بررسی وضعیت آلودگی خاک و محصولات کشاورزی در ایران

حامد رضایی[۱]، کریم شهبازی، سعید سعادت و کامبیز بازرگان

دانشیار بخش تحقیقات اصلاح‌خاک و مدیریت پایدار اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران. **Rezaei_h@yahoo.com**

دانشیار بخش آزمایشگاهها موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران. **shahbazikarim@yahoo.com**

دانشیار بخش تحقیقات اصلاح‌خاک و مدیریت پایدار اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران. **saeed_saadat@yahoo.com**

دانشیار بخش آزمایشگاهها، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران. **k_bazargan@yahoo.com**

چکیده

عوامل بسیاری بر روی تولید محصولات سالم تأثیر دارند، چندان‌که نظارت بر آن‌ها مستلزم نگاه فرآیندی و سیستمی در کلیه مراحل قبل از کشت تا هنگام عرضه و مصرف آن‌ها هست. لذا به‌منظور آگاهی از مهم‌ترین عوامل و استفاده از تجارب ملّی و بین‌المللی، مطالعات داخلی و خارجی انجام‌گرفته، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت تا به‌توان بر اساس آن مطالعات و اقدامات بعدی را طراحی نمود. خاک بستر تولید محصولات کشاورزی است. اگرچه تشکیلات زمین‌شناسی دارای غلظت‌های بالای عناصر آلاینده(به‌ویژه فلزات سنگین) می‌تواند باعث آلودگی منابع خاک گردد، امّا فعالیت‌های بشری همانند فعالیت صنایع آلاینده، استفاده نادرست از نهاده‌های کشاورزی مانند آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و آلی (به‌ویژه کودهای فسفاتی، کودهای عناصر کم‌مصرف، لجن‌فاضلاب غیراستاندارد)، فاضلاب با کیفیت نامناسب، فرونشست‌های جوی به‌ویژه در مناطق شهری و حاشیه شهرها، از جمله مواردی هستند که خاک را تحت تأثیر آلاینده‌ها قرار می‌دهند. آلودگی آب امری منفک از خاک نبوده بلکه در ارتباط تنگاتنگ باهم هستند. هرچند گزارش‌هایی در مناطقی از کشور حاکی از وجود برخی فلزات سنگین در منابع آب با منشأ ژئوهیدرولوژیکی وجود دارد، امّا به نظر می‌رسد استفاده از فاضلاب‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی در برخی نقاط به دلیل حجم و زمان طولانی نیازمند توجه جدی هست. درنهایت مدیریت به‌عنوان کلیدی‌ترین عامل در سلامت محصولات، نقش‌آفرینی اصلی را دارد. به هر روی تولید محصولات سالم صرفاً با منابع پایه (الف)خاک، (ب)آب و (ج) هوای سالم همراه با (د)مدیریت درست و با استفاده از (هـ)نهاده‌های سالم، (و)ضمن حفظ تعادل زیستی امکان‌پذیر است. وضعیت آلودگی محصولات مختلف در حقیقت برآیندی از فرآیند تولید محصول و عوامل مؤثر بر آن هست. نتایج بررسی برخی مطالعات داخلی نشان داد که به دلیل حساسیت و نیاز به تجربه بالا در مراحل مختلف نمونه‌برداری، اندازه‌گیری، گزارش تفسیر نتایج فلزات‌سنگین و نیترات نتایج بسیاری از مطالعات قابل استفاده نیست. در بین محصولات، غلظت نیترات در محصولاتی همانند اسفناج، کاهو، کرفس، سیب‌زمینی و خیار بیشترین و در محصولات میوه‌ای همانند گوجه‌فرنگی، هندوانه و طالبی کمترین غلظت نیترات مشاهده شد. در مورد فلزات سنگین نیز گسترش عمومی در مطالعات مشاهده نمی‌گردد.برای مدیریت و تولید محصولات با حدود مجاز آلاینده‌ها لازم است تا عوامل ذکرشده در تولید محصول سالم مورد توجه قرار گیرد. در این رویکرد، مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک برای کنترل نیترات در محصولات، انتخاب گونه و رقم مناسب، عدم کاشت در اراضی آلوده و یا در معرض فرونشست‌های جوی و آب‌های آلوده امر ضروری است. برای رسیدن به این هدف انجام پایش کیفیت محصولات کشاورزی با صحت و دقت مناسب و شناسایی مناطق پر ریسک در تولید محصولات آلوده و عوامل آلاینده می‌توان نسبت به ارائه راهکار مناسب در هر منطقه متناسب با عامل آن اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: پالایش، آلودگی، فلزات‌سنگین، نیترات، زمین‌زاد، انسان‌زاد

---

[۱] -آدرس نویسنده مسئول: موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به غذا، از طریق افزایش تولید در واحد سطح و گسترش اراضی کشاورزی زمینه‌ساز بهره‌کشی غیرخردمندانه بشر از منابع طبیعی گردید. معرفی ارقام پرمحصول، توسعه روش‌های شیمیائی مبارزه با علف‌های‌هرز، آفات و بیمارهای گیاهی، کاربرد ماشین‌آلات پیشرفته کشاورزی، گسترش استفاده از انواع کودهای شیمیایی از جمله روش‌هایی بودند که برای تأمین نیازهای بشر به محصولات غذائی ارائه و بکار گرفته‌شد. با ترویج یافته‌ها، کاربرد انواع کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها افزایش قابل‌توجهی یافت. درحالی‌که وجود انگیزه‌های اقتصادی افزایش تولید و بهبود بازارپسندی ظاهری را به‌بارآورد، امّا به دلیل نبود قوانین و مقررات مناسب و تضمین‌کننده کیفیت و سلامت محصولات، خاک و آب و... نگرانی‌هایی را ایجاد نمود. در چنین شرایطی مفهوم "امنیت غذایی" پا به میدان نهاد. امنیت غذایی به معنی وضعیتی است که همه مردم در همه زمان‌ها از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی دسترسی به غذای کافی، ایمن و مغذی برای تأمین نیازهای رژیم غذایی و ترجیحات غذایی برای زندگی فعال و سالم داشته باشند(فائو، ۲۰۱۳). یکی از جنبه‌های این تعریف "ایمن بودن غذا" هست. غذای ایمن[۲] غذایی است که وقتی مطابق با استفاده مورد نظر آماده یا خورده شود باعث آسیب به مصرف‌کننده نگردد (فائو و هو، ۲۰۰۹). برای تولید محصول سالم عوامل مختلفی تأثیرگذار هستند که از جمله می‌توان به عوامل خاک، آب، هوا، موجودات زیستی، نهاده و مدیریت را ذکر نمود. سالم نبودن و کیفیت نامناسب هر یک از این عوامل و یا خدشه به هریک از آن‌ها باعث بروز مشکلاتی در سلامت محصول و در نهایت سلامتی مصرف‌کنندگان می‌گردد. در این نوشتار تلاش گردیده است تا هر یک از این عوامل معرفی‌شده و با استفاده از اطلاعات موجود تحلیلی از وضعیت این عوامل و آثار آن بر تولید محصولات کشاورزی سالم ارائه گردد.

خاک سالم، بستر تولید سالم

حدود ۷۸ درصد میانگین کالری مصرفی، به‌طور مستقیم از گیاهان روییده در خاک و ۲۰ درصد مابقی از دیگر منابع غذایی خشکی‌ها به دست می‌آید که به‌صورت غیرمستقیم به خاک وابسته هستند (برویک، ۲۰۱۴). از دیرباز رابطه‌ی بین سلامت خاک، دام و انسان به‌واسطه تأثیر بر کیفیت و سلامت گیاهان شناخته‌شده است. دوران و همکاران (۱۹۹۶) سلامت خاک را ظرفیت پیوسته خاک برای عمل کردن به‌عنوان سیستم زنده حیاتی در محدوده کاربری اراضی و زیست‌بوم به‌منظور پایداری بارخیزی زیستی، حفظ کیفیت هوا و آب و ارتقاء سلامت گیاه، حیوانات و انسان تعریف کردند. وجود آلاینده‌ها در خاک هم به‌واسطه بهم‌زدن کارکردهای خاک و هم به‌واسطه انتقال به گیاه و سلامت گیاه باعث آسیب به سلامت خاک می‌گردد. بالا بودن فلزات سنگین در خاک به‌جز مواردی که ناشی از جنس زمین‌شناسی و مواد مادری (زمین‌زاد) هست، می‌تواند از منابع کشاورزی (کودها، آفت‌کش‌ها و ...)، منابع شهری (پسماندها، فاضلاب و لجن فاضلاب، احتراق سوخت‌های فسیلی)، منابع صنعتی (معدن و ذوب فلزات، صنایع متالورژی، صنایع شیمیایی و الکترونیک)، منابع اتمسفری (فرونشست آلاینده‌های موجود در هوا، گردوغبار) و منابع اتفاقی (انفجارها، جنگ‌افزارها و حوادث صنعتی) منشأ گیرد (میسرال، ۲۰۰۴).

همان‌گونه که ذکر شد غلظت بالای فلزات سنگین در خاک‌ها می‌تواند منشأ زمین‌شناسی و طبیعی (زمین‌زاد) داشته و یا ناشی از فعالیت‌های انسان (انسان‌زاد) باشد. مطالعات مختلفی در داخل کشور حکایت از تأثیر مواد مادری بر غلظت بالای فلزات سنگین در برخی مناطق دارد. ازجمله این مطالعات می‌توان به گزارش‌های غلظت بالای انتیموان و آرسنیک در منطقه همدان (موسوی و همکاران، ۱۳۹۰)، آرسنیک در قروه (ماجدی و همکاران، ۱۳۹۲) و بیجار کردستان (نبی‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۲)، کروم و مس در بیرجند (شهریاری و همکاران، ۱۳۹۰) با منشأ

[۲] -Safe food

زمین‌شناسی اشاره نمود. تحقیقات متنوعی نیز در خصوص آلودگی به فلزات سنگین در اثر فعالیت‌های انسانی انجام‌گرفته است. در جدول یک وضعیت غلظت برخی فلزات‌سنگین در مطالعات انجام‌شده در داخل کشور نشان داده‌شده است. مرور نتایج تحقیقات انجام‌شده در زمینه آلودگی خاک در اراضی کشاورزی ایران به فلزات سنگین حاکی از آن است که اولاً تاکنون مطالعه‌ای جامع در سطح ملّی با مقیاس مناسب انجام نگرفته که لازم است مورد توجه قرارگیرد. ثانیاً بخش قابل‌توجهی از مطالعات انجام‌شده بر روی نمونه‌های خاک اخذشده از مناطق با ریسک آلودگی بالا مانند اراضی اطراف کارخانه‌ها یا مناطق تحت آبیاری با فاضلاب بوده است که بر این اساس نتایج آن‌ها قابل تعمیم به سطح وسیعی از اراضی نیست. به‌هرحال فارغ از خطاهای رایج و پرتکرار که در بخش‌های نمونه‌برداری، اندازه‌گیری و تفسیر نتایج این مطالعات قابل‌مشاهده است، جمع‌بندی گزارش‌های موجود و مقایسه نسبی آن‌ها، وجود آلودگی به‌صورت لکه‌ای را در بعضی از مناطق کشور نشان می‌دهد که عمدتاً متأثر از آلودگی از منابع آلاینده بیرونی و فعالیت-های بشری می‌باشند.

در جدول ۲ مقادیر مختلف حداکثر غلظت مجاز برخی فلزات سنگین و آلاینده خاک در کشورهای مختلف آمده است. سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران نیز نسبت به تهیه استانداردهای آلودگی خاک اقدام نموده است. یکی از مسائل قابل‌توجه در استانداردهای آلودگی خاک در دنیا، بازه وسیع آن‌ها در کشورهای مختلف هست. به‌عنوان‌مثال در مورد عنصر کادمیم بین ۱ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش‌شده است (جدول ۲) که دلیل آن شرایط زیست‌محیطی و رویکردهای تعیین استاندارد سطح آلاینده‌ها در خاک هست.

آب آبیاری سالم و برهمکنش با خاک و گیاه

ازجمله منابع آلاینده خاک و محصولات، استفاده از منابع آب آلوده هست. آلودگی خاک و آب با یکدیگر عجین بوده و تفکیک این دو از یکدیگر امری دشوار است. کیفیت آب به ترکیب آب تغذیه‌کننده‌ی آبخوان، ترکیب کانی‌ها و واکنش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی آبخوان‌ها، فعالیت‌های بشری و پارامترهای محیطی مؤثر بر تحرک ژئوشیمیایی ترکیبات بستگی دارد (اصغری‌مقدم و برزگر، ۱۳۹۴). متأسفانه مسائل مربوط به کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی را در بیشتر موارد به‌دشواری می‌توان حل کرد؛ زیرا آثار آلودگی هنگام پمپاژ آب از چاه آشکار می‌شود. دلیل آن‌هم سرعت کم آب زیرزمینی و ناهمگنی موجود در آب زیرزمینی است (اصغری مقدم، ۱۳۸۹). در حال حاضر استاندارد کیفیت آب‌های ایران در کاربری کشاورزی برای آب آبیاری تهیه‌شده است. هم‌چنین در استاندارد ویژگی‌های پساب‌های صنعتی (استاندارد شماره ۲۴۳۹ سازمان ملّی استاندارد ایران) حدود مجاز فلزات سنگین در پساب‌های صنعتی برای آبیاری و آیین‌نامه اجرایی ماده ۱۰۴ قانون برنامه توسعه سوم مصوب ۱۳۸۴ هیات وزیران معیار و حدود مجاز برای تخلیه پساب برای مصرف کشاورزی ارائه گردیده‌است. سازمان حفاظت محیط‌زیست پیش‌نویس استاندارد کیفیت پساب را تهیه که مراحل هماهنگی و تصویب را می‌گذراند. در جدول ۳ حدود مجاز آلاینده‌ها در پساب بر اساس منابع مختلف آمده است. همان‌گونه که ذکر شد یکی از منابع آلاینده محصولات کشاورزی، استفاده از آب‌های نامناسب برای آبیاری هست. در برخی موارد آلودگی آب منشأ هیدروژئولوژیکی دارد که از جمله می-توان گزارش‌های بالا بودن میزان آرسنیک در برخی از منابع آب استان کردستان (صفری و همکاران، ۱۳۹۵)، دشت خوی (اصغری مقدم و جلالی، ۱۳۹۲)، دشت تبریز (اصغری مقدم و برزگر، ۱۳۹۴) را ذکر نمود.

