محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

بررسی غلظت فلزات سنگین در کشت گلخانه ای ارگانیک و سنتی گوجه فرنگی شهرستان رزن

پریسا احمدی[۱*]، قاسم رحیمی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۲] دانشیارگروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

سبزیجات به طور مستقیم و یا غیر مستقیم در سبد غذایی مردم کشور نقش دارند، لذا پایین بودن کیفیت بخش خوراکی از نظر غلظت عناصر غذایی و عناصر سنگین می‌تواند تا حد زیادی سلامت جامعه را تحت تأثیر قرار دهد. این پژوهش با هدف بررسی وضعیت برخی از ویژگی‌های کیفیت داخلی (غلظت فلزات سنگین) بر روی گیاه گوجه فرنگی با سه سیستم کشت متفاوت کشت ارگانیک، کشت نیمه ارگانیک و کشت سنتی انجام شد. به این منظور تعداد ۳ گلخانه در سطح شهرستان رزن انتخاب و از خاک و اندام‌های گیاهی هر گلخانه در سه زمان متفاوت نمونه برداری شد. غلظت برخی فلزات سنگین(کادمیوم، سرب، نیکل)در خاک و اندامهای گیاهی اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه آماری آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت و نتایج به دست آمده با حدود استاندارد خاکهای ایران مورد ارزیابی قرار گرفت.نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت فلزات سنگین موجود درمیوه گوجه فرنگی در برداشت نهایی از هر سه گلخانه نسبت به نمونه اول به طور کاملاً معنی‌داری افزایش داشته، اما این افزایش در گلخانه با کشت ارگانیک کمتر و غلظت کل فلزات در حد استاندارد مصرف برای انسان بود اما این غلظت در گلخانه با کشت سنتی در محدوده سمیت قرار داشت. این یافته ها نشان داد محصولات حاصل از کشت با شرایط ارگانیک از سلامت غذایی برخوردار بوده و حاوی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، نیکل) کمتری نسبت به دو تیمار دیگر هستند.

کلمات کلیدی: کشت ارگانیک، فلزات سنگین، کشت نیمه ارگانیک، کشت سنتی

مقدمه

پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان تا سال ۲۰۴۰ حداقل به ۱۰میلیارد نفر برسد، پس انسان در آینده مجبور به تهیه مواد غذایی برای ۱۰ میلیارد نفر از زمین می‌باشد. حال با افزایش رشد جمعیت در جهان نیاز مردم به میوه‌ها و به‌خصوص سبزی‌ها روزبه‌روز افزایش می‌یابد این در-حالی است که جهان با محدویت منابع آبی و خاکی روبه‌رو می‌باشد (پاشایی،۱۳۸۵).

ایران نیز از این امر مستثنی نبوده و باید توجه داشت که منابع آبی و خاکی کشور ما نیز محدود است، براین اساس تولید محصولات کشاورزی و باغی از طریق توسعه سطح زیرکشت قابل توصیه و اجرا نمی‌باشد، اما در حال حاضر از تکنولوژی نوین در تولید صیفی وسبزی بهره می‌گیرند تا نیاز جمعیت روبه رشد جهان را به این مواد غذایی ارزشمند پاسخ دهند. یکی از این روش‌های نوین،کشاورزی متراکم یا کشت گلخانه‌ای می‌باشد در این روش با مساعد نمودن محیط کشت و صرف انرژی بیشتر، از سطح کمتر تولید بیشتری را به‌دست می‌آورند (شکوهیان،۱۳۸۴).

در کشور ما کشت‌های گلخانه‌ای صیفی و فعالان این رشته از تولید، از کودهای شیمیایی به مقدار زیاد جهت تقویت خاک و از سموم شیمیایی به-طور بی‌رویه به‌منظور مبارزه با آفات و بیماری‌ها، استفاده کرده و محصول گلخانه‌ای با بیشترین مقدار باقیمانده مواد شیمیایی و زیان‌بار در مصرف غذایی و اغلب به‌طور خام، در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهند و با این کار عملاً با دست‌کاری محیط‌کشت اولاً باعث بالا رفتن اسیدیته و شوری خاک می‌گردند، ثانیاً باعث مقاومت آفات وبیماری‌ها شده که در نهایت به‌مرور زمان کاهش عملکرد را به دنبال دارد (کرمی وقاسمی قهساره، ۱۳۸۷).

