین تاریخ برداشت دوم و سوم از نظر میزان جذب روزانه سرب و آهن تفاوت معنی داری وجود نداشت.

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۳، تاریخ برداشت تأثیر معنی داری بر میزان جذب روزانه فلزات سنگین و نیترات داشته است و با افزایش تعداد برداشت که با کاهش میزان غلظت فلزات سنگین و نیترات همراه بوده است (جدول ۲)، میزان جذب روزانه فلزات سنگین و نیترات کاهش پیدا کرده است؛ به طوری که بیشترین میزان جذب روزانه فلزات سنگین مورد مطالعه و نیترات در برداشت اول مشاهده شد و میزان نیکل $0/117$ میلی گرم بر

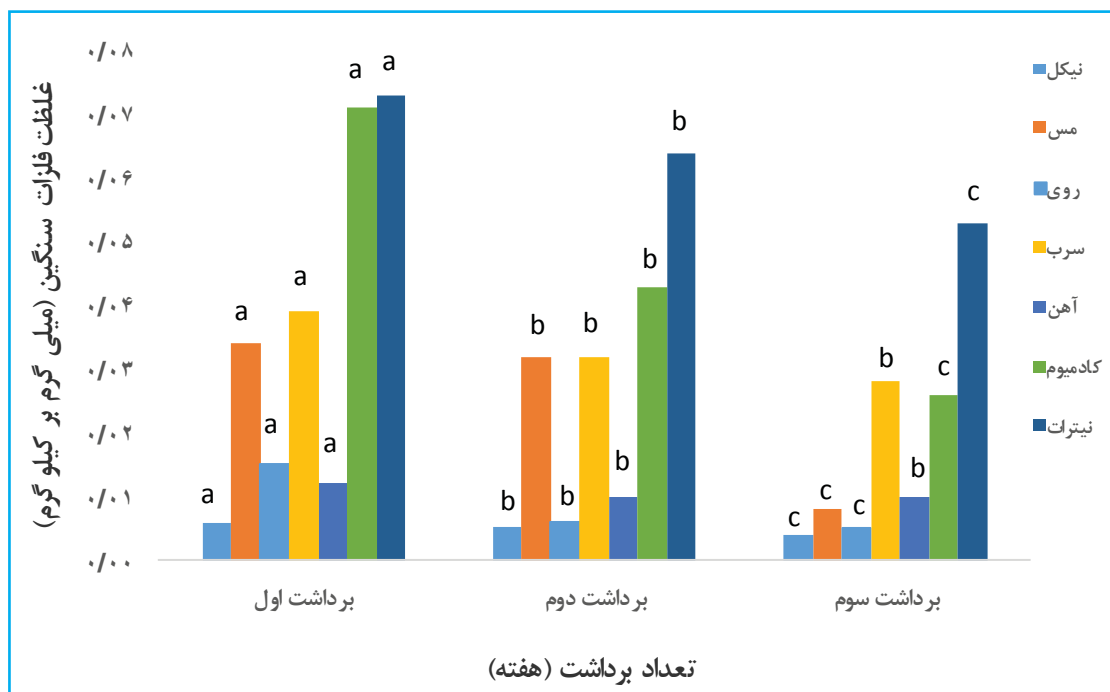
جدول ۳. میزان جذب روزانه فلزات سنگین و نیترات ($mg\ kg\ day^{-1}$) با مصرف بامیه

تاریخ برداشت	نیکل	مس	روی	سرب	آهن	کادمیوم	نیترات
۱۴۰۱/۰۳/۰۱ (برداشت اول)	$0/117^a$	$1/393^a$	$4/632^a$	$0/159^a$	$9/000^a$	$0/006^a$	$2/635^a$
۱۴۰۱/۰۴/۰۱ (برداشت دوم)	$0/102^b$	$1/287^b$	$1/977^b$	$0/159^b$	$7/480^b$	$0/003^b$	$1/881^b$
۱۴۰۱/۰۵/۰۱ (برداشت سوم)	$0/085^c$	$0/329^c$	$1/609^c$	$0/115^b$	$7/055^b$	$0/002^c$	$1/881^c$
سطح معنی داری	**	**	**	*	*	**	**

در هر ترکیب تیماری حروف مشابه عدم اختلاف معنی دار و حروف غیرمشابه اختلاف معنی دار را در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)

سنگین و نیترات شده است. بیشترین میزان شاخص ارزیابی سلامت نیکل ($0/0085$)، مس ($0/034$)، روی ($0/015$)، سرب ($0/039$)، آهن ($0/012$)، کادمیوم ($0/071$) و نیترات ($0/073$) در برداشت اول بود.