جدول ۱- وضعیت غلظت برخی فلزات سنگین در مطالعات انجام‌شده در داخل کشور

استان/ منطقه (تعداد نمونه)	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	As	Zn	Co	شماره منبع
نهاوند (۳۹)	۰/۲	۲۵/۳۴	–	۳۸/۴	–	–	–	–	۷۲
شاهرود (۵)	۱۴/۴۳	۸۱/۱۲	–		۱۳۴/۳	۱۹/۰۸	۴۳۵	–	۱۰۸
عسلویه (۷)	–	۹/۹	۴۷/۳	۶	۱۳/۹	۲/۷	۲۴/۹	–	۸۶
مسجدسلیمان (۱۴)	۰/۱۱	۴۱/۰۸		۲۶/۲	۱۱۵/۳	–	۷۸/۸	۱۵/۹	۱۰۴
گلستان (۳۴۶)	۰/۱۲	۱۵/۴۲	۳۴/۸۸	۲۳/۹	–	–	۸۲/۰۸	–	۱۰۴
همدان (۲۸۶)	–	۲۵/۶۶	۶۹/۰۳	۳۶/۴۵	–	–	۸۰	–	۱۸
گرگان (۱۴)	–	۱۶/۰۲	۵۶/۵۶	۳۲/۶۲	۶۵/۳۱	۵/۱۲	–	–	۸۸
اهواز (۱۶)	–	۳۶/۸۲	۱۲۷/۹۸	۳۵/۰۵	۱۳۱/۵۶	–	۷۷/۴۵	۱۴/۰۷	۳۱
اهواز (۳۶)	–	۶۷	–	۲۲۰	۶۹	۸۶/۳۹	۵۸۰	–	۵۱
زنجان (۲۴۱)	۰/۹۷	۸۹/۶	۴۸/۳	۴۰/۳	۲۳/۶	–	۰/۸۴	۲۴/۶	۵
مغان زراعی (۱۱۷) غیر زراعی (۹)	۱/۱۷۵ ۰/۰۳۹	۲/۴۹۵ ۰/۵۳۷	۳/۹۰۳ ۰/۸۵۵	–	–	–	–	–	۲۴
ملایر (۲۵۰)	–	۶/۹۱	–	۷/۳۶	–	–	۵۴/۰	–	۶۲
اهواز (تقاطع‌های شهری) (۵۶)	۵/۹۹	۲۸۲/۵۵	۲۵/۲۵	۲۱۶	۱۳۵/۹۵	۷/۴۱	۱۱۶/۷۷	–	۸۳
جزیره قشم (۲۳)	۳۸/۷	۲۴۴/۲	–	–	–	۴۸/۳	۳۱۷۲/۸	–	۲۶
کرمان (۶۰)	۰/۰۳۸	۲۰/۸۶	۹/۹۸	–	۳/۵۴	–	۵۴/۳۸	–	۶۵
مازندران (۲۵۶)	۰/۲۵	۵۲/۹	۴۶/۵	۳۲	–	–	۴۹/۸	–	۷۹
زنجان (۱۴۴)	۱/۲	۳۸/۹		۲۵/۸	–	–	۱۶۲/۱	–	۷۶
همدان (۱۳۵)	–	–	۶۳/۱	–	۸۶/۹	–	–	۱۷/۶	۴۲
زنجان (۱۸۴)	۵/۶	۱۵۲/۸	۰/۸	۲/۸	–	–	۲۹۴/۲	–	۴۴
بجنورد (۲۴)	۰/۲۰	۹/۱۰	–	۴۰/۵۴	–	–	۱۴۸/۰۶	–	۶۱
کردستان (۸۸)	۹/۳۵	۱۱۲/۷	۲۴/۳۲	۷۶/۸۲	۴۴/۴۵	۵۷/۳	۵۱/۴۰	۱۰/۲۷	۵۵
زنجان (بخش مرکزی) (۲۴۱)	۰/۹۷	۸۹/۶	۴۸/۳	۴۰/۳	۲۳/۶	–	۱۸۷/۰	۲۴/۶	۶
اصفهان اراضی اطراف پتروشیمی (۲۵)	۲/۳	۲۳/۹	۴۰/۲۴	–	۱۸/۳۶	–	۶۰/۰۵	–	۴۵
استاندارد	۵	۷۵	۱۱۰	۲۰۰	۱۱۰	۴۰	۵۰۰	–	۱۰۰

جدول ۲- حداکثر مقدار مجاز عناصر کمیاب در خاک‌های کشاورزی در آئین‌نامه‌های کشورهای مختلف (پندیاس وپندیاس، ۲۰۰۱) و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران

عنصر	استرالیا (۱۹۷۷)	هلند (۱۹۷۷ و ۱۹۹۳)	آلمان (۱۹۸۴)	آلمان (۱۹۹۲)	آمریکا (۱۹۸۸)	آمریکا (۱۹۹۳)	روسیه (۱۹۸۶)	انگلستان (۱۹۸۷)	اروپا (۱۹۸۶)	سازمان محیط‌زیست ایران
آرسنیک	۵۰	۳۰	۲۰	–	۱۴	–	۲	۱۰	–	۴۰
بور	۱۰۰	–	۲۵	–	–	–	–	–	–	–
بریلیوم	۱۰	۱۰	–	–	–	–	–	–	–	۵
کادمیم	۵	۱-۳	۳	۱/۵	۱/۶	۲۰	–	۳-۱۵	۱-۳	۵
کبالت	۵۰	۵۰	–	–	۲۰	–	–	–	–	۵۰
کروم	۱۰۰	۵۰-۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰۰	۰/۰۵	–	۵۰-۱۵۰	۱۱۰
مس	۱۰۰	۳۰-۷۰	۱۰۰	۶۰	۱۰۰	۷۵۰	۲۳	۵۰	۵۰-۱۴۰	۲۰۰
فلوئور	۵۰۰	–	۲۰۰	–	–	–	–	–	–	۳۰۰
جیوه	۵	۵	۲	۱	۰/۵	۸	۲/۱	–	۱-۱/۵	۷
مولیبدن	۱۰	۱۰	–	–	۴	–	–	–	–	۴۰
نیکل	۱۰۰	۳۰-۷۵	۵۰	۵۰	۳۲	۲۱۰	۳۵	۲۰	۳۰-۷۵	۱۱۰
سرب	۱۰۰	۷۰-۱۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۰	۱۵۰	۲۰	۵۰۰-۲۰۰۰	۵۰-۳۰۰	۷۵
آنتیموان	–	۱۰	–	–	–	–	–	–	–	۱۰
سلنیوم	۱۰	۱۰	۱۰	–	۱/۶	–	–	–	–	۴
وانادیوم	–	۱۵۰	–	–	–	–	۱۵۰	–	–	۲۰۰
روی	۳۰۰	۱۰۰-۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۲۲۰	۱۴۰۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۵۰-۳۰۰	۵۰۰

فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، در برخی موارد به‌عنوان منابع آب آبیاری اراضی کشاورزی مورداستفاده قرار می‌گیرند که در مواردی غلظت فلزات‌سنگین در آن‌ها بالاتر از حدود مجاز هست. در این شرایط استفاده از آب‌های آلوده می‌تواند اثرات نامناسبی بر خاک و محصول داشته باشد. البته وجود آلودگی‌های میکروبی نیز در استفاده از فاضلاب حائز اهمیت هستند که در این نوشتار به آن پرداخته نشده است. استفاده مجدد از زه‌آب‌ها نیز از دیگر منابع آب آبیاری اراضی کشاورزی است که می‌تواند حامل نیترات و دیگر ترکیبات باشد. محدودیت منابع آبی کشور در دهه‌های اخیر از یک‌سو و لزوم تولید محصولات سالم و جلوگیری از ناهنجاری‌ها برای سلامتی مردم از دیگر سو مسئله استفاده از فاضلاب‌ها را جدی‌تر از گذشته نموده است. در این خصوص لازم است با توجه به مقررات قانونی موجود، از آبیاری مزارع با استفاده از فاضلاب خام جلوگیری نمود، چرا که حتی اگر میزان آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی تولیدی از حدود مجاز و منطبق با استانداردها بالاتر نباشد، چالش آلودگی خاک را به عنوان اکوسیستمی که حفظ آن برای نسل‌های آینده ضروری است به دنبال خواهد داشت. در شرایط اضطراری برای استفاده از پساب‌ها لازم است کشت گیاهان صنعتی (همانند پنبه، زراعت چوب) و گیاهانی که به‌صورت خشک برداشت می‌شوند (گندم، جو، ذرت دانه‌ای و ...) در دستور کار قرارگرفته و از کشت محصولاتی که برداشت

آن‌ها در طی دوره رشد رویشی صورت می‌پذیرد (سبزی و صیفی، محصولات علوفه‌ای و ...) ممانعت به عمل آید.

نیترات موجود در آب آبیاری می‌تواند بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه را تأمین نماید. با توجه به مطالعات مختلف در خصوص غلظت نیترات منابع آب در همدان (جلالی و کلاه چی، ۱۳۸۴)، اصفهان (جعفری‌ملک‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۳)، آمل (یوسفی و نائیج، ۱۳۸۶)، مشهد (لطیف و همکاران، ۱۳۸۴)، سمنان (فلاح و همکاران، ۱۳۸۵)، گرگان (رستمی و همکاران، ۱۳۸۷)، در توصیه‌های کودی بایستی مقادیر تأمین‌شده از طریق آب آبیاری را از میزان توصیه کودی کم نمود. در غیر این صورت احتمال انباشتگی نیترات در غلظت‌های بالا در گیاهان بسیار محتمل خواهد بود. در جدول ۴ برخی از مطالعات انجام‌شده در خصوص وضعیت فلزات سنگین در منابع آب در کشور آمده است. با توجه به شرایط حاکم بر سازندهای زمین‌شناسی به نظر نمی‌رسد مسئله آلودگی فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی گسترش عمومی در کشور داشته باشد. در خصوص آب‌های سطحی این موضوع بسته به فعالیت‌های بشری متفاوت هست.

جدول ۳- حدود مجاز آلاینده‌ها در پساب و آب مورد استفاده برای آبیاری در منابع مختلف (برحسب میلی‌گرم در لیتر)

عامل آلاینده	حد تخلیه برای مصرف کشاورزی مصوب هیات وزیران (۱۳۸۴)	US-EPA (2004)		حداکثر غلظت FAO (1992)	استاندارد کیفیت آب‌های ایران[۳] (۱۳۹۵)
		بلندمدت	کوتاه‌مدت		
کادمیم	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
کروم	کروم (۶) ۱ کروم (۳) ۲	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
جیوه	آثار	–	–	–	–
کبالت	۰/۰۵	۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
مولیبدن	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
نیکل	۲	۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
سرب	۱	۱۰	۵	۵	–
سلنیوم	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
وانادیم	۰/۱	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
آرسنیک	۰/۱	۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱

[۳]-سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۹۵. استاندارد کیفیت آبهای ایران

جدول ۴- وضعیت فلزات سنگین در منابع آب (میلی‌گرم در لیتر) در برخی مطالعات انجام‌شده در کشور

منطقه (تعداد نمونه)	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	As	Zn	توضیحات	شماره منبع
دشت خوی (۳۶)	--	--	--	۰/۰۰۴	--	۰/۱۸۳	--	اعداد میانه	۲
رودخانه دز و کارون (۱۱)	۰/۰۰۱	۰/۱۰۶۵	۰/۰۶۲۹						۱۱
زنجان (۱۸)	۰/۰۰۵۹	۰/۰۱۳۹					۰/۰۵۸۵	آب شرب	۹۱
شهر بیرجند (۲۸)	-	-		۰/۰۰۴۶	۰/۰۹	-	-		۷۴
رودخانه تجن مازندران (۱۱)	زمستان ۰/۰۰۹۷ بهار ۰/۰۱۲۱	۰/۰۲۰۳ ۰/۲۴۹	۰/۰۱۰۹ ۰/۱۳۱۸	۰۰/۰۰۴۵ ۰/۵۸	-	۰/۰۴۹۸ ۰/۰۶۲۸	۰/۰۲۳۱		۶۱
دشت چاردولی کردستان (۳۱)						۰/۰۵۳۴۵			۷۵
دشت نهاوند همدان (۲۰)	بهار تابستان	۰/۰۰۲۷		۰/۰۰۹۲۱ ۰/۰۰۹۲۸		۰/۰۰۷۴۹ ۰/۰۰۹۰۳	۰/۰۱۳۷		۵۹
سیستان چاه نیمه (۷)۱	۰/۰۱۰۶	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲۵	۰/۰۶۲	۰/۰۰۹۵	--		۴۹
(۵)۲	۰/۰۰۸۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸۸	۰/۰۴۷۱	۰/۰۱۹۱	۰/۰۰۶۴	--		
(۴)۳	۰/۰۰۵۵	/۰۱۰۴	۰/۰۰۴۵	۰/۰۴۶۳	۰/۲۲۳	۰/۰۰۲۴	--		
دشت رزن همدان (۲۰)									
بهار	--	--	--	--	۰/۰۴۴	۰/۰۰۵۸	۰/۰۳۰۳۰		۵۷
تابستان	--	--	--	--	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۶۸۲	۰/۰۳۴۵		
استاندارد کیفیت آب‌های ایران	۰/۰۱	۰/۰۱	-	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۲	

نهاده‌های مصرفی

یکی دیگر از عوامل آلودگی محصولات کشاورزی استفاده از نهاده‌های کشاورزی حاوی آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین هست. غلظت بالای فلزات سنگین می‌تواند ناشی از مواد اولیه مورداستفاده برای تولید، حمل‌ونقل و یا مواد همراه آن‌ها باشد. مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی کودهای شیمیایی، آلی، مواد بهساز و آفت‌کش‌ها می‌باشند.

کودهای شیمیایی: اثرات کودهای‌شیمیایی بر روی خاک، غالباً در کوتاه‌مدت قابل‌مشاهده نیستند؛ زیرا خاک‌ها دارای ظرفیت بافری بسیار بالایی هستند (ساویچی، ۲۰۱۲). سازمان ملی استاندارد ایران مقدار بیشینه مجاز کادمیم برای کودهای دی آمونیوم فسفات (استاندارد شماره ۱۲۹) و سوپر فسفات تریپل (استاندارد شماره ۱۳۰) معادل ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کود و برای سوپر فسفات ساده (استاندارد شماره ۵۶۱۴) معادل ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کود تعیین نموده است (جدول ۵).

جدول ۵- بیشینه حد مجاز عناصر سنگین در برخی کودها (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶)

عنصر	کمپوست	دی آمونیوم فسفات و سوپر فسفات	پیشنهادی لجن فاضلاب
ارسنیک (As)	۱۰		۴۱
جیوه (Hg)	۵		۱۰
روی (Zn)	۱۳۰۰		۲۵۰۰
سرب (Pb)	۲۰۰	۵۰	۷۵۰
کادمیم (Cd)	۱۰	۲۵	۲۵۰
کبالت (Co)	۲۵		-
کروم (Cr)	۱۵۰		۱۰۰۰
مس (Cu)	۶۵۰		۱۰۰۰
مولیبدن (Mo)	۵		-
نیکل (Ni)	۱۲۰		۳۰۰

کودهای آلی: کمپوست‌سازی به تجزیه کنترل‌شده مواد آلی برای تولید هوموس یا کودهای آلی اطلاق می‌گردد. علی‌رغم فواید و منافع بسیار زیاد، مصرف کمپوست می‌تواند با ورود آلاینده‌ها به خاک و گیاه احتمال آسیب به زیست‌بوم را افزایش دهد. آلاینده‌های موجود در کمپوست به نوع و کیفیت پسماندهای مورداستفاده، شرایط و محیط فرآوری آن‌ها بستگی دارد. فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های انواع کمپوست پسماندهای شهری، لجن فاضلاب و.. به شمار می‌روند (چیموکو و مانونگوفالا، ۲۰۰۹).

لجن فاضلاب محصول جانبی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است. در دهه‌های اخیر محدودیت‌های قانونی شدیدی برای روش‌های سوزاندن و دفع لجن در زمین و دریا ایجادشده است. کاربرد لجن فاضلاب در اراضی کشاورزی به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرارگرفته است. لذا ضروری است ازاین‌رو کاربرد لجن فاضلاب در اراضی کشاورزی استانداردها و معیارها از نظر مواد سمی و عوامل بیماری‌زا رعایت گردد. برای رسیدن به لجن فاضلاب با کیفیت مناسب بایستی فرآیند تولید آن یعنی جمع‌آوری فاضلاب، طراحی و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه مورد توجه قرار گیرد و از نظر آلاینده‌ها و توکسین‌ها مورد پایش قرار گیرد (مرجوی، ۱۳۸۹). در صورت عدم رعایت معیارهای کیفیت لجن، مصرف آن می‌تواند باعث آلودگی خاک، سمیت در گیاهان، انباشتگی فلزات سنگین در زنجیره غذایی گردد. نگاهی به بیشینه مجاز فلزات سنگین در کودها حکایت از پیچیدگی‌های تعیین استانداردها دارد. چندان‌که حداکثر غلظت کادمیم مجاز در کودهای فسفاتی در کشورهای مختلف بین ۱۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم کود با ۴۵ درصد (P_2O_5) تفاوت دارد (جدول ۶).

همچنین با توجه به بیشینه مجاز آلاینده‌های نهاده‌های کودی مشخص می‌شود که حد مجاز غلظت سرب برای کود سوپرفسفات‌تریپل ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و برای کمپوست ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ذکر گردیده، این در حالی است که میزان توصیه کاربرد کمپوست بیش از ۲۰ برابر میزان توصیه هکتاری سوپر فسفات تریپل است. این امر حکایت از آن دارد که در تعیین استانداردها، شرایط حاکم بر آن از جمله مسائل اقتصادی، اجتماعی و سایر جنبه‌ها و بخش‌های محیط‌زیستی نیز لحاظ گردد.

