بسمه تعالي
جمهوري اسلامي ايران

طرح تحقيقاتي

معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان اصفهان

عنوان طرح :

بررسی عناصر سنگین کادمیوم وسرب در خاک اراضی منطقه لنجانات اصفهان و ارتباط آن با شیوع سرطان گوارش در این منطقه

نام مجری / مجریان :

دکترمحمد حسن امامی

(هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و فوق تخصص بیماریهای گوارش)

دکتر رضا مهاجر

(عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور مرکز شهرکرد)

مشخصات همکاران اصلی :

نام و نام خانودگی	شغل	درجه علمی	نوع همکاری
دکتر محمد حسن صالحی	هیات علمی دانشگاه	دانشیار	مشاورت
دکترجهانگرد محمدی	هیات علمی دانشگاه	دانشیار	مشاورت
دکتر طالب آذرم	هیات علمی دانشگاه و فوق تخصص بیماریها و سرطان خون	استاد	مشاورت

پائيز ۹۲

مقدمه و معرفی طرح

تأمین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد، با توجه به منابع طبیعی محدود یکی از مباحث بسیار مهم در جهان به‌شمار می‌رود. از طرف دیگر فشار روزافزون به منابع خاک ناشی از ازدیاد جمعیت و پیامدهای آن از قبیل تخریب اراضی، بیابان‌زایی و آلودگی خاک و آب، نیاز به استفاده بهینه و پایدار از خاک را ضروری می‌نماید (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

تجمع عناصر سنگین و آلوده شدن خاک‌های کشاورزی که اغلب ناشی از فعالیت‌های انسان است، امروزه یکی از مهم‌ترین مباحث زیست محیطی در سطح جهانی محسوب می‌شوند. ورود و تجمع فلزات سنگین در اراضی کشاورزی به‌طور عمده ناشی از نهشته‌های اتمسفری حاصل از فعالیت‌های صنعتی، کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، لجن فاضلاب، کمپوست و آفت‌کش‌هاست (تیلر، ۱۹۹۹؛ تیک‌تاک و همکاران، ۱۹۹۹؛ کلر، ۲۰۰۰ و یانگ، ۲۰۰۱). در مقیاس جهانی نهشته‌های اتمسفری از اهمیت بیشتری برخوردارند در حالی که در مقیاس مزرعه، فعالیت‌های کشاورزی تأثیر بیشتری دارند. پروسه آلوده شدن خاک‌های کشاورزی یک امر تدریجی است که با سرعت کم ولی در مقیاس بزرگ اتفاق می افتد (کلر، ۲۰۰۰).

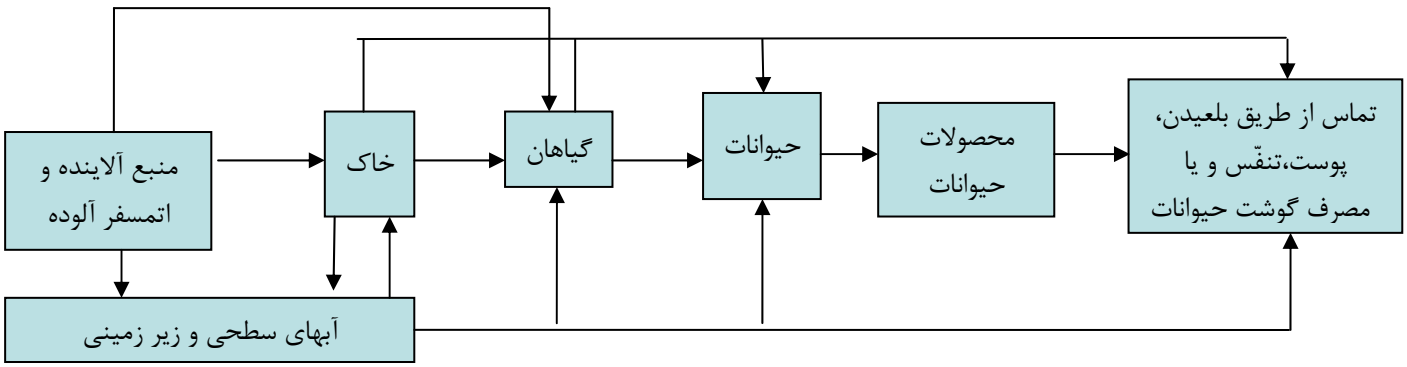
خاک، به عنوان یکی از اجزای بسیار مهم محیط زیست، می‌تواند نقش مهمی در فرایند انتقال عوامل بیماری به انسان‌ها و شیوع جغرافیایی آن‌ها ایفا نماید. با تاکیدات فراوانی که امروزه به موضوع پیش‌گیری بیماری‌ها، قبل از درمان آن‌ها می‌شود، درک و شناخت عوامل بروز بیماری‌ها، به‌ویژه آن‌هایی که تحت تاثیر عوامل محیطی و بیرونی هستند، از جایگاه بسیار مهمی برخوردار گردیده است. لذا تعریف زیر مجموعه‌ای جدید در علوم خاک یکی از اولویت‌ها و ضرورت‌های سده‌ی جدید به حساب می‌آید. این مقوله جدید علمی در خاکشناسی که هدف آن ارتقای سلامت عمومی جامعه است و تاکنون در کشور کمتر به لحاظ مبانی نظری و اجرایی مطرح شده، می‌تواند "خاک پزشکی"[1] یا "خاک سلامت" نام‌گذاری گردد (محمّدی و بویراحمدی، ۱۳۸۷).

مسیرهای در معرض قرار گرفتن انسان‌ها در محیط متنوع بوده و می‌توان آن‌ها را در سه مسیر اصلی هوا، آب و غذا طبقه‌بندی کرد. در یک چشم انداز وسیع، علوم زمین (شامل: خاکشناسی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، کانی‌شناسی و...) با مواد خاکی و فرایندهای مرتبط با این مواد سر وکار داشته که درک و شناخت آن‌ها، کمک زیادی به درک چگونگی در معرض قرار گرفتن انسان‌ها به مواد مختلف خواهد نمود (محمدی و بویراحمدی، ۱۳۸۷).