بر اساس نتایج به دست آمده در نمودار ۱، با کاهش غلظت فلزات سنگین و نیترات، میزان جذب روزانه فلزات سنگین و نیترات با کاهش همراه بوده است که منجر به کاهش شاخص ریسک بهداشتی فلزات



نمودار ۱. مقادیر شاخص ارزیابی سلامت فلزات سنگین و نیترات با مصرف بامیه

بحث

حاضر، غلظت فلزات سنگین (به جز سرب) کمتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود (جدول‌های ۱ و ۲). سرب، رایج‌ترین آلاینده فلزات سنگین است که در مقدار کم نیز در گیاه و انسان ایجاد سمیت می‌کند (۲۸). سازمان جهانی بهداشت حد استاندارد نیکل، مس، روی، سرب، آهن، کادمیوم و نیترات را به ترتیب ۱/۵، ۴۰، ۶۰، ۰/۳، ۴۲۵، ۰/۱ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم توصیه کرده است (۲۹). طبق گزارشات آمینی و همکاران، بالا بودن فلزات سنگین در گیاه ارتباط مستقیمی با میزان آن‌ها در خاک دارد و یکی از دلایل افزایش کادمیوم در خاک، مصرف کودهای فسفره است. در نتیجه می‌توان گفت یکی از دلایل غلظت بالای سرب و کادمیوم در خاک به مصرف بسیار زیاد کود دامی و به‌ویژه کودهای شیمیایی با ناخالصی کادمیوم و سرب ارتباط داده شده است (۳۰). در مطالعه آلیک و همکاران، میزان فلزات سنگین (روی، مس، نیکل، کروم، کبالت و کادمیوم) در میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum L*) کمتر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود و تفاوت معنی‌داری بین ارقام مختلف گوجه‌فرنگی

امروزه آلودگی مواد غذایی به فلزات سنگین و اثرات مضر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط‌زیست، یک چالش بزرگ در بسیاری از کشورها است. با توجه به اهمیت سبزیجات در رژیم غذایی انسان، آلودگی سبزیجات به فلزات سنگین، یک جنبه کلیدی تضمین کیفیت غذا است. جذب و تجمع فلزات سنگین در سبزیجات تحت تأثیر برخی عوامل از جمله غلظت فلزات سنگین در خاک، ترکیب و شدت رسوبات جوی شامل نزولات و دوره رشد گیاه است. آلودگی خاک با فلزات سنگین، یکی از مشکلات زیست‌محیطی است که علاوه بر کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولیدات کشاورزی و سلامت جامعه بشری را به خطر می‌اندازد. فعالیت‌های صنعتی به‌طور کلی منجر به آلودگی شدید محیط‌زیست می‌شود، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که هیچ کنترلی بر اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های انسانی وجود ندارد. در طول دهه‌های گذشته، فعالیت‌های صنعتی و زراعی فشرده، فلزات سنگین را در محیط پخش کرده است که در نهایت به زنجیره غذایی ختم شده است (۲۷). با توجه به نتایج تحقیق

از نظر میزان فلزات سنگین مشاهده گردید (۳۱). در مطالعه‌ی بیستریکا و همکاران (۲۰۱۶)، میزان سرب، کادمیوم و کروم در پیاز (*Allium cepa*) بیش‌تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت گزارش شد (۳۲). سرب از طریق فعالیت‌های مختلف به هوا، خاک و حتی آب نوشیدنی وارد می‌شود (۲۷) و طبق نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر متأسفانه غلظت سرب در بامیه بیش‌تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود (جدول ۲). هم‌زیستی قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار با تره (*Allium porrum L*) تأثیر مثبتی بر تجمع نیترات و غلظت فلزات سنگین داشته است (۳۳). در پژوهش ناظمی و خسروی و شکری و همکاران تفاوت زیادی بین غلظت فلزات سنگین در سبزیجات مورد بررسی با حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت وجود داشت و در نمونه‌های کاهو (*Lactuca sativa*) و پیاز میزان سرب به‌ترتیب ۱۴ و ۴ برابر حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود (۲۹، ۳۴).