۴-استاندارد ۱۰۷۱۵

۵- ۱۲۹

جدول ۶- مقدار کادمیم مجاز در کودهای فسفاتی برحسب کیلوگرم کود حاوی ۴۵ درصد (P_2O_5) (روبرتز، ۲۰۱۴)

کشور	مقدار مجاز (mg/kg)	کشور	مقدار مجاز (mg/kg)
امریکا-واشنگتن	۴۰۰	دانمارک	۲۱/۶
امریکا-اورگون	۱۵۲	هلند	۷/۹
امریکا-کالیفرنیا	۸۱	فنلاند	۹/۷
استرالیا	۵۹	سوئد	۱۹/۷
کانادا	۴۰۰		۹
ژاپن	۶۷	پیشنهادی اتحادیه اروپا	۱۸
اتریش	۵۴		۲۷
بلژیک	۴۰/۵		

آفت‌کش‌ها: علاوه بر انواع کودهای آلی، شیمیایی و مواد بهساز، استفاده از سموم نیز در آلودگی اهمیت بسیاری دارد. در فرمولاسیون سموم از ترکیبات مختلفی (همانند فرآورده‌های حاصل از تقطیر ترکیبات نفتی) استفاده می‌شود که می‌تواند حاوی فلزات سنگین باشد. مطالعه دفارج و همکاران (۲۰۱۸) بر روی علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، مشاهده شد که میزان آرسنیک موجود در سم ۵۳-۵ برابر میزان مجاز در آب بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا (به‌جز دو مورد) بود؛ اما میزان کادمیم، جیوه زیر حد مجاز در غلظت آب بود. این امر نیاز به توجه به غلظت فلزات سنگین در سموم را در ارزیابی‌ها نشان می‌دهد. در داخل کشور مطالعه‌ای در خصوص فلزات سنگین موجود در سموم مشاهده نگردید.

هوای پاک

به دلیل صنعتی شدن، شهرنشینی و فعالیت‌های وابسته به آن، آلاینده‌های مختلف به اتمسفر رها می‌شوند. چندان‌که گاهی غلظت فلزات سنگین در اتمسفر به چندین برابر مقدار طبیعی آن می‌رسد. فرونشست‌های اتمسفری[6]، یا در حقیقت رسوبات ذرات معلق هوا، تنوع وسیعی ازنظر اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی دارند. دانه‌های میکروسکوپی ذرات خاک مناطق کویری، خاکسترهای ناشی از فوران آتشفشانها، بخش‌های پوسیده گیاهان و حیوانات، ذرات حاصل از سوخت ناقص مواد و ذرات نمک حاصل از تبخیر آب دریاها (شکری راغب و سبحان اردکانی، ۱۳۹۵)، فعالیت‌های صنعتی، مصرف انواع کودها، تصعید پسماندهای دامی و... ازجمله منابع مهم آلاینده‌ها در اتمسفر هست. این آلاینده‌ها همراه با بارش‌های جوی به‌صورت فرونشست‌های مرطوب و یا بدون آن‌ها به‌صورت فرونشست‌های خشک رسوب می‌کنند. آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین واردشده به هوا می‌تواند باعث آلودگی خاک، آب و گیاهان گردد. فلزات سنگین موجود در اتمسفر می‌تواند به‌صورت مستقیم توسط اندام‌های هوایی جذب‌شده و یا پس از ورود به خاک از طریق ریشه‌ها از محیط خاک جذب گردد (شهید و همکاران، ۲۰۱۶). نکته قابل تأمل آن که فلزات سنگین جذب‌شده توسط اندام‌های هوایی، انتقال بسیار کمی به اندام‌های تحتانی (ریشه‌ها) دارند. این امر برای محصولات غیر ریشه‌ای و غده‌ای مناسب نیست. آلوده کردن خاک‌ها توسط فرونشست‌های جوی به‌ویژه در مورد سرب در اروپا در دهه‌های ۸۰-۱۹۷۰ میلادی گزارش‌شده است. هرچند در سال‌های اخیر میزان ورودی آن کاهش‌یافته است (عظیمی و همکاران، ۲۰۰۴). در ایران گزارش‌های مختلفی از آلودگی خاک‌های مناطق شهری و اطراف جاده‌ها وجود دارد (بهبهانی نیا، ۱۳۸۸؛ سلیمی و همکاران، ۱۳۹۴). در جدول ۷ غلظت برخی فلزات سنگین در اتمسفر در مطالعات ایران و دنیا آمده است.

کشت و کار در مناطق صنعتی و اراضی حاشیه شهرها به‌ویژه در مجاورت جاده‌های پرتردد، توجه جدی در مورد آلودگی به فلزات سنگین را طلب می‌نماید. اثرات

[6] -Atmosphere deposition

اتمسفر بر کیفیت و سلامت محصولات کشاورزی صرفاً به میزان آلاینده‌های موجود در آن خاتمه پیدا نیافته، بلکه عواملی همانند شدت نور، دما، غلظت دی‌اکسید کربن هم حائز اهمیت هستند.

جدول ۷- غلظت برخی فلزات سنگین در گردوغبار هوا در برخی مطالعات ایران و دنیا

منطقه	واحد	مس	سرب	روی	نیکل	منگنز	منطقه	واحد	مس	سرب	روی	نیکل	منگنز
زنجان		--	۱۰۴۳/۹	۲۹۹/۳	--	--	لهستان		۵۳/۱۶	۵۷۶/۹	۴۴۴۳/۳	۴۰	۲۹/۵
اصفهان		۶۷/۱	۲۲۰/۳	۴۵۳/۸			کرمانشاه		۴۷	--	۲۳۸	۱۲۴	۲۸۷۰۴
انگلیس		۵۷	۵۴	۲۲۱			کاشان		۴۵/۵۸	۴۵/۱۸	۲۳۷/۲	۱۳/۶۲	--
میانگین اروپا	$g.ha^{-1}.y^{-1}$	۳۴	۳۸	۲۲۷			اهواز		--	۳۲/۹	۲۷۹	--	--
ویرجینیا آمریکا		۷	۴/۴	۴۱			سنندج	$mg.kg^{-1}$	۰/۴۱	--	۰/۲۱	۴۳/۴۲	۰/۶
کرمان		۶۲/۴	۴۷	۳۵۶			خرم‌آباد		۰/۱۷	--	۰/۱۶	۳۴/۵۷	۰/۴۷
کرمان		۶۰/۴	۴۵	۲۱۴/۴			اندیمشک		۰/۱۸	--	۰/۱۷	۳۳/۸۱	۰/۴
عربستان	$mg.kg^{-1}$	۳۶/۴	۶۶/۸	۱۴۱/۸	۲۶	۳۱۸/۹	بوشهر		۵۴/۰	۶۸/۱	۱۷۰	۷۹/۰	۳۵۶/۱
اصفهان		۷۱	۲۲۲/۵	۴۷۰/۳	۸۲/۲	۵۴۰	مسجدسلیمان		۸۱/۸۱	۶۵/۰۹	۲۳۱/۹	۴۰/۳۶	--
هند		۲۱۵/۵	۵۴/۷	۷۰۶/۶	۷۸/۴	۱۳۸۴	غرب تهران		۱۰۹/۴۲	۱۲۴/۰۳	۲۳۵/۸۵	۱۵/۰۴	۴۳۲/۰۴

موجودات زنده

مصرف محصولات کشاورزی به‌ویژه محصولات تازه و خام‌خواری، پتانسیلی برای بیماری‌های گوارش و آلودگی‌های انگلی توسط پاتوژنهایی همانند سالمونلا، اشریشیا کلای، لیستریا، کمپیلوباکتر و... به شمار می‌رود. این بیماری‌ها به دلیل مصرف پسماندهای کشاورزی و انسانی به‌عنوان کود (همانند کود دامی، کود انسانی، ضایعات کشتارگاه‌ها، لجن فاضلاب)، آلودگی منابع آب با مواد مدفوعی، آلودگی مستقیم توسط دام‌ها، حیوانات وحشی و پرندگان، عملیات پس از برداشت ازجمله بهداشت کارگران و... ایجاد می‌شود. با توجه به عادت رایج تغذیه‌ای در مصرف برخی محصولات به‌ویژه سبزی‌ها به‌صورت خام، احتمال آلودگی ناشی از چنین مواردی بالاست. بررسی‌های متعددی در داخل کشور پیرامون آلودگی سبزی‌ها به دلیل استفاده از کودهای حیوانی و منابع آبی مشترک در مناطق مختلف ازجمله شهرهای زابل (سلیمان پور و همکاران، ۱۳۹۱)، اهواز (راهدار و همکاران، ۱۳۹۰)، اصفهان (ایزدی و همکاران)، تهران (همایونی و خلجی، ۱۳۸۵)، ایلام (عزیز نیا، ۱۳۹۵) وجود دارد. البته پاتوژنهایی مثل لیستریا به‌صورت طبیعی در خاک‌ها هم هستند. این پاتوژنها هنگام بارندگی و یا آبیاری بارانی باعث پاشیدن بر روی برگ‌ها شده، آلودگی محصول را ایجاد نماید (هیتون و جونز، ۲۰۰۸). نکته حائز اهمیت البته شناخت بیولوژی پاتوژنها به‌ویژه باکتری‌های فیلوسفری و ارائه و بکار بستن روش‌های مناسب برای پیشگیری از آن‌ها هست. البته شستشوی درست محصولات با آب مناسب نقش بسیار مهمی در کاهش آلودگی‌های میکروبی دارد. علاوه بر نقش بهداشتی موجودات زنده انگل‌ها و عوامل پاتوژنی در سلامت انسان، تعادل بیولوژیک خاک هم از سه جهت (الف) دخالت در فعالیت‌های هورمونی گیاهان،(ب) افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی خاک زاد و (ج) دفع و کنترل بیماری‌ها قابل‌توجه هستند (ژاکوبی و همکاران،

۲۰۱۷). هر عاملی که به این وظایف و کارکردهای زیستی آسیب بزند بر روی سلامت محصول هم تأثیر خواهد گذاشت.

مدیریت مناسب، عامل کلیدی در تولید محصول سالم

مدیریت مناسب دربرگیرنده تمامی مراحل فرایند تولید از مرحله انتخاب زمین تا برداشت و مصرف محصول هست. البته این جنبه از عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت و سلامت محصولات غذایی (خاک، آب، اتمسفر، نهاده و موجودات زنده) منفک و جدا نبوده، بلکه با همدیگر برهم‌کنش قوی دارند. مدیریت کاربرد کود (زمان، نوع، مقدار مصرف) به‌ویژه کودهای نیتروژنی (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۰؛ بهمنی و همکاران، ۱۳۹۲، تنیده و همکاران، ۱۳۸۸؛ صمدی هشجین و همکاران، ۱۳۹۵، یزدان دوست همدانی، ۱۳۸۲)؛ گونه و رقم گیاهی انتخابی، مدیریت آبیاری (موسوی فضل و فائز نیا، ۱۳۸۷)، تراکم کشت (جماعتی ثمرین و همکاران، ۱۳۸۸، فلاح و تدین، ۱۳۸۸) زمان برداشت محصول (جعفری و جلالی، ۱۳۹۳)، سیستم کشت و مدیریت نور دما و... در محیط‌های کنترل‌شده ازجمله پارامترهای مدیریتی حائز اهمیت می‌باشند (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۵؛ کولا و همکاران، ۲۰۱۸). سازمان استاندارد بیشینه رواداری فلزات سنگین در خوراک انسان و دام را در استاندارد شماره ۱۲۹۶۸ تصویب نموده است (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۹). این استاندارد عمدتاً از استاندارد اتحادیه اروپا برای مواد غذایی (ای‌سی‌رگیولیشن، ۲۰۰۶) و کدکس[7] اخذشده و تغییرات محدودی در آن‌ها واردشده است. میزان غلظت مجاز نیترات در محصولات کشاورزی با توجه به سبد غذایی، مقدار نیترات آب آشامیدنی، مواد پروتئینی و.. بایستی به نحوی تأمین تعیین گردد که میزان دریافت روزانه دریافتی (ADI) نیترات توسط کمیته علمی غذا در اتحادیه اروپا ۳/۶۵ میلی‌گرم نیترات در هر کیلوگرم وزن بدن (معادل ۲۱۹ میلی‌گرم در روز برای یک فرد ۶۰ کیلوگرمی) (اس‌سی‌اف، ۱۹۹۵) و ۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بدن در روز توسط کمیته کارشناسی مشترک غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد و سازمان خواربار جهانی باشد (اسپیجرز، ۱۹۹۶). در خصوص میزان نیترات در محصولات کشاورزی نیز استاندارد شماره ۱۶۵۹۶ سازمان ملّی استاندارد مقدار مجاز نیترات در محصولات حبوبات، سبزی و صیفی و غلات را ارائه نموده است. به نظر می‌رسد این حدود بر مبنای سبد غذایی شهروندان ایرانی تنظیم‌نشده، بلکه غالباً ترجمه و سخت‌گیرانه‌تر از حدود مجاز اعلامی سایر کشورها است. درحالی‌که استانداردها بایستی متناسب با سبد غذایی و سهم هریک از محصولات در تأمین میزان نیترات روزانه انسان و با توجه به شرایط تولید تنظیم و تدوین شود. این امر در استانداردهای بین‌المللی هم موردتوجه بوده است. به‌عنوان مثال استاندارد اتحادیه اروپا برای غلظت نیترات در کاهو و اسفناج در فصول تابستان و زمستان متفاوت هست. به‌هرحال نتیجه نهایی عوامل مؤثر بر سلامت محصولات در کیفیت محصول تولیدی نمود پیدا کرده و برای ارزیابی کیفیت محصولات از استانداردها استفاده می‌شود. در زیر وضعیت کیفیت و آلودگی محصولات مختلف در کشور موردبررسی قرار گرفته است.

وضعیت آلودگی در محصولات کشاورزی

تعیین مقدار یک عنصر یا ترکیب معین در خاک، آب یا گیاه شامل مراحل نمونه‌برداری، آماده‌سازی نمونه، عصاره‌گیری یا استخراج، اندازه‌گیری، بیان و تفسیر نتیجه است. صحت نتایج مستلزم انجام صحیح در هر یک از مراحل فوق است. در رابطه با عناصر و ترکیبات آلاینده به دلیل غلظت‌های پائین، اثرات متقابل وسیع‌تر با سایر عناصر و به دلیل حساسیت‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری، رعایت دقت و صحت در همه مراحل فوق بسیار حائز اهمیت است. بررسی گزارش مطالعات منتشرشده توسط برخی مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی تناقض‌هایی را در نتایج و

[7]-CODEX

تفاسیر نشان می‌دهد. بررسی دقیق‌تر روش‌های نمونه‌برداری، آماده‌سازی، استخراج و اندازه‌گیری‌های دستگاهی و نحوه بیان نتایج نشان می‌دهد در بسیاری از موارد شرایط استاندارد و اصول علمی برای حصول نتیجه قابل‌اطمینان رعایت نگردیده است. به‌عنوان نمونه در موارد متعددی اندازه‌گیری‌های غلظت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاه با سیستم شعله دستگاه جذب اتمی انجام‌گرفته است که با توجه به روش هضم و استخراج و غلظت‌های به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که اعداد قرائت غلظت توسط دستگاه جذب اتمی کمتر از حداقل غلظت قابل‌تشخیص دستگاه بوده است. لذا این دسته از اطلاعات از اعتبار علمی ضعیفی برخوردارند. براساس استانداردهای ملی و بین‌المللی حدود مجاز غلظت عناصر آلاینده و نیترات در محصولات کشاورزی معمولاً بر مبنای وزن تازه خوری بیان می‌گردد. درحالی‌که مروری بر نتایج برخی اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته در کشور بر روی غلظت فلزات سنگین و نیترات در محصولات کشاورزی نشان می‌دهد که غلظت عناصر آلاینده و نیترات به روش‌های مختلفی گزارش و با استانداردها مقایسه شده‌اند. به‌عنوان نمونه در برخی تحقیقات انجام‌شده در کشور بدون آنکه میزان رطوبت آن در نظر گرفته شود، غلظت بر حسب میلی‌گرم آلاینده در وزن خشک گزارش‌شده است. درحالی‌که محصولاتی مانند سبزی‌ها برگی، پیاز یا سیب‌زمینی معمولاً حاوی بیش از ۸۰ درصد آب هستند. لذا مقدار نتایج بر حسب وزن خشک با وزن تر بسیار متفاوت خواهد بود. در بیان غلظت نیترات در محصولات، مسئله دیگر تفاوت غلظت نیترات($N\text{-}NO_3$) با غلظت نیتروژن نیتراتی-N) (NO_3 هست. سهم نیتروژن در مولکول نیترات حدود یک چهارم است بنابراین اگر غلظت نیترات در سیب‌زمینی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه گزارش شود، این مقدار معادل ۴۵ میلی‌گرم نیتروژن- نیتراتی در هر کیلوگرم وزن تازه خواهد بود. این مسئله توجه دقیق به واحدهای یکسان و خشک و تر بودن در مقایسه با استاندارد را بیان می‌کند. بررسی پژوهش‌هایی که در رابطه با نیترات در مناطق مختلف کشور بر روی محصولات گوناگون انجام‌شده، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد؛ که در جدول ۸ برخی از آن‌ها ذکرشده است. علی‌رغم تفاوت‌های مهمی نظیر چگونگی مکان‌های نمونه‌برداری، سیستماتیک بودن یا نبودن نمونه‌برداری، تعداد نمونه‌های برداشت‌شده در هر مطالعه، روش اندازه‌گیری نیترات و میزان صحت و دقت اندازه‌گیری می‌توان گفت گونه‌های مختلف دارای غلظت مختلفی از نظر نیترات می‌باشند. بیشترین غلظت نیترات در اسفناج، کاهو، کرفس و کمترین در میوه محصولات همانند طالبی، گوجه‌فرنگی و هندوانه وجود دارد. هم‌چنین در بین بخش‌های مختلف گیاه دمبرگ، برگ، غده و میوه تفاوت‌هایی وجود دارد که قابل توجه هستند. تفاوت‌های موجود در اندازه‌گیری‌ها امکان نتیجه‌گیری دقیق و کامل را فراهم نمی‌کند اما به‌طور خلاصه می‌توان گفت که در مورد محصولات مختلف، کرفس، سیب‌زمینی، خیار انحراف بیشتری را نسبت به استاندارد نیترات نشان می‌دهد. درحالی‌که در مورد محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی، هندوانه، طالبی و سیر این انحراف ناچیز هست. ذکر مجدد این نکته ضروری است که مرز بیشینه مجاز نیترات در محصولات کشاورزی (استاندارد ۱۶۵۹۶) نیازمند اصلاح مطابق با سبد غذایی و شرایط کشور هست. در این زمینه فعالیت‌های توسط برخی محققان در حال انجام است.