[1] Pedomedicine

تعاملات و برهم‌کنش‌های بین مواد خاکی، فرآیندها و سلامت انسان‌ها بسیار وسیع و بعضاً بسیار پیچیده است. در برخی از موارد، ارتباط بین مواد خاکی و بیماری، بسیار مشهود و مشخص می باشند. برای مثال می‌توان به ارتباط بین کانی‌های رشته‌ای و آمفیبول‌ها و مزوتلیوما[۲]، گاز رادون و سرطان ریه[۳]، آرسنیک محلول و کادمیوم و انواع مختلفی از سرطان‌ها، فلوراید و سلامتی دندان‌ها و غیره اشاره نمود. با این وجود، این موارد در سایه‌ی برخی دیگر که در آن‌ها هنوز نسبت به نقش مفید و سودمند و یا مخرب و ویرانگر مؤلفه‌های خاکی و زمینی و یا مواد بسیار پیچیده‌ی خاکی تردید وجود دارد، نادیده گرفته شده‌اند (کاترین و همکاران، ۲۰۰۷). نکته‌ای که می‌بایستی به آن اشاره نمود این است که شناسایی و درک روابط میان خاک و سلامت انسان، منحصراً موضوع مورد مطالعه ژئوشیمیست‌ها، دانشمندان علوم پزشکی و اپیدمیولوژیست‌ها بوده و تا بحال، دانشمندان خاکشناسی نقش اندکی در این مطالعات داشته‌اند (روستا، ۱۳۸۵).

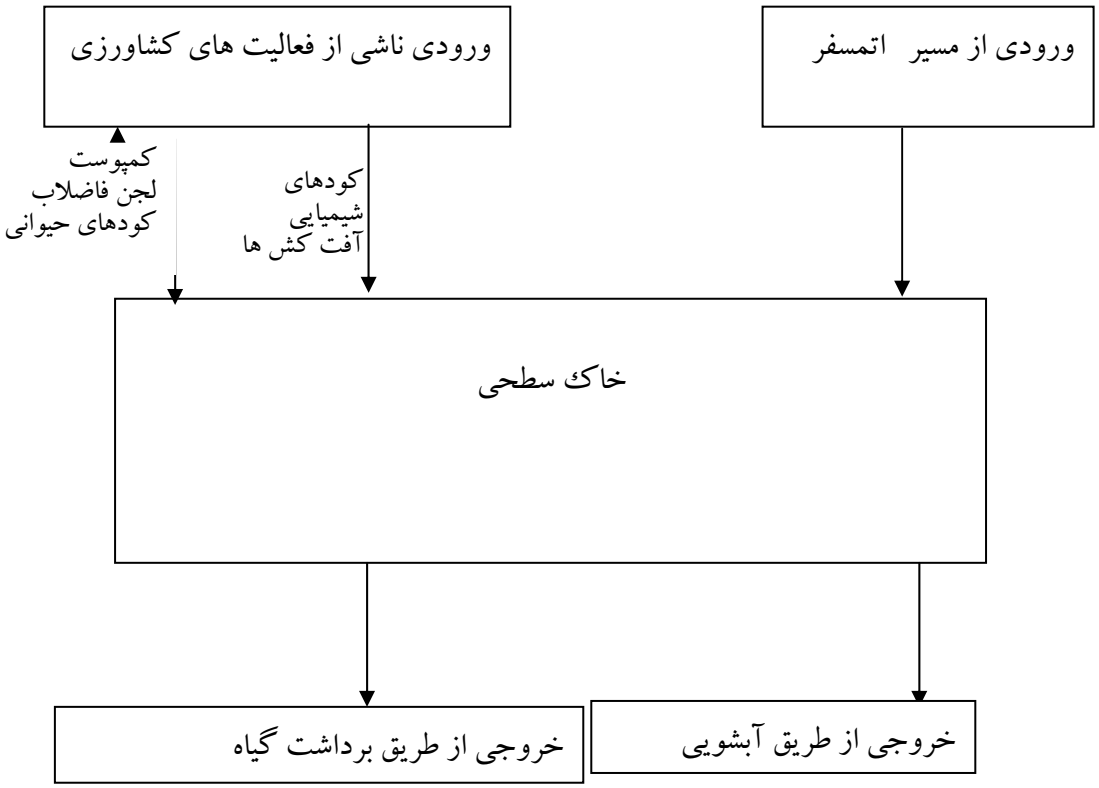
عناصری که از خاک وارد زنجیره غذایی (گیاهان و حیوانات) می‌شوند، حتی می‌توانند وارد چرخه غذایی محیط‌های آبی شده و منجر به آلوده شدن آن‌ها گردند به طوری که برخی ترکیبات آلاینده پس از آنکه به آب‌های سطحی یا زیرزمینی راه یافتند در استفاده مجدد از آب، همراه آب یا آب شرب وارد بدن انسان یا دام می‌گردند. گرد و غبار حاصل از توفان‌ها نیز به هنگام تنفس مقادیر قابل توجهی از عناصر آلاینده را وارد دستگاه تنفّسی انسان و دام می‌کند (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۱). شکل ۱ مسیرهای ورود عناصر سنگین به چرخه‌ی غذایی انسان‌ها را نشان می دهد.



شکل۱- مسیر ورود عناصر سنگین از منابع آلوده به چرخه غذایی (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۱)

[1] Mesothelioma
[2] lung cancer

غلظت فلزات سنگین به طور معنی‌داری در خاک اراضی کشاورزی در حال افزایش است. بخشی از این آلودگی از منبع طبیعی و مواد مادری خاک‌هاست (منبع ژئوژنیک) و بخشی نیز در اثر فعالیت‌های انسان (منبع آنتروپوژنیک) اضافه می‌گردد. عناصر سنگین می‌توانند از طریق کودهای آلی و معدنی، فضولات و پسماندهای کشاورزی و آلوده‌کننده‌های هوا و آب وارد خاک شوند (لومبی و همکاران، ۲۰۰۱). تجمع فلزات سنگین و افزایش غلظت آن‌ها و رسیدن به محدوده خطر، می‌تواند از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، سلامتی او را مورد تهدید قرار دهد (کی و همکاران، ۲۰۰۵). در شکل ۲ راه‌های ورود و خروج عناصر سنگین و آلاینده‌ها در طبیعت نشان داده شده است.