با توجه به میزان مصرف روزانه بامیه، شاخص ارزیابی سلامت محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. طبق نتایج تجزیه واریانس، تاریخ برداشت اثر معنی‌داری بر میزان شاخص ارزیابی سلامت بامیه داشت. در هر سه تاریخ برداشت، میزان شاخص ارزیابی سلامت کمتر از ۱ بود. بیش‌ترین میزان شاخص ارزیابی سلامت در برداشت اول بامیه مشاهده شد (شکل ۱). اگر میزان شاخص ارزیابی سلامت کمتر از ۰/۱ باشد، هیچ‌گونه خطری به‌دلیل مصرف سبزی وجود ندارد، در حالی‌که اگر این میزان بین ۰/۱ و ۱ باشد، ریسک کمی ناشی از مصرف سبزی وجود دارد (۳۵). در نتیجه با توجه به نتایج به‌دست آمده در شکل ۱، میزان شاخص ارزیابی سلامت در نیکل، مس، روی، آهن، سرب، کادمیوم و نیترات کمتر از ۰/۱ بود و خطری ناشی از مصرف بامیه در کل برداشت‌ها وجود نداشت. آبیاری مزارع سبزی با آب فاضلاب منجر به افزایش غلظت کادمیوم و منگنز در سبزیجات شده است که خطری جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان به‌شمار می‌رود (۳۶). در مطالعه سهرابی و همکاران در استان همدان، میزان فلزات سرب، کادمیوم، روی و آرسنیک در فلفل، خیار و

گوجه‌فرنگی بالا بود، اما شاخص ارزیابی سلامت برای همه فلزات سنگین کمتر از ۱ بود (۳۷). بلخیر و همکاران گزارش کردند که آبیاری مزرعه بامیه با آب فاضلاب تصفیه شده، باعث افزایش غلظت نیکل، سرب، کادمیوم و کروم بیش‌تر از حد استاندارد جهانی شده است که با بالا بودن شاخص ارزیابی سلامت همراه بوده و یک خطر جدی برای سلامت انسان می‌باشد (۳۸). سبزیجات کشت شده در اهواز به فلزات سنگین سرب و کادمیوم آلوده بودند، بنابراین با توجه به اثرات تجمعی فلزات سنگین و عوارض سوء ناشی از آن بر جوامع انسانی و نیز تهدید امنیت غذایی، اقدامات احتیاطی بیشتر به‌منظور کاهش چنین اثراتی نیاز است (۳۹). مطابق نتایج به‌دست آمده (جدول‌های ۱ و ۳)، آبیاری سبزیجات با آب فاضلاب منجر به افزایش میزان فلزات سنگین آهن، روی، مس، منگنز، سرب و کادمیوم در گوجه‌فرنگی، کلم (*Brassica oleracea*) و کاهو شد، البته میزان سرب و کادمیوم بیش‌تر از سایر فلزات سنگین بود که منجر به بیماری‌های غیرسرطانی در بزرگسالان و کودکان با مصرف کوتاه‌مدت این سبزیجات خواهد شد (۴۰). در کشور بنگلادش میزان آرسنیک، سرب، کادمیوم و کروم در برنج (*Oryza sativa*) بیش‌تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود و نیز شاخص ارزیابی سلامت بالاتر از ۱ بود که نشان‌دهنده خطر بیماری‌های غیرسرطانی در این کشور برای بزرگسالان و کودکان است (۱۵). مطابق نتایج حاصل از تحقیق حاضر، طی تحقیق انجام شده توسط اوقیا و همکاران (۲۰۲۲) در کشور رومانی غلظت فلزات سنگین (کروم، کادمیوم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی) گوجه‌فرنگی و هویج مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، میزان فلزات سنگین مورد مطالعه در میوه گوجه‌فرنگی و ریشه هویج بیشتر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود، در حالی‌که شاخص ارزیابی سلامت کم‌تر از عدد ۱ بود و نشان داد که مصرف این دو سبزی بی‌خطر بوده و تأثیری بر سلامت انسان نخواهد داشت (۴۱).