ازطرفی وجود بقایای سموم و کودهای شیمیایی مورد استفاده در محصول تولیدی و مهم‌تر از آن خاک در کشاورزی مرسوم، یکی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد سرطان به‌ویژه سرطان‌های دستگاه گوارش، اختلالات اعصاب و روان، سقط جنین و .... می‌باشد (ولاس.جی، ۱۳۸۴) چرا که حد استاندارد غلظت‌های این عناصر در هیچ‌یک از کشت‌های سنتی مرسوم رعایت نشده و کشاورز تنها به فکر صرفه اقتصادی می‌باشد. در این بین می-توان راهکار کشاورزی ارگانیک را به‌منظور حفظ سلامت خاک و محیط زیست و سلامت محصول تولیدی ارائه داد. در حقیقت کشاورزی ارگانیک عبارت است از مصرف به شدت محدود کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی در تولید محصولات کشاورزی (گری گاردنر[1] نقل از نیکبخت و

* ایمیل نویسنده مسئول: parisa_a01@yahoo.com

[1] Gardner

پژمان، ۱۳۸۲) که در راستای تعامل سازگار فعالیت‌های انسانی با چرخه طبیعت و استفاده متعادل و منطقی از آن بوده و این امر به ایجاد تعادل پایدار در منابع پایه آب و خاک نیز منجر خواهد شد (نیکبخت و پژمان، ۱۳۸۲).

کشاورزی ارگانیک یکی از روش‌های تولید محصولات سالم می‌باشد که متکی بر حفظ تعادل اکولوژیک و تقویت فرآیندهای بیولوژیک است (ولاس.جی، ۱۳۸۴). در این پژوهش تلاش ما بر این اساس استوار است تا مقایسه‌ای بین کشاورزی سنتی و ارگانیک در تولید گوجه فرنگی گلخانه-ای صورت گیرد تا تفاوت اثر کاربرد کودهای شیمیایی مورد بررسی قرار گرفته و با انعکاس نتایج حاصله بتوان کشاورزان را به سمت کشت ارگانیک و کشاورزی پایدار ترغیب نمود و با حفظ بقای محیط زیست از سویی سلامت انسان را تأمین کرد.

آلودگی گیاهان

گیاهان به‌دلیل توانایی زیاد خود در انطباق با خواص شیمیایی متغیر محیط زیست، می‌توانند عناصر کمیاب به‌ویژه فلزات را در بافت خود تجمع دهند. بنابراین، گیاهان زنجیره واسطی هستند که از طریق آن‌ها عناصر کمیاب از خاک و بخشی از آن در آب و هوا به انسان و حیوانات انتقال پیدا می‌کند(کاباتا – پندیاس، ۱۹۹۲). غلظت‌های بحرانی و سمی برخی از فلزات سنگین در بافت‌های گیاهان در جدول ۱ آورده شده است. این غلظت‌ها به ویژگی‌های گیاهی (گونه واندام) و اثرات متقابل فلزات سنگین بستگی دارد.

جدول ۱. حد معمول و آستانه سمیت (میلی گرم بر کیلوگرم) فلزات سنگین در گیاهان مختلف (افیونی و همکاران، ۱۳۸۲)

فلز	نرمال یا کمبود	کافی یا سمی	حد زیاد
مس	۵ – ۳	۳۰ – ۵	۱۰۰ – ۲۰
روی	۲۰ – ۱۰	۱۵۰ – ۲۷	۴۰۰ – ۱۰۰
کادمیوم	-	۰/۲ – ۰/۰۵	۳۰ – ۵
سرب	-	۱۰-۵	۳۰۰ – ۳۰
نیکل	-	۵ – ۰/۱	۱۰۰ - ۱۰