شکل ۲- مسیرهای ورود و خروج عناصر در لایه سطحی زمین های کشاورزی ناشی از فعالیت‌های بشری (کلر، ۲۰۰۰)

عناصر فلزی نسبتاً زیادی با غلظت‌های مختلف در خاک یافت می شوند. جدول ۱ غلظت مجاز عناصر فلزی را در خاک‌های کشاورزی و محصولات غذایی نشان می دهد. مناطقی که از نظر غلظت فلزات سنگین با توجه به استانداردهای موجود آلوده باشند، برای سلامتی انسان خطرآفرین محسوب می شوند. انسان، حیوانات و گیاهان ممکن است مستقیما تحت تاثیر این آلودگی قرار بگیرند. به علاوه انسان ممکن است به طور غیر مستقیم از طریق حیوانات و گیاهانی که در ارتباط با محیط آلوده بوده اند، از این آلودگی متاثر گردد (کوت، ۱۹۹۶).

جدول ۱- غلظت عناصر فلزی (میلیگرم بر کیلوگرم وزن خشک) در خاک‌های کشاورزی و محصولات غذایی (آلووی، ۲۰۰۵

عناصر	مقدار متعارف در خاکهای کشاورزی	مقدار میانگین منتخب در خاکها	گستره عناصر در محصولات کشاورزی
Arsenic (As)	<1–95	5.8	0.009–1.5
Barium	19–2368	500	1–198
Boron	1–467	9.5–85	1.3–16
Cadmium	0.01–2.5	0.06–1.1	0.13–0.28
Cobalt	0.1–70	7.9	8–100
Chromium	1.4 – 1300	54	0.013–4.2
Copper	1–205	13–24	1–10
Fluorine	10–1360	329	0.2–28.3
Mercury	0.05–0.3	0.03	0.0026–0.086
Molybdenum	0.013–17	1.8	0.07–1.75
Nickel	0.2–450	20	0.3–3.8
Lead	3–189	32	0.05–3.0
Selenium	0.005–3.5	0.33	0.001–18
Silver	0.03–0.9	0.05	0.03–2.9
Tin	1–11	—	0.2–7.9
Vanadium	18–115	58	0.5–280
Zinc	17–125	64	1.2–73

بر اساس گزارش مؤسسه منابع جهانی[۴] جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ میلادی یعنی تا اواسط قرن۲۱ به ۹/۴ میلیارد نفر خواهد رسید (سایت رسمی مؤسسه منابع جهانی، ۲۰۱۰). رشد جمعیت جهان با این آهنگ که قسمت عمده آن در کشورهای در حال توسعه اتفاق خواهد افتاد، منجر به افزایش خطر وقوع آلودگی های غیر نقطه ای منابع آب و خاک می‌گردد. لذا برقراری توازن مناسب بین عملکرد و کیفیت محصولات (امنیت غذایی)، استفاده از منابع طبیعی محدود، کاهش اثرات زیست محیطی و عملکرد قابل قبول اقتصادی بیشتر احساس می شود (کوروینگ و واگنت، ۱۹۹۶). بهینه‌سازی تولید غذا به نحوی که ضمن پایداری اقتصادی، استفاده از منابع طبیعی محدود و اثرات مخرب زیست محیطی آن حداقل گردد نیاز به تلاش و همت جهانی دارد (هومینک و همکاران، ۱۹۸۷).

عناصر سنگین از مهم‌ترین منابع آلودگی های غیرنقطه ای منابع آب و خاک هستند. سالانه هزاران تن از این عناصر در مقیاس جهانی وارد سیستم خاک می شوند (تیلر وهمکاران، ۱۹۹۹). این عناصر بر خلاف بیشتر آلاینده‌های آلی توسط موجودات زنده، تجزیه نشده و اکثراً ترکیبات پایداری را در طبیعت تشکیل می‌دهند (سبز قبایی، ۱۳۷۵) و به شدت جذب بافت‌های زنده می شوند و خروج آن‌ها از بافت به سختی صورت می گیرد (برملی و وایت، ۱۹۹۱). دربین فلزات سنگین، برخی از آن ها، همچون روی، مس، و کبالت و.... در مقادیر مناسب برای بیشتر

[1] World Resource Institute

سیستم های بیولوژیکی از جمله انسان ضروری هستند (نیلسن، ۱۹۹۷) در حالی که برخی دیگر از فلزات سنگین از جمله کادمیم، سرب، آرسنیک و ... برای گیاهان، حیوانات و انسان بسیار سمی می باشند (خان و فرانکلند، ۱۹۸۳). اختلالات تغذیه‌ای و بیماری سرطان در اندام‌های مختلف از جمله اثرات سوء فلزات سنگین بر انسان می‌باشند (آژانس ثبت موادّ سمّی و بیماری‌ها، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰). همچنین گزارش شده است که چنانچه مقادیر زیادی از فلزات سنگین وارد بدن مادران باردار شود، تولد نوزادان نارس و عقب ماندگی ذهنی شدید نوزادان افزایش چشمگیری خواهد داشت (ماهافی وهمکاران، ۱۹۸۱ و زاگرودزکی و همکاران، ۲۰۰۳).

در هر جامعه‌ای تعدادی از افراد، مبتلا به بیماریهای صعب العلاج هستند که این بیماری‌ها تا پایان عمر همراه بیمار بوده و ضرورت دارد این بیماران به طور مستمر تحت درمان قرار داشته باشند. هزینه های درمان این بیماری ها معمولا بسیار گران بوده و اغلب خانواده ها با درآمد متوسط و حتی بالاتر را در تامین هزینه های درمانی مستاصل می نماید. لذا به بیماری هایی از قبیل تالاسمی، هموفیلی، نارسایی مزمن کلیه، MS و سرطان بیماریهای خاص گفته می‌شود و متاسفانه در حال حاضر افراد زیادی مبتلا به این قبیل بیماریها هستند. یکی از بیماریهایی که به طور فزاینده‌ای در جهان رو به افزایش است و عوامل محیطی (آلودگیهای خاک، آب و هوا) در ایجاد و شدت آن نقش به سزایی دارد (هایس، ۱۹۹۷و ترک دوگان و همکاران، ۲۰۰۲) سرطان می باشد. طبق آمار سازمان بهداشت جهانی، انتظار می رود تعداد موارد جدید به ۱۵ میلیون نفر در سال ۲۰۲۰ افزایش یابد که حدود ۶۰٪ این موارد جدید در کشورهای کمتر توسعه یافته جهان ایجاد می‌شوند (رمضانی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از انواع سرطان‌ها ، سرطان های دستگاه گوارش (معده، کبد، مری و روده) می‌باشد. این نوع سرطان که هم اکنون مقام نخست را به لحاظ شیوع در کشورهای اروپایی کسب کرده است (ایسنا، ۱۳۸۸) در کشور ایران ۵۰ درصد از سرطان‌های شایع کشور مربوط به دستگاه گوارش است که از این میان سرطان معده از همه شایع‌تر است (سایت پزشکان بدون مرز، ۱۳۸۸) در استان اصفهان در میان مردان و زنان جزو سه سرطان اول به حساب می آید (سایت سلامت نیوز، ۱۳۸۶). طبق مطالعه امامی و همکاران (۱۳۸۴)، در استان اصفهان سرطان کولورکتال[5] که یکی از انواع سرطان دستگاه گوارش می‌باشد رو به افزایش است. آنها پیشنهاد دادند که بایستی مطالعات دقیق‌تری جهت شناسایی عوامل محیطی احتمالی خطرناک انجام شود. تحقیقات نشان داده است که آلودگی‌های زیست محیطی (از مناطق صنعتی و یا

