ارزیابی غلظت سرب در خاک و بذر مزارع تحت کشت گندم و تأثیر برخی ویژگی‌های خاک بر آن (مطالعهٔ موردی: استان خوزستان)

مریم نصری‌فرد[۱*]، غلامعباس صیاد[۱]، علیرضا جعفرنژادی[۲] و مجید افیونی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۳۱)

چکیده

آلودگی محیط زیست به عناصر سنگین مانند سرب مشکلی جدی و روزافزون است. با توجه به نقش مهم گندم در تغذیه انسان، این پژوهش به‌منظور بررسی غلظت سرب در خاک و بذر گندم مزارع استان خوزستان انجام گرفت. بر این اساس، در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ از تعداد ۱۰۰ مزرعه به روش وزنی، نمونه‌های خاک و بذر گندم جمع‌آوری شدند. برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت خاک، درصد کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی، پ-هاش و هدایت الکتریکی خاک و هم‌چنین غلظت سرب کل خاک، سرب قابل جذب و سرب موجود در بذر گندم در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در هیچ یک از مناطق مطالعاتی، غلظت سرب خاک و بذر گندم، بالاتر از حد مجاز آلودگی (به‌ترتیب ۵۰ و ۳۰۰-۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نبود. منطقه ایذه با میانگین ۰/۰۱ میکروگرم بر کیلوگرم، کمترین غلظت سرب و باغ‌ملک با میانگین ۱۹۰ میکروگرم بر کیلوگرم، دارای بیشترین غلظت سرب در بذر گندم بودند. میانگین غلظت سرب قابل جذب در کل منطقه مطالعاتی، ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت سرب قابل جذب در خاک ارتباط منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۲^{*}$) با قابلیت هدایت الکتریکی خاک نشان داد. هم‌چنین غلظت سرب در بذر گندم با درصد کربنات کلسیم معادل ارتباط مثبت و معنی‌داری ($r=۰/۳^{**}$) نشان داد. غلظت بالاتر سرب در بذر گندم نان نشان داد که گندم نان پتانسیل بالاتری در انباشت سرب نسبت به گندم دوروم دارد.

واژه‌های کلیدی: استان خوزستان، عناصر سنگین، سرب، گندم

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.nasrifard@gmail.com

مقدمه

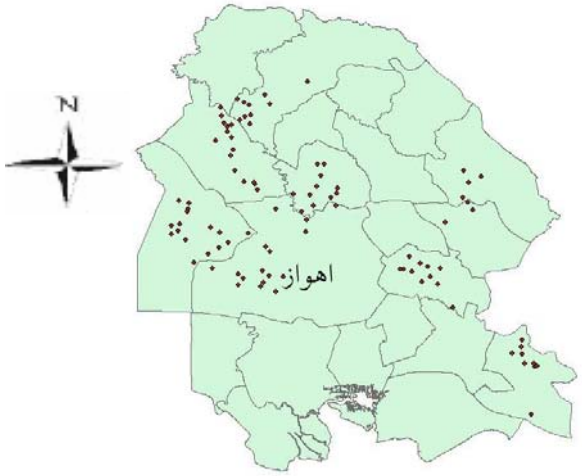
آب و خاک دو منبع اصلی در تولید محصولات کشاورزی هستند. هرگونه آسیب به منابع آب و خاک به‌طور مستقیم بر کیفیت و کمیت تولیدات مؤثر بوده و خساراتی جبران‌ناپذیر در پی دارد (۱۳). عناصر سنگین از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به‌شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. هر چند این عناصر به‌طور طبیعی و در مقادیر بسیار کم در خاک یافت می‌شوند ولی فعالیت‌های انسان باعث افزایش تراکم غلظت آنها در بخش‌هایی از محیط شده که منجر به بروز خواص سمی آنها می‌شود (۱۲). آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین بر کیفیت محصولات، سلامتی انسان و کیفیت محیط زیست اثراتی نامطلوب می‌گذارد. در بین عناصر سنگین، کادمیوم و سرب به‌دلیل نیمه‌عمر طولانی آنها در بدن انسان و حیوانات از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (۲۱). سرب یکی از فلزات سنگین و از عوامل آلوده‌کننده محیط است که با ایجاد اثرات سمی شدید در انسان و دیگر جانداران، نقش مهمی در آلودگی محیط زیست دارد (۷). حدود ۹۵ درصد از سرب وارد شده به بدن انسان‌ها در استخوان‌ها به‌صورت فسفات‌های سرب با نیمه‌عمر ۲۰ تا ۳۰ سال رسوب می‌کند (۲۱). انباشته شدن سرب در بدن باعث بروز اختلال در سیستم‌های عصبی، گوارشی و کلیوی می‌گردد (۲۱).