مشکل اساسی زیست محیطی مربوط به انباشتگی عناصر فلزی سمی در اندام‌هایی از گیاهان است که به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند. به-طور کلی غلظت فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف گیاهان به‌ترتیب زیر مشاهده می‌شود (لیانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۱. قوش و همکاران، ۲۰۱۲ . کسر[2]، ۲۰۱۳ . میرلس[3] و همکاران، ۲۰۰۴)

ریشه > ساقه > برگ > میوه > دانه

اهداف پژوهش

۱. بررسی اثر کاربردکودهای شیمیایی بر خصوصیات شیمیایی خاک و محصول تولیدی در کشت سنتی و ارگانیک گوجه فرنگی گلخانه‌ای
۲. ارزیابی اثرات زیست محیطی حاصل از نهاده‌های کشاورزی در طول کشت گلخانه‌ای در هر دو حالت کشت سنتی و ارگانیک
۳. ارزیابی میزان فلزات سنگین در خاکهای تحت کشت سیستم سنتی و ارگانیک.

وضعیت کشت گلخانه‌های مورد مطالعه

به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک‌های تحت کشت گلخانه و اندام‌های گیاهی، سه گلخانه در شهرستان رزن استان همدان در نظر گرفته شد. شهرستان رزن یکی از قطب‌های تولید محصولات کشاورزی در استان همدان می‌باشد. انواع تولیدات کشاورزی این شهرستان شامل گندم، جو، سیب‌زمینی، دانه‌های روغنی، یونجه، صیفی‌جات، گیاهان دارویی و .... می‌باشد (برنامه عملیاتی برنامه پنجم توسعه شهرستان رزن

[1] Liang
[2] Keser
[3] Mireles

۱۳۹۴-۱۳۹۰، معاونت برنامه‌ریزی استان همدان، ۱۳۹۱). همچنین این شهرستان دارای ۲۷ واحد فعال گلخانه با مساحت ۱۵۳۴۷۸ مترمربع می باشد که ۱۶/۲ درصد از سهم استان را شامل شده و محصول تولیدی آنها صیفی‌جات و توت فرنگی می‌باشد (کتابچه گزیده آمار پایه‌ای ۹۵، سازمان جهاد کشاورزی استان همدان، ۱۳۹۶).

به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاهی گیاه گوجه فرنگی انتخاب شد. گلخانه‌های مورد مطالعه هر سه تازه تأسیس بوده و در زمان نمونه‌برداری، کشت گوجه فرنگی دومین کشت هر سه گلخانه بود. کشت قبلی در هر سه گلخانه، کشت خیار با رقم ناگین و کشت فعلی گوجه فرنگی با رقم نیوتون بود. در هر سه گلخانه کشت به صورت نشاءکاری انجام گرفته بود.

ردیف	نوع کشت	برنامه تغذیه ای در طول دوره رشد	برنامه مبارزه با آفت در طول دوره رشد
۱	کشت سنتی	کود دامی گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن برای ۳۰۰۰ متر مربع قبل از کشت به خاک افزوده شده است. کود NPK با ترکیب ۲۰-۲۰-۲۰ به میزان ۳ کیلوگرم برای هر ۳۰۰۰ مترمربع همراه با آب آبیار ی در طول دوره رشد کود میکرو به میزان ۰/۵ کیلوگرم برای ۳۰۰۰ متر به صورت محلول پاشی از زمان گلدهی تا پایان رشد کود کلسیم به میزان ۱۵۰ سی سی برای ۳۰۰۰ مترمربع پس از رسیدگی گوجه فرنگی	استفاده از سم دیازینون ۶۰ درصد به میزان ۱ سی سی در لیتز برای مبارزه با آفت مگس سفید طی سه مرحله در طول دوره رشد
۲	کشت نیمه ارگانیک	کود دامی گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن برای ۳۰۰۰ متر مربع قبل از کشت به خاک افزوده شده است. کود جلبک دریایی به میزان ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم برای ۳۰۰۰ مترمربع به صورت محلول پاشی کود کلسیم به میزان ۱۵۰ سی سی برای ۳۰۰۰ مترمربع پس از رسیدگی گوجه فرنگی	استفاده از گوگرد به صورت گاز گوگرد در گلخانه به منظور مبارزه با آفت مگس سفید در اواسط کشت
۳	کشت ارگانیک	کود دامی گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن برای ۳۰۰۰ متر مربع قبل از کشت به خاک افزوده شده است.	کشت پیاز و نعناع در دورتادور گلخانه به منظور مبارزه با آفت مگس سفید