[1] Colorectal cancer

پسماندهای کشاورزی) و وجود عناصر سنگین در محیط و چرخه غذایی می‌تواند از عوامل مؤثر در ایجاد این نوع سرطان به حساب آیند (پیترز، ۱۹۸۷؛ بوفتا، ۱۹۹۳؛ هایس، ۱۹۹۷و ترک دوگان وهمکاران، ۲۰۰۲).

در همین راستا با توجه به شیوع روز افزون سرطان در استان اصفهان که نسبت به استان‌های همجوار خود (یزد، تهران، مرکزی و فارس) بیشتر است (سایت سلامت نیوز، ۱۳۸۶) و با توجه به تعداد زیاد بیماران مبتلا به سرطان‌های سیستم گوارش و ارتباط این نوع سرطان با آلودگی‌های زیست محیطی و همچنین با توجه به اینکه استان اصفهان در جوار مناطق صنعتی بزرگی چون ذوب آهن، فولاد مبارکه و کارخانجات سیمان قرار دارد، این سؤال مطرح می‌گردد که آیا مناطقی از استان وجود دارد که از لحاظ پراکنش و تراکم مبتلا به این نوع سرطان شاخص باشند یا الگوی مکانی خاصی داشته باشند؟ هدف از انجام این پژوهش ارزیابی مقدار این دو فلز سنگین (کادمیوم و سرب) در خاک مناطقی از استان اصفهان می‌باشد که در جوار مناطق صنعتی بزرگی چون ذوب آهن، معدن سرب و کارخانجات سیمان قرار دارند و همچنین تعداد بیماران مبتلا به سرطان گوارش در این مناطق نیز بالاست.

مواد و روش‌ها:

الف) انتخاب منطقه‌ی مطالعاتی

در این مرحله، منطقه مورد نظر با دقّت کافی انتخاب گردید. منطقه مورد نظر منطقه‌ای است که در آن سرطان گوارش (معده، شکم و کولورکتال) نسبت به سایر نقاط در استان اصفهان بیشتر گزارش شده است. به همین منظور اطلاعات موجود به آمار سرطان در استان اصفهان که در مرکز بهداشت این استان وجود داشت تهیه شد. طبق مطالعه امینی (۱۳۸۳) دو عنصر کادمیم و سرب در استان اصفهان بیشتر از سایر عناصر سنگین در خاک وجود دارند و به عنوان عناصر سرطان‌زا در مطالعه‌ی‌حاضر مورد توجه قرار می گیرند. با توجه به اطلاعات موجود، این مطالعه در اراضی زراعی منطقه لنجانات صورت می‌گیرد. لنجانات در استان اصفهان شامل لنجانات سفلی و علیا و شامل شهرستان‌های زرین شهر و فلاورجان می‌باشد و به خاطر دارا بودن سطح زیر کشت زیاد که بیشتر آن غلاتی چون گندم و برنج می‌باشد از اهمیت خاصی برخوردار است. طبق آمار سال زراعی ۸۸-۸۹ اداره جهاد کشاورزی در شهرستان فلاورجان بیش از ۷۰۰۰ هکتار زیر کشت غلات بود که حاصل آن تولید ۳۸۰۰۰ تن غلات بوده که بیش از ۲۸۰۰۰ تن آن تولید برنج بوده است. این در حالی است که کارخانجات صنعتی مهم استان مانند ذوب آهن، فولاد مبارکه و دو کارخانه سیمان سپاهان و اصفهان و همچنین معدن سرب باما منطقه مورد مطالعه را احاطه کرده‌اند.

ب) مطالعات صحرایی

پژوهش مورد نظر شامل ۱۵۰ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی واقع در مناطق شهری و غیر شهری می‌باشد که شامل مناطق وسیعی از لنجانات و فلاورجان در استان اصفهان می‌باشد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی حد فاصل طولهای جغرافیایی ″۲۹ ′۱۴ °۵۱ و ″۱۵′ ۳۳ ° ۵۱ شرقی و عرضهای جغرافیایی″۵۰ ′۲۲ ° ۳۲ و″ ۳۰′ °۳۷ ۳۲ شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه و دمای منطقه به ترتیب ۱۵۰ میلیمتر و ۱۵/۵ سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این مرحله نمونه‌برداری از افق سطحی (صفر تا ۲۰ سانتی‌متر) خاک‌ها انجام گردید. به گونه‌ای که برای هر نقطه چهار نمونه جمع‌آوری و با هم ترکیب شده و در نهایت یک نمونه مرکب تهیه گردید. بدین ترتیب ۲۰۰ نمونه مرکب جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

شکل۳- منطقه مطالعاتی

ج) مطالعات آزمایشگاهی

نمونه‌ها بعد از هوا خشک شدن در محیط آزمایشگاه, کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. درصد اجزاء خاک به روش هیدرومتری، pH و هدایت الکتریکی در نسبت ۱:۲ (خاک به آب) و مواد آلی به روش سوزاندن تر در تمام نمونه‌ها تعیین گردید. غلظت عناصر سنگین سرب، روی و کادمیم کل جمعاً به تعداد ۲۰۰ نمونه پس از انحلال در اسید نیتریک ۴ مولار به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر تعیین شدند(آلن وهمکاران، ۱۹۸۶). توصیف آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار Statistica صورت گرفت.