میانگین غلظت سرب در قشر پوسته زمین حدود ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. سرب در خاک‌های غیرآلوده در غلظت‌های کمتر از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وجود دارد اما در نواحی آلوده غلظت‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر غلظت طبیعی آن در خاک می‌تواند یافت شود (۲۴). براساس استاندارد کشور سوئیس، حد مجاز سرب کل موجود در خاک ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (۱۶). گلچین (۹) با بررسی نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده از زمین‌های کشاورزی مجاور کارخانجات استان زنجان، مقدار سرب کل و قابل عصاره‌گیری با DTPA را به‌ترتیب در دامنه ۵۹ تا۵۸۵۰ و ۰/۵ تا ۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک گزارش کردند.

از بین منابع مختلف آلودگی سرب در محیط، مهم‌ترین و بیشترین منبع آلوده‌کننده اتمسفر و خاک، ذرات سرب خروجی از اگزوز وسایل نقلیه بنزین‌سوز می‌باشد (۷). سایر منابع ورود سرب به خاک‌های کشاورزی شامل استفاده از کودهای حیوانی و شیمیایی، کاربرد کمپوست و آبیاری مزارع با فاضلاب تیمارشده از منابع شهری و یا کاربرد لجن فاضلاب به‌عنوان کود می‌باشند (۲).

سرب در خاک حلالیتی اندک داشته و گیاهان قادر به جذب مقدار زیاد سرب از خاک نیستند و عمده سرب در خاک برای بیشتر گیاهان غیر قابل استفاده است (۱۹). دامنه طبیعی غلظت سرب در گیاهان از ۰/۲ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و حد بحرانی آن ۳۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گیاه گزارش شده است (۱۵). گیاهان از نظر میزان جذب سرب متفاوت می‌باشند. ویلسون و کلین (۲۸) جذب سرب توسط جو را مطالعه کرده و نشان دادند که تنها ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۰۵ درصد از کل سرب خاک‌ها می‌تواند توسط گیاهان جذب شود. اگرچه سرب عنصری است که به مقدار کمی قابل دسترس گیاه است اما گیاهانی مانند ذرت و آفتابگردان قادرند مقادیر زیادی از سرب را به‌خصوص در ریشه‌های خود تجمع دهند (۱۹). امروزه توجه زیادی به محتوای سرب در نان و سیب‌زمینی به‌عنوان منابع مهم این فلز در غذای انسان وجود دارد. میانگین غلظت سرب در بذر گندم و سیب‌زمینی در آلمان (از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳) به‌ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۲۲).

گندم کشت غالب در استان خوزستان است و کشاورزان از کودهای حیوانی و شیمیایی (فسفری) که علاوه بر عناصر غذایی، حاوی فلزات سنگین نیز می‌باشند، استفاده بی‌رویه می‌کنند. از سوی دیگر، در اثر مصرف زیاد سوخت‌های فسیلی (به‌ویژه بنزین در خودروها)، سرب زیادی به اتمسفر وارد شده است که در نهایت به‌صورت فرونشست به خاک زمین‌های کشاورزی وارد شده است (۷). این پدیده در زمین‌های کشاورزی اطراف جاده‌ها و بزرگراه‌ها با شدت بیشتری رخ



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری شده در استان خوزستان

می‌دهد (۷). به همین دلیل، بررسی وضعیت سرب در خاک و بذر این محصول و ارتباط آن با ویژگی‌های خاک حایز اهمیت می‌باشد. با توجه به مطالب بیان‌شده، این پژوهش به‌منظور بررسی آلودگی سرب در خاک و بذر گندم، مقایسه جذب سرب بین ارقام کشت‌شده گندم (نان و دوروم) و تأثیر برخی از ویژگی‌های خاک بر میزان سرب در مزارع تحت کشت گندم استان خوزستان انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

۱. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در تعدادی از مزارع تحت کشت گندم استان خوزستان شامل مناطق اهواز، ایذه، باغ‌ملک، بهبهان، دشت آزادگان، دزفول، رامهرمز، شوش و شوشتر انجام شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری شده را نشان می‌دهد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی، این مزارع در قسمت‌های مرکز، شمال، شرق و غرب استان خوزستان پراکنده می‌باشند. در این مزارع، ارقام گندم نان (به‌صورت پراکنده در استان) و دوروم (بیشتر در مناطق شرقی استان) کشت می‌شوند. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالیانه در استان به‌ترتیب ۲۴۰ میلی‌متر و ۲۲ درجه سلسیوس می‌باشد. خاک‌های غالب منطقه مطالعاتی از نوع اریدی‌سول و انتی‌سول هستند (۵).