تیمارهای مورد مطالعه

درهر یک از سه گلخانه مورد مطالعه روش کشت متفاوتی در نظر گرفته شد تا تفاوت غلظت فلزات سنگین در روش‌های متفاوت کشت مورد بررسی قرار گیرد. در این روشها میزان و نوع کود، نوع سم مصرفی و روش سمپاشی و همچنین مبارزه بیولوژیک متفاوت در نظر گرفته شد.

این تیمارها عبارت بودند از:

۱. گلخانه با کشت ارگانیک ۲. گلخانه با کشت نیمه ارگانیک ۳. گلخانه با کشت سنتی

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک

نمونه‌ها از خاک سطحی (لایه ۲۰ – ۰ سانتی‌متری) گلخانه برداشته شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند و پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری جهت آزمایشات اولیه گذرانده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و سه تکرار انجام شد. نمونه‌برداری‌های خاک در سه مرحله زمانی ابتدای کشت، اواسط کشت و پایان کشت گرفته شد.

نمونه‌برداری گیاه

به‌منظور نمونه‌برداری از اندام‌های گیاهی ۴ اندام گیاه درنظر گرفته شد که شامل ریشه، ساقه، برگ و میوه گیاه گوجه فرنگی بود. نمونه‌برداری از اندام‌های گیاهی در سه مرحله زمانی ابتدای باردهی بوته‌های گوجه فرنگی، اواسط برداشت و انتهای برداشت گوجه فرنگی صورت گرفت. نمونه‌های

خاک به صورت مرکب گرفته شد. تعداد کل نمونه‌های گیاهی ۳۶ نمونه (هرگلخانه ۱۲ نمونه) و تعداد کل نمونه‌های خاک ۲۷ نمونه (هر گلخانه ۹ نمونه) بود. نمونه‌ها پس از نمونه‌گیری با آب مقطر شستشو داده شدند و پس از هوا خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس در بوته چینی ساییده شدند تا برای انجام آزمایشات بعدی آماده باشند.

ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین در نمونه‌های خاک

برای اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین در نمونه‌های خاک از روش هضم اسیدی استفاده شد (اسپوزیتو[1] ۱۹۸۳). مقدار ۲ گرم خاک را در ارلن درب‌دار ریخته و به آن ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال اضافه شد. سپس ارلن‌ها به مدت ۱۲ ساعت در حمام آب در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از سپری شدن زمان لازم نمونه‌ها صاف شده و غلظت عناصر مورد نظر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل واریان (Spectr AA-220-Varian) اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین در نمونه‌های گیاه

به‌منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاهان از روش هضم‌تر استفاده گردید (عبدالشافی و همکاران 1994). در این روش یک گرم از پودر گیاه توزین شد و 10 میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (65 درصد) به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت 2 ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در بن ماری قرار داده شد و 2/6 میلی لیتر آب اکسیژنه به هر نمونه افزوده شد. پس از سرد شدن، عصاره‌های مورد نظر تهیه شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت غلظت فلزات سنگین در عصاره‌های گیاهی توسط دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی مدل واریان 220 قرائت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار بود که برای داده‌های اندام‌های گیاهی با سه فاکتور و برای داده‌های نمونه‌های خاک با دو فاکتور و در سه تکرار انجام شد. محاسبات آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS در سطح ۵ درصد و با استفاده از آزمون مقایسه‌ای دانکن انجام شد.

حدود استاندارد غلظت فلزات سنگین

با توجه به غلظت عناصر فلزی اندازه‌گیری شده در خاک و اندام‌های گیاهی در گلخانه‌های مورد مطالعه، مقادیر به دست آمده با حدود استاندارد می‌بایست مورد بررسی قرار می‌گرفت. به‌همین منظور جدول‌های حدود استاندارد ذیل جهت بررسی در نظر گرفته شد.