د) روش کار

در این قسمت از مطالعه، در ابتدا اطلاعات موجود و مربوط به آمار مبتلایان به سرطان در استان اصفهان که در فاصله سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ در مرکز بهداشت استان اصفهان به ثبت رسیده بود جمع آوری شد. این اطلاعات بر اساس سال و نوع سرطان دسته‌بندی و سپس نقشه نقطه‌ای میزان وفور سرطان گوارش در استان به استثنای شهرستان کاشان تهیه شد.

نتایج و بحث

توصیف آماری خصوصیات خاک در جدول ۲ ارائه شده است. در جدول ۳ خصوصیات آماری غلظت عناصر سنگین کادمیوم و سرب ارایه شده است . هیستوگرام مقدار عناصر سنگین درشکل ۲ آورده شده است. طبق شکل ۲ مقدار غظت کادمیوم دارای توزیع نرمال بوده در حالی که غلظت سرب دارای کمی کشیدگی مثبت می‌باشد.

در میان پارامترهای آماری، ضریب تغییرات یا (CV) بیان کننده تغییرات آن عنصر می‌باشد. موقعی که CV کمتر از ۱۰٪ باشد این نشان دهنده تغییرپذیری کم می‌باشد. در صورتی که CV بیشتر از ۹۰٪ نشان دهنده تغییر پذیری بسیار زیاد آن عنصر می باشد. براساس نتایج جدول ۳، ضریب تغییرات کادمیوم و سرب به ترتیب ۴۴/۸۱٪ و ۹۸/۳۷٪ می باشد که بیانگر آن است که سرب دارای تغییر پذیری بسیار زیاد در منطقه مورد مطالعه می باشد در صورتی که کادمیوم دارای تغییر پذیری متوسطی می باشد.

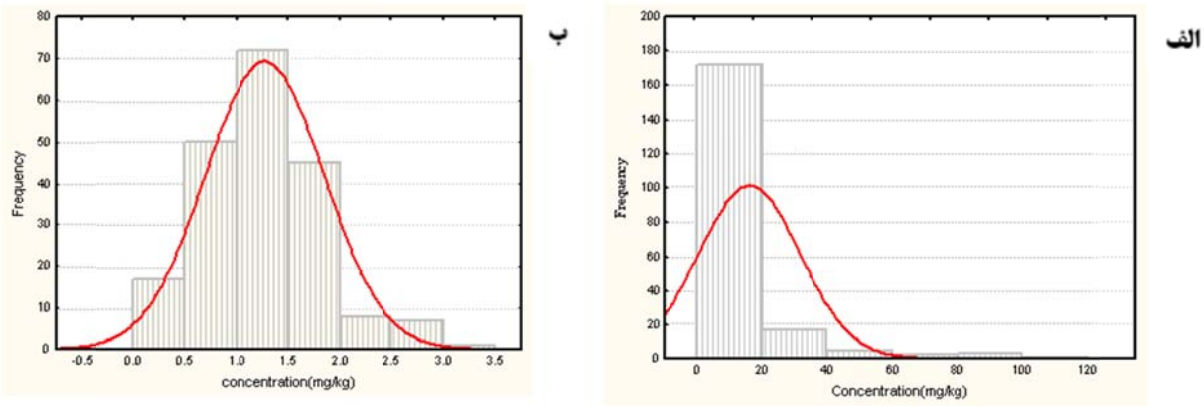
جدول۲- خلاصه آماری ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

خصوصیت	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر	واریانس	ضریب تغییرات
درصد رس	۲۰۰	۳۹/۶۷	۱۳/۲۸	۶۲	۱۲۲/۸۰	۲۷/۹
درصد سیلت	۲۰۰	۳۳/۲۴	۱۰	۵۴	۵۲/۱۲	۲۱/۷۱
درصد شن	۲۰۰	۲۷/۰۷	۴/۷۲	۶۸/۷۲	۱۷۷/۴۲	۴۹/۲
درصد آهک	۲۰۰	۳۸/۵۷	۱۸	۷۴	۶۳/۹۹	۲۰/۷۱
درصد ماده آلی	۲۰۰	۲/۲۶	۰/۴۲	۴/۳۱	۰/۵۵	۳۲/۷۴
pH	۲۰۰	۷/۴۸	۶/۸۵	۷/۹۵	۰/۰۴	۲/۹۶

جدول۳- خلاصه آماری غلظت کل عناصر سنگین در منطقه مطالعاتی

خصوصیت	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر	واریانس	ضریب تغییرات	کشیدگی	حد مجاز (میلی گرم برکیلوگرم)
کادمیوم (میلی گرم برکیلوگرم)	۲۰۰	۱/۲۷	۰/۱۸	۳/۱۲	۰/۳۳	۴۴/۸۱	۰/۷۲	**۰/۸**

سرب (میلی گرم برکیلوگرم)	۲۰۰	۱۶/۰۲	۱/۸	۱۱۵/۷۵	۲۴۸/۴۴	۹۸/۳۷	۳/۷۳	**۵۰**



شکل۳- توزیع فراوانی غلظت کل سرب (الف) و کادمیوم (ب) در منطقه

به طورکلی از آنجایی که هر کشوری برای حفظ محیط زیست خود و مسایل مربوط به سلامت و امنیت غذایی، دارای یک حد استاندارد مجاز برای غلظت عناصر سنگین و آلاینده ها می باشد لذا این مقدار در کشورهای مختلف متفاوت می باشد. در مطالعه حاضر از حدود استاندارد تعیین شده به وسیله دفتر محیط زیست، جنگل و منظر زمین فدرال کشور سویس جهت مقایسه وارزیابی استفاده می‌شود(FOEFL, 1998).

براساس نتایج جدول ۲ میانگین غلظت کادمیوم بالاتر از حد مجاز استاندارد(۰/۸ میلی گرم بر کیلوگرم) تعریف شده می باشد. این در حالی است که مقدار میانگین غلظت سرب پایین تر از حد مجاز ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. به طور کلی غلظت کل کادمیوم خاک در ۸۰٪ نمونه ها بیشتر از ۰/۸ میلی گرم بر کلیوگرم و در ۷۰٪ نمونه‌های خاک بیشتر از ۱ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است.