غلظت فلزات سنگین در محصولات مختلف کشاورزی از اهمیت و پیچیدگی بالایی برخوردار است. در این بخش نیز بررسی‌های متعددی انجام‌گرفته است. ملاحسینی (۱۳۹۱) مقدار کادمیم در محصول گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی تولیدی در شرایط آب‌کشت در اصفهان بررسی نمودند. تنها در ۷ درصد نمونه‌های گوجه‌فرنگی اخذشده آلودگی مشاهده شد امّا توت‌فرنگی آلودگی مشاهده نشد. نتایج بررسی آلودگی گندم در اراضی جنوب تهران که با فاضلاب آبیاری شده بودند حاکی از عدم آلودگی گندم به کادمیم (میانگین ۰۰۱/ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سرب (۰/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (باقری،۱۳۹۳). البته به نظر وی میزان سرب نیازمند توجه

در سالیان آتی هست. در استان زنجان به دلیل وجود معادن و صنایع سرب و روی و نیز استفاده از فاضلاب در بخشی از اراضی، محصولات کشاورزی را تحت تأثیر خود قرار داده است. غلظت سرب در گوجه‌فرنگی در همه نقاط نمونه‌برداری به‌جز در منطقه قلعه چوق سادات (ماهنشان) کمتر از حد استاندارد ایران (۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه) بود. هم‌چنین غلظت کل کادمیوم در گوجه‌فرنگی به‌جز در منطقه قلعه‌چوق سادات کمتر از حد استاندارد ایران (۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بود. هاشمی نسب و همکاران (۱۳۹۷) غلظت کادمیم و سرب را در ۴۱۹ نمونه گندم که از ۳۱ استان مختلف جمع‌آوری گردیده بود موردبررسی قرار دادند. بررسی آن‌ها نشان داد از میان ۴۱۹ نمونه گندم تجزیه‌شده تنها در سه نمونه (۰/۷۲ درصد نمونه‌ها) غلظت سرب بیشتر از شاخص استاندارد ملی ایران (۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. همچنین غلظت کادمیم فقط در ۳۶ نمونه (۸/۶ درصد نمونه‌ها) بیشتر از شاخص استاندارد ملی ایران (۰/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. در جمع‌بندی کیفیت محصولات می‌توان گفت که غلظت بالای نیترات در بخشی از محصولات از مرز بیشینه مجاز نیترات بالاتر هست. اگرچه این حدود هم نیازمند اصلاح با توجه به شرایط و سبد غذایی مردم کشور هست. در مورد فلزات سنگین نیز شواهد حاکی از وضعیت کلی مناسبی هست که با توجه به وضعیت آلودگی خاک‌ها چندان هم دور از نظر نیست.

کنترل مقدار فلزات سنگین و نیترات در گیاهان

با توجه به آنچه در بخش‌های قبلی ذکر شد برای کنترل میزان آلاینده‌ها (نیترات و عناصر سنگین) در گیاهان نیازمند نگرشی همه‌جانبه و یکپارچه در سیستم غذا در مراحل مختلف قبل از کشت تا هنگام مصرف نهایی هست. نگاه صرف به محصول نهایی بدون توجه به فرآیندهای تولید و عوامل مؤثر بر آن‌ها میسر نیست. صرفاً زمانی موفقیت به دست خواهد آمد که در خاک، آب‌وهوای سالم، دارای تعادل موجودات زنده، با مصرف نهاده‌های سالم و نهایتاً مدیریت بهره‌برداری درست تولید محصولات انجام گیرد. برخی از مهم‌ترین شیوه‌های مدیریتی که در مجموعه عوامل فوق قرار دارد در زیر ذکرشده است.

جدول ۸- میزان نیترات در محصولات مهم گزارش‌شده در برخی مطالعات داخلی

سیب‌زمینی				کرفس			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
اهواز	ذکر نشده	۱۵۵	۱۴۵	اهواز	ذکر نشده	۸۸۷/۴	۱۴۵
جنوب تهران	۱۶۰	۵۲۰/۷	۱۵۲	اهواز	ذکر نشده	۳۸۲۷	۱۴۵
شهر شیراز	ذکر نشده	۴۴	۱۱۸	اهواز	ذکر نشده	۲۲۰۵	۱۴۵
اصفهان	۲۱۰	۲۰۳/۲	۵۹	اهواز	ذکر نشده	۱۲۶۳	۱۴۵
بازار میوه اردبیل	۶	۱۶۴/۱	۷۱	شهر شیراز	ذکر نشده	۷۴/۴	۱۱۸
سطح شهر کرمانشاه	۱۲	۳۴۷	۳۲	جنوب تهران	۱۲۰	۳۶۳۲	۱۵۲
میدان تره‌بار تهران	۵۳	۱۸۸	۳۰	سطح شهر کرمانشاه	۱۲	۶۹۸	۳۲
				فروشگاه‌های ورزقان	۲	۲۷۷۲	۱۳۳
میانگین		۲۳۱/۷	حد مجاز=۱۷۰	میانگین		۱۹۱۹/۸۵	حد مجاز=۴۰۰

خیار				ترب			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
کرمانشاه	۱۰	۲۰/۲۲	۳۴	اصفهان	۱۵۰	۸۶۶	۵۹
اهواز	ذکر نشده	۹۹۳	۱۴۴	کرمانشاه	۱۰	۳۲۵/۵۳	۳۲
اهواز	ذکر نشده	۲۱۳/۸۱۳۸	۱۴۴	کرمانشاه	۱۰	۲۸۷/۶۶	۳۲
اراک	۲۹	۴۲/۷	۱۴۱	سطح شهر کرمانشاه	۱۲	۶۱/۸۵	۳۲
اصفهان	۹۰	۲۸/۵	۵۹	سطح شهر کرمانشاه	۱۲	۷۲۲	۵۹
البرز	۷۷	۱۹۴/۸۶	۲۵				
میانگین		۲۴۸/۸۵	حد مجاز=۹۰	میانگین		۴۵۲/۶	حد مجاز=۵۰۰

ادامه جدول ۸

پیاز				گوجه فرنگی			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
بازار میوه اردبیل	۵	۹۷/۱	۷۱	میدان تره‌بار تهران	۵۳	۱۵۵/۶	۳۰
شهر همدان	۱۰	۲۷۵/۹	۱۰۲	بازار میوه اردبیل	۶	۵۹/۱	۷۱
شهر همدان	۱۰	۲۴۴/۷	۱۰۲	سطح شهر کرمانشاه	۱۲	۱۲/۶۷	۳۲
شهر همدان	۱۰	۶۰/۶۵	۱۰۲	اصفهان	۱۲۰	۱۳/۸	۵۹
اهواز	ذکر نشده	۲۴۸	۱۴۵	بازار میوه اردبیل	۶	۵۹/۱	۷۱
اهواز	ذکر نشده	۸۶۴	۱۴۵	اراک	۲۱	۷/۸۲	۱۴۱
اهواز	ذکر نشده	۲۴۸	۱۴۵	شهر شیراز	ذکر نشده	۳۳/۶	۱۱۸
شهر شیراز	ذکر نشده	۷۳/۴	۱۱۸	کرمانشاه	۶۰	۱۰/۷	۱۳۶
شهر شیراز	ذکر نشده	۷۳/۴	۱۱۸	اهواز	ذکر نشده	۱۶۴۴/۰	۱۴۵
کرمانشاه	۱۰	۲۰/۶۷	۳۴	اهواز	ذکر نشده	۱۶۸۱	۱۴۵
جنوب تهران	۱۲۰	۹۹۹/۹۶	۱۵۲	کرمانشاه	۱۰	۱۰/۲۶	۳۴
				اراک	۲۱	۷/۸۲	۱۴۱
				البرز	۸۵	۲۰/۵۵	۲۵
میانگین		۲۹۱/۴۳	حد مجاز=۹۰	میانگین		۲۸۵/۸۵	حد مجاز=۱۲۰

هویج				بادمجان			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
اهواز	ذکر نشده	۲۵۱/۹	۱۴۵	جنوب تهران	۱۰	۲۸۹	۱۴۲
اهواز	ذکر نشده	۴۵۸/۳	۱۴۵	جنوب تهران	۱۰	۲۶۷	۱۴۲
شهر شیراز	ذکر نشده	۶۰/۶	۱۱۸	شهر شیراز	ذکر نشده	۶۶/۹	۱۱۸
جنوب تهران	۱۶۰	۴۸۰/۱	۱۵۲	اهواز	ذکر نشده	۶۵۲/۴	۱۴۵
اصفهان	۹۰	۸۱۲/۷	۵۹	اهواز	ذکر نشده	۱۹۷/۷	۱۴۵
				جنوب تهران	۸۴	۲۴۷/۱	۱۵۲
میانگین		۴۱۲/۷۲	حد مجاز=۲۵۰	میانگین		۲۸۶/۶۹	

ادامه جدول ۸

کلم				اسفناج			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
جنوب تهران	۵۰	۳۷۰/۳	۱۵۲	بابل	۱۲	۳۱۳	۱۴۶
کرمانشاه	۱۲	۶۱/۸۵	۳۳	قائم‌شهر	۱۲	۳۶۴	۱۴۶
اصفهان	۹۰	۴۱۷/۸	۵۹	ساری	۱۲	۲۲۳	۱۴۶
جنوب تهران	۶۰	۱۹۵/۲۹	۱۵۲	اهواز	ذکر نشده	۸۸۶	۱۴۵
جنوب تهران	۱۲۰	۱۲۷۲/۹	۱۵۲	اهواز	ذکر نشده	۷۴۸	۱۴۵
اهواز	ذکر نشده	۵۰۳	۱۴۵	اصفهان	۶۰	۳۱۷۴/۷	۵۹
ورزقان	۲	۱۶۱	۱۳۳	کرمانشاه	۱۰	۳۰۹/۹۳	۳۴
اهواز	ذکر نشده	۴۲۸	۱۴۵	فروشگاه‌های ورزقان	۲	۵۰۱	۱۳۳
اهواز	ذکر نشده	۳۶/۹	۱۴۵	اهواز	ذکر نشده	۸۸۶	۱۴۵
				فروشگاه شیراز	۸	۳۳۶/۵۴	۱۳۱
میانگین	۳۸۳	حد مجاز=۵۰۰		میانگین		۷۷۴/۲۱۷	حد مجاز=۲۰۰۰

هندوانه				طالبی			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
اراک	۲۰	۲۶/۶۱	۱۴۱	کرمانشاه	۱۰	۹۵/۷۹	۳۴
کرمانشاه	۱۰	۲۰/۶۲	۳۴	سطح شهر کرمانشاه	۱۲	۵۹/۵	۳۳
کرمانشاه	۱۲	۶۱/۷۵	۳۳	اراک	۱۴	۵۸/۹۸	۱۴۱
				اراک	۲۱	۳۳/۶۴	۱۴۱
میانگین	۳۶/۳۲	حد مجاز=۶۰		میانگین		۶۱/۹۷۷۵	

ادامه جدول ۸

انواع سبزی‌ها				کاهو			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
اصفهان	۶۰	۶۶۰/۴	۵۹	اصفهان	۹۰	۲۹۱/۰	۵۹
اصفهان	۱۸۰	۷۵۳/۲	۵۹	سطح شهر کرمانشاه	۱۰	۶۰۰/۸	۳۱
فروشگاه‌های ورزقان	۲	۸۳	۱۳۳	جنوب تهران	۸۰	۳۶۶۷	۱۵۳
فروشگاه‌های ورزقان	۲	۷۰۷	۱۳۳	فروشگاه‌های ورزقان	۲	۷۸۱	۱۳۳
فروشگاه‌های ورزقان	۲	۴۴۱	۱۳۳	جنوب تهران	۱۸۰	۳۳۵۹/۹	۱۵۳
بابل	۱۲	۰	۱۴۷	جنوب تهران	۲۰۰	۳۵۸۵/۵	۱۵۳
قائم‌شهر	۱۲	۷۷	۱۴۷	اهواز	ذکر نشده	۵۸۱	۱۴۶
ساری	۱۲	۰	۱۴۷	اهواز	ذکر نشده	۸۶۲	۱۴۶
کرمانشاه	۱۰	۷۳/۸۲	۱۳۳	اهواز	ذکر نشده	۱۷۰۵	۱۴۶
دزفول	۲۴	۳۲۱	۱۲۹	اهواز	ذکر نشده	۱۷۳۹	۱۴۶
فروشگاه‌های ورزقان	۲	۶۸۴	۱۳۳	شهر شیراز	ذکر نشده	۵۴/۷	۱۱۸
کرمانشاه	۱۰	۲۳۷/۲	۳۴	بازار میوه اردبیل	۶	۶۱۷	۷۱
اهواز	ذکر نشده	۱۵۴۲	۱۴۶	میدان تره‌بار تهران	۵۱	۱۱۲۳	۳۰
اهواز	ذکر نشده	۳۴۹/۶	۱۴۶	بازار میوه اردبیل	۶	۶۱۷	۷۱
میدان تره‌بار شهرکرد	۲۲۲	۱۲۵۷	۱۴۶	میانگین		۱۳۸۴/۶۵	حد مجاز=۱۵۰۰
میدان تره‌بار شهرکرد	۲۲۲	۱۷۳۶	۱۴۶				
میانگین		۵۵۷/۶۳	حد مجاز=۵۰۰	میانگین		۱۳۹۸/۸	حد مجاز=۱۵۰۰

سیر				شلغم			
محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع	محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	مقدار نیترات (mg.kg^{-1} وزن تازه)	شماره منبع
اهواز	ذکر نشده	۲۲۹/۳	۱۴۶	اهواز	ذکر نشده	۱۴۲۹	۱۴۶
اهواز	ذکر نشده	۵۰۱/۳	۱۴۶	شهر شیراز	ذکر نشده	۳۷/۸	۱۱۸
میانگین		۳۶۵/۳	حد مجاز=۵۰۰	میانگین		۷۳۳/۴	حد مجاز=۵۰۰

کاهش زیست‌فراهمی فلزات سنگین: در صورت غلظت بالای فلزات سنگین و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی آثار منفی مهمی داشته که لازم است به هر نحو ممکن درصدد کاهش آن بود. منظور از زیست‌فراهمی، مقدار فلزات سنگین موجود در خاک به شکل و مقداری است که ریشه گیاهان در طی دوره زندگی خود می‌توانند آن را جذب نمایند (وارینگتون و اسکوگلی، ۱۹۹۷). به عبارت ساده‌تر غلظت فلزات سنگین به مفهوم قابل‌استفاده بودن تمامی آن نیست. فراهمی‌زیستی فلزات سنگین در خاک توسط عوامل مختلفی از جمله عوامل خاک‌سازی و مدیریت و فعالیت‌های بشری کنترل می‌شود. اولین و مهم‌ترین گام در کنترل زیست‌فراهمی فلزات سنگین، پیش‌گیری آلودگی[8] به مفهوم هر اقدام برای کاهش، حذف، جلوگیری از آلاینده‌ها در منبع هست. استفاده از نهاده‌ها (کودهای دامی، شیمیایی، آفت‌کش‌ها، لجن فاضلاب و...) می‌تواند یکی از عوامل افزایش غلظت آلاینده فلزات سنگین در مزارع باشد. کنترل کیفیت و رعایت حدود مجاز غلظت آلاینده‌ها در نهاده‌ها برای پیش‌گیری بسیار مهم است. آب آبیاری در صورت استفاده از فاضلاب می‌تواند سهم مهمی را در افزایش میزان فلزات سنگین خاک داشته و یا با تماس مستقیم گیاه وارد گیاه نماید. جلوگیری از آلودگی منابع آب آبیاری بایستی با مدیریت مناسب به حداقل برسد. کاشت گیاهان در نزدیکی جاده‌ها و وجود گردوغبار و فرونشست‌های اتمسفری هم نقش مهمی در سلامت گیاهان دارد.