مقادیر حدود استاندارد غلظت‌های عناصر فلزی در آمریکا در جدول ۲ و مقادیر حدود استاندارد غلظت عناصر فلزی در ایران در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲. حدود معمول و خطرناک فلزات سمی در خاک (آلووی ۱۹۹۰، کاباتا و پندیاس،۱۹۹۲ و سازمان بهداشت جهانی ۲۰۰۷)

فلز سنگین	حد آستانه در خاک مرتبط با سلامت انسان (میلی گرم بر کیلوگرم)	حد خطرناک برای سبزیجات ریشه‌ای و برگی (میلی گرم بر کیلوگرم)	حد معمول برای خاک های غیر آلوده (میلی گرم بر کیلوگرم)
آرسنیک (As)	۰/۰۷	>۵۰	۳ -۱۲
کادمیم (Cd)	۱/۷۰	>۱۰	۰/۱ -۱/۰
مس (Cu)	۳۰۰۰	>۲۰۰	۱-۵۰
سرب (Pb)	۸۰	>۵۰۰	۱۰-۷۰
نیکل (Ni)	۱۶۰۰	>۰۰	۰/۵ -۵۰
سلنیوم (Se)	۳۸۰	>۵۰	۰/۱ -۳/۹
روی (Zn)	۲۳۰۰۰	>۲۰۰	۹-۱۲۵

[1] Sposito

جدول ۳. مقادیر محاسبه شده استاندارد آلایندگی خاک (pH > 7) آلاینده‌های مختلف سازمان محیط زیست ایران

آلاینده	انسان (mg / kg)					حفاظت محیط زیست (mg / kg)	حفاظت آبهای زیرزمینی (mg / kg)
	مسکونی	تجاری	پارک تفریحی	کشاورزی	جنگل مرتع		
کادمیوم	۲	۸	۸	۵	۸	۳,۹	۲۰
سرب	۸۰	۷۰۰	۲۹۰	۷۵	۲۹۰	۳۰۰	۳۰۰
نیکل	155	600	530	110	530	50	600

نتایج حاصل‌از تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین دانکن خاک گلخانه‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس خاک گلخانه‌های مورد مطالعه در جدول ۴ و نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین دانکن در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که با توجه به نوع کشت و زمان نمونه‌برداری از خاک‌های هر سه گلخانه، این دو فاکتور تفاوت معنی‌داری را در خصوص غلظت کادمیوم، و سرب ایجاد نکردند. انتظار می‌رفت غلظت عناصر سنگین مذکور در خاک‌های گلخانه با کشت نیمه ارگانیک و کشت سنتی پس از پایان برداشت گوجه فرنگی و در آخرین نمونه‌برداری خاک (نمونه‌های سوم) افزایش را نشان دهد، اما نتایج این فرضیه را منتفی کرد.

جدول ۴. جدول تجزیه واریانس نمونه‌های خاک مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کادمیوم	سرب	نیکل
زمان	۲	۰/۰۴۵^{ns}	۱۵/۲^{ns}	۳۱^{ns}
نوع کشت	۲	۰/۰۷^{ns}	۷۹/۲^{ns}	۱۷۱**
زمان * نوع کشت	۴	۰/۰۵۲^{ns}	۳۴^{ns}	۱۰۶/۲**
خطا		۰/۰۴۲	۶۶/۶	۱۱/۲
ضریب تغییرات		۱۲	۱۱	۱۶

جدول۵. آزمون مقایسه میانگین دانکن خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