عوامل زیادی از جمله عوامل ژنتیکی و محیطی بر میزان نیترات در گیاهان تأثیرگذار هستند. سبزی‌ها و آب آشامیدنی، منابع اصلی نیترات و نیتريت در برنامه غذایی انسان هستند

گرفت. طبق نتایج به دست آمده، میزان نیترات در فصل زمستان کم تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود، در حالی که میزان نیترات در فصل تابستان در کرفس، شاهی و اسفناج بیش تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت گزارش شد. همچنین شاخص ریسک بهداشتی در کل سبزیجات مورد بررسی کمتر از ۱ بود که احتمال مواجهه با بیماری های غیرسرطانی را کاهش می دهد (۴۶).

در مطالعه حاضر تاریخ برداشت، اثر معنی داری بر میزان فلزات سنگین و نیترات بامیه داشت و با افزایش طول دوره رشد گیاه و نیز افزایش تعداد برداشت میزان فلزات سنگین و نیترات کاهش نشان داد (جدول ۲) که می تواند به دلیل کاهش میزان این فلزات در خاک باشد که با کاهش جذب آن ها توسط ریشه بامیه همراه است. کاربرد بی رویه کودهای شیمیایی در گلخانه ها منجر به افزایش میزان فلزات سنگین و نیترات می شود. مدیریت کودی در گلخانه های سبزی و صیفی می تواند تأثیر زیادی در کاهش تجمع فلزات سنگین و نیترات در اندام های خوراکی سبزیجات داشته باشد که با کاهش خطر بیماری های غیرسرطانی برای مصرف کنندگان همراه است. توانایی گیاهان برای جذب، انتقال و انباشت فلزات سنگین می تواند با مرحله رشد متفاوت باشد. به طور کلی دانهال سرعت جذب بالاتری نسبت به گیاهان بالغ دارد. مطابق نتایج این تحقیق، مرحله رشد گیاه بر جذب و تجمع فلزات سنگین در بافت های گیاهی تأثیرگذار بوده است که به بالا بودن میزان فعالیت ریشه در مراحل اولیه رشد نسبت داده می شود.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، میزان فلزات سنگین نیکل، مس، روی، آهن و کادمیوم به جز سرب در میوه بامیه در حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود. شاخص ارزیابی سلامت در هر سه تاریخ برداشت برای فلزات سنگین مورد مطالعه و نیترات کمتر از ۱ بود که بیانگر عدم وجود خطر بیماری های غیرسرطانی ناشی از نیکل، مس، روی، آهن، سرب، کادمیوم و نیترات برای مصرف کنندگان به دلیل مصرف میوه بامیه گلخانه ای در شهرستان کرمانشاه است. با این وجود، هم چنان به شدت توصیه می شود که نظارت مکرر مواد

(۴۲). با توجه به مطالعات انجام شده، حدود ۸۰٪ نیتراتی که وارد بدن می شود، از طریق سبزی ها و میوه ها است (۳۴). مقدار مجاز دریافت روزانه نیترات از طریق مواد غذایی و آب توسط سازمان جهانی بهداشت و کمیته علمی اتحادیه اروپا بین صفر تا ۳/۷ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز است؛ در نتیجه یک فرد با متوسط وزن ۷۰ کیلوگرم، نباید بیش از ۲۵۹ میلی گرم نیترات در روز دریافت نماید (۳۳). در مطالعه ای حاضر میزان نیترات در بامیه کمتر از حد مجاز بود و با توجه به میزان مصرف این سبزی، مشکلی پیش نخواهد آمد (جدول ۲). تجمع نیترات با فتوسنتز رابطه معکوس دارد. هر عاملی که میزان فتوسنتز را در گیاه کاهش دهد، سبب افزایش غلظت نیترات در گیاه خواهد شد. با توجه به این که فرآیند آمین سازی (تبدیل نیترات به عامل آمینی جهت سنتز پروتئین) در گیاه، انرژی خواه است، بنابراین هر عاملی نظیر استرس های محیطی که باعث تضعیف گیاه شود، به تجمع نیترات کمک می کند. نیترات و نیتريت، اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان دارد و میزان بالای نیترات ممکن است باعث سرطان شود (۴۳). در مطالعه ای انجام شده توسط مایکوکواکا-گادومسکا و همکاران (۲۰۰۹) میزان نیترات را در گوجه فرنگی، مرزنجوش (*Origanum majorana L.*)، فلفل سبز (*Capsicum annuum L.*)، ریحان (*Ocimum basilicum L.*) و هویج (*Daucus carota L.*) که زیر پوشش پلاستیکی کشت شده بودند، مورد بررسی قرار داد، مرزنجوش بیش ترین و فلفل کم ترین میزان تجمع نیترات را داشتند (۴۴). در مطالعه ای مایکوکواکا-گادومسکا (۲۰۱۶) غلظت کادمیوم و نیترات در بادمجان (*Solanum melongena L.*) رشد کرده در شرایط گلخانه بیش تر از حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود (۴۵). در مطالعه ای نظامی و فاطمی (۲۰۲۱) طی دو ماه تابستان و زمستان، میزان نیترات گوجه فرنگی، خیار (*Cucumis sativus*)، سیب زمینی (*Solanum tuberosum*)، کاهو (*Lactuca sativa*)، کرفس (*Apium graveolens*)، شاهی (*Lepidium sativum*) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) مورد بررسی قرار