فعالیت‌های بشری مختلف همانند معادن (بالا بودن سرب در اراضی اطراف معدن مس سرچشمه کرمان (شایسته‌فر و رضایی، ۱۳۹۲)، سرب و کادمیم در اراضی جنوب شهر اصفهان و حومه سپاهان شهر (دیانی و همکاران، ۱۳۸۹) استفاده از فاضلاب‌ها در آبیاری اراضی (تجمع سرب، نیکل و کادمیم در اراضی تحت آبیاری با فاضلاب در جنوب تهران (ملاحسینی و بغوری، ۱۳۸۱)، باقری و همکاران، ۱۳۹۲)، قزوین (مستشاری و بغوری، ۱۳۸۱) با مدیریت صحیح در منشأ و منبع می‌تواند میزان انتشار آلاینده‌ها را به حداقل برساند.

انتخاب گونه، تناوب و الگوی کشت: در انتخاب کشت گیاهان در شرایطی که احتمال انباشتگی نیترات در اندام‌های خوراکی گیاهان وجود دارد از گونه‌های با انباشت نیترات کمتر استفاده نمود. علاوه بر آن‌که انباشت نیترات در شرایط مشابه در بین گونه‌های مختلف متنوع هست در داخل یک‌گونه، در بین ارقام مختلف هم تفاوت‌هایی وجود دارد. برخی از ارقام به‌طور ژنتیکی تمایل بیشتری به انباشتگی دارند. به‌عنوان مثال تحقیقات انجام‌شده بر روی پیاز نیز نشان می‌دهد میزان تجمع نیترات در رقم قرمز نسبت به سفید کمتر است. نگاهی به ضریب انتقال عناصر از خاک به گیاه حاکی از ضریب انتقال (غلظت کل در گیاه به غلظت کل در خاک) بالای کادمیم در اغلب گیاهان و به‌ویژه اسفناج هست که بایستی از کاشت آن‌ها در خاک‌های حاوی کادمیم بالا جلوگیری نمود (پوشینییتر، ۲۰۰۵). امروزه تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف در جذب فلزات سنگین و نیترات امری شناخته‌شده است. در جدول ۹ انباشتگی فلزات سنگین در اندام‌های خوراکی برخی گیاهان ذکرشده است. مقدار نیترات موجود در محصولات علاوه بر شدت نور، دوره نوری، دما، مقدار کود مصرفی به ژنوتیپ هم‌بستگی دارد که در جدول ۱۰ ارائه‌شده است (بلوم زاندسترا، ۱۹۸۹).

[8] -Pollution prevention

جدول ۹- تجمع نسبی فلزات سنگین در بخش‌های خوراکی برخی گیاهان (کلاک و همکاران، ۱۹۸۳)

سطح تجمع نسبی			
زیاد	**متوسط**	**کم**	**خیلی کم**
کاهو	چغندر لبویی	ذرت	لوبیا
اسفناج	تربچه	کلم بروکسل (فندقی)	نخود
برگ چغندر	کلم	گل‌کلم	ملون‌ها
اندیو	سیب‌زمینی	کلم برکلی	گوجه‌فرنگی
هویج	شلغم	کرفس	فلفل
تره شاهی	کلم	انواع توت‌ها	میوه‌های گوشتی
	کلم‌برگ (کیل)		

جدول ۱۰- گروه‌بندی سبزی‌ها برحسب مقدار نیترات در محصول تازه (بلوم-زاندسترا، ۱۹۸۹)

مقدار نیترات برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم ماده‌تر	گونه‌های گیاهی
<۲۰۰	مارچوبه، شیکوری، سیب‌زمینی، فلفل شیرین، سیب‌زمینی شیرین، گوجه‌فرنگی، لوبیا سبز، نخود سبز و قارچ
<۵۰۰	کلم بروکلی، گل‌کلم، خیار، بادمجان، کدو تنبل، خربزه، ملون، پیاز، شغلم
<۱۰۰۰	کلم (سفید و قرمز)، هویج، جعفری، کدوحلوایی
<۲۵۰۰	اندیو، برگ جعفری، ریواس، کلم‌سنگی، تره‌فرنگی
>۲۵۰۰	چغندر لبویی، کرفس، گشنیز، کاهو، خرفه، تربچه، ترب‌سیاه، اسفناج، برگ شغلم

ریزوسفر بر زیست‌فراهمی فلزات سنگین اثرات قابل توجهی دارد. به‌عنوان مثال لوپن ها به دلیل رهاسازی اسیدسیتریک باعث افزایش قابلیت استفاده فلزات سنگین می‌شوند. در مناطقی که خاک‌آلوده به فلزات سنگین وجود دارد می‌توان از کشت نباتات صنعتی استفاده نمود (پوشینییتر، ۲۰۰۵).

مدیریت زراعی: برای کاهش تجمع نیترات در گیاهان به‌طور کلی نبایستی اعمالی انجام داد که مانع از رسیدن نور به گیاه در روز گردد. به همین دلیل غلظت نیترات در روزهای آفتابی به دلیل انجام فتوسنتز در اندام-های گیاه نسبت به روزهای ابری بسیار پایین‌تر خواهد بود. در مواردی توصیه بر کاربرد نور مصنوعی در طول شب قبل از روز برداشت گردیده است. همچنین برداشت محصولات در بعدازظهر و غروب هنگام پایین بودن غلظت نیترات توصیه‌شده است تا خطرات تجمع نیترات به حداقل برسد.

مدیریت حاصلخیزی خاک، کود و مواد بهساز

مدیریت حاصلخیزی خاک هم در بهره‌برداری از خاک‌های آلوده و هم در آلوده ساختن منابع خاک، آب، هوا و محصولات کشاورزی مؤثر است. در بالا رفتن غلظت نیترات در محصولات، مدیریت حاصلخیزی و مصرف کودها نقش اول را دارد. برای کنترل نیترات در محصولات بایستی مقدار مصرف کودهای نیتروژنی (شیمیایی و آلی) متعادل و متناسب با نیاز گیاه باشد و تقسیط مصرف کودهای نیتروژنی شیمیایی در دو تا سه بار علاوه بر افزایش کارایی کودهای نیتروژنی باعث کاهش غلظت نیترات در محصولات می‌شود. مصرف متعادل سایر کودها (غیرنیتروژنی) همانند کودهای فسفاتی، آهن و روی (بای بوردی، ۱۳۸۶) نقش کنترل‌کننده در غلظت نیترات محصولات دارد. در تولید در شرایط هیدروپونیک می‌توان با جایگزینی بخشی از نیترات با منابع آمونیوم، در چند روز قبل برداشت نسبت به کاهش غلظت نیترات اقدام نمود. مصرف منبع نامناسب و بی‌کیفیت انواع کودها می‌تواند عامل افزایش فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی گردد.

مطالعات بسیاری حکایت از اثرات مثبت مصرف کودهای روی(Zn) بر کاهش جذب کادمیم وجود دارد.

مواد و ترکیبات آلی همانند کمپوست‌ها، کودهای حیوانی، لجن فاضلاب در زیست‌فراهمی فلزات سنگین نقش مهمی را دارند که دلیل آن بالا بودن غلظت آهن و فسفر و مواد آلی آن‌ها نسبت داده می‌شود. مواد آلی موجود در کودها برخی فلزات سنگین را در خود نگه‌داشته و از جذب و انتقال آن‌ها جلوگیری می‌کند پوشینییتر، ۲۰۰۵). مواد بهساز در کاهش فراهمی زیستی فلزات به دلیل ایجاد باندهای اضافی برای پیوند و تغییرات اسیدیته می‌تواند بسیار مفید باشند. بسیاری از این ترکیبات محصولات جانبی کارخانه‌ها و صنایع هستند که هزینه استفاده آن را بسیار کاهش می‌دهد. در جدول ۱۱ برخی مواد بهساز آمده است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- برخی مواد بهساز معدنی و تأثیر آن بر فراهمی زیستی برخی فلزات سنگین (پوشینیتر، ۲۰۰۵)

ماده بهساز	مؤثر برای	ماده بهساز	مؤثر برای
رس مونتموریلونیت	Cd, Ni, Zn	آهک	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn
کلینوپتیلایت	Cd, Pb, Zn	اکسید منگنز	Cd, Pb
دی امونیوم فسفات	Cd, Pb, Zn	زئولیت سنتتیک	Cd, Cu, Ni, Zn.
سولفات آهن	As,Cr	لجن تصفیه آب	Cd, Cu, Ni, Zn.
هیدروکسی اپاتیت	Cd, Cu, Ni, Zn	آهک	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn

مدیریت زمان برداشت: انباشتگی نیترات در گیاهان فرایند پیچیده‌ای است که طی مراحل مختلف انجام‌گرفته و فتوسنتز، انتقال و احیا نیترات، شدت نور، در آن نقش حیاتی دارند. با توجه به اثرات مستقیم تشعشع بر تجمع نیترات تغییرات نور در طی شبانه روز بر روی الگوی نیترات در گیاه طی شبانه‌روز تأثیر می‌گذارد. بدین معنی‌که میزان نیترات در شب بالا و در طی روز کم می‌شود؛ بنابراین برداشت در زمان مناسب می‌تواند در این زمینه بسیار مؤثر باشد (رنسینگ و همکاران، ۲۰۰۷). اغلب توصیه بر آن است که برداشت محصول در بعد از ظهرها به دلیل کاهش غلظت نیترات انجام گیرد.

مدیریت در مصرف: نیترات عمدتاً در واکوئل‌های سلولی بوده و در آوند چوبی انتقال پیدا می‌کند. آوندچوبی آب و عناصر غذایی را از ریشه‌ها به برگ‌ها منتقل می‌کنند. درحالی‌که آوندهای آبکش محصولات فتوسنتز را از برگ‌ها به نقاط رشد گیاه منتقل می‌کند. این کارکرد آوندهای چوبی و آبکش توزیع نیترات در بین برگ‌ها و اندام‌های ذخیره‌ای همانند بذر و غده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین گیاهان برگی همانند کلم، کاهو و اسفناج غلظت‌های بالای نیترات را دارند. در حالی‌که اندام‌های ذخیره‌ای همانند غده‌های سیب‌زمینی، هویج، پیاز، بذر و غلاف‌های نخود و لوبیا مقادیر غلظت کمتر را دارند. به همین دلیل هم برگ‌های پیرتر مقدار نیترات بیشتری نسبت به برگ‌های جوان‌تر دارند و یا برگ‌های بیرونی کلم نیترات بیشتری نسبت به برگ‌های درونی دارند (ای‌اف‌اس‌آ، ۲۰۰۸). به‌طور کلی سبزی‌هایی که ریشه، ساقه و برگ آن‌ها استفاده می‌شود، انباشتگی نیترات بیشتری نسبت به میوه‌ها و ملون‌ها دارند. میزان نیترات بخش‌های مختلف متفاوت بوده و می‌توان میزان نیترات در اندام‌های مختلف را به‌صورت کاهشی زیر بیان نمود:

بذر<میوه< سوخ<غده<گل<ریشه<ساقه<برگ<دمبرگ

بنابراین افزایش نسبت برگ به دمبرگ در محصولاتی همانند اسفناج هنگام برداشت و جداسازی بخش‌های از گیاه با انباشتگی نیترات بالاتر قبل از فرآوری و مصرف سهم بالایی در کاهش نیترات آن خواهد داشت (رنسیجنو همکاران، ۲۰۰۷).

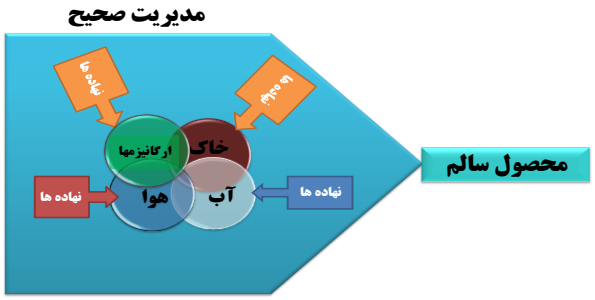
شهباززادگان و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی میزان نیترات در بخش‌های مختلف میوه‌ها و سبزی‌ها نشان دادند که میزان نیترات در اندام‌های خارجی ازجمله پوست، برگ-های بیرونی و اندام‌های سبز بیش از اندام‌های داخلی و گوشت میوه‌ها و سبزی هست. بهشتی و همکاران (۱۳۹۷) با مطالعه غلظت نیترات در پوست و گوشت نمونه‌های خیار نشان دادند که میانگین غلظت نیترات در پوست خیار برابر ۳۷۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در وزن تازه و در گوشت خیار ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هست؛ بنابراین پوست‌کندن خیار در هنگام مصرف نقش مهمی در کاهش ورودی نیترات در اثر مصرف خیار به بدن خواهد داشت.

میزان نیترات سبزی‌ها و غده‌ها با جوشاندن در آب کاهش پیدا می‌کند. این کاهش به دلیل وارد شدن نیترات سبزی‌ها به آب در حال جوش هست که می‌تواند تا ۵۰ درصد نیترات را کاهش دهد (پارساد و چتی، ۲۰۰۹). زیارتی و اربابی بیدگلی (۲۰۱۴) نشان دادند که با جوشاندن کلم ۵۴٪، سیب‌زمینی ۳۶٪، گل‌کلم ۴۳٪، پیاز ۱۹، کرفس ۳۹٪ و هویج ۱۱٪ میزان نیترات آن‌ها کاهش یافت. انتخاب اندازه محصولات نیز مهم است. زیارتی و اربابی بیدگلی (۲۰۱۴) با بررسی ۱۶۵۰ نمونه از ۱۳ گونه گیاهی اندازه

غده‌های سیب‌زمینی، پیاز، چغندرقند، هویج، کلم، کاهو با مقدار نیترات آن‌ها نشان داد که با بزرگ شدن اندازه آن‌ها مقدار نیترات کمتر هست.

جمع‌بندی و پیشنهادها

تولید محصولات با کیفیت مناسب و غیرآلوده فرآیندی است که بایستی عوامل مختلف دخیل در آن را شناسایی نمود. در فرآیند تولید محصولات استفاده از آب، خاک، هوا و نهاده سالم ضروری است تا با بهره‌گیری از مدیریتی درست و ضمن حفظ تعادل زیستی بتوان در رسیدن به محصول سالم موفق بود. البته روابط این عوامل در فرآیند تولید مستقل و مجزا نبوده بلکه به همدیگر در برهمکنش هستند (شکل ۱).