تیمارها	صفات		
	کادمیوم	سرب	نیکل
نمونه اول خاک گلخانه با کشت ارگانیک	۱/۸۱۶^{a}	۲۲/۳۶^{a}	۳۱/۷۶۰^{bc}
نمونه اول خاک گلخانه با کشت نیمه ارگانیک	۱/۷۳۲۰^{a}	۳۲/۷۲۰^{a}	۳۰/۵۲۴^{bcd}
نمونه اول خاک گلخانه با کشت سنتی	۱/۷۰^{a}	۲۰/۵۲۰^{a}	۲۲/۶۹۶^{f}
نمونه دوم خاک گلخانه با کشت ارگانیک	۱/۶۹۶۰^{a}	۲۲/۲۴۰^{a}	۳۳/۸۴۰^{b}
نمونه دوم خاک گلخانه با کشت نیمه ارگانیک	۲/۰۱^{a}	۲۴/۹۶۰^{a}	۲۵/۰۱۲^{def}
نمونه دوم خاک گلخانه با کشت سنتی	۱/۹۶۸۰^{a}	۲۲/۱۲۰^{a}	۲۶/۶۷۲^{cdef}
نمونه سوم خاک گلخانه با کشت ارگانیک	۱/۷۲۴۰^{a}	۲۰/۶۸۰^{a}	۲۹/۱۸۰^{bcde}
نمونه سوم خاک گلخانه با کشت نیمه ارگانیک	۲/۰۱^{a}	۲۳/۶۸۰^{a}	۴۱/۶۲۰^{a}
نمونه سوم خاک گلخانه با کشت سنتی	۱/۷۵^{a}	۲۴/۰۸۰^{a}	۲۴/۰۵۲^{ef}

کادمیوم

تغییرات کادمیوم خاک در هیچ یک از فاکتورهای مورد بررسی معنی دار نبود. همچنین غلظت کادمیوم در خاک‌های مورد مطالعه در محدوده ۲/۴۳۶– ۱/۳۴۴ میلی‌گرم درکیلوگرم متغیر بود که کمترین غلظت مربوط به مرحله دوم نمونه‌گیری از خاک با کشت ارگانیک و بیشترین غلظت مربوط به نمونه‌گیری دوم از گلخانه با کشت نیمه ارگانیک بود. حد کادمیوم خاک بر اساس خطر افزایش آن در محصولات کشاورزی و پتانسیل خطر آن برای رژیم انسان تعیین می‌شود (واثقی، ۱۳۸۰). امینی (۱۳۸۳) بیان کرد

با توجه به اینکه حد مجاز غلظت کادمیوم برای غلات ۰,۱ میلی‌گرم درکیلوگرم است غلظت کادمیوم قابل جذب خاک را می‌توان با این حد مقایسه کرد (امینی، ۱۳۸۲). حد بحرانی غلظت کادمیوم قابل جذب در خاک ۰/۱ میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۹). میانگین کادمیوم خاک-های مطالعه شده بیشتر از این حد بود که این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. حد سمیت غلظت کادمیوم قابل جذب نیز در خاک، غلظت‌های بیشتر از ۱ میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد(ملکوتی، ۱۳۷۹). با توجه به غلظت‌های محاسبه شده کادمیوم در نمونه‌های خاک مورد مطالعه، غلظت کادمیوم در همه نمونه‌ها بیش از حد مجاز بود و در اصل پس از پایان کشت نمونه‌های خاک آلوده به کادمیوم هستند. کادمیوم یکی از ناخالصی‌های کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی است.

سرب

تغییرات سرب خاک در هیچ یک از فاکتورهای مورد بررسی معنی‌دار نبود. همچنین غلظت سرب در خاک‌های مورد مطالعه در محدوده ۲۶/۵۲– ۱۷/۵۳میلی‌گرم درکیلوگرم متغیر بود که کمترین غلظت مربوط به مرحله دوم نمونه‌گیری از خاک با کشت ارگانیک و بیشترین غلظت مربوط به نمونه‌گیری سوم از گلخانه با کشت سنتی بود.

نیکل

تغییرات نیکل خاک در خصوص فاکتور زمان معنی‌دار نبود، اما در مورد فاکتورهای نوع کشت و برهم‌کنش فاکتور زمان و نوع کشت بسیار معنی‌دار بود.همچنین غلظت نیکل در خاک‌های مورد مطالعه در محدوده ۴۷/۵۲– ۱۹/۹۸ میلی‌گرم درکیلوگرم متغیر بود که کمترین غلظت مربوط به مرحله سوم نمونه‌گیری از خاک با کشت ارگانیک و بیشترین غلظت مربوط به نمونه‌گیری دوم از گلخانه با کشت سنتی بود. دامنه طبیعی و حد بحرانی نیکل در خاک به طور دقیق ذکر نشده است. حد بحرانی غلظت نیکل قابل جذب در خاک۰/۵میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۹). میانگین نیکل خاک‌های مطالعه شده بیشتر از این حد بود که این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