شیمیایی سمی علاوه بر فلزات سنگین به منظور بررسی آلودگی احتمالی شیمیایی انجام شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر

نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از نتایج دوره فرصت مطالعاتی ارتباط با صنعت و جامعه پژوهشگر با کد ۵۳۶۵ می‌باشد. بدین وسیله از مساعدت‌های دانشگاه رازی و سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Bai X, Jiang Y, Miao H, Xue S, Chen Z, Zhou J. Intensive vegetable production results in high nitrate accumulation in deep soil profiles in China. *Environmental Pollution*. 2021; 287(1): 117598.
- Mubashir M, Malik S, Khan A, Ansari T, Wright S, Brown M, Islam K.R. Growth, yield and nitrate accumulation of irrigated carrot and okra in response to nitrogen fertilization. *Pakistan Journal of Botany*. 2010; 42(4): 2513-2521.
- Jokinen K, Salovaara A.K, Wasonga D.O, Edelmann M, Simpura I, Mäkelä P.S.A. Root-applied glycinebetaine decreases nitrate accumulation and improves quality in hydroponically grown lettuce. *Food Chemistry*. 2022; 366(6): 130558.
- Bian Z, Wang Y, Zhang X, Li T, Grundy S, Yang Q, Cheng R.A. Review of Environment Effects on Nitrate Accumulation in Leafy Vegetables Grown in Controlled Environments. *Foods*. 2020; 9(6): 1-22.
- Afonne O.J, Ifediba E.C. Heavy metals risks in plant foods—need to step up precautionary measures. *Current Opinion in Toxicology*. 2020; 22(1): 1-6.
- Sandeep, G., Vijayalatha, K. R., & Anitha, T. (2019). Heavy metals and its impact in vegetable crops. *International Journal of Chemical Studies*. 2019; 7(1), 1612-1621.
- Kiran, Bharti R, Sharma R. Effect of heavy metals: An overview. *Materials Today: Proceedings*. 2022; 51(1): 880-885.
- Awad M, El-Desoky M.A, Ghallab A, Kubes J, Abdel-Mawly S.E, Danish S, Ratnasekera D, Sohiful Islam M, Skalicky M, Brestic M, Baazeem A, Alotaibi S.S, Javed T, Shabbir R, Fahad S, Habib ur Rahman M, EL Sabagh A. Ornamental Plant Efficiency for Heavy Metals Phytoextraction from Contaminated Soils Amended with Organic Materials. *Molecules*. 2021; 26(11): 1-14.
- Shen Z, Chen Y, Xu D, Li L, Zhu Y. Interactions between heavy metals and other mineral elements from soil to medicinal plant *Fengdan (Paeonia ostii)* in a copper mining area, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27(27): 33743–33752.
- Dinu C, Vasile G.G, Buleandra M, Popa D.E, Gheorghe S, Ungureanu E.M. Translocation and accumulation of heavy metals in *Ocimum basilicum L.* plants grown in a mining-contaminated soil. *Journal of Soils and Sediments*. 2020; 20(51): 2141–2154.
- Nawaz H, Anwar-ul-Haq, M, Akhtar J, Arfan M. Cadmium, chromium, nickel and nitrate accumulation in wheat (*Triticum aestivum L.*) using wastewater irrigation and health risks assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021; 208(1): 111685.
- Wei B, Yu J, Cao Z, Meng M, Yang L, Chen Q. The Availability and Accumulation of Heavy Metals in Greenhouse Soils Associated with Intensive Fertilizer Application. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(15): 1-13.
- Dinu C, Gheorghe S, Tenea A.G, Stoica C, Vasile G.G, Popescu R.L, Serban E.A, Pascu L.F. Toxic Metals (As, Cd, Ni, Pb) Impact in the Most Common Medicinal Plant (*Mentha piperita*). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(8): 1-21.
- Pusz A, Wiśniewska M, Rogalski D. Assessment of the Accumulation Ability of *Festuca rubra L.* and *Alyssum saxatile L.* Tested on Soils Contaminated with Zn, Cd, Ni, Pb, Cr, and Cu. *Resources*. 2021; 10(5): 1-18.
- Kormoker, T., Proshad, R., Islam, M S., Tusher, T. R., Uddin, M., Khadka, S., Chandra, K., & Sayeed, A. Presence of toxic metals in rice with human health hazards in Tangail district of Bangladesh. *International Journal of Environmental Health Research*. 2022; 32(1), 40-60.
- Taiwo, A. M., Adekola, M. B., Olatunde, K. A., Abdullahi, K. L., Ogunkoya, P. K., Lawal, E. R., Adenekan, A., Avan, O. J., Jimoh, A. O., & Oladimeji, G. Human health risk assessment of essential and non-essential metals in vegetables (Jute Mallow, Onions, Celosia, Spinach and Tomatoes) from Ogun, Lagos and Oyo states, southwestern Nigeria. *international Journal of Plant Research*. 2021; 34(2), 1-14.
- Seilsepour M. Study of heavy metal pollutant concentration in soil and edible leafy vegetables and risk assessment of its consumption with hazard quotient index. *Horticultural*