حدود ۸٪ نمونه ها دارای غلظت کادمیوم بیشتر از ۲ میلی گرم بر کلیوگرم و بیش از ۰/۱ نمونه ها دارای غلظت بالاتر از ۳ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. غلظت سرب نمونه های خاک از ۱/۸ تا ۱۱۵/۷۵ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد. براساس نتایج ۵٪ ازنمونه ها دارای مقدار سرب بیشتر از حد استاندارد (۵۰ میلی گرم) بودند.

عناصر سنگین از جمله کادمیوم و سرب از مسیرهای مختلف و عمدتاً تحت تأثیر فعالیت های انسان وارد زمین های کشاورزی می شوند. این عناصر بدلیل آنکه دارای تحرک کم در طول زمان هستند می توانند به مرور زمان در خاک انباشته گردند و در نهایت با ورود به چرخه غذایی منجر به تهدید سلامت انسان و سایر حیوانات می‌شوند.

صرفنظر از فرونشست جوی، مهمترین مسیر ورود کادمیوم به زمین های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه کودهای فسفر است، در صورتی که در مورد سرب کودهای حیوانی مهمترین مسیر می باشد.

به طور کلی درمقایسه با مقدار مجاز این دو عنصر در خاک و براساس نتایج جدول ۳ می توان چنین نتیجه گیری کرد که هر دو منطقه فلاورجان و لنجانات اصفهان به خصوص برای عنصر کادمیوم آلوده می باشند و مشکل زیست محیطی در این مناطق وجود دارد. تجمع کادمیوم در خاک مزارع ممکن است به خاطر استفاده از کودهای شیمیایی باشد. به طور مثال بعضی از کودهای شیمیایی به ترتیب حاوی ۰/۰۰۵ تا ۰/۵ و ۰/۰۰۰۸ تا ۰/۹۳ میلی گرم بر کلیوگرم کادمیوم و سرب هستند. لذا استفاده طولانی مدت از این کودهای شیمیایی منجر به تجمع این عناصر در خاک می شود و این امر باعث می شود که مقدار این عناصر در خاک بیشتر از حد مجاز خود شود(وانگ و ما، ۲۰۰۴).

یکی دیگر از دلایل اصلی تجمع کادمیوم در خاک می تواند بخاطر حضور کارخانجات و صنایعی مانند ذوب آهن، سیمان و معدن سرب در منطقه باشد.

انتشار و تجمع دود حاصل از وسایل نقلیه شهری می‌تواند یکی دیگر از دلایل آلوده شدن خاکهای مناطق مورد مطالعه باشد(بارگاگلی، ۱۹۹۸). بیشترین مقدار سرب در نمونه خاکهای مورد مطالعه مربوط به نمونه‌هایی است که آن اراضی نزدیک بزرگراه‌ها بوده است. به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که در مناطق مورد مطالعه که نواحی غرب و جنوب غربی اصفهان می باشد غلظت کل کادمیوم بالاست. همچنین در این نواحی در بعضی از نقاط به صورت موضعی غلظت سرب خاک بالا بوده است. لذا با توجه به این که فعالیت‌های کشاورزی استان عمدتاً در این نواحی متمرکز شده است بنابراین قابلیت جذب این دو عنصر بخصوص کادمیوم در این نواحی می تواند امنیت غذایی ساکنین این مناطق را تهدید نماید و این مسئله می‌تواند یکی از دلایل شیوع بالای سرطان گوارش در فلاورجان و لنجانات اصفهان باشد. علاوه بر این بیشتر فعالیت‌های صنعتی، خصوصاً فعالیت‌های مرتبط با ذوب فلزات، در این بخش از منطقه مطالعاتی قرار دارند بنابراین فرونشست جوی کادمیوم بر روی گیاهان باعث تشدید مشکل می‌شود.