۲. نمونه‌برداری و تجزیه‌های خاک و بذر

نمونه‌های خاک و گیاه از حدود ۱۰۰ مزرعه تحت کشت گندم با توجه به سطح زیر کشت هر شهر و نیز الگوی پراکنش مزارع، تهیه شدند. وسعت کل منطقه مطالعاتی بیش از ۳۱۰۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. موقعیت نقاط مطالعاتی با استفاده از سامانه مکان‌یاب جهانی GPS (Global Positioning System) تعیین گردید و به ازای هر ۱۴۰۰ هکتار یک جفت نمونه مرکب از خاک و گیاه به‌صورت وزنی (سطح زیر کشت بیشتر نمونه بیشتر) برداشت شد. شکل ۱ موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده از منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. بدین‌منظور، در هر نقطه نمونه‌برداری با استفاده از یک کادر یک مترمربعی تعداد ۱۵ نمونه سنبله گندم از نقاط مختلف به‌طور تصادفی برداشت شد و یک نمونه مرکب گندم تهیه گردید. هم‌چنین، از سطح ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک چند نمونه‌برداری ساده انجام و پس از مخلوط نمودن، حدود یک کیلوگرم خاک به‌صورت مرکب آماده شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و هواخشک نمودن و کوبیدن آنها، از الک دو میلی‌متری گذرانده شدند و برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آنها شامل pH گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (۲۰)، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر والکی- بلک (۲۶)، ظرفیت

جدول ۱. توصیف آماری برخی ویژگی‌های خاک و غلظت سرب در خاک و بذر گندم

ویژگی	واحد	حداقل	میانگین	حداکثر	حد بحرانی
pH	–	۶/۹	۷/۴	۸/۴	–
قابلیت هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۰/۶	۳/۹	۲۴/۳	–
کربنات کلسیم معادل	درصد	۱۵	۴۵	۷۰	–
کربن آلی	درصد	۰/۰۱۵	۰/۸۲	۱/۷۱	–
ظرفیت تبادل کاتیونی	سانتی‌مول بر کیلوگرم	۵/۹	۱۴/۴	۲۸/۳	–
غلظت سرب بذر	میکروگرم بر کیلوگرم	۰/۰۱	۵۱/۹۸	۲۱۸۶/۷	۳۰×۱۰^{-۳}–۳۰۰×۱۰^{-۳}
غلظت سرب کل خاک	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴/۰۲	۱۳/۷۵	۲۹/۴	۵۰
غلظت سرب قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۰۲	۰/۶	۱/۸۹	–

تبادل کاتیونی به روش استات آمونیوم (۲۵)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (۸) و درصد شن، سیلت و رس به روش هیدرومتری (۱۷) اندازه‌گیری شدند.

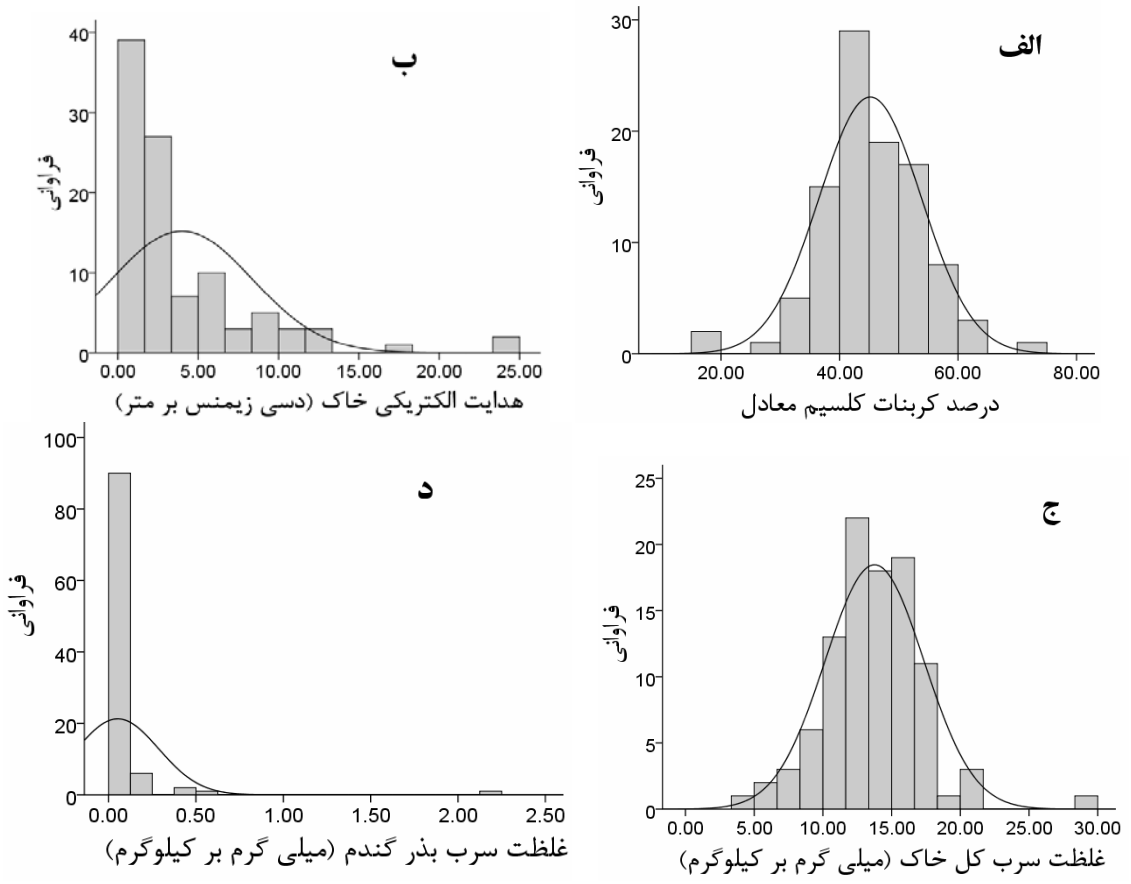
برای اندازه‌گیری غلظت کل سرب در خاک، نمونه‌ها با استفاده از اسید نیتریک پنج مولار هضم و سپس عصاره‌گیری شدند (۱۱). به‌منظور تعیین غلظت سرب در بذر، پس از برداشت گندم، نمونه‌ها در آون تهویه‌دار به‌مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس، یک گرم از بذر خشک‌شده را داخل بوته چینی ریخته و به‌مدت دو ساعت درون کوره الکتریکی و در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده تا خاکستر شوند. پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو مولار و عبور محلول از کاغذ صافی، عصاره‌گیری انجام شد (۲۷). در نهایت، غلظت سرب در عصاره‌های خاک و بذر به‌وسیله دستگاه کوره گرافیتی (مدل جی‌بی‌سی) اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت سرب قابل جذب در خاک، نمونه‌ها توسط عصاره‌گیر DTPA عصاره‌گیری شدند و غلظت سرب موجود در عصاره‌ها توسط دستگاه آی‌سی‌پی (مدل جی‌بی‌سی) اندازه‌گیری شد (۲۷). کنترل کیفیت نمونه‌ها براساس مرجع استاندارد بین المللی مبادله تجزیه خاک گزارش ۲۰۰۰، شماره ۹۸۱ خاک شنی از کشور هلند انجام گردید. بر این اساس بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر داده‌های استاندارد هم‌خوانی خوبی وجود داشت. پس از جمع‌آوری اطلاعات آزمایشگاهی، پردازش آماری تمامی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 16 انجام گردید.

