بررسی کیفیت گوجه‌فرنگی رشد کرده در خاک غنی‌شده با سرباره آهن و تأثیر آن بر سلامت انسان

امیرحسین بقائی [1]* و رضا جعفری‌نیا [2]

۱. گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲. گروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۵

چکیده

زمینه و هدف آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین در مناطق صنعتی کشور می‌تواند باعث کاهش قابلیت دسترسی آهن در زنجیرهٔ غذایی انسان شود. این تحقیق با هدف بررسی بهبود کیفیت گوجه‌فرنگی رشد کرده در خاک غنی‌شده با سرباره آهن و تأثیر آن بر سلامت انسان صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در گلخانه‌ای تحقیقاتی در شهرستان اراک با ۷۲ گلدان شامل کاربرد ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با ۰ و ۱۰ درصد وزنی آهن خالص از ترکیب سرباره آهن در خاک آلوده به ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک اجرا شد. در پایان دورهٔ آزمایش، غلظت آهن میوه گیاه گوجه‌فرنگی اندازه‌گیری شد و بر اساس آن میزان جذب روزانهٔ آهن برای گروه سنی ۴ تا ۵۰ سال محاسبه شد.

یافته‌ها مصرف ۸۰ گرم گیاه گوجه‌فرنگی کاشته شده در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با سرباره آهن باعث تأمین ۱۸/۴درصد میزان روزانه آهن در گروه سنی کودکان بین ۴ تا ۸ سال شده است. با افزایش آلودگی خاک به ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب، تنها ۱۲/۱ درصد آهن در این گروه سنی تأمین می‌شود.

نتیجه‌گیری نتایج کلی این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کود گاوی غنی‌شده با سرباره آهن نقش مؤثری در افزایش تأمین آهن مورد نیاز بدن انسان ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی داشته است، هر چند که کاشت گیاه گوجه‌فرنگی در خاک آلوده به سرب باعث کاهش غلظت آهن میوهٔ گیاه و در نتیجه باعث کاهش تأمین مقدار آهن مورد نیاز بدن انسان شده است.

کلیدواژه‌ها:
سرب، سرباره آهن، غنی‌سازی، گوجه‌فرنگی

مقدمه

فقر آهن یکی از شایع‌ترین اختلالات تغذیه‌ای در کشورهای در حال توسعه و مهم‌ترین علت کم‌خونی تغذیه‌ای در کودکان و زنان در سنین باروری است که با کاهش گلبول‌های قرمز خون و میزان هموگلوبین مشخص می‌شود که این فقر آهن با کاهش سطح سلامت کودکان و مادران، با کاهش ظرفیت جسمی و روحی و افزایش میزان مرگ‌ومیر باعث کاهش بهره‌وری در مراقبت‌های بهداشتی می‌شود [۱]. جذب کم و زیست فراهمی پایین آهن، مصرف ناکافی، افزایش نیازمندی با از دست دادن خون، اشکال در آزاد شدن آهن از منابع ذخیره‌ای و نداشتن آگاهی دربارهٔ رژیم غذایی مناسب، از جمله علل فقر آهن و کم‌خونی ناشی از آن است که شیوع آن در بانوان به دلیل تغییرات فیزیکی و بیولوژیکی و اوج نیاز به آهن به علت جهش رشد بدن و شروع خونریزی ماهیانه افزایش

* نویسندهٔ مسئول: امیرحسین بقائی
نشانی: گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تلفن: ۰۹۱۳۱۶۹۶۷۲۱ **دورنگار:**
رایانه: a-baghaie@iau-arak.ac.ir
شناسه ORCID: 0000-0002-8936-1202

مجلهٔ علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دورهٔ ۲۶، شمارهٔ ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۸، ص ۲۵-۳۳
آدرس سایت: http://jsums.medsab.ac.ir رایانامه: journal@medsab.ac.ir
شاپای چاپی: ۷۴۸۷-۱۶۰۶

www.SID.ir

می یابد. کمبود آهن احتمالاً شایع ترین شکل سوء تغذیه در دنیا است که بیش از نیمی از زنان و کودکان در کشورهای در حال توسعه به آن مبتلا هستند [۲].

در مناطق مرکزی کشور تغییر شرایط آب و هوایی به سمت خشک و نیمه‌خشک کاهش قابلیت دسترسی آهن در خاک را در پی داشته که پیامد آن جذب کم آهن در زنجیرهٔ غذایی است [۳]. همچنین در سال‌های گذشته به دلیل استفادهٔ بی‌رویه غلط از کودهای شیمیایی، ذخیرهٔ مواد آلی خاک و به دنبال کاهش موادغذایی در دسترس گیاه از جمله آهن را در پی داشته است [۴]. از طرف دیگر، خاک مناطق مرکزی کشور، اغلب به علت داشتن خاصیت قلیایی و درصد بالای آهک، کمبود شکل قابل جذب عناصر غذایی، به‌ویژه عناصر کم‌مصرف مانند آهن، مس، روی و منگنز برای گیاهان و به‌دنبال آن انسان مشاهده می‌شود که می‌تواند مشکلات زیادی را برای سلامت انسان در پی داشته باشد [۵]. شایان ذکر است که در مناطق صنعتی کشور واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، علاوه بر مشکلات ذکر شده دربارهٔ کاهش قابلیت دسترسی عناصر غذایی از جمله آهن، مشکلات آلودگی به فلزات سنگین از جمله سرب وجود دارد که این فلز سنگین علاوه بر نقش منفی که بر سلامت انسان دارد می‌تواند به دلیل اثر رقابتی سرب با عناصر غذایی باعث کاهش قابلیت دسترسی آهن در خاک و متعاقباً کاهش جذب در زنجیره غذایی شود [۶]