وضعیت آماری سرطان گوارش در استان اصفهان و منطقه مطالعاتی

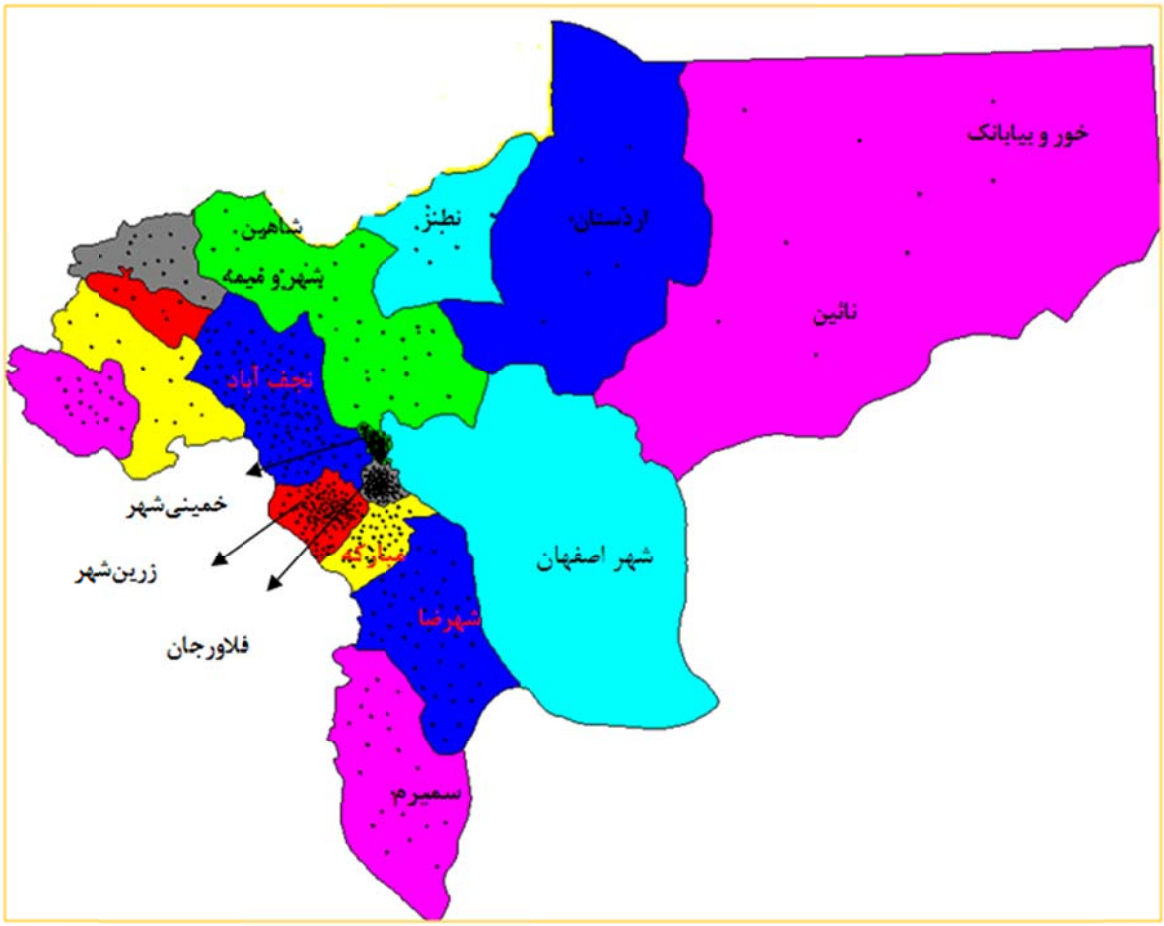
سرطان یکی از مهم‌ترین دلایل مرگ و میر در دنیا و عامل سوم مرگ و میر در کشور ایران است. سرطان مجموعه‌ای پیچیده از بیماری‌ها است و سرطان‌زایی تبدیل یک سلول طبیعی به یک سلول سرطانی است که یک فرایندی پیچیده و چند مرحله‌ای است. به گفته محققان در ۱۰ سال آینده سرطان در ایران رشدی ۳ برابری خواهد داشت. افزایش سن، سالمندی، پیشرفت تکنولوژی، آلودگی هوا و وجود آلاینده‌های زیست‌محیطی در آب وخاک و مواد سرطان زای شغلی شامل آزبست، سیلیکات‌ها و فلزات سنگین در محیط از مهم‌ترین عواملی است که از آن‌ها به عنوان عوامل شیوع سرطان در کشور نام برده می‌شود (نشریه انجمن سرطان ایران، ۱۳۹۰). تا سال ۲۰۰۸ در حدود ۱۲/۷ میلیون مورد سرطان در دنیا گزارش شده که از آن تعداد ۷/۶ میلیون مورد آن به مرگ منجر شده است. در ایران نرخ انتشار این بیماری ۹۸ تا ۱۰۰ در هر ۱۰۰۰۰۰ جمعیت در سال است. رایج ترین سرطان‌ها در مردان و زنان به ترتیب سرطان‌های دستگاه گوارش و سینه می‌باشد. سرطان‌های دستگاه گوارش شامل سرطان شکم، معده، روده، مری و کبد می‌شوند (مکاریان و همکاران، ۲۰۱۱).

در ایران به طور کلی، در حدود نیمی از مرگ و میر حاصل از انواع سرطان‌ها بدلیل وجود سرطان‌های دستگاه گوارش می‌باشد (یزدان‌بود و همکاران، ۲۰۰۴). در اصفهان همانند تهران این سرطان در مردان در رتبه اول قرار دارد. بر اساس آمار گرفته شده از اداره بهداشت استان اصفهان و همچنین مطالعه مکاریان و همکاران (۲۰۱۱) از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۸۹ در استان اصفهان در حدود ۲۴۷۷۱ مورد سرطان به ثبت رسیده است که در حدود ۵۴ درصد آن مردان و ۴۶ درصد آن زنان بوده‌اند. از این تعداد سرطان در استان، تعداد ۴۶۵۳ مورد مربوط به سرطان دستگاه گوارش است که در حدود ۱۹ درصد از تعداد کل می‌باشد. بر اساس مطالعه مکاریان و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین مقدار وفور سرطان از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ در اصفهان مربوط به سرطان سیستم گوارشی است. بر اساس نتایج بدست آمده توسط مهاجر و همکاران (۲۰۱۳) که در جدول۴ آورده شده است آمار سرطان گوارش در سال‌های اخیر در استان اصفهان و در مناطق مورد مطالعه در این پژوهش افزایش چشمگیری داشته است.

جدول ۴: آمار مبتلایان به سرطان گوارش در استان اصفهان و منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۵ (مهاجر و همکاران، ۲۰۱۳)

	تعداد مبتلایان به سرطان گوارش در استان اصفهان				تعداد مبتلایان به سرطان گوارش در منطقه مورد مطالعه			
جنس	۱۳۸۶-۱۳۸۵	۱۳۸۷-۱۳۸۶	۱۳۸۸-۱۳۸۷	۱۳۸۸-۱۳۸۵	۱۳۸۶-۱۳۸۵	۱۳۸۷-۱۳۸۶	۱۳۸۸-۱۳۸۷	۱۳۸۸-۱۳۸۵
مرد	۴۳۷	۴۶۶	۵۲۸	۱۴۳۱	۳۵	۴۸	۵۶	۱۳۹
زن	۲۱۹	۲۸۰	۲۹۷	۷۹۶	۱۷	۲۳	۳۴	۷۴
کل	۶۵۶	۷۴۶	۸۲۵	۲۲۲۷	۵۲	۷۱	۹۰	۲۱۳

نقشه نقطه‌ای میزان وفور سرطان گوارش درشهرستان‌های استان اصفهان در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که در این نقشه مشخص است بیشترین آمار مبتلایان به سرطان گوارش مربوط به نواحی غربی و جنوب غربی شهرستان اصفهان یعنی شهرستان‌های فلاورجان، خمینی‌شهر، نجف آباد و زرین‌شهر می‌باشد. قابل ذکر است شهرستان اصفهان و کاشان در این تحقیق مدنظرقرار نگرفته است.