نتایج و بحث

۱. ویژگی‌های آماری داده‌ها

نتایج آمار توصیفی غلظت سرب بذر گندم و برخی از خصوصیات خاک در جدول ۱ آورده شده است. مقادیر حد مجاز غلظت سرب در خاک و گیاه در خاک‌های غیرآلوده نیز برای مقایسه با نتایج این پژوهش آورده شده است. با توجه به میانگین و حداکثر غلظت سرب کل در خاک که به‌ترتیب ۱۳/۷ و ۲۹/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند، و مقایسه آن با حد مجاز آلودگی کشور سوئیس که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱۶) می‌باشد مشخص شد که در خاک‌های منطقه مورد مطالعه، آلودگی سرب وجود ندارد. هم‌چنین مقایسه میانگین و حداکثر غلظت سرب در گیاه با حد مجاز آلودگی سرب در گیاهان که بین ۳۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱۵) می‌باشد، نشان داده شد که غلظت سرب در بذر گندم پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد (جدول ۱).

جعفرنژادی و همکاران (۴) با بررسی میزان سرب در خاک مزارع تحت کشت گندم استان خوزستان به این نتیجه رسیدند



شکل ۲. توزیع فراوانی درصد کربنات کلسیم معادل خاک (الف)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک (ب)، غلظت سرب کل خاک (ج) و غلظت سرب بذر (د)

که غلظت سرب کل خاک پایین‌تر از حد مجاز آلودگی قرار دارد. امینی و همکاران (۱۳) با نمونه‌گیری از ۲۵۵ نمونه خاک منطقه اصفهان دریافتند که میانگین غلظت سرب کل ۲۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. ایشان گزارش کردند که مقدار سرب کل در کمتر از ۲ درصد خاک‌ها بیشتر از مقدار مجاز سوئیس (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.

میانگین غلظت سرب قابل جذب در خاک‌های منطقه مطالعاتی، ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و دامنه تغییرات آن، بین ۰/۰۲ تا ۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (جدول ۱) که نشان‌دهنده پایین بودن غلظت سرب قابل جذب در خاک است. چرم و قنبری‌زاده (۶) غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در خاک‌های خرمشهر را ۰/۸ تا ۱۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.

شکل ۲ توزیع فراوانی برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در خاک را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که وضعیت پراکنش غلظت سرب در بذر و قابلیت هدایت الکتریکی خاک از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند، درصورتی‌که سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در منطقه، دارای توزیع نرمال بودند (شکل ۲).