وجود ویژگی‌های آب و هوای نسبتاً خشک و نیمه‌خشک در منطقهٔ مرکزی کشور (شهرستان اراک) از جمله کمبود مواد آلی، pH نسبتاً بالای خاک‌های منطقه، آلودگی خاک به فلزات سنگین (به دلیل اثر رقابتی آهن با فلزات سنگین) قابلیت زیست‌فراهمی عناصر ریزمغذی از جمله آهن را تا حدود زیادی تحت تأثیر قرار داده است. با توجه به تحقیقات انجام‌شده دربارهٔ نقش مثبت کاربرد کودهای آلی در افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در گیاهان[۷، ۸] و همچنین اثر مثبت کاربرد کودهای آلی در کاهش قابلیت دسترسی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین[۹-۱۱]، استفاده از افزودنی‌های آلی می‌تواند مفید واقع شود. شفق مولایی و همکاران [۱۲] در پژوهشی به نقش کاربرد افزودنی‌های آلی در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم پرداخته و نتیجه گرفتند که گروه‌های عامل کربوکسیلیک، فنلیک و هیدروکسیلیک موجود در سطح افزودنی‌های آلی باعث کاهش قابلیت دسترسی فلز سنگین در خاک و به دنبال آن کاهش جذب توسط گیاه شده است. شایان ذکر است که صرف‌نظر از کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در اثر کاربرد افزودنی‌های آلی، نقش کاربرد افزودنی‌های آلی در افزایش آهن قابل جذب توسط گیاهان نبایستی نادیده گرفته شود.

شریفی و همکاران [۵] نیز در پژوهشی به نقش کاربرد کمپوست زباله شهری در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در گیاه اشاره داشته و دلیل آن را نقش بخش معدنی و آلی موجود در این ترکیبات در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم دانستند. همچنین این محققان در پژوهش خود به نقش کاربرد کمپوست زبالهٔ شهری در افزایش آهن در گیاه اشاره داشتند. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد کودهای آلی علاوه بر اینکه باعث بهبود تغذیه‌ای عناصر تغذیه‌ای گیاه از جمله آهن می‌شود، بخش معدنی و آلی موجود در این ترکیبات آلی با کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک آلوده به این عناصر باعث افزایش قابلیت جذب آهن توسط گیاه می‌شود. بنابراین غنی‌سازی ترکیبات آلی با عناصر غذایی خصوصاً در مناطق آلوده به سرب با افزایش قابلیت جذب آهن، باعث افزایش کیفیت سبزی‌ها از جمله گوجه‌فرنگی می‌شود. مللی و همکاران [۱۳] در تحقیقی غنی‌سازی کود گاوی توسط لجن کنورتور را یکی از عوامل مؤثر در افزایش جذب آهن توسط ذرت دانستند. لیکن در این پژوهش به نقش مدیریت تغذیه‌ای عناصر غذایی در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین اشاره‌ای نشده است.

با توجه به اینکه استفاده از سبزی‌هایی نظیر گوجه‌فرنگی می‌تواند یکی از منابع مفید تأمین آهن روزانهٔ مورد نیاز بدن باشد، کاشت آن‌ها در خاک‌های تیمار شده با کودهای آلی غنی‌شده با ترکیبات حاوی عناصر غذایی از جمله آهن می‌تواند باعث تأمین عناصر غذایی مورد نیاز بدن انسان از این طریق شود، هر چند که این فرایند جذب عناصر غذایی در مناطق صنعتی آلوده به فلزات سنگین روند متفاوتی را طی می‌کند که کمتر بررسی شده است[۴]. با توجه به اینکه بیش از ۸۰ درصد سرباره آهن (محصولات جانبی بخش فولادسازی مجتمع فولاد مبارکه) را اکسید آهن تشکیل می‌دهد، استفاده از این ترکیب به‌عنوان غنی‌سازی کود گاوی احتمالاً عامل مؤثری در افزایش جذب آهن بدن انسان ناشی از مصرف گیاهان کشت شده در این خاک‌ها است[۱۳]. با توجه به مطالب ذکر شده این تحقیق با هدف تعیین کیفیت گوجه‌فرنگی رشد کرده در خاک غنی‌شده با سرباره آهن و تأثیر آن بر سلامت انسان صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایشی گلدانی با هدف تعیین کیفیت گوجه‌فرنگی رشد کرده در خاک غنی‌شده با سرباره آهن و

Archive of SID
www.SID.ir

تأثیر آن بر سلامت انسان در خاک آلوده به سرب در سال ۱۳۹۵ در گلخانه‌ای تحقیقاتی در شهرستان اراک انجام شد. این طرح به‌صورت آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور کود گاوی، سرباره آهن و نیترات سرب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی با ۷۲ گلدان شامل کاربرد کود گاوی در سه سطح ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار [۱۴]، سرباره آهن به میزان ۰ و ۱۰ درصد وزنی آهن خالص موجود در این ترکیب به‌منظور غنی‌سازی ورمی کمپوست کود گاوی [۱۳] و همچنین خاک آلوده به فلز سرب در سطوح ۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک [۱۵] بوده است. شایان ذکر است که بیشتر از ۸۰ درصد ترکیب سرباره آهن استفاده‌شده در این پژوهش را اکسید آهن تشکیل می‌دهد که برای غنی‌سازی کود گاوی در نظر گرفته شده است.

کود گاوی با مقادیر فوق‌الذکر با سرباره آهن غنی‌شده و به مدت سه ماه در دمای اتاق به حالت خود رها شد [۱۳]. در این مدت برای به تعادل رسیدن کود گاوی با سرباره آهن نمونه‌ها مرتباً تر و خشک شدند. از سویی دیگر، خاک مورد استفاده با روش اسپری در مقادیر فوق‌الذکر به فلز سرب آلوده شد. برای رسیدن به تعادل نسبی، نمونه خاک‌های آلوده شده به سرب نیز مدت یک ماه به حالت خود رها شده است [۱۶]. سپس کود گاوی غنی‌شده با سرباره آهن در مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار به خاک آلوده به سرب اضافه شده و خاک تیمار شده به مدت یک ماه داخل گلدان پلاستیکی ۵ کیلوگرمی به حال خود رها شد. پس از آماده شدن گلدان‌ها، تعداد ۱۰ بذر از هر گیاه در گلدان مورد نظر به‌صورت یکنواخت کاشته شد و هر ۳ تا ۴ روز آبیاری انجام شد. در طول مراحل رشد، به‌طور مکرر از گلدان‌ها بازدید شده و گیاهان نامرغوب از نظر رشد تنک شدند و برای یکسانی شرایط جذب گیاهان، حاشیه گلدان‌ها هم حذف شد. همچنین، به‌منظور دست یافتن به شرایط رشد محیطی یکنواخت، هر هفته جای گلدان‌ها تعویض شد. با توجه به اینکه هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر کود و سرباره آهن‌بر میزان جذب آهن توسط گیاه گوجه‌فرنگی بوده است و از سویی دیگر به‌منظور جلوگیری از ایجاد اثر برهمکنش سایر عناصر غذایی با فلز سرب، در طول دوره آزمایش هیچ نوع منبع کودی دیگری اضافه نشده است.