شکل ۱- عوامل مؤثر در فرایند تولید محصول سالم و برهمکنش آن‌ها

اگرچه در خصوص وضعیت آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اراضی کشاورزی مطالعه در مقیاس مناسب در سطح ملی منتشرنشده است، اما تحقیقات و اطلاعات موجود حاکی از آن است که آلودگی گسترشی لکه‌ای و موضعی دارد که یا به دلایل فرآیندهای زمین‌شناختی بوده و یا حاصل منابع فعالیت‌های انسانی در ورود آلودگی به خاک هست. مهم‌ترین شیوه در مدیریت آلودگی منابع آب‌وخاک و گیاه، پیشگیری از آلودگی در منبع هست. در صورت عدم توجه به منابع آلاینده و پیشگیری از آن‌ها، با آب‌وخاک آلوده مواجه خواهیم بود. در چنین شرایطی ریسک آلودگی محصولات تولیدی بالا خواهد رفت و رفع این آلاینده‌ها با پاک‌سازی و پالایش از خاک و آب‌های آلوده بسیار پرهزینه و مشکل هست.

امروزه توصیه اکید بر آن است که به‌جای پاک‌سازی و مقابله با آلودگی خاک و گیاه به آلاینده‌ها بایستی بر پیشگیری از آلودگی در منبع تلاش نمود. همان‌گونه که ذکر شد صنایع، فاضلاب، کودهای شیمیایی و آلی، لجن فاضلاب از جمله منابع ورودی آلاینده‌ها به خاک می‌باشند که لازم است در منبع با سازوکار متناسب آن‌ها را کنترل نمود. این امر با اجرای دقیق استانداردها و معیارها قابل انجام هست. برای مدیریت خاک‌های آلوده در مرحله اول بایستی مناطق دچار آلودگی شناسایی‌شده و در مراحل بعدی به‌طور منظم پایش شوند. در مرحله سوم برای مقابله با مواردی که میزان فلزات سنگین در خاک بالاتر از حداکثر میزان مجاز هست لازم است تا از کشت گیاهان خوراکی اجتناب نموده و عملیات کشاورزی مناسب با آن اجرایی گردد. در صورت بروز آلودگی پائین در منطقه‌ای خاص بایستی با مدیریت زراعی مناسب از جمله انتخاب گونه مناسب و با ریسک کم، افزایش مواد آلی خاک، مدیریت مصرف درست کودهای شیمیایی (همانند مصرف روی در اراضی دچار آلودگی کادمیم و کمبود روی)، توجه به اثرات شوری در افزایش جذب کادمیم و... نسبت به کاهش و مقابله با آلودگی اقدام نمود.

تغییر در میزان و روش مصرف کودهای شیمیایی و نیز تغییر شیوه‌های توصیه کودی به‌ویژه کودهای نیتروژنی بر اساس آزمون خاک نقش اثبات‌شده‌ای در کیفیت محصولات دارد. برونده طرح‌های تحقیقاتی و انتقال‌یافته‌های تحقیقاتی در قالب طرح‌های تحقیقی-ترویجی و مزارع نمایشی متعدد این امر را به اثبات رسانده است. بکار بستن روش‌های همانند آزمون خاک، برداشت محصول در زمان بعدازظهر و عصر باعث کاهش میزان تجمع نیترات می‌شود.

با توجه به شرایط اقلیمی (نور و دمای کم) می‌توان از رقم و گونه مناسب استفاده نمود. استفاده از گونه‌ها را می‌توان براساس اندام خوراکی آن‌ها تنظیم نمود که بیشترین انباشتگی نیترات در دمبرگ و کمترین آن‌ها در بخش بذر میوه هست.

تغییرات کیفیت محصولات در کوتاه و بلندمدت، خود نشان از تغییرات دیگر عوامل دارد که ردیابی و منشایابی این تغییرات خود در حل مسئله کمک بسیاری می‌نماید. با توجه به اینکه مطالعات بررسی‌شده در این گزارش به‌طور اجمالی به مسئله نیترات در برخی از محصولات تولیدی و مصرفی در کشور پرداخته است، به‌منظور یافتن علت‌های تجمع نیترات در محصولات عمده و مهم برگی، غده‌ای و میوه‌ای و راه‌های کاهش آن پیشنهاد می‌گردد حداقل در مناطقی که احتمال آلودگی نیترات در محصولات بیشتر بوده، تحقیق در سطح تفصیلی و دقیق‌تری انجام پذیرد تا بتوان عوامل تجمع نیترات در این مناطق را بهتر شناخت و راه‌های رفع آن‌ها را بیان نمود.

فهرست منابع

۱. احمدی دوآبی، ش.، افیونی، م.، و م، کرمی. ۱۳۹۶. بررسی آلودگی گردوغبار اتمسفری استان کرمانشاه به برخی فلزات سنگین با استفاده از شاخص‌های آلودگی. نشریه آب‌وخاک، جلد ۳۰، شماره ۳، ص ۸۳۴-۸۲۲.

۲. اصغری مقدم، ا.، و ل، جلالی. ۱۳۹۳. بررسی آنومالی آرسنیک و منشأ احتمالی آن در آب زیرزمینی دشت خوی. علوم زمین ، شماره ۹۴ ، صفحه ۱۴۷- ۱۵۴.

۳. اصغری مقدم، ا.، و ر، برزگر. ۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر بر غلظت بالای آرسنیک در آب زیرزمینی آبخوان‌های دشت تبریز، علوم زمین، شماره ۹۴ ، صفحه ۱۷۷-۱۹.

۴. اصغری مقدم، الف. ۱۳۸۹. اصول شناخت آب‌های زیرزمینی، انتشارات دانشگاه تبریز، ۳۶۸ ص.

۵. افشاری، ع.، خادمی، ح.، و س، حجتی. ۱۳۹۴. ارزیابی پتانسیل خطرپذیری آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مرکزی استان زنجان بر اساس انواع شاخص‌های آلودگی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، جلد ۲۲، شماره ۶، ص ۴۰-۲۱

۶. افشاری، ع.، خادمی، ح.، و م. ا، دلاور. ۱۳۹۴. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین با استفاده از فاکتور آلودگی در خاک اراضی با کاربری‌های مختلف در بخش مرکزی استان زنجان. نشریه دانش آب‌وخاک، جلد ۲۵، شماره ۲ ص ۵۲-۴۱.

۷. افیونی، م. ۱۳۹۰. خلاصه مدیریتی و جداول استاندارد آلودگی و پاک‌سازی خاک‌های ایران. اداره کل حفاظت محیط‌زیست اصفهان.

۸. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ایران. تهران.

۹. ایزدی، ش.، عابدی، س.، احمدیان، س.، و م، محمودی. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی انگلی سبزی‌های خوراکی در مزارع سبزی‌کاری شهر اصفهان. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دوره ۱۱، ص ۵۸-۵۱.

۱۰. ایماندل، ک. ا.، و. ا. ایرانشاهی. ۱۳۷۳. نگرشی تازه بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تهران. مجموعه مقالات دومین هم‌اندیشی بهداشت آب.

۱۱. باباپورمفرد، ا.، رستمی، ص.، اعلانژاد، م.، فروزانفر، م.، خاکسار ا، و ز، رمضانی. ۱۳۹۲. تعیین مقدار برخی از فلزات سنگین در آب رودخانه‌های کارون و دز. دو ماهنامه علمی پژوهشی جنتاشاپیر، ویژه نامه سال ۱۳۹۲، ۱۰۰-۸۸.

۱۲. بابایی، ی.، علوی مقدم، م.، قاسم‌زاده، ف.، و م. ح، ارباب زوار. ۱۳۷۸. بررسی آلودگی آب‌های سطحی منطقه کوه سرخ کاشمر به آرسنیک. علوم و فنّاوری محیط‌زیست ، دوره دهم، شماره سه، پاییز ۸۷. ص ۳۵-۲۹.

۱۳. بازرگان، ک. ۱۳۹۱. بررسی میزان باقیمانده نیترات در سیب‌زمینی مناطق عمده تولید کشور و میدان مرکزی میوه و تره‌بار تهران. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

۱۴. باقری، ی. ر. ۱۳۹۳. بررسی آلودگی محصولات و خاک‌های اراضی کشاورزی جنوب تهران به فلزات سنگین. گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب.

۱۵. بایبوردی، ا. ۱۳۸۶. اثر تغذیه برگی آهن و روی بر صفات کمی و کیفی دو رقم پیاز. مجله زراعت و باغبانی، جلد ۷۴، صفحات ۲۳-۲۹.

۱۶. بایبوردی، ا.، م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۶. بررسی منابع مختلف کود آلی بر کمیت و کیفیت پیاز قرمز آذرشهر در دو منطقه بناب و خسروشهر. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۱، صفحات ۱-۹.

۱۷. بایبوردی، ا.، م. ج. ملکوتی، س. سماوات. ۱۳۸۴. بررسی مقادیر و منابع ازت، بر خصوصیات دو رقم پیاز. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، صفحات ۲۶-۳۲.

۱۸. برزین، م.، خیرآبادی، ح.، و م، افیونی. ۱۳۹۴. بررسی آلودگی برخی فلزات سنگین خاک‌های سطحی استان همدان با استفاده از شاخص‌های آلودگی مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب‌وخاک سال ۱۹ شماره ۷۲ ص ۷۹-۶۹.

۱۹. بغوری، ا. ۱۳۷۰. مروری بر نتایج حاصل از کاربرد کودهای فسفره بر کادمیم خاک و گیاه و بررسی میزان کادمیم در کودهای وارداتی. نشریه شماره ۸۲۲، موسسه تحقیقات خاک و آب.

۲۰. بهبهانی‌نیا، آ. و ر، سلماسی. ۱۳۹۵. بررسی تراکم فلزات سنگین و تعیین همبستگی بین آن‌ها با ویژگی‌های خاک در توابع استان آذربایجان شرقی، علوم و فنّاوری محیط‌زیست، دوره ۱۸، شماره ۲، ص ۶۹-۵۸

۲۱. بهبهانی نیا، آزیتا. ۱۳۸۸. بررسی آلودگی فلزی حاصل از سوخت‌های فسیلی در خاک‌های اطراف جاده تهران- دماوند. گیاه و زیست‌بوم، دوره ۵، شماره ۱۷، ص۵۶-۴۵.

۲۲. بهتاش، ف. س.، مسیحا، م.، ج. ملکوتی. ۱۳۸۰. اثر مقادیر مختلف اوره بر تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف اسفناج و جعفری. ۱۳۸۰. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، جلد ۲، شماره‌های ۳ و ۴. صفحه ۱۶۰-۱۵۵.

۲۳. بهتاش، ف.، مسیحا، س.، و م. ج، ملکوتی. ۱۳۸۰. بررسی اثر مقادیر مختلف کود شیمیایی اوره در تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف اسفناج و جعفری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، جلد ۲، شماره ۳و۴، ص ۱۶۰-۱۵۵.

۲۴. بهرامپور، ت.، فلاح نصرت آباد، ع. ر.، تیری م. ر.، و و، س، مقانلو. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت فلزات سنگین (سرب-کادمیم و نیکل) در خاک‌های منطقه مغان مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد ۳، شماره ۱، ص ۲۴۹-۲۴۳

۲۵. بهشتی، م.، ک، شهبازی.، ک، بازرگان.، م، بصیرت.، و ا. ملک‌زاده .۱۳۹۷. بررسی اجمالی غلظت نیترات در دو محصول گوجه‌فرنگی و خیار «نمونه‌برداری از میدان اصلی میوه و تره‌بار استان البرز». موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه ۵۴۲۲۸.

۲۶. بهمنی، س.، صفاری، و. ر.، و ع. ا. مقصودی. ۱۳۹۲. اثر تقسیط و میزان کود اوره بر تجمع نیترات و عملکرد سوخ پیاز در تولید خارج فصل در دشت جیرفت. نشریه علوم باغبانی، جلد ۲۷، شماره ۴، ص۴۱۰-۴۰۰.

۲۷. بی‌نام. ۱۳۹۲. مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی، سازمان ملی استاندارد ایران، استاندارد ملی شماره ۱۶۵۹۶.

۲۸. پاک‌نژاد، ع. ر. بررسی پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف آلاینده‌های کشاورزی بر کیفیت آب زهکش‌های شبکه آبیاری دز. گزارش نهایی شماره ۳۹۵۷۱ موسسه تحقیقات خاک و آب.

۲۹. پورخباز، ح.ر، جوانمردی، و، یوسف‌نیا، ح، اسلامی، م.، مکرونی، س.، و ح، اقدم. ۱۳۹۵. ارزیابی زیست‌محیطی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف سیمان بهبهان، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۷، پیاپی ۶۳، ص ۱۰۵-۸۷

۳۰. پورمقیم، م.، خ. خوش‌نیت.، ا. صادقی مکی.، ر. کمیلی فنود.، ب. گلستان.، م. پیرعلی. ۱۳۸۹. تعیین میزان نیترات در کاهو، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی عرضه‌شده در میدان تره‌بار تهران به روش HPLC. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. سال پنجم، شماره۱.

۳۱. پورینا، م.، موسوی، م. ح.، و ز، جاسمی رزکانی. ۱۳۹۲. بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز، علوم و فنّاوری محیط‌زیست، دوره ۱۷، شماره ۴، ص ۳۳-۲۳

۳۲. پیرصاحب ، م.، درگاهی، ع.، و ح، گلستانی. ۱۳۹۱. بررسی میزان آرسنیک در محصولات کشاورزی، فرآورده‌های دامی و آب شرب روستاهای شهرستان قروه و بیجار استان کردستان. بهداشت مواد غذایی، دوره ۲، شماره ۴، ص ۹۹-۳۳.

۳۳. پیر صاحب ، م.، رحیمیان، س.، و ی، پاسدار. ۱۳۹۱. مقدار نیترات ونیتریت در سبزی‌ها و صیفی‌جات مصرفی شهر کرمانشاه سال ۱۳۸۹. مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، سال ۱۶، شماره اول، ص ۸۳-۷۶.

۳۴. پیرصاحب، م.، شرفی، ک.، و م، مرادی. ۱۳۹۲. بررسی میزان نیتریت و نیترات صیفی‌جات و سبزی‌های کشت‌شده در دشت‌های جنوبی و شرقی کرمانشاه در سال ۱۳۹۰. بهداشت مواد غذایی، دوره ۳، شماره۱، ص ۱۰۶-۷۷

۳۵. جاویدان، ز.، زرالوندی، ع. ر.، و ف، راست‌منش. ۱۳۹۵. تعیین شاخص‌های زیست‌محیطی و منشأ فلزات سنگین گردوغبار خیابان استان خوزستان، مجلسه سلامت و محیط‌زیست، دوره ۹، شماره ۲، ص ۱۵۵-۱۷۰

۳۶. جدالی، م و ز، کلاه چی. ۱۳۸۴. غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی منطقه بهار همدان. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، شماره ۲، ص۲۰۲-۱۹۴.

۳۷. جعفرنژادی، ع. ر، همائی، م.، صیاد، غ. ۱۳۹۲. ارزیابی ویژگی‌های مؤثر خاک بر وضعیت غلظت کادمیم در خاک و بذر گندم در برخی خاک‌های آهکی خوزستان. مجله پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، جلد ۱۹، شماره دوم ص ۱۴۹-۱۶۴.

۳۸. جعفرنژادی، ع. ر. ۱۳۹۲. بررسی مقدار فلزات سنگین (کادمیم، سرب و نیکل) و نیترات در کاهو در منطقه خوزستان. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان.

۳۹. جعفری ملک‌آبادی، ع.، افیونی، م.، موسوی، س. ف.، و ا، خسروی. ۱۳۸۳. بررسی غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی استان اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۸، شماره ۳، ص ۸۲-۶۹.

۴۰. جعفری، ف.، و ح، خادمی. ۱۳۹۳. توزیع زمانی و مکانی فلزات سنگین در گردوغبار منطقه شهری کرمان، محیط شمالی، دوره ۴۰، شماره ۲، ص ۱۳۷۳-۱۳۶۱

۴۱. جماعتی ثمرین، ش.، توبه، ا.، هاشمی مجد، ک.، اصغری، ع.، حسن‌زاده، م.، ذبیحی محمودآباد، ر.، و م، شیری جناقرد. ۱۳۸۸. تأثیر تراکم بوته و سطوح نیتروژن بر درصد پروتئین عملکرد و تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی. تولید گیاهان زراعی، جلد ۲، شماره ۳، ص ۱۶۴-۱۵۱.