خاک‌های مورد مطالعه، دارای درصد کربنات کلسیم معادل بالا (بالاتر از ۴۰ درصد) و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (به‌طور میانگین بالاتر از ۱۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. مقدار کربن آلی در منطقه مطالعاتی کم بوده، به‌طوری‌که در ۷۵ درصد از خاک‌های نمونه‌برداری‌شده، کمتر از یک درصد بود. طبق مطالعات قبلی در استان خوزستان، میانگین درصد کربن آلی در خاک این استان کمتر از یک است (۱۰).

۲. بررسی همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه

رفتار و حلالیت عناصر سنگین در خاک به ویژگی‌های خاک وابسته می‌باشد. این ویژگی‌ها شامل غلظت و شکل عنصر در خاک، pH، پتانسیل اکسید و احیا (رداکس)، میزان ماده آلی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و میکروارگانیزم‌ها می‌باشند (۱۹). ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. بر این اساس، همبستگی معنی‌داری بین غلظت سرب کل خاک با غلظت سرب قابل جذب در خاک، غلظت سرب بذر گندم و ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده خاک (pH، قابلیت هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد کربنات کلسیم معادل و کربن آلی) مشاهده نشد.

تقی‌پور (۳) رابطه مثبت و معنی‌داری را بین ماده آلی خاک با غلظت سرب، نیکل، کروم، روی و کبالت گزارش کرد. بین غلظت سرب در خاک و بذر با pH و قابلیت هدایت الکتریکی رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج پژوهش‌های رودریگو و همکاران (۲۳) در خاک‌های سطحی اسپانیا مشابه نتایج مطالعه حاضر است. ایشان نیز در مطالعه خود رابطه معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین با pH و قابلیت هدایت الکتریکی مشاهده نکردند. هم‌چنین، بین لگاریتم غلظت سرب بذر گندم با درصد کربنات کلسیم معادل خاک، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد (r=۰/۳). در این مطالعه، همبستگی منفی معنی‌داری در سطح پنج درصد بین قابلیت هدایت الکتریکی و غلظت سرب قابل جذب مشاهده گردید (r= −۰/۲).

۳. غلظت سرب در مناطق نمونه‌برداری‌شده

میانگین غلظت سرب در خاک و بذر گندم در مناطق مختلف در جدول ۳ آورده شده است. نتایج مقایسه میانگین غلظت سرب کل خاک نشان داد که منطقه ایذه با میانگین غلظت سرب کل خاک ۱۹/۴ و منطقه شوشتر با میانگین غلظت سرب کل خاک ۹/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت سرب کل خاک در بین مناطق مورد مطالعه بودند (جدول ۳). از سوی دیگر، با مقایسه نتایج میانگین غلظت سرب در بذر گندم، مشاهده گردید که منطقه ایذه با میانگین ۰/۰۱ میکروگرم بر کیلوگرم، کمترین غلظت سرب در بذر گندم و منطقه باغ‌ملک با میانگین غلظت سرب ۱۹۰ میکروگرم بر کیلوگرم در بذر گندم، بیشترین غلظت سرب را دارا بودند (جدول ۳).

همان‌طور که مشاهده شد منطقه ایذه دارای بیشترین غلظت سرب در خاک و کمترین غلظت سرب در بذر گندم بود (جدول ۳). بر این اساس، با توجه به غلظت سرب کل خاک در یک منطقه نمی‌توان به وضعیت غلظت این عنصر در بذر پی برد. به عبارت دیگر، میزان کل سرب، ملاک مناسبی برای تعیین آلودگی بذر نیست. نتایج مشابه در ارتباط با غلظت کادمیوم کل و میزان آن در بذر توسط جعفرنژادی (۵) گزارش شده است. در این شرایط باید تأثیر سایر ویژگی‌های خاک بر جذب عناصر سنگین به‌وسیله گیاه، مورد مطالعه قرار گیرد. این ویژگی‌ها شامل pH، پتانسیل رداکس، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، رژیم آبی، میزان ماده آلی و غلظت سایر عناصر سنگین در خاک می‌باشند (۱۹). احتمالاً در منطقه ایذه این ویژگی‌ها سبب کاهش جذب سرب توسط گندم از خاک و در نتیجه، کاهش غلظت آن در بذر گندم شده‌اند. اندازه‌گیری ماده آلی در مناطق مختلف نشان داد که منطقه ایذه با میانگین ۱/۴۶ درصد، دارای بیشترین میزان ماده آلی بود. به نظر می‌رسدکه بالا بودن ماده آلی در خاک، مانع جذب سرب از خاک به‌وسیله گندم شده باشد. مواد آلی یکی از مهم‌ترین اجزای خاک در نگه‌داری یون‌های فلزات می‌باشند. مواد آلی باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و کاهش حلالیت فلزات می‌گردند (۱۴).