سپس گیاه گوجه‌فرنگی کاشته شده و در پایان دورهٔ رشد گیاه، میوه گوجه‌فرنگی برداشت و بعد از شستشو با آب مقطر دو بار تقطیر در دستگاه خشک‌کن در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا نمونه خشک و سپس در دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت قرار داده شد تا خاکستر شود. در ادامه غلظت آهن در میوه گیاه گوجه‌فرنگی پس از عصاره‌گیری میوه با اسید کلریدریک ۲ مولار به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد[۱۷].

میزان جذب روزانهٔ آهن در دو گروه سنی کودکان زیر ۹ سال و بزرگسالان با در نظر گرفتن حاصل‌ضرب غلظت آهن در میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی در میزان مصرف روزانهٔ گوجه‌فرنگی که برابر ۱۰۹ گرم در روز در نظر گرفته شده [۱۷، ۱۸]، برای این دو گروه سنی محاسبه شد. همچنین درصد تأمین روزانهٔ آهن ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی با توجه به در نظر گرفتن میزان آهن مورد نیاز برای بدن انسان (برای کودکان ۴ تا ۸ سال صرف‌نظر از جنسیت برابر ۱۰ میلی‌گرم در روز، برای گروه سنی ۹ تا ۱۸ سال به ترتیب ۹ و ۱۲ میلی‌گرم در روز برای پسران و دختران و برای زن و مرد در گروه سنی بین ۱۸ تا ۵۰ سال به ترتیب برابر ۱۸و ۸ میلی‌گرم در روز است) برای گروه‌های سنی مختلف تعیین شد [۱۷] که در بخش یافته‌ها بدان اشاره شده است.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS انجام گرفت و مقایسه‌های میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

یافته‌ها

کاربرد کود گاوی و سرباره آهن باعث افزایش معنادار غلظت آهن در میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی شد (جدول ۱). کمترین غلظت آهن در میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی در خاک بدون کاربرد کود و سرباره آهن با آلودگی ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک و بیشترین غلظت آهن در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی به همراه کاربرد ۱۰ درصد وزنی سرباره آهن بدون آلودگی سرب مشاهده شد. کاربرد کود گاوی نقش مؤثری در افزایش غلظت آهن میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی داشته است، به‌نحوی‌که کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک فاقد آلودگی سرب باعث افزایش ۵/۷ برابری در غلظت آهن میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی شده است. غنی‌سازی کود گاوی با سرباره آهن نیز نقش مؤثری در افزایش آهن گیاه گوجه‌فرنگی داشته است، به‌نحوی‌که غنی‌سازی ۱۵ تن در هکتار کود گاوی با ۱۰ درصد سرباره آهن نیز باعث افزایش ۴/۲ برابری در غلظت آهن میوه گیاه گوجه‌فرنگی شده است. از سویی دیگر آلودگی خاک به فلز سرب، باعث کاهش آهن میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی شده است، به‌نحوی‌که، کاشت گیاه گوجه‌فرنگی در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با ۱۰ درصد وزنی سرباره آهن و آلوده به ۶۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک باعث کاهش ۱۲ درصدی میزان آهن گیاه گوجه‌فرنگی شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱. اثر کاربرد کود گاوی، سرباره آهن و سرب بر مقدار آهن میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

تیمار	S_0Pb_0	S_0Pb_{600}	S_0Pb_{800}	S_0Pb_{1000}	$S_{10}Pb_0$	$S_{10}Pb_{600}$	$S_{10}Pb_{800}$	$S_{10}Pb_{1000}$
C_o	۰/۱۲^{q*}	۰/۰۴^{r}	۰/۰۲^{r}	۰/۰۱^{r}	۱/۶۶^{f}	۱/۵۶^{g}	۱/۳۱^{j}	۱/۱۲^{k}
C_{15}	۰/۴۶^{n}	۰/۳۶^{o}	۰/۲۶^{p}	۰/۰۸^{q}	۱/۹۶^{c}	۱/۸۱^{d}	۱/۵۲^{h}	۱/۳۶^{i}
C_{30}	۰/۶۹^{l}	۰/۵۶^{m}	۰/۴۴^{n}	۰/۳۳^{o}	۲/۳۰^{a}	۲/۰۴^{b}	۱/۷۴^{e}	۱/۵۲^{h}

C_0، C_{15} وC_{30} به ترتیب شامل کاربرد۰ ، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک، Pb_0، Pb_{600}، Pb_{800} و Pb_{1000} به‌ترتیب شامل تیمارهای ۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_{10} کاربرد سرباره آهن به میزان ۰ و ۱۰ درصد وزنی آهن خالص موجود در این ترکیب است. *داده‌هایی که در هر ردیف یا ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معناداری نیستند (p=0.05).

جدول ۲. اثر کاربرد کود گاوی، سرباره آهن و سرب بر مقدار جذب روزانه آهن توسط بدن بزرگسالان و کودکان از طریق مصرف گیاه گوجه‌فرنگی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز)

تیمار	گروه سنی	S0Pb0	S0Pb600	S0Pb800	S0Pb1000	S10Pb0	S10Pb600	S10Pb800	S10Pb1000
Co	بزرگسالان	۰/۱۴^{q*}	۰/۰۴^{r}	۰/۰۲^{r}	۰/۰۱^{r}	۱/۹۹^{f}	۱/۸۸^{g}	۱/۵۸^{j}	۱/۳۴^{k}
	کودکان	۰/۰۹^{q}	۰/ ۰۴^{r}	۰/۰۳^{r}	۰/۰۱^{r}	۱/۳۳^{e}	۱/۲۵^{g}	۱/۰۵^{j}	۰/۸۹^{k}
C15	بزرگسالان	۰/۵۵^{n}	۰/۴۳^{o}	۰/۳۲^{p}	۰/۱۰^{q}	۲/۳۵^{c}	۲/۱۸^{d}	۱/۸۲^{h}	۱/۶۴^{i}
	کودکان	۰/۳۶^{n}	۰/۲۸^{o}	۰/۲۱^{p}	۰/۰۶^{q}	۱/۵۷^{c}	۱/۴۵^{d}	۱/۲۱^{h}	۱/۰۹^{i}
C30	بزرگسالان	۰/۸۳^{l}	۰/۶۷^{m}	۰/۵۳^{n}	۰/۳۹^{o}	۲/۷۶^{a}	۲/۴۴^{b}	۲/۰۹^{e}	۱/۸۲^{h}
	کودکان	۰/۵۵^{l}	۰/۴۴^{m}	۰/۳۵^{n}	۰/۲۶^{o}	۱/۸۴^{a}	۱/۶۳^{b}	۱/۳۹^{f}	۱/۲۱^{h}