۴۲. خداکرمی، ل.، سفیانیان، ع.، میرغفاری، ن.، افیونی، م.، و ا، گلشاهی. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین کروم، کبالت، نیکل در خاک‌های سرریز حوزه آبخیز استان همدان با استفاده از فناوری‌های GIS و زمین‌آمار، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک، سال ۱۵، شماره ۵۸، صفحه ۲۵۶-۲۴۳

۴۳. خلدبرین، ب و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد اول. انتشارات دانشگاه شیراز.

۴۴. دلاور، م.ا.، و ی، صفری. ۱۳۹۴. منشایابی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف شهرک روی زنجان با استفاده از تکنیک‌های آماری ، نشریه آب‌وخاک، جلد ۲۹، شماره ۳، ص ۶۳۷-۶۲۷

۴۵. دواتی، ل.، و ح.ر.، عظیم‌زاده. ۱۳۹۳. بررسی وضعیت آلودگی ناشی از فلزات سنگین در اطراف کارخانه پتروشیمی و پالایشگاه مجاور پناهگاه حیات وحش تمیشلو، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۴، ص ۴۱۴ -۴۰۳.

۴۶. دیانی، م.، نادری، م.، و ج، محمدی. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی غلظت سرب، روی و کادمیم در خاک با استفاده از داده‌های ماهواره ETM در جنوب شهرستان اصفهان. نشریه آب‌وخاک، جلد ۲۴، شماره ۲، ص: ۲۹۶-۲۸۶.

۴۷. راهدار، م.، وزیریان، ب.، غلامی، م.، و ص، گرشاسبی. ۱۳۹۰. بررسی آلودگی‌های انگلی سبزی‌های خام مصرفی در شهر اهواز. مجله علمی پزشکی، دوره ۱۰، شماره ۶، ص ۶۶۴-۶۵۷.

۴۸. رجایی، ق.، جهان تیغ، ع.، حصاری مطلق، س.، و م، حسن‌پور. ۱۳۹۱. بررسی غلظت فلزات سنگین و بلوچستان در سال ۱۳۸۹. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۲، شماره ۹۰صص۱۱۲-۱۰۵.

۴۹. رجایی، م. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت آلودگی نیترات و نیتریت در برخی محصولات کشاورزی استان فارس. گزارش سالیانه طرح پژوهشی به شماره ۸۸۰۵-۱۰-۵۵-۲. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. تهران ایران.

۵۰. رجبی، م، و ب، سوری. ۱۳۹۴. ارزیابی مقادیر فلزات سنگین در ذرات گردوغبار باریده بر شهرهای سنندج، خرم‌آباد، اندیمشک در غرب ایران در سال ۹۲-۱۳۹۱، مجله سلامت و محیط، دوره ۸ ، شماره اول، ص ۱۱-۲۲

۵۱. رستمی، ق، راهنما راد، ج، و ا، نظرپور. ۱۳۹۳. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک‌های سطحی شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز جنوب غربی ایران، نشریه زمین‌شناسی ژئوتکنیک، سال ۱۰، شماره ۱، ص ۶۷-۵۷.

۵۲. رقیمی، م، رمضانی مجاوری، م، و س.م. سید خادمی. ۱۳۸۷. منشأ آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی شهر گرگان در سال ۱۳۸۴. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، دوره ۱۰، شماره ۴۰، ص ۳۹-۳۴.

۵۳. زارعی، ح و م.ج. ملکوتی. ۱۳۷۶. بررسی امکان آلودگی سبزی اسفناج به نیترات بر اثر مصرف سطوح کود نیتروژنه اوره . مجله علوم .۲۷-۲۰:(۱) کشاورزی و منابع طبیعی.

۵۴. زرالوندی، ع، راست منش، ف، نائینی تمیم، ف، مختاری، ب و م، ساعد. ۱۳۹۳. بررسی ارزیابی و تعیین منشأ احتمالی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در گردوغبار خیابان شهر اهواز با نگرش زمین‌شیمی پزشکی، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دوره ۲۵، شماره اول، ص ۱۳۷-۱۲۱.

۵۵. زمانی، ع، احمدپور مبارکه، ا، پری زنگنه، ع، و س، خسروی. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی مقدار فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان کردستان. قطعنامه پژوهش در بهداشت محیط، جلد ۳، شماره ۱، ص ۴۰-۵۵

۵۶. سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۱۳۹۰. پیش‌نویس ضوابط و استاندارد عناصر و آلاینده‌های انواع لجن فاضلاب و چگونگی تخلیه، جمع‌آوری و انتقال آن‌ها.

۵۷. سبحان اردکانی، س، جمالی، م، و م، معانی جو. ۱۳۹۳. بررسی غلظت آرسنیک، روی، کروم و منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن و تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. علوم و فنّاوری محیط‌زیست، دوره شانزدهم، شماره ۵ ، تابستان۳۳، ص۳۸ -۲۵.

۵۸. سبحان اردکانی، س، رزبان، س، و م، معانی جو. ۱۳۹۳. ارزیابی غلظت برخی از فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند همدان، ماهنامه دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، سال ۱۸، شماره ۶، ص ۳۴۸-۳۳۹.

۵۹. سبحان اردکانی، س، شایسته، ک، افیونی، م، و ن، محبوبی صوفیانی. ۱۳۸۴. غلظت نیترات در برخی از فرآورده‌های گیاهی اصفهان. مجله محیط‌شناسی، شماره ۷، صفحه ۶۹-۷۶.

۶۰. سعیدی، م، کرباسی، ع، بیدهندی، ع، و ن، مهردادی. ۱۳۸۵. اثر فعالیت انسانی بر تجمع فلزات سنگین در آب رودخانه تجن در استان مازندران. محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۳،صص ۷۴-۶۱.

۶۱. سلگی، ع، و ر، کرامتی. ۱۳۹۴. ارزیابی خطرات بهداشتی ناشی از فلزات سنگین در خاک شهری شهر بجنورد. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، سال۹۴، دوره ۷ ، ص ۸۲۷-۸۱۳.

۶۲. سلگی، ع، و س، سلگی. ۱۳۹۴. برسی غلظت فلزات سنگین در خاک اکوسیستم‌های زراعی انگور ملایر، حفاظت زیست‌بوم گیاهان، دوره ۳ ، شماره ۷ ، ص ۱۱۱-۹۹

۶۳. سلیمان‌پور، ح، ظهور، ع، ابراهیم‌زاده، ع، بیرانوند، ل و م، دبیر زاده. ۱۳۹۱. بررسی آلودگی انگلی سبزیجات تازه مصرفی شهر زابل در سال ۱۳۹۰. فصلنامه دستینه، ۴۷-۴۰.

۶۴. سلیمی، م، بهمنیار، م، قاجار سپانلو، م، و آ، محمدی. ۱۳۹۴. تغییرات سرب و کادمیم خاک و گیاه کلزا در حاشیه جاده ساوه-همدان. نشریه دانش خاک و آب، جلد ۲۵، شماره ۲، ص ۲۰۵-۱۹۳.

۶۵. سیستانی، ن، معین‌الدینی، م، خراسانی، ه، حمیدیان، ا، علی طالبی، م، صالح و ر، عظیمی یانچشمه. ۱۳۹۶. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مجاور صنایع فولاد کرمان، ارزیابی آلودگی فلزی و درجه آلودگی، مجله سلامت و محیط‌زیست، دوره ۱۰، شماره اول ، ص ۸۶-۷۵

۶۶. سیلسیپور، م. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت نیترات در محصولات عمده سبزی و صیفی دشت ورامین. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران.

۶۷. شاکری، ع، شاکری، ر، و ب، مهرابی. ۱۳۹۴. بررسی عناصر کروم، نیکل، ارسنیک، و کادمیم در آب رسوب و ماهی سد شهید رجایی مازندران، شمال ایران. محیط‌شناسی، دوره ۴۱، شماره یک، ص۲۴-۱۳.

۶۸. شاه‌پسندزاده و همکاران. ۱۳۸۳. اثرات زیست‌محیطی توسعه شهری بر آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی گستره گرگان. مجله علوم زمین. ۱۴(۵۴): ۴۸ –۵۵.

۶۹. شایسته‌فر، م، و ع، رضایی. ۱۳۹۲. بررسی رفتار زیست‌محیطی و مطالعه توزیع عناصر سنگین در خاک‌های محدوده معدن مس سرچشمه کرمان. مهندسی معدن، دوره هشتم، شماره هجدهم، ص۱۳-۲.

۷۰. شکری‌راغب ، پ، و س، سبحان‌اردکانی. ۱۳۹۵. بررسی آلودگی رسوب خشک اتمسفری هوای شهر همدان به عناصر کیاست، کروم و منگنز مجله عملی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، دوره ۲۳ شماره ۲ ص ۱۵۶-۱۴۹.

۷۱. شهباز زادگان، س، هاشمی مجد، ک، و ب، شهبازی. ۱۳۸۹. اندازه‌گیری غلظت نیترات در سبزی و میوه‌های عرضه‌شده در شهر اردبیل. مجله علمی-پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، دوره ۱۰، شماره اول، ص ۳۸-۴۷.

۷۲. شهبازی، ع، سفیانیان، ع، میرغفاری، ن، و م، عین قلایی. ۱۳۹۱. بررسی آلودگی فلزات سنگین خاک با استفاده از شاخص‌های فاکتور آلودگی. محیط‌زیست و توسعه، سال۳، شماره۵، بهار و تابستان، از صفحه۳۸-۳۱.

۷۳. شهبازی، ع، رضائیان، ع، افراز، ر، و ل، خداکرمی. ۱۳۹۰. بررسی توزیع مکانی فلزات سنگین کادمیم، مس و سرب در خاک و تعیین منشأ این فلزات، مجله کاربرد بخش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، شماره ۲ ص ۱۰۹-۹۷

۷۴. شهریاری، ط، معاشری، ب، و غ، شریف‌زاده. ۱۳۹۰. غلظت کروم و مس در آب‌های زیرزمینی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر بیرجند در سال ۸۹-۱۳۸۸. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، دوره ۱۸، شماره ۱، ص۶۷-۶۲.

۷۵. صفری، ش، اصغری مقدم، ا، ندیری، ع، و ک، سیاه‌چشم. ۱۳۹۵. منشأ آرسنیک و چگونگی آزادسازی آن در منابع آب زیرزمینی دشت چاردولی استان کردستان. علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۹، صص ۲۷۰-۲۶۱.

۷۶. طاهری، م، اسماعیلی آفتابدری، م، خوش‌زبان، ت، تکاملی، م، و م، عباسی. ۱۳۹۴. غلظت کل و قابل‌جذب فلزات سنگین و ارزیابی شاخص‌های آلودگی در خاک‌های شهرستان زنجان. نشریه آب‌وخاک، جلد ۲۹، شماره ۵، ص ۱۳۰۸-۱۲۹۷

۷۷. طباطبایی، س، ملکوتی، م ، و ا، بای بوردی. ۱۳۸۵. اثر طیف نور و فیلترهای مختلف رنگی بر غلظت نیترات و رشد و نمو کاهو در روش آبکشت. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰، شماره ۱، ص۳۴-۲۶.

۷۸. عزیزنیا، س. ۱۳۹۵. بررسی میزان آلودگی انگلی سبزی‌های شهرستان ایلام در نیمه اول سال ۱۳۹۵. یک گزارش کوتاه. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره ۱۵، ۱۰۰۰-۹۹۵.

۷۹. عظیم‌زاده، ب، و ح، خادمی. ۱۳۹۲. تخمین غلظت زمینه برای ارزیابی آلودگی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی بخشی از استان مازندران نشریه آب‌وخاک، جلد ۲۷، شماره ۳، ص ۵۵۹-۵۴۸.

۸۰. فرشاد، ع. ا. ، ک. ا. ایماندل. ۱۳۸۲. بررسی میزان نیترات و نیتریت در چاه‌های آب واحدهای صنعتی غرب تهران. مجله دانشکده بهداشت و انیستیتو تحقیقات بهداشتی. جلد ۱ شماره ۲ صفحات ۳۳-۴۴.

۸۱. فلاح، س، مهدی نیا، س ، حیدریه، م، و ا، عباسی. ۱۳۸۵. بررسی میزان نیتریت و نیترات در منابع آب آشامیدنی شهر سمنان در سال ۱۳۸۱.مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی گیلان، دوره ۱۵، شماره ۶۰، ص ۶-۱.

۸۲. فلاح، س، و ع، تدین. ۱۳۸۸. تأثیر تراکم بوته و مقدار نیتروژن بر عملکرد نیترات و پروتئین ذرت سیلویی. تولید گیاهان زراعی، جلد ۲، شماره ۱، ص ۱۲۱-۱۰۵.

۸۳. قنواتی، ن، و و، نظرپور. ۱۳۹۵. بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کنار جاده‌ای در تقاطع‌های شهر اهواز ژئوشیمی سال ۵ شماره ۱ ص ۵۴-۴۷

۸۴. کاشی، ع.ک، و م.غ، باغبانی. ۱۳۸۳. بررسی اثر نیتروژن بر رشد،عملکرد و تجمع نیترات در خیار. مجله علوم کشاورزی، جلد ۱۰، شماره ۴، ص ۲۰۳-۲۲۴.

۸۵. کریمیان، ب، لندی، ا، مجتبی، س، و ج، احدیان. ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی گردوغبار شهر اهواز، تحقیقات آب‌وخاک ایران، دوره ۴۷ شماره۱ ص ۱۷۳-۱۵۹

۸۶. کلانتری، ن، سجادی، ز، مکوندی، م و م، کشاورزی. ۱۳۹۰. خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه با تأکید بر آلودگی فلزات سنگین، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۷، شماره ۴ ص ۳۴۲-۳۳۳

۸۷. کلهر، م ۱۳۹۲. بررسی مقدار فلزات سنگین (کادمیم، سرب و نیکل) و نیترات در سبزی‌های استان لرستان. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان.

۸۸. گراوند، م، قاسمی، ح و ن، حافظی مقدس. ۱۳۹۱. ارزیابی ژئوشیمیائی و زیست‌محیطی فلزات سنگین در خاک‌های حاصل از ثبت‌های گرگان، علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۶، ص ۴۶-۳۵.

۸۹. لطیف، م، موسوی، س ، افیونی، و س، ولایتی. ۱۳۸۴. بررسی آلودگی نیترات و منشایابی آن در آب‌های زیرزمینی دشت مشهد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره۲، ص۳۲-۲۱.

۹۰. ماجدی، س، شیرزادی، ع، و ب، سوری.۱۳۹۲. .پهنه‌بندی احتمال حضور آرسنیک در برخی خاک‌های آهکی دشت قروه. مجله پژوهش‌های خاک، جلد۲۷، شماره۲، ص۲۳۷-۲۲۷.

۹۱. محمدیان، م، نوری، ج، افشاری، نصیری، ج، و م، نورانی. ۱۳۸۷. بررسی غلظت فلزات سنگین در چاه‌های آب مجاور کارخانه سرب و روی زنجان. مجله سلامت و محیط‌زیست، دوره اول، شماره اول، ص۵۶-۵۱.

۹۲. مرادی، ق، و ر، میرزایی. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات مکانی فلزات سنگین گردوغبار خیابانی شهر کاشان. مجله سلامت و محیط‌زیست، دوره ۹، شماره ۴، ص ۴۴۳-۴۵۶

۹۳. مریدی، ف، کارگر، س، و ف، راست‌منش. ۱۳۹۱. غلظت فلزات سنگین درخاکهای آلوده‌شده در اثر فعالیت کارخانه ذوب روی در جزیره قشم مجله زمین‌شناسی کاربردی، جلد ۹۱، شماره ۶، ص ۱۰-۲.

۹۴. مسافری، م، تقی پور، ح، حسنی، ح، برقعی، م، کمالی کردآباد، و ا، قدیر زاده. ۱۳۸۷. بررسی میزان آرسنیک در منابع آب شرب: یک مطالعه موردی. مجله سلامت و محیط. دوره اول، شماره اول، ص ۲۸-۱۹.