همان‌طورکه گفته شد میانگین غلظت سرب در بذر گندم در هیچ‌یک از شهرستان‌های منطقه مطالعاتی بالاتر از حد بحرانی نبود، لیکن می‌توان از بَعد دیگری به این قضیه نگاه کرد. بیشترین میانگین غلظت سرب در بذر گندم در منطقه باغ‌ملک و به‌میزان ۱۹۰ میکروگرم بر کیلوگرم است (جدول ۳). با توجه به

جدول ۲. ضرایب همبستگی خصوصیات اندازه‌گیری شده در خاک و دانه گندم

ویژگی	pH	EC	OC	$CaCO_3$	CEC^{o}	$T\text{-}Pb^{+}$	$P\text{-}Pb^{+}$	$D\text{-}Pb^{+}$
pH	۱							
EC	−۰/۱۱	۱						
OC	۰/۱۳	−۰/۲۶**	۱					
$CaCO_3$	−۰/۰۸	۰/۰۳	−۰/۳۱**	۱				
CEC	۰/۰۴	−۰/۴۱**	۰/۵**	−۰/۳۱**	۱			
T-Pb	۰/۱۸	−۰/۰۱	۰/۱۴	−۰/۱۲	۰/۱۱	۱		
P-Pb	۰/۰۶	۰/۰۱	−۰/۱۸	۰/۳**	۰/۰۳	۰/۰۳	۱	
D-Pb	۰/۱۴	−۰/۲*	۰/۱۴	−۰/۰۸	−۰/۰۴	۰/۰۱	−۰/۰۹	۱

EC برحسب دسی‌زیمنس بر متر، OC و $CaCO_3$ به‌ترتیب کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک برحسب درصد و CEC ظرفیت تبادل کاتیونی برحسب سانتی‌مول بر کیلوگرم می‌باشند. $T\text{-}Pb^{+}$ غلظت سرب کل خاک و $D\text{-}Pb^{+}$ غلظت سرب قابل جذب در خاک برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. $P\text{-}Pb^{+}$ غلظت سرب در دانه گندم برحسب میکروگرم بر کیلوگرم می‌باشد.

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح اطمینان پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۳. میانگین غلظت سرب در خاک و بذر گندم در منطقه مطالعاتی

شهرستان	میانگین غلظت سرب	
	خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	بذر (میکروگرم بر کیلوگرم)
اهواز	۱۳/۱	۱۷۷
ایذه	۱۹/۴	۰/۰۱
باغ‌ملک	۱۶/۱	۱۹۰
بهبهان	۱۵/۳	۶۲
دزفول	۱۵/۳	۵۹
دشت‌آزادگان	۱۳	۴/۸
رامهرمز	۱۴/۳	۴
شوش	۱۳/۶	۱۲/۲
شوشتر	۹/۸	۶

آمار و ارقام، سرانه مصرف نان برای هر فرد ایرانی ۱۶۰ کیلوگرم در سال می‌باشد. با انجام محاسبات، میزان ورود سرب به بدن هر یک از افراد ساکن در منطقه باغ‌ملک در نتیجه مصرف نان در حدود ۳۰/۴ میلی‌گرم در سال و یا به عبارتی، ۰/۰۸۳ میلی‌گرم در روز می‌باشد. حد معمول جذب سرب توسط انسان ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ میلی‌گرم در روز (۱) و شروع آستانه سمیت جذب سرب توسط انسان، یک میلی‌گرم در روز می‌باشد (۱). با توجه به مطالب بیان‌شده، میزان سربی که تنها در نتیجه مصرف نان وارد بدن این افراد می‌شود بالاتر از حد معمول است. بایستی خاطر نشان کرد که به‌جز در اثر مصرف نان، سرب از منابع دیگر خوراکی مانند فرآورده‌های کنسروشده (۱۸) نیز وارد بدن می‌شود. بنابراین، میزان کل سرب واردشده

به بدن این افراد در نتیجه استفاده از مواد خوراکی، بیشتر از این مقدار (۰/۰۸۳ میلی‌گرم در روز) می‌باشد.

۴. مقایسه ارقام کشت‌شده گندم (نان و دوروم)