C_0، C_{15} وC_{30} به ترتیب شامل کاربرد۰ ، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک، Pb_0، Pb_{600}، Pb_{800} و Pb_{1000} به‌ترتیب شامل تیمارهای ۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_{10} کاربرد سرباره آهن به میزان ۰ و ۱۰ درصد وزنی آهن خالص موجود در این ترکیب است. *داده‌هایی که در هر گروه سنی دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معناداری نیستند (p=0.05).

کاربرد کود گاوی و سرباره آهن باعث افزایش معنادار میزان جذب روزانه آهن توسط بزرگسالان و کودکان شد (جدول ۲). کمترین میزان جذب روزانه جذب آهن در بدن بزرگسالان و کودکان ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب مشاهده شده، این در حالی است که بیشترین میزان جذب روزانه آهن در هر دو گروه سنی در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با ۱۰ درصد سرباره آهن در خاک فاقد آلودگی خاک به فلز سرب مشاهده شد.

افزایش کاربرد کود گاوی نقش مؤثری را در میزان جذب روزانه آهن توسط دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان به همراه داشت، به‌نحوی‌که کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی در خاک فاقد آلودگی سرب باعث افزایش چهار برابری در میزان جذب روزانه آهن گروه کودکان شده است. غنی‌سازی ۳۰ تن در هکتار کود گاوی با ۱۰ درصد سرباره آهن در خاک فاقد آلودگی سرب به ترتیب باعث افزایش ۳/۳ برابری در میزان جذب روزانه آهن در گروه بزرگسال شده است. بیشترین درصد تأمین آهن ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی در گروه کودکان بین ۴-۸ سال شامل کودکانی بوده که از گوجه‌فرنگی‌های کاشته شده در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با ۱۰ درصد وزنی سرباره آهن در خاک فاقد آلودگی سرب استفاده کرده‌اند (جدول ۳). کمترین درصد تأمین آهن ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی در این گروه سنی مربوط به مصرف گوجه‌فرنگی‌هایی بوده که در خاک آلوده به ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب و فاقد دریافت کود گاوی یا سرباره آهن رشد کرده‌اند. به‌طور کلی نتایج این جدول حاکی از آن است که همزمان با افزایش کاربرد کود گاوی در خاک تحت کشت گیاه گوجه‌فرنگی درصد تأمین آهن ناشی از مصرف ۸۰ گرم در روز گوجه‌فرنگی در گروه کودکان بین ۴ تا ۸ سال [۱۷] افزایش یافته است (جدول ۳).

دربارهٔ گروه سنی بین ۹-۱۸ سال نیز روند مشابهی یافت شده است (جدول ۳). شایان ذکر است به دلیل تفاوت نیاز روزانهٔ آهن دختران و پسران در گروه سنی مذکور، درصد تأمین نیاز آهن روزانه بدن ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی دامنهٔ متفاوتی را در گروه پسران و دختران نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که درصد تأمین آهن ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی در تمامی تیمارها در گروه جنسی دختران عدد پایین‌تری را نسبت به گروه پسران در گروه سنی بین ۹-۱۸ سال نشان می‌دهد. به‌طور مثال مصرف گوجه‌فرنگی رشد کرده در خاک تیمار شده با ۱۵ تن در هکتار

Archive of SID
www.SID.ir

کود گاوی غنی‌شده با سرباره آهن و فاقد آلودگی سرب، باعث تأمین ۶/۱ درصد آهن در گروه پسران ۹ تا ۱۸ سال شده، این در حالی است که در گروه دختران ۹ تا ۱۸ سال تنها ۴/۶ درصد آهن را تأمین کرده است.

در گروه مردان و زنان بین ۱۸ تا ۵۰ سال نیز میزان نیاز روزانه آهن در گروه زنان تقریباً دو برابر میزان مورد نیاز مردان است، بنابراین درصد تأمین آهن مورد نیاز در تمامی تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش در گروه زنان کاهش معناداری را نسبت به گروه مردان نشان می‌دهد (جدول ۴). با وجود تمامی مطالب ذکر شده در تمامی تیمارهای ذکر شده کاربرد کود گاوی غنی‌شده با ۱۰درصد سرباره آهن توانسته است نقش مؤثری در افزایش غلظت آهن میوه گوجه‌فرنگی و به دنبال آن تأمین بیشتر میزان روزانه آهن بدن انسان صرف‌نظر از گروه سنی باشد.

جدول ۳. اثر کاربرد کود گاوی، سرباره آهن و سرب بر درصد تأمین آهن مورد نیاز گروه سنی ۴-۱۸ سال از طریق مصرف گیاه گوجه‌فرنگی