حد سمیت غلظت نیکل قابل جذب نیز در خاک، غلظت‌های بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۹). بیشترین غلظت نیکل در خاک‌ها کمتر از این حد بود و این اختلاف نیز از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با توجه به غلظت‌های محاسبه شده نیکل در نمونه‌های خاک مورد مطالعه غلظت نیکل در همه نمونه‌ها در محدوده مجاز بود و در اصل پس از پایان کشت نمونه‌های خاک از نظر غلظت نیکل آلودگی و سمیت نداشتند.

در خصوص آزمون مقایسه میانگین دانکن نیکل، با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که برهم‌کنش تیمارها تفاوت معنی‌داری را در خصوص افزایش غلظت نیکل نشان داده است، بر این اساس نمونه سوم خاک گلخانه نیمه ارگانیک تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد و نشان دهنده افزایش نیکل بر اثر فاکتورهای مورد مطالعه بود و نمونه اول خاک گلخانه سنتی با کمترین میزان میانگین نیکل اثر بر هم کنش فاکتورها را به خوبی نشان داد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اندام‌های گیاهی مورد مطالعه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اندام‌های گیاهی مورد مطالعه در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. تجزیه واریانس فلزات سنگین تحت شرایط کشت (ارگانیک ونیمه ارگانیک و سنتی)، زمان نمونه‌برداری و اندام گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کادمیوم	نیکل	سرب
نوع کشت	۳	۰/۰۸۸**	۱۷/۷۳**	۴۹۲/۴۳**
زمان	۲	۰/۰۱**	۱/۸۶**	۶۴۶/۹۲**
اندام گیاهی	۲	۰/۰۴۷**	۱/۹**	۱۲۵/۹۳**
نوع کشت * زمان	۶	۰/۰۰۶**	۰/۸۲**	۲۶۰/۷۱**
نوع کشت * اندام گیاهی	۶	۰/۰۲۵**	۶/۲۶**	۷۴۵/۲۶**
زمان * اندام گیاهی	۴	۰/۰۰۹۷**	۱/۳۹**	۲۵۰/۴۷**
نوع کشت * زمان * اندام گیاهی	۱۲	۰/۰۰۵۲**	۲/۱**	۲۰۱/۸**
خطا	۳۶	۰/۰۰۱۰	۰/۱۰۵	۲۱/۷
ضریب تغییرات		۱۱	۱۴	۱۷

کادمیوم

تغییرات غلظت کادمیوم با توجه به فاکتورهای مورد مطالعه زمان، اندام گیاهی و نوع کشت تفاوت بسیار معنی‌داری را نشان داد. همچنین غلظت کادمیوم در اندام‌های گیاهی مورد مطالعه در محدوده ۰,۴۴۵ – ۰,۰۴ میلی‌گرم درکیلوگرم متغیر بود که کمترین غلظت مربوط به مرحله سوم نمونه‌گیری میوه گوجه فرنگی از گلخانه با کشت نیمه ارگانیک و بیشترین غلظت مربوط به مرحله اول نمونه‌گیری برگ گوجه فرنگی از گلخانه با کشت ارگانیک بود.

نیکل

تغییرات غلظت نیکل با توجه به فاکتورهای مورد مطالعه زمان، اندام گیاهی و نوع کشت تفاوت بسیار معنی‌داری را نشان داد. همچنین غلظت نیکل در اندام‌های گیاهی مورد مطالعه در محدوده ۸,۴۲۵ – ۱,۱۶۵ میلی‌گرم درکیلوگرم متغیر بود که کمترین غلظت مربوط به مرحله اول نمونه‌گیری میوه گوجه فرنگی از گلخانه با کشت ارگانیک و بیشترین غلظت مربوط به مرحله اول نمونه‌گیری ریشه گوجه فرنگی از گلخانه با کشت نیمه ارگانیک بود.