- Plants Nutrition. 2021; 3(2): 144-158. (Persian)
18. Behnamipour, S., Ghafuri, Y., Yari, A. R., Ebrahimi, A., & Arast, Y. Monitoring and Assessing Health Risk of Exposure to Nitrate Residues in Agricultural Products; Case Study in Qom Province, Iran. *Journal of Chemical Health Risks*. 2022; 12(3), 465-471.
 19. Bukar P.H, Onoja M.A. Assessment of metal pollutants in lettuce (*Lactuca Sativa*) cultivated via irrigation in Maiduguri, Nigeria. *International Research Journal of Public and Environmental Health*. 2020; 7(3): 59-70.
 20. Muneerappa S.A. Review on Okra as an Antidiabetic, Antioxidant and an Excellent Energy Source. How to cite this article: Suraksha M. A Review on Okra as an Antidiabetic, Antioxidant and an Excellent Energy Source. *Organic and Medicinal Chemistry International Journal*. 2018; 6(1): 1-5.
 21. Cataldo D.A, Maroon M, Schrader L.E, Youngs V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1975; 6(1): 71-80.
 22. Cao H, Chen J, Zhang J, Zhang H, Qiao L, Men Y. Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China. *Journal of Environmental Sciences*. 2010; 22(11): 1792-1799.
 23. Cheraghi M, Lorestani B, Merrikhpour H, Rouniasi N. Heavy metal risk assessment for potatoes grown in overused phosphate-fertilized soils. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2013; 185(2): 1825-1831.
 24. Bo S, Mei L, Chen T, Zheng Y, Xie Y, Li X, Gao D. Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences*. 2009; 21(12): 1702-1709.
 25. Yap C.K, Yaacob A, Wong K.W, Nulit R, Nallapan M, Ibrahim M.H, Leow C.S, Peng S.H.T. Human health risks of heavy metals in okra (*Abelmoschus esculentus*) and lettuce (*Lactuca sativa*) collected from selected farms in Peninsular Malaysia. *Food Science & Nutrition*. 2019; 4(3): 1-6.
 26. Cheraghi M, Sohrabi M, Shayesteh K. 'Determination of copper and cadmium concentration in greenhouse tomatoes produced in Hamadan province during 2012'. *Journal of Food Hygiene*. 2014; 3(12): 31-40. (Persian)
 27. Soury M.K, Hatamian M, Tesfamariam T. Plant growth stage influences heavy metal accumulation in leafy vegetables of garden cress and sweet basil. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2019; 6(1): 1-7.
 28. Li J, Leng Zh, Wu Y, Du Y, Dai Zh, Biswas A, Zheng X, Li G, Mahmoud EK, Jia H, Du D. Interactions between invasive plants and heavy metal stresses: a review. *Journal of Plant Ecology*. 2022; 15(3): 429-436.
 29. Nazemi S, Khosravi A. Study of heavy metals in soil, water and vegetable. *Journal Knowledge and Health*. 2011; 5(4): 27-31. (Persian)
 30. Amini M, Afyuni M, Khademi H, Abbaspour K.C, Schulin R. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of Central Iran. *Science of The Total Environment*. 2005; 347(1-3): 64-77.
 31. Ilic Z.S, Kapoulas N, Sunic L, Bekovic D, Mirecki N. Heavy metals and nitrate content in tomato fruit grown in organic and conventional production systems. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014; 23(6): 2027-2032.
 32. Bystricka J, Arvay J, Musilova J, Vollmannova A, Toth T, Lenkova M. The investigation of sensitivity of different types of onion to heavy metal intake from contaminated soil. *International Journal of Environmental Research*. 2016; 10(3): 427-440.
 33. Kučová L, Kopta T, Šekara A, Pokluda R. Controlling Nitrate and Heavy Metals Content in Leeks (*Allium porrum L.*) Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2018; 27(1): 137-143.
 34. Shokri S, Abdoli N, Sadighara P, Mahvi A.H, Esrafil A, Gholami M, Jannat B, Yousefi M. Risk assessment of heavy metals consumption through onion on human health in Iran. *Food Chemistry*. 2022; 14(12): 1-6.
 35. Sibuar A.A, Zulkafflee N.S, Selamat J, Ismail M.R, Lee S.Y, Abdull Razis A.F. Quantitative Analysis and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Paddy Plants Collected from Perak, Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(2): 731.
 36. Mahmood A, Malik R.N. Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry*. 2014; 7(1): 91-99.
 37. Sohrabi M, Beigmohammadi Z, Cheraghi M, Majidifar S, Jahangard A. Health Risks of Heavy Metals for Population via Consumption of Greenhouse Vegetables in Hamadan, Iran. *Archives of Hygiene Sciences*. 2015; 4(4): 165-171.
 38. Balkhair K.S, Ashraf M.A. Field accumulation risks of heavy metals in soil and vegetable crop irrigated with sewage water in western region of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016; 23(1): 32-44.
 39. Zohrehvand F Takdastan A. Jaafarzadeh N, Ramezani Z, Ahmadi Angali K, Gharibi H, Nazarzadeh A. Assessment of Lead Contamination in Vegetables, Irrigation Water and Soil in Farmlands Irrigated by Surface Water in Ahvaz. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014; 24(118): 225-230. (Persian)
 40. Guadie A, Yesigat A, Gatew Sh, Worku A, Liu W, Fidelis Odedishemi Ajibade, Aijie Wang, Evaluating the health risks of heavy metals from vegetables grown on soil irrigated with untreated and treated wastewater in Arba Minch, Ethiopia. *Science of The Total Environment*. 2021;