گروه سنی	جنسیت	تیمار	S_0Pb_0	S_0Pb_{600}	S_0Pb_{800}	S_0Pb_{1000}	$S_{10}Pb_0$	$S_{10}Pb_{600}$	$S_{10}Pb_{800}$	$S_{10}Pb_{1000}$
۴-۸ سال	دختر و پسر	C_o	۰/۹ ^{q*}	۰/۴^{r}	۰/۳^{r}	۰/۱^{r}	۱۳/۳^{e}	۱۲/۵^{g}	۱۰/۵^{j}	۸/۹ ^{k}
		C_{15}	۳/۶ ^{n}	۲/۸ ^{o}	۲/۱ ^{p}	۰/۶ ^{q}	۱۵/۷^{c}	۱۴/۵^{d}	۱۲/۱^{h}	۱/۹ ^{i}
		C_{30}	۵/۵ ^{l}	۴/۴ ^{m}	۳/۵ ^{n}	۲/۶ ^{o}	۱۸/۴ ^{a}	۱۶/۳ ^{b}	۱۳/۹ ^{f}	۱۲/۱ ^{h}
۹-۱۸ سال	پسر	C_o	۱/۶^{q}	۰/۵^{r}	۰/۲^{r}	۰/۱^{r}	۲۲/۱^{f}	۲۰/۹^{g}	۱۷/۵^{j}	۱۴/۹^{k}
	دختر		۱/۲q	۰/۴r	۰/۳r	۰/۲r	۱۶/۶f	۱۵/۶g	۱۳/۱j	۱۱/۲k
	پسر	C_{15}	۶/۱^{n}	۴/۸^{o}	۳/۵^{p}	۱/۱^{q}	۲۶/۱^{c}	۲۴/۲^{d}	۲۰/۲^{h}	۱۸/۲^{i}
	دختر		۴/۶n	۳/۶o	۲/۶p	۰/۸q	۱۹/۶c	۱۸/۱d	۱۵/۲h	۱۳/۶i
	پسر	C_{30}	۹/۲۲^{l}	۷/۴^{m}	۵/۹^{n}	۴/۴^{o}	۳۰/۶^{a}	۲۷/۲^{b}	۲۳/۲^{e}	۲۰/۲^{h}
	دختر		۶/۹l	۵/۶m	۴/۴n	۳/۳o	۲۳/۰a	۲۰/۴b	۱۷/۴e	۱۵/۲h

C_0، C_{15} وC_{30} به‌ترتیب شامل کاربرد۰ ، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک، Pb_0، Pb_{600}، Pb_{800} و Pb_{1000} به ترتیب شامل تیمارهای ۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_{10} کاربرد سرباره آهن به میزان ۰ و ۱۰ درصد وزنی آهن خالص موجود در این ترکیب است. *داده‌هایی که در هر گروه سنی و جنسی دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معناداری نیستند (p=0.05).

جدول ۴. اثر کاربرد کود گاوی، سرباره آهن و سرب بر درصد تأمین آهن مورد نیاز گروه سنی بین ۱۸ تا ۵۰ سال از طریق مصرف گیاه گوجه‌فرنگی

تیمار	جنسیت	S_0Pb_0	S_0Pb_{600}	S_0Pb_{800}	S_0Pb_{1000}	$S_{10}Pb_0$	$S_{10}Pb_{600}$	$S_{10}Pb_{800}$	$S_{10}Pb_{1000}$
C_o	مرد	۱/۸^{q*}	۰/۶^{r}	۰/۳^{r}	۰/۲^{r}	۲۴/۹^{f}	۲۳/۵^{g}	۱۹/۷^{j}	۱۶/۸^{k}
	زن	۰/۸^{1}	۰/۳^{q}	۰/۲^{q}	۰/۱^{r}	۱۱/۰^{f}	۱۰/۴^{g}	۸/۷^{j}	۷/۴^{k}
C_{15}	مرد	۶/۹^{n}	۵/۴^{o}	۴/۰^{p}	۱/۲^{q}	۲۹/۴^{c}	۲۷/۲^{d}	۲۲/۸^{h}	۲۰/۵^{i}
	زن	۳/۰^{n}	۲/۴^{o}	۱/۷^{p}	۰/۵^{q}	۱۳/۰^{c}	۱۲/۱^{d}	۱۰/۱^{h}	۹/۱^{i}
C_{30}	مرد	۱۰/۳^{l}	۸/۴^{m}	۶/۷^{n}	۴/۹^{o}	۳۴/۵^{a}	۳۰/۶^{b}	۲۶/۱^{e}	۲۲/۸^{h}
	زن	۴/۶^{l}	۳/۷^{m}	۲/۹^{n}	۲/۲^{o}	۱۵/۳^{a}	۱۳/۶^{b}	۱۱/۶^{e}	۱۰/۱^{h}

C_0، C_{15} وC_{30} به‌ترتیب شامل کاربرد۰ ، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک، Pb_0، Pb_{600}، Pb_{800} و Pb_{1000} به ترتیب شامل تیمارهای ۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، S_0 و S_{10} کاربرد سرباره آهن به میزان ۰ و ۱۰ درصد وزنی آهن خالص موجود در این ترکیب است. *داده‌هایی که در هر گروه جنسی دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معناداری نیستند (p=0.05).

بحث

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق مشخص شد که استفاده از سرباره آهن در خاک آلوده به سرب می‌تواند نقش مؤثری در بهبود کیفیت تغذیه‌ای آهن در گیاه گوجه‌فرنگی داشته باشد. صرف‌نظر از میزان آلودگی خاک به فلز سرب، غلظت آهن میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی در خاک فاقد کاربرد سرباره آهن یا کود گاوی غلظتی پایین‌تر از میزان حد بحرانی آهن در گیاه گوجه‌فرنگی دارد (جدول ۱) ازاین‌رو بایستی به دنبال راهکاری بود تا قابلیت دسترسی این عنصر را برای گیاهان افزایش داد. از سویی دیگر با توجه به تغییر رویکرد کاربرد کودهای شیمیایی به سمت کودهای آلی می‌توان با افزایش کاربرد این قبیل ترکیبات به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی از قبیل آهن کمک کرد [۱۹]، هر چند که در این میان به نقش ویژگی‌های شیمیایی خاک در میزان قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک و گیاه اشاره‌ای نشده است که از آن جمله

Archive of SID
www.SID.ir

می‌توان به نقش اثر رقابتی عناصر غذایی و فلزات سنگین در کاهش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک اشاره کرد که در مناطق صنعتی کشور به دلیل بالا بودن غلظت آلاینده‌ها از جمله سرب این نکته می‌تواند مفید واقع شود. در این راستا غنی‌سازی ترکیبات آلی و کاربرد آن در کشاورزی می‌تواند کمک شایانی به کیفیت تغذیه‌ای محصولات کشاورزی کند [۲۰]. تبرته و همکاران [۴] در پژوهشی به نقش کاربرد کود گاوی غنی‌شده با لجن کنورتور بر افزایش غلظت آهن در گیاه ذرت اشاره داشتند. همچنین، هم‌زمان با افزایش میزان آلودگی خاک به فلز سرب، غلظت آهن در گیاه ذرت به دلیل اثر رقابتی آهن و سرب کاهش یافته که این مطلب در تحقیق حاضر نیز نتایج مشابهی را نشان داده است، هر چند که ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه نیز نبایستی نادیده گرفته شود. نتایج مشابهی نیز توسط باقری و همکاران [۶] دربارهٔ اثر رقابتی کادمیوم و آهن گزارش شده است که با تحقیق حاضر هم‌راستا است.