سرب

تغییرات غلظت سرب با توجه به فاکتورهای مورد مطالعه زمان، اندام گیاهی و نوع کشت تفاوت بسیار معنی‌داری را نشان داد. همچنین غلظت سرب در اندام‌های گیاهی مورد مطالعه در محدوده ۵۵,۵ – ۳,۵ میلی‌گرم درکیلوگرم متغیر بود که کمترین غلظت مربوط به مرحله دوم نمونه‌گیری ریشه گوجه فرنگی از گلخانه با کشت سنتی و بیشترین غلظت مربوط به مرحله دوم نمونه‌گیری ساقه گوجه فرنگی از گلخانه با کشت سنتی بود.

نتیجه‌گیری

۱. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات، غلظت فلزات سنگین در پایان کاشت در هر سه گلخانه افزایش داشت که این میزان در گلخانه با کشت ارگانیک در محدوده استاندارد و در مورد دو گلخانه دیگر در حد آلودگی و سمیت فلزات سنگین بود.

۲. اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در میوه گوجه فرنگی نشان داد که غلظت این فلزات در آخرین برداشت از گوجه فرنگی ارگانیک در محدوده استاندارد بود، اما این غلظت در میوه گوجه فرنگی در گلخانه با کشت نیمه ارگانیک در حد مرز سمیت و در میوه گوجه فرنگی گلخانه با کشت سنتی بیش از حد مجاز برای سلامت انسان بود.

۳. اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاهی نیز نشان داد در بین اندام‌های گیاهی بیشترین تجمع در ریشه و ساقه بوته‌های گوجه فرنگی در گلخانه با کشت ارگانیک و نیمه ارگانیک بود، اما در گلخانه با کشت سنتی تجمع فلزات سنگین در برگ و میوه بوته‌های گوجه فرنگی بود که احتمالاً علت اصلی آن سمپاشی و کوددهی به صورت محلول‌پاشی بوده که باعث افزایش غلظت فلزات سنگین گردیده است.

منابع

افیونی، مجید. خادمی، حسین. امینی، منوچهر. خسروی، اردشیر. ۱۳۸۲. گزارش نهایی بررسی وضعیت آلودگی خاک‌های سطحی منطقه مرکزی اصفهان.

بی نام، ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی، جلداول محصولات زراعی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فن آوری اطلاعات و ارتباطات.

پاشایی، ف و رحمتی م و پاشایی پ. ۱۳۸۵. بررسی وتعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای در گلخانه های استان کرمانشاه. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی ومکانیزاسیون دانشگاه فرودسی مشهد، کد مقاله ۹۸.

شکوهیان، علی اکبر. ۱۳۸۴. پرورش خیارای گلخانه ای در خاک ودر محیط های کشت بدون خاک، انتشارات یاوریان .۲۱۸ص

کرمی، و قاسمی قهساره، م .۱۳۸۷ .گلخانه فناوری وکاربردها، انتشارات کوشا مهر.۳۱۷ ص

نیکبخت، پ. و پژمان، ح. ۱۳۸۲. تولیدات زیستی رویکردی جدید در برنامه امنیت غذایی جهان. نهاده، شماره نهم.

ولاس. جی. ۱۳۸۴. اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک). ترجمه علیرضا کوچکی و همکاران. دانشگاه مشهد.

Alloway, B. J. (1990) 'Heavy metals in soils'. Blackie and son, ltd. Glasgow and London. 339 pages.

Liang, J., Chen, C., Song, X., Han, Y., & Liang, Z. (2011). Assessment of heavy metal pollution in soil and plants from Dunhua sewage irrigation area. Int J Electrochem Sci, 6(2011), 5314-5324.

Keser, G. (2013). Effects of irrigation with wastewater on the pHysiological properties and heavy metal content in lepidium sativum L. and Eruca sativa (mill). Enviromental monitoring and assessment, 185(7), 6209-6217.

Ghosh, A, K., Bhatt, M. A., & Agrawal, H. (2012). Effect of long term application of treated sewage water on heavy metal accumulation in vegetables grown in Northern India. Enviromental monitoring and assessment, 184(2), 1025.

Mireles, A., Sohs, C., Andrade, E., Lagunas- Solar, M., Pina, C., & Flocchini, R. (2004). Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico City. Nuclear instruments and Methods in Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 219, 187-190