جدا از تفاوت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی که بین گندم نان (۲n=۶x) و دوروم (۲n=۴x) از لحاظ جذب و انتقال عناصر سنگین وجود دارد؛ خصوصیات خاک، موقعیت جغرافیایی، شرایط و زمان کشت و کار نیز بر جذب عناصر سنگین اثر می‌گذارند (۱۹). قسمت عمده‌ای از مزارع گندم در استان خوزستان از نوع گندم نان می‌باشند (۵). در این مطالعه، حدود ۸۹ درصد از نمونه‌های بذر گندم از نوع نان و بقیه دوروم بودند. گندم نان عمدتاً در بخش‌های شمال، شمال غرب، غرب و مرکز استان خوزستان کشت می‌شود، در صورتی‌که گندم دوروم به‌طور عمده در بخش‌های شرق و جنوب شرقی این استان کشت شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انباشت سرب در بذر گندم نان و دوروم، متفاوت است؛ به‌طوری‌که میانگین غلظت سرب در بذر گندم نان و دوروم به‌ترتیب ۵۳ و ۴۳ میکروگرم بر کیلوگرم بود و این موضوع، نشان‌دهنده آن است که گندم نان، پتانسیل بالاتری در انباشت سرب نسبت به گندم دوروم دارد. هرچند مطالعه‌ای مشابه این پژوهش در زمینه سرب صورت نگرفته است؛ لیکن جعفرنژادی (۵) با بررسی غلظت کادمیوم در ارقام گندم نان و دوروم در استان خوزستان، مشاهده نمود که گندم دوروم، پتانسیل بالاتری در انباشت کادمیوم نسبت به گندم نان دارد. شاید علت اختلاف بین نتایج این پژوهش و مطالعه جعفرنژادی (۵) تفاوت در رفتار و خصوصیت شیمیایی دو عنصر سرب و کادمیوم و تفاوت‌های ژنتیکی باشد که بین ارقام مختلف گندم از لحاظ جذب و انتقال عناصر سنگین وجود دارد (۱۹).

نتیجه‌گیری

غلظت سرب در خاک و بذر گندم در مناطق مورد مطالعه، بالاتر از حد مجاز آلودگی (به‌ترتیب ۵۰ و ۳۰۰-۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار نداشت. میانگین غلظت سرب قابل جذب در کل منطقه مطالعاتی، ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در این پژوهش، غلظت سرب کل خاک با دیگر ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده خاک، همبستگی معنی‌دار نشان نداد. غلظت سرب در بذر گندم با درصد کربنات کلسیم معادل خاک، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. بین غلظت سرب قابل جذب با قابلیت هدایت الکتریکی خاک، همبستگی منفی معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده شد. مقایسه میانگین غلظت سرب در بذر بین دو رقم گندم نان و دوروم نشان داد که گندم نان، پتانسیل بالاتری در انباشت سرب نسبت به گندم دوروم دارد. در بین مناطق مورد مطالعه، ایذه بیشترین و شوشتر کمترین غلظت سرب کل خاک را دارا بودند. از طرفی، مقایسه غلظت سرب در بذر گندم در مناطق مختلف نمونه‌برداری‌شده نشان داد که مناطق ایذه و باغ‌ملک به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین غلظت سرب در بذر گندم بودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش در برخی از مناطق به‌دلیل مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی (به‌ویژه کودهای فسفاته) امکان آلودگی خاک و گیاه در چند سال آینده وجود دارد. بنابراین، توصیه می‌شود که مصرف این کودها در منطقه مطالعاتی با مدیریت دقیق‌تر صورت گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. افیونی، م.، ح. خادمی، ح. شریعتمداری، م. امینی و ا. خسروی. ۱۳۸۲. گزارش نهایی بررسی وضعیت آلودگی خاک‌های سطحی منطقه مرکزی اصفهان، اداره کل حفاظت محیط زیست اصفهان. ۷۵ ص.

۲. امینی، م.، م. افیونی و ح. خادمی. ۱۳۸۵. مدل‌سازی توازن جرمی عناصر کادمیوم و سرب در زمین‌های زراعی منطقه اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۴): ۹۰-۷۷.

۳. تقی‌پور، م. ۱۳۸۸. تغییرات مکانی برخی از فلزات سنگین در خاک‌های سطحی بخشی از استان همدان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. جعفرنژادی، ع. ر.، غ. ع. صیاد و م. همایی. ۱۳۸۷. بررسی میزان کادمیوم و سرب در خاک مزارع تحت کشت گندم استان خوزستان. چکیده مقالات چهارمین همایش ملی بحران‌های زیست‌محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.۴ و ۵ دی ماه.

۵. جعفرنژادی، ع. ر. ۱۳۸۹. مدل‌سازی روند انباشت کادمیوم در خاک مزارع گندم. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۶. چرم، م. و ل. قنبری‌زاده. ۱۳۸۲. اثرات جنگ تحمیلی بر روی تجمع عناصر آلاینده در خاک‌های جنوب. هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت.۱۲-۹ شهریور ماه.

۷. رحمانی، م. ر. ۱۳۷۴. آلودگی خاک توسط عنصر سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگراه‌های ایران. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. علی احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. *شرح روش‌های شیمیایی تجزیه خاک*. چاپ اول، نشریه فنی ۸۹۳ مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور. تهران.

۹. گلچین، ا. ۱۳۸۲. فعالیت‌های صنعتی و آلودگی خاک‌های کشاورزی به فلزات سنگین، هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت. ۱۲-۹ شهریور ماه.