گوجه‌های رشد کرده در تیماری که بالاترین سطح کود گاوی به همراه ۱۰ درصد سرباره آهن را دریافت کرده است بیشترین غلظت آهن در میوه گوجه‌فرنگی و به دنبال آن بیشترین میزان جذب روزانه آهن توسط گروه کودکان (کمتر از ۹ سال) را داشته است که با وجود این با مصرف روزانه ۸۰ گرم از گوجه‌فرنگی در این گروه سنی تنها می‌تواند ۱۸/۴ درصد نیاز روزانه آهن بدن بزرگسالان را تأمین کند (جدول ۱ و ۲)، این در حالی است که ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز نقش مؤثری در تأمین میزان نیاز آهن روزانه گیاه نیز داشته باشد. سین‌ها و همکاران [۲۱] نیز در تحقیقی نشان دادند که با افزایش آلودگی سرب در خاک، میزان آهن در بخش‌های مختلف گیاه کلم به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. همچنین گوپال و ریزوی [۲۲] نشان دادند که کاشت تربچه در زمین آلوده به سرب باعث کاهش غلظت آهن اندام هوایی تربچه شده است. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داده است کاشت گیاه گوجه‌فرنگی در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۱۰ درصد وزنی سرباره آهن درصورتی‌که آلوده به ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب باشد غلظت آهن میوه گیاه گوجه‌فرنگی را ۷۴ درصد کاهش و تنها می‌تواند ۱۲/۱ درصد نیاز روزانه آهن از طریق خوردن گوجه‌فرنگی برای کودکان زیر ۸ سال را فراهم سازد.

کاربرد کود گاوی علاوه بر این که تأمین‌کننده نیاز آهن گیاه و به دنبال آن افزایش میزان جذب روزانهٔ آهن بدن انسان است، با کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در گیاه، باعث افزایش جذب آهن توسط گیاه و به دنبال آن تأمین میزان بیشتر روزانهٔ آهن بدن انسان از طریق خوردن گوجه‌فرنگی می‌شود. همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، هم‌زمان با کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب، غلظت آهن میوه گیاه گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱/۱۲و ۱/۲۶ برابر افزایش و میزان جذب روزانهٔ آهن توسط کودکان به ترتیب ۱۵و ۳۳ درصد افزایش یافته است که دلیل آن را می‌توان به نقش کاربرد کود گاوی در کاهش قابلیت دسترسی آهن و به دنبال آن افزایش قابلیت جذب آهن نسبت داد [۴]. بیشترین میزان جذب روزانه آهن در گروه سنی بزرگسالان با در نظر گرفتن مصرف روزانه ۱۰۹ گرم گوجه‌فرنگی در تیماری مشاهده شده که خاک تحت کشت گوجه‌فرنگی ۳۰ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۱۰ درصد وزنی سربارهٔ آهن را دریافت کرده بود. مللی و همکاران[۱۳] نیز غنی‌سازی کود گاوی با سرباره آهن را یکی از عوامل مؤثر در افزایش قابلیت جذب آهن در زنجیره غذایی دانستند. نکته حائز اهمیت در اینجاست که هر چند که روند تغییرات میان جذب روزانهٔ آهن در گروه سنی بزرگسالان روند مشابهی نسبت به گروه کودکان را نشان می‌دهد، ولی با توجه به متفاوت بودن نیاز روزانه آهن در گروه سنی بزرگسالان، درصد تأمین آهن از طریق مصرف گوجه‌فرنگی در گروه زنان و مردان بسته به شرایط سنی متفاوت است. در گروه سنی ۹ تا ۱۸ سال میزان نیاز روزانهٔ آهن در دختران و پسران به ترتیب برابر ۱۲ و ۹ میلی‌گرم در روز است [۱۷]، بنابراین میزان تأمین آهن ناشی از مصرف گوجه‌فرنگی در گروه دختران نسبت به پسران کاهش معناداری را نشان می‌دهد، به‌نحوی‌که در گروه دختران در بالاترین سطح میزان جذب روزانه آهن در گروه بزرگسالان تنها ۲۳ درصد مورد نیاز بدن آن‌ها تأمین‌شده، این در حالی است که در گروه پسران بین ۹ تا ۱۸ سال ۳۰/۶ درصد آهن بدن آن‌ها تأمین‌شده است. شایان ذکر است که در هر دو گروه سنی در شرایط که محصولات کشاورزی آلوده به سرب باشد، درصد تأمین آهن روزانه بدن ناشی از مصرف این محصولات روند کاهشی را نشان داده است. فلزات سنگین از معدود عناصری است که هیچ‌گونه نقش ساختمانی در بدن انسان ندارد و حتی در مقادیر بسیار کم نیز ایجاد مسمومیت می کند و سبب فقر آهن می شود. فلزات سنگین پس از جذب توسط بدن در فعالیت‌های متابولیسمی و آنزیمی شرکت کرده و سبب اختلال در آن‌ها می‌شود. سمیت فلزات سنگین و ذخیره آن با کمبود عناصر غذایی افزایش می‌یابد [۲۳]. همان‌گونه که نتایج این پژوهش

Archive of SID
www.SID.ir

نشان می‌دهد میزان دریافت روزانه آهن ناشی از مصرف ۱۰۹ گرم گوجه‌فرنگی در دو گروه پسران و دختران ۹-۱۸سال در خاک آلوده به ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب کاهش معناداری را نشان می‌دهد که این می‌تواند خطرات جدی را برای سلامت انسان به بار آرد.