- 761(1): 1-36.
41. Oaghia MA, Cadar O, Moisa C, Roman C, Kovacs E. Heavy metals and health risk assessment in vegetables grown in the vicinity of a former non-metallic facility located in Romania. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022; 29(26): 1-15.
42. Czech A, Pawlik M, Rusinek E. Contents of Heavy Metals, Nitrates, and Nitrites in Cabbage. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2012; 21(2): 321-329.
43. Kappel N, Boros I.F, Ravelombola F.S, Sipos L. EC Sensitivity of Hydroponically-Grown Lettuce (*Lactuca sativa L.*) Types in Terms of Nitrate Accumulation. *Agriculture*. 2021; 11(4): 1-12.
44. Majkowska-Gadomska J, Arcichowska K, Wierzbicka B. Nitrate content of the edible parts of vegetables and spice plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2009; 8(3): 2009, 25-35.
45. Majkowska-Gadomska J, Dobrowolski A, Mikulewicz E, Francke A. Concentrations of Heavy Metals and Nitrates in Eggplant Grown with a Biostimulator. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2016; 25(4); 1787-1790.
46. Nezami S, Fatemi A. Human Health Risk Assessment of Exposure to Nitrate from Vegetables Distributed in Kermanshah. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. 2021; 7(2): 164-174. (Persian)