۱۰. ملکوتی، م. ج. و م. کاووسی. ۱۳۸۳. *تغذیه متعادل برنج*. انتشارات سنا، تهران.

11. Ajoyi, A. and F. Kamson. 1983. Determination of lead in roadside in Logos city by atomic absorption spectrophotometry. Environ. Intl. 9: 397-400.
12. Alloway, B. J. 1990. Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons Inc., New York.
13. Amini, M., M. Afyuni, H. Khademi, K. C. Abbaspour and R. Schulin. 2005. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of central Iran. Sci. Total Environ. 347: 64-77.
14. Backstrom, M., S. Karlsson, L. Backman, L. Folkeson and B. Lind. 2004. Mobilization of heavy metals by deicing salts in a roadside environment. Water Res 38: 720-732.
15. Davies, B. E. 1990. Lead. PP. 177-197. *In*: B. J. Alloway (Ed.), Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons Inc., New York.
16. FOEFL (Swiss Federal Office of Environment, Forest and Landscape). 1998. Commentary on the ordinance relating to pollutants in soils. Bern.
17. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. PP. 383-411. *In*: Klute (Ed.) Methods of Soils Analysis. Part 1, 2nd ed. America Society of Agronomy, Madison. WI.
18. Kabala, C. and B. R. Singh. 2001. Fractionation and mobility of copper, lead and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. J. Environ. Qual. 30: 485-492.
19. Kabata-pendias, A. and H. Pendias. 2001. Trace Element in Soils and Plant. 3rd ed., CRC Press, Bocaraton, London, New York, Washington, D.C.
20. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeny. 1982. Methods of Soil Analysis. Part II, Physical Properties, ASA, SSSA, Madison, WI.
21. Pagliuca, A., D. Baldwin, A. N. Lsetas, R. M. Wallis, A. J. Bellingham and G. J. Mufti. 1990. Lead poisoning: clinical, biochemical and hematological aspects of a recent outbreak. J. Clin Pathol. 43: 277-287.
22. Roberts, T. M., W. Gizyn and T. C. Hutchinson. 1974. Lead contamination of air, soil, vegetation and people in the vicinity of secondary lead Smelters. Eighth annual conference on trace substances in environmental health. University of Missouri, PP. 155-166.
23. Rodriguez, M. J. A., M. L. Ariasand and C. J. M. Grau. 2006. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geoestatistical methods to study spatial variations. Environ. Pollut. 144: 1001-1012.
24. Sarker, B. 2002. Heavy Metals in the Environment. Marcel Dekker Pub., New York.

25. Sumner, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. PP. 1201-1229. *In*: Sparks (Ed.), Methods of Soils Analysis. Part 2. America Society of Agronomy, Madison, WI.
26. Walkely, A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-28.
27. Wilde, S. A., R. B. Corey and J. G. Lyer. 1979. Soils and Plant Analysis for Tree Culture. Oxford and IBH Pub., New Delhi. 224 p.
28. Wilson, D. O. and J. F. Cline. 1966. Removal of plutonium-239, tungsten-185, and lead-210 from soils. Nature (London) 209: 941.

Evaluation of Lead Concentrations in Soil and Seed of Wheat Farms and the Influence of Some Soil Characteristics on it (A Case Study: Khuzestan Province)

M. Nasrifard[1]*, G. A. Sayyad[1], A. R. Jafarnejadi[2] and M. Afyuni[3]

(Received : Dec. 04-2011 ; Accepted : July 21 -2012)

Abstract

Environmental pollution caused by heavy metals such as lead is a serious and growing problem. Due to the importance of wheat in the human nutrition, this research was conducted to study concentration of lead in the soil and also seeds of wheat farms in Khuzestan Province. Therefore, in the agricultural year of 2007-2008, the soil and wheat seed samples were collected from 100 farms whose locations were specified using weighing sampling method. The lead concentrations in soil (total and available), and wheat seeds samples were measured. The result revealed that lead concentrations in soil and seeds in none of the studied regions exceeded the respective critical levels (50 and 30-300 mg/kg, respectively). Ezeh with an average of 0.01 µg/kg had the lowest amount of lead in the wheat seeds, while BaghMalek with an average of 190 µg/kg had the highest amount. The mean concentration of available lead in the soils of study region was 0.6 mg/kg. The concentration of available lead had a negative and significant correlation ($r=-0.2^{*}$) with the ECe. Also, lead concentration in wheat seeds had a positive and significant correlation ($r=0.3^{**}$) with the amount of calcium carbonate equivalent. More lead concentration in seeds of bread wheat cultivars showed its higher potential for accumulation of lead than durum wheat.

Keywords: Khuzestan Province, Heavy metals, Lead, Wheat.

1. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Shahid Chamaran Univ. of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Agric. and Natur. Resour. Res. Center of Khozestan.
3. Dept. of Soil Scil, College of Agric., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: m.nasrifard@gmail.com