همچنین نتایج این پژوهش حاکی از اثر مثبت کاربرد کود آهن غنی‌شده با سرباره بر افزایش غلظت آهن میوهٔ گیاه گوجه‌فرنگی و درصد تأمین آن بیشتر بدن برای هر دو گروه سنی بوده است، هر چند که در این میان نبایستی نقش میزان آلودگی خاک در کاهش تأمین آهن روزانه انسان از طریق مصرف گوجه‌فرنگی را نادیده گرفت، به‌نحوی‌که مصرف ۱۰۹ گرم در روز گوجه‌فرنگی که خاک فاقد کاربرد کود و سرباره کشت شده باشد، به ترتیب ۰/۸ و ۱/۸ درصد نیاز روزانهٔ آهن زنان و مردان را فراهم می‌سازد و این در شرایطی است که خاک آلوده به فلز سرب نباشد. شایان ذکر است درصورتی‌که خاک آلوده به ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فلز سرب باشد تنها ۰/۶ و ۰/۳ درصد آهن مورد نیاز گروه مردان و زنان گروه سنی بین ۱۸ تا ۵۰ سال را فراهم می‌سازد که رقم پایینی به شمار می‌آید.

با توجه به مطالب ذکر شده و در نظر گرفتن این نکته که در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی کشور درصد ماده آلی خاک بسیار پایین است (۲۴-۲۶)، اضافه کردن ترکیبات آلی که با آهن غنی‌شده باشد، می‌تواند کمک بزرگی به دریافت بیشتر میزان نیاز روزانهٔ آهن تمامی گروه‌های سنی کند. بر این اساس مصرف روزانه ۱۰۹ گرم گوجه‌فرنگی که در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی کشت شده است می‌تواند میزان دریافت روزانهٔ آهن بدن مردان و زنان بین ۱۸ تا ۵۰ سال را به ترتیب ۸/۵ و ۳/۸ درصد افزایش دهد. همچنین مصرف روزانهٔ همین مقدار گوجه‌فرنگی که در خاک تیمار شده با ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با سرباره آهن کشت شده باشد به ترتیب باعث افزایش ۲۳/۱ و ۱۰/۲ درصدی در جذب آهن مردان و زنان در گروه سنی بین ۱۸ تا ۵۰ سال است که نکتهٔ مهمی در بحث تغذیه‌ای به حساب می‌آید.

از سویی دیگر غنی‌سازی کود گاوی با سرباره آهن علاوه بر این که خود تا حدودی باعث افزایش تأمین نیاز روزانه آهن بدن انسان می‌شود، در خاک‌های مناطق صنعتی کشور که آلوده به فلزات سنگین هستند، بسیار مفید است، به صورتی که اثر رقابتی سرب و آهن باعث کاهش قابلیت دسترسی سرب و افزایش قابلیت دسترسی آهن می‌شود. همان‌گونه که نتایج این تحقیق نشان داده است، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود گاوی غنی‌شده با سرباره آهن در خاک آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب به ترتیب توانسته است میزان دریافت روزانهٔ آهن بدن مردان و زنان در گروه سنی بین ۱۸ تا ۵۰ سال را به ترتیب ۳۰ و ۱۳/۳ درصد افزایش دهد که دلیل آن را می‌توان به نقش کاربرد کود آلی در کاهش قابلیت دسترسی سرب در گیاه و به دنبال آن افزایش قابلیت جذب آهن توسط گیاه دانست [۴]، هر چند که در این میان نقش غنی‌سازی کود گاوی با سرباره آهن در افزایش جذب آهن توسط گیاه و بدن انسان نبایستی نادیده گرفته شود. نتایج مشابه مشاهده شده توسط باقری و همکاران [۶] دربارهٔ نقش مثبت غنی‌سازی ترکیبات آلی با سرباره آهن در افزایش میزان جذب آهن گیاه در خاک آلوده به فلزات سنگین تأکیدی بر این ادعاست. اصولاً درصد بالای اکسید آهن موجود در سرباره می‌تواند در دراز مدت نیاز آهن گیاه را تأمین کرده و بدین ترتیب کیفیت تغذیه‌ای گیاه را افزایش دهد، از سویی دیگر، کاربرد کود گاوی نیز می‌تواند با تأمین دیگر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، رشد گیاه را افزایش داده و بدین‌صورت جذب آهن توسط گیاه را افزایش دهد [۴].

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که غنی‌سازی خاک با سرباره آهن در خاک آلوده به سرب می‌تواند راهکار مؤثری برای بالا بردن غلظت آهن در میوهٔ گوجه‌فرنگی و افزایش میزان تأمین آهن مورد نیاز بدن انسان باشد، هر چند که تفاوت مقدار نیاز آهن در گروه‌های مختلف سنی و جنسی نبایستی نادیده گرفته شود. شایسته است که با توجه به مصرف روزافزون سبزی‌ها، تأثیر سبزی‌ها مختلف رشد کرده در خاک غنی‌شده با عناصر غذایی بر میزان این عناصر در خون بدن انسان در گروه‌های مختلف سنی و جنسی بررسی شود. همچنین با توجه به آلودگی شهرهای صنعتی کشور به فلزات سنگین، از جمله سرب و کادمیوم، لازم است که در تحقیقات آتی اثر برهمکنش این عناصر در جذب آهن بررسی شود. همچنین میزان آلودگی عناصر به فلزات سنگین نیز نقش مؤثری در میزان جذب آهن و به دنبالان ورود این عنصر در زنجیرهٔ غذایی دارد که لازم است بررسی شود.

References

[1]. Tiyuri A, Torshizi M, Akbari T, Tiyuri A. Knowledge and practice of secondary girl students of birjand in relation to iron deficiency anemia and iron supplementation in 2015. J Health Develop 2017; 6(2):161-170. [in Persian]