۹۵. مستشاری، م، و ا، بغوری. ۱۳۸۱. بررسی شدت و گسترش آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آن‌ها در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب. گزارش نهایی ۳۶۵/۸۱ مورخ ۸۱/۷/۱۵ موسسه تحقیقات خاک و آب.

۹۶. مظلومی، س، اسماعیلی‌ساری، ع، بهرامی‌فر، ن، و م، معین‌الدینی. ۱۳۹۶. ارزیابی میزان حضور فلزات و شبه فلزات در گردوغبار خیابانی غرب و شرق تهران، مجلسه سلامت و محیط‌زیست، دوره ۱۰، شماره ۲،ص ۲۹۲-۲۸۱

۹۷. ملاحسینی، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی باقیمانده عناصر سنگین (مس، روی، منگنز و کادمیوم) و نیترات در محصولات گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی تحت کشت بدون خاک. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

۹۸. ملاحسینی، ح، و ا، بغوری. ۱۳۸۱. بررسی شدت آلودگی و گستردگی آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آن‌ها در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب. گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب.

۹۹. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۹. خوراک انسان، دام، بیشینه رواداری فلزات سنگین. استاندارد شماره ۱۲۹۶۸ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۱۰۰. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۲. مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی. استاندارد شماره ۱۶۵۹۶ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۱۰۱. موسوی فضل، س، و ف، فائزنیا. ۱۳۸۷. اثر رژیم‌های مختلف رطوبتی و نیتروژن بر عملکرد و غلظت نیترات در غده‌های سیب‌زمینی، مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۲، ۲۵-۲۴۳.

۱۰۲. موسوی موید، ف،، چراغی، م، و ب، لرستانی. ۱۳۹۵. بررسی میزان تجمع نیترات و فسفات در پیاز مصرفی بازار شهر همدان. مجله دانشکده علوم پزشکی نیشابور. سال ۴، شماره ۴، ص ۸-۱.

۱۰۳. موسوی، ا، سفیانیان، ع، میرغفاری، ن، و ل، خداکرمی. ۱۳۹۰. بررسی توزیع مکانی برخی فلزات سنگین در خاک‌های استان همدان. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۵، شماره ۴، ص ۳۲۳-۳۲۶.

۱۰۴. موسوی، م، پورنیا، م، و ف، امیری. ۱۳۹۲. توزیع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی اطراف کارخانه سیمان کارون جنوب شرق مسجدسلیمان ژئوشیمی، سال اول، شماره ۳، ص ۲۲۶-۲۱۵.

۱۰۵. میخی، س، و ر، میرزایی. ۱۳۹۶. مقایسه روش‌های درون‌یابی مکانی جهت پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی شهرستان آران و بیدگل. علوم و فنّاوری محیط‌زیست، دوره ۱۸، شماره یک، ص ۱۴۷-۱۳۳

۱۰۶. میرزایی، ر، قربانی، ه، و ن، حافظی مقدس. ۱۳۹۴. الگوی پراکنش برخی از فلزات سنگین در خاک محلی استان گلستان نشریه پژوهش‌های خاک، جلد ۲۹، شماره یک، ص ۱۰۳-۹۳

۱۰۷. نادری زاده، ز، ایوبی، ش، و ح، خادمی. ۱۳۹۵. ارزیابی غلظت و میزان آلودگی فلزات سنگین در گردوغبار اتمسفری مناطق شهری و صنعتی استان بوشهر، محیط‌زیست طبیعی منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۲، ص ۵۴۸-۵۳۱

۱۰۸. ناظمی، س، و ا، خسروی. ۱۳۸۹. بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک و آب گیاه و اراضی سبزی‌کاری، فصلنامه دانش و تندرستی، دوره ۵، شماره ۴، ص ۳۱-۲۶

۱۰۹. نبی‌اللهی، ک، حیدری، ا، تومانیان، ن، و غ، ثواقبی. ۱۳۹۲. ارتباط خصوصیات خاک در سطح مختلف ژئومورفیک با تغییرات مکانی آرسنیک خاک. مطالعه موردی منطقه بیجار استان کردستان، مدیریت پایدار خاک، جلد ۳، شماره ۲، ۲۷-۱.

۱۱۰. ندیری، ع، اصغری مقدم، ا، صادقی، ف، و ح، آقایی. بررسی انومالی آرسنیک موجود در منابع آب سد سهند. محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۳، ص ۷۴-۶۱.

۱۱۱. نظرپور، ا، تقوایی، ن، و ت، بابایی نژاد. ۱۳۹۶. ارزیابی سطح آلودگی و پتانسیل اکولوژیکی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی میدان نفتی اهواز مجله سلامت و محیط‌زیست، دوره ۱۰، شماره ۳، ص ۴۰۰-۳۹۱

۱۱۲. نظری، ی، و ا، عباس نژاد. ۱۳۹۳. تعیین منشأ و پراکندگی آرسنیک در آب‌های زیرزمینی دشت راین (جنوب خاور کرمان) با استفاده از تکنیک‌های آماری، علوم زمین، سال ۲۴، شماره ۹۴، ص ۱۲۴-۱۱۷.

۱۱۳. هاشمی‌نسب، ک.، ک. شهبازی، ک. بازرگان. ۱۳۹۷. گزارش بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیم و غلظت روی در گندم تولیدی کشور، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۵۴۲۲۵.

۱۱۴. همایونی، م، و ن، خلجی. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی انگلی سبزی‌های خام مصرفی شهر تهران در سال ۱۳۸۳. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران، سال ۴، شماره ۴،۱۰۵۳-۱۰۵۶.

۱۱۵. یافته‌های تحقیقاتی بررسی وضعیت فلزات سنگین و نیترات در اراضی کشاورزی و برخی محصولات در استان زنجان. ۱۳۹۳. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان.

۱۱۶. یزدان‌دوست همدانی، م. ۱۳۸۲. مطالعه تأثیر مصرف نیتروژن بر عملکرد اجزا عملکرد و تجمع نیترات در ارقام سیب‌زمینی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۴، شماره ۴، ص ۹۸۵-۹۷۷.

۱۱۷. یوسفی، ذ، و ا، نایبج. ۱۳۸۶. بررسی و تعیین میزان نیترات منابع آب آشامیدنی روستایی آمل. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۱۷، شماره ۶۱، ۱۶۵-۱۶۱.

118. Afzali, S.F. and Elahi, Rezvan. 2014. Measuring nitrate and nitrite concentrations in vegetables, fruits in Shiraz. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 18(3), pp.451-457.

119. Anonymous. 2003. Dietary reference intakes: Applications in dietary planning. Subcommittee oninterpretation and uses of dietary reference intakes and the standing committee on the scientificevaluation of dietary reference intakes. Institute of Medicine of the National Academies, the National Academies Press, Washington D.C. p 248.

120. Azimi, S., Cambier, P., Lecuyer, I. and Thevenot, D. 2004. Heavy metal determination in atmospheric deposition and other fluxes in northern France agrosystems. Water, air, and soil pollution, 157(1-4), pp.295-313.

121. Borojerdnia M. Ansari Alemzade n. Sedighie Dehkordi F. 2007. Effect of cultivars, harvesting time and level of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in Romaine lettuce. Asian J. Plant Sci. 6(3):550-3.

122. Brevik, E. C. & Burgess, L. C. 2014. The Influence of Soils on Human Health. Nature Education Knowledge 5(12):1

123. Cataldo, D. A., M. Haroon, L. E. Schrader and V. L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissues by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 6(1): 71- 80.

124. Chimuka, L., Manungufala, T.E. and Martín-Gil, J. 2009. Sources, bioavailability and fate of heavy metals and organic contaminants in compost manure. Dynamic Soil, Dynamic Plant, 3(Special Issue 1), pp.32-38.

125. EC. 2006. Commision Regulation (EC) No 1881-2006-"Setting maximum levels for criteria contaminations in foodstuffs

126. European Food Safety Authority (EFSA). 2008. Nitrate in vegetables-Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. EFSA Journal, 6(6), p.689.

127. FAO, IFAD. And WFP. L. 2013.The state of food insecurity in the world, the Multiple Dimensions of Food Security.FAO. Rome.

128. FAO. WHO. 2009. The Codex Alimentarius commission food hygiene, Basic texts, the ed. FAO and WHO.
129. Gholami, A., Keley, K. and Alavi, S.A. 2013. A study of nitrate contamination in soil and vegetables in dezful. International Journal of Scientific Research in Knowledge (IJSRK), 1(5), pp. 93-99.
130. Heaton J.C. and K. Jones.2008. Microbial contamination of fruit and vegetables and the behaviour of enteropathogens in the phyllosphere: a review. Journal of Applied Microbiology, 104, 613–626.
131. Keshavarz, M. and Mazloomi S. M. and S. Babasafari. 2015. The Effect of Home Cooking Method and Refrigeration Processes on the Level of Nitrate and Nitrite in Spinach. J Health Sci Surveillance Sys; 3(3):88-93.
132. Misral, I. A. 2004. Soil Pollution Origin, monitoring and remediation. Springer.
133. Nowrouz, P., Taghipour, H., Dastgiri, S., Bafandeh, Y. and Hashemimajd, K., 2012. Nitrate determination of vegetables in Varzeghan City, North-western Iran. Health promotion perspectives, 2(2), 244-260.
134. Pavlou GC, Ehaliotis C. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop season on growth and nitrite accumulation in lettuce. Scientia. Horticulturae, 111(4):319-325.
135. Pietro Santamaria.2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intakeand EC regulation, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86:10–17
136. Pirsaheb, M., Ahmadian, M., Reshadat, S. and Poormohammadi, A., 2014. The Measurement of Nitrite and Nitrate Contents of Tomato from the Vast Plain of Kermanshah State of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7(15), p.1553-1559.
137. Prasad S, Chetty AA. 2009. Flow injection analysis of nitrate-N determination in root vegetables: Study of the effects of cooking. Food Chemistry, 110:561-565
138. Rahmani HR. 2006. Investigation of nitrate pollution in the soil, water and plants in some agricultural fields in Baraan (Esfehan Prevalence). Env. Sci., (11): 23-34. [In Persian].
139. Rautengarten, A.M., Schnoor, J.L., Anderberg, S., Olendrzynski, K. and Stigliani, W.M., 1995. Soil sensitivity due to acid and heavy metal deposition in East Central Europe. Water, air, and soil pollution, 85(2), pp.737-742.
140. Renseigné, N. Umar, S. and M. Iqbal. 2007. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. Agronomy for Sustainable Development, 27 (1), pp.45-57.
141. Rezaei, M., Fani, A., Moini, A.L., Mirzajani, P., Malekirad, A.A. and Rafiei, M., 2014. Determining nitrate and nitrite content in beverages, fruits, vegetables, and stews marketed in Arak, Iran. Health Promotion Perspectives, Vol. 2, No. 2, 244-250.
142. Saeedifar, F., Ziarati, P. and Ramezan, Y., 2014. Nitrate and Heavy Metal Contents in Eggplant (Solanum melongena) cultivated in the farmlands in the south of Tehran-Iran. International Journal of Farming and Allied Sciences, 3(1), pp.60-65.
143. Savci, S., 2012. An agricultural pollutant: chemical fertilizer. International Journal of Environmental Science and Development, 3(1), p.73.
144. SCF. 1995. Opinion on nitrate and nitrite, expressed on 22 September 1995 (Annex 4 to Document III/5611/95), European Commission (Eds.), Brussels, p. 34.
145. Shahlaei, A., Ansari, N.A. and Dehkordie, F.S., 2007. Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran Southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. Asian J. Plant Sci, 6(1), pp.97-12.
146. Shokrzadeh, M., Shokravie, M., Ebadi, A.G., Babaee, Z. and Tarighati, A. 2007. The measurement of nitrate and nitrite content in leek and spinach sampled from central cities of Mazandaran State of Iran. World Applied Sciences Journal, 2(2), pp.121-124.
147. Speijers G.J.A. 1996. Nitrate, in: World Health Organization (Eds.), Toxicological evaluation of certain food additives and contaminantsin food, Food Additive Series 35, Geneva, pp. 325–360.

148. Tabatabaee J, nazari-e- Deljo MJ, Rostami R, Azarmi F, Fazilat F, Pahnaei S et al. 2005. Nitrate concentration evaluation of leafy, fruit bearing and tuberous vegetables in Tabriz. Proceeding of 4th Conference of Farming Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.
149. Van der Boon. J., J.W. Steenhuizen, and E. steingrover. 1988. Effect of EC, and Cl and NH4 conncentration of nutrient solution on nitrate accumulation in lettuce. Acta.Hort.222: 35-42.
150. Warrington, G. E., and E. O.Skogley.1997. Bioavailability and the soil solution. Warrington ECological Systems Analysis (WECSA), Saint Ignatius, MT.
151. Wiera, S., C.Zotnowski and, K. Przekwas. 2007. Effects of various fertilization systems on the dynamics of nitrate concentration in potato tubers after harvest and during storage. Polish Journal of natural Sciences, Vol 22(1): 15-22.
152. Ziarati, P. and Arbabi-Bidgoli, S. 2014. Investigation of cooking method on nitrate and nitrite contents in crops and vegetables and assess the associated health risk. Intern. Journ. Of Plant, Anim. and Envir. Sc, 4(2), pp.46-52.

Investigation of Soil Pollution and Agricultural Crops in Iran

H. Rezaei[1], K. Shahbazi, S. Saadat, and K. Bazargan

Associate Professor, Department of Soil Reclamation and Sustainable Land Management, Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Karaj, Iran. **Rezaei_h@yahoo.com**

Associate Professor, Laboratories Department, Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Karaj, Iran. **shahbazikarim@yahoo.com**

Associate Professor, Department of Soil Reclamation and Sustainable Land Management, Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Karaj, Iran. **saeed_saadat@yahoo.com**

Associate Professor, Laboratories Department, Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Karaj, Iran. **k_bazargan@yahoo.com**

Abstract

Many factors are involved in the production of healthy crop products and their monitoring requires a process-based and systemic approach at all stages from site selection to consumption. The present paper draws upon national and international experiences reflected in reviews in order to identify the most important factors affecting crop quality; the results will be expectedly exploited toward designing future studies and developing measures to improve crop qulity. Soil is the medium in which agricultural production takes place. Although geological formations with high concentrations of pollutants (especially heavy metals) might pollute soil resources, human activities inlcuding polluting industrial activities, improper application of agricultural inputs such as pesticides, chemical and organic fertilizers (especially phosphate fertilizers and non-standard sewage sludge), undertreated effluents, and atmospheric deposits (especially in urban and peri-urban areas) are some of the factors that expose soil and agricultural production more severely to the adverse of effects of such pollutants. Water pollution cannot be divorced from that of soil as they are closely related. While certain reports attribute soil pollution in parts of Iran solely to heavy metals with geohydrological origins, long-time crop irrigation using wastewater with high pollutant loads should not be ignored as a serious source of soil pollution. It should be noted that management plays a pivotal role in growing healthy products via using healthy inputs while maintaining biodiversity but that this cannot be achieved in the absence of such healthy basic resources as: a) soil, b) water, and c) air. In other words, unhealthy crops with pollutant loads result from both production processes and the environmental factors affecting them**.** A review of some domestic studies revealed that extensive background experience is required in the various sampling, measurement, and reporting skills, given the high sensitivity of these processes, to arrive at sound interpretations of the results of nitrate and heavy metals concentrations reported in some domestic journals. These studies have reported high concentrations of nitrate in spinach, lettuce, and celery but lower concentrations in such fruits as tomatoes, watermelon, and cantaloupe. Crops such as cucumbers, celery, and potatoes reportedly accounted for the highest nitrate concentration exceeding the allowable nitrate limits but minimum levels in tomatoes, watermelons, and cantaloupes. This is while heavy metal contaminations in plants have not been extensively reported on. Production of crops with allowable limits of pollutants presupposes due consideration of the factors outlined above. The approach proposed in this article requires soil fertility management, proper selection of crop species and cultivars, prohibited farming in contaminated lands, and avoidance of soil exposure to atmospheric deposition and polluted waters. These goals, in turn, may be achieved through accurate monitoring of agricultural product quality and identification of high-risk farming regions.

Keywords: Remediation, Pollution, Heavy metals, Nitrate, Geogenic, Anthropogenic

1 -Corresponding author: Soil and Water Research Institute, Imam Khomeini Blvd., Meshkin Dasht, Karaj. Iran.