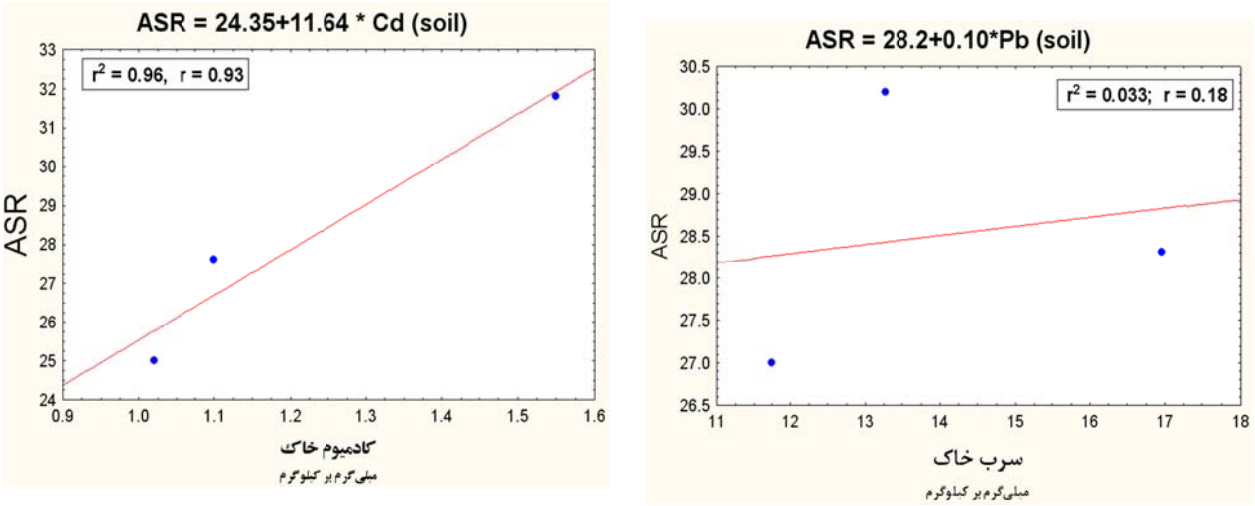


شکل ۴: نقشه نقطه‌ای میزان وفور سرطان گوارش درشهرستان‌های استان اصفهان

هنگام مقایسه سطوح سرطان در دو منطقه مختلف یا هنگام ارزیابی الگوی سرطان در یک منطقه با گذشت زمان توجه به تغییرات ساختار سنی جمعیت مهم است و این مهم بواسطه استاندارد سازی سنی صورت می‌گیرد که بوسیله شاخص میزان بروز اختصاصی سنی سرطان گوارش (ASR) مشخص می‌شود که از رابطه زیر بدست می‌آید (جنسن و همکاران، ۱۹۹۱):

$$ASR(World)_i^k = \sum_{j=1}^{18} w_j \frac{d_{ij}^k}{n_{ij}^k}$$

که در این رابطه ASR میزان بروز اختصاصی سنی سرطان گوارش و W_j جمعیت استاندارد شده جهانی که برای ۱۸ کلاس تعریف شده جهانی این شاخص یک عدد ثابت است، d_{ij} تعداد مبتلایان به سرطان در آن جمعیت خاص و n_{ij} جمعیت در خطر می‌باشد. قابل ذکر است این شاخص بر اساس تعداد جمعیت صد هزار نفر بدست می‌آید.



شکل۵: ارتباط بین برخی عناصر خاک و سرب غبارات با شیوع سرطان گوارش در منطقه مطالعاتی

در شکل ۵ رابطه بین میزان فلزات سنگین خاک با شیوع سرطان گوارش در منطقه که با شاخص میزان بروز اختصاصی سنی سرطان گوارش (ASR) بدست آمده ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده بین کادمیوم کل خاک با شاخص ASR یک ارتباط مثبت و معنی دار وجود دارد. همچنین بین سرب کل خاک با شاخص ASR ارتباط معنی داری بدست نیامد .

در نهایت قابل ذکر است از آن‌جایی که سرطان مجموعه‌ای پیچیده از بیماری‌ها است لذا اگرچه وجود برخی فلزات سنیگین و کمیاب در خاک و یا غبارات می‌تواند در ایجاد سرطان موثر باشد لیکن ذکر این نکته ضروری است عوامل دیگری چون وراثت، آداب غذایی و رژیم‌های غذایی غلط، مصرف دخانیات و سایر عوامل دیگر می‌توانند در بروز این نوع سرطان نقش داشته باشند که مطالعات جانبی بیشتری در این زمینه توصیه می‌شود.

پیشنهادات

توصیه می‌شود جهت ارزیابی دقیق تر و برآورد مسایل زیست محیطی در این مناطق، نمونه برداری از گیاهان زارعی و باغی انجام شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که با گذاشتن تله‌هایی در ارتفاعات مشخص نمونه هایی از گرد و غبار و ریز گردها از منطقه گرفته و از لحاظ مقدار عناصر سنگین مورد آزمایش قرار گیرد.

توصیه می‌شود جهت مطالعات تکمیلی غلظت عناصر در کودهای شیمیایی، حیوانی و لجن فاضلاب و کمپوست انجام گردد.

منابع

۱ – امامی م. ح. فاطمی ع. م. فرج زادگان ز. و موحد ابطحی م. ۱۳۸۴. همه‌گیری شناسی سرطان کولورکتال در استان اصفهان. مجله گوارش ۱۰(۳):۱۳۴-۱۳۹.

۲ – رمضانی ر. حق ازلی م. دونلو م. صدیقی ز. دبیری ا. پرتوی ا. جلال ر. و عظیمیان ف. ۱۳۸۷. گزارش کشوری ثبت موارد سرطانی ۱۳۸۵. مرکز مدیریت بیماری‌ها. معاونت غیر واگیر. اداره سرطان.

۳ – روستا م. ج. ۱۳۸۵ . تأثیر عناصر سنگین موجود در خاک بر سلامتی انسان. مجموعه مقالات اولین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. اسفندماه ۸۵. تهران. صفحات ۲۳۲۵ تا ۲۳۳۷.

۴ – سایت خبرگزاری ایسنا. بهمن ۱۳۸۸. www.isna.ir

۵ – سایت پزشکان بدون مرز. بهمن ۱۳۸۸. www.pezeshk.us

۶ – سایت سلامت نیوز. بهمن ۱۳۸۶ www.salamatnews.com

۷ – سبز قبایی ن. ۱۳۷۵. آلودگی رسوبات زاینده‌رود توسط فلزات سنگین و شناسایی منابع آلاینده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸ – صالحی م. ح. و خادمی ح. ۱۳۸۷. مبانی نقشه‌برداری خاک, چاپ اول, انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان, ۲۱۰ ص..

۹ – عرفان منش م. و افیونی م. محیط زیست، آب، خاک و هوا. چاپ چهارم. نشر ارکان اصفهان

۱۰ – محمدی ج. و بویر احمدی م. ۱۳۸۷. خاک‌پزشکی، چاپ اول، انتشارات