Archive of SID
www.SID.ir

[2]. Karimi B, Hajizadeh Zaker R, Raheb G. Intake of iron supplement and its related factors in jounior and high school girl students of the Iraninan population. Koomesh 2014; 15:316-24. [in Persian]
[3]. Khalkhal K, Reyhanitabar A, Najafi N. Evaluation of some extraction for determination of corn available iron in some soils of east azerbaijan province. Iran J Soil and Water Res, 2016; 47(2):427-437. [in Persian]
[4]. Tabarteh Farahani N, Baghaie AH. Effect of enriched cow manure with converter sludge on Fe bio-availability in a lead polluted soil. J Water Soil Conserv, 2017; 24(1):205-220. [in Persian]
[5]. Sharifi M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh A. Effect of sewage sludge, compost and cow manure on growth and yield and Fe, Zn, Mn and Ni uptake in tagetes flower. J Sci Technol Greenhouse Culture, 2010; 1(2):43-54 (in Persian).
[6]. Bagheri S, Baghaei A, Niei SM. Effect of enriched vermicompost with iron slag on corn Fe availability in a cadmium polluted. Iran J Soil Water Res, 2017; 48(4):771-80. [in Persian]
[7]. Nazari T, Dordipour E, Ghorbani Nasrabadi R, Sefidgar shahkolaie S. Impact of application method and different levels of humic acid on vegetative growth parameters and yield components of canola (Brassica napus L.). J Soil Manag Sustain Product, 2017; 7(3):1-17. [in Persian]
[8]. Fallah S. Eeffect of application method and different levels of cattle manure on performance and concentration of some nutrients of garlic (Allium sativum). J Soil Manag Sustain Product 2017; 7:107-121. [in Persian]
[9]. Baghaie A, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M. Crop effects on lead fractionation in a soil treated with lead organic and inorganic sources. J Res Sci Technol, 2010; 7(3):131-138.
[10]. Baghaie A, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R. The role of organic and inorganic fractions of cow manure and biosolids on lead sorption. Soil Sci Plant Nutr, 2011; 57(1):11-18.
[11]. Sharifi M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh AH. Effects of sewage sludge, animal manure, compost and cadmium chloride on cadmium accumulation in corn and alfalfa. J Res Sci Technol, 2010; 7(4):219-225.
[12]. Molaei S, Shirani H, Hamidpour M, Shekofteh H, Besalatpour AA. Effect of Vermicompost, Pistachio Kernel and Shrimp Shell on Some Growth Parameters and Availability of Cd, Pb and Zn in Corn in a Polluted Soil. J Water Soil Sci, 2016; 19(74):113-124. [in Persian]
[13]. Melali AR, Shariatmadari H. Application of steel making slag and converter sludge in farm manure enrichment for corn nutrition in greenhouse conditions. J Water Soil Sci, 2008; 11(42):505-513. [in Persian]
[14]. Shirani H, Hajabbasi MA, Afyuni M, Hemmat A. Impact of tillage systems and farmyard manure on soil penetration resistance under corn cropping. J. Water Soil Sci, 2010; 14(51):141-155. [in Persian]
[15]. Mansouri T, Golchin A, Fereidooni J. The Effects of EDTA and H2SO4 on Phyto-extraction of Pb from contaminated Soils by Radish. J Water Soil, 2016; 30(1):194-209. [in Persian]
[16]. Motesharezadeh B, SavaghebI G, R. Study of sunflower plant response to cadmium and lead toxicity by usage of PGPR in a calcareous soil. J Water Soil, 2011; 25:1069-1079. [in Persian]
[17]. Aghili F, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M, Mobli M. Mineral and ascorbic acid concentrations of greenhouse- and field-grown vegetables: implications for human health. Int J Veg Sci, 2012; 18(1):64-77.
[18]. Tabande L, Taheri M. Evaluation of exposure to heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in vegetables grown in the olericultures of zanjan province's fields. Iran. J. Health Environ, 2016; 9(1):41-56. [in Persian]
[19]. Anwar Z, Irshad M, Mahmood Q, Hafeez F, Bilal M. Nutrient uptake and growth of spinach as affected by cow manure co-composted with poplar leaf litter. Int J Recycl Org Waste Agric, 2017; 6(1):79-88.
[20]. Aghili F, Gamper HA, Eikenberg J, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R, et al. Green manure addition to soil increases grain zinc concentration in bread wheat. Plos one, 2014; 9(7):1-13.
[21]. Sinha P, Dube B, Srivastava P, Chatterjee C. Alteration in uptake and translocation of essential nutrients in cabbage by excess lead. Chemosphere, 2006; 65(4):651-656.
[22]. Gopal R, Rizvi AH. Excess lead alters growth, metabolism and translocation of certain nutrients in radish. Chemosphere, 2008; 70(9):1539-1544.
[23]. Wu W, Wu P, Yang F, Sun D-l, Zhang D-X, Zhou Y-K. Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. Sci Total Environ, 2018; 630:53-61.
[24]. Mallah Nowkandeh S, Noroozi AA, Homaee M. Estimating soil organic matter content from Hyperion reflectance images using PLSR, PCR, MinR and SWR models in semi-arid regions of Iran. Environ Develop, 2018; 25:23-32.
[25]. Baghaie AH, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M. Phytoavailability of Lead (Pb) for Corn and Sunflower as Affected by Pb-enriched Sewage Sludge and Cow Manure. J Res Sci Technol, 2016; 13(4).
[26]. Etemadi H, Smoak JM, Sanders CJ. Forest migration and carbon sources to Iranian mangrove soils. J Arid Environ, 2018; 157:57-65.

www.SID.ir

Investigation the quality of tomato grown in a soil treated with iron slag and its effect on human health

Amir Hossein Baghaie[1*], Reza Jafarinia[2]

1. Department of Soil-Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2. Department of Water Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Abstract

Background & Objectives Soil pollution with heavy metals can decrease Fe availability in human food chain in industrial regions. This research was done to investigation the quality of tomato grown in a soil treated with iron slag and its effect on human health.

Materials & Methods This research was done in 2016 in a greenhouse experiment in Arak province with 72 pots including: applying 0, 15 and 30 t ha^{-1} cow manure enriched with 0 and 10% (W/W) iron sludge in a Pb polluted soil (0, 600, 800 and 1000 mg Pb kg^{-1} soil). At the end of experiment, fruit Fe concentration was measured and Fe daily intake for 4 to 50 years group was calculated.

Results Consumption of 80 g tomato which cultivated in soil treated with 30 t ha^{-1} enriched cow manure with iron slag can supply 18.4% Fe daily requirement for the children in the range 4 to 8 years. With increasing the Pb soil pollution up to 1000 mg/kg soil, only 12.1% Fe requirement was supplied in this age group.

Conclusion The results of this experiment showed that applying enriched cow manure with iron slag has affect on increasing Fe requirement from tomato consumption. However, tomato cultivation in Pb polluted soil can decrease fruit Fe concentration and thereby, decrease the human Fe intake.

Received: 2018/02/20
Accepted: 2018/07/06

Keywords: enrichment, iron slag, Pb, tomato.

Archive of SID

www.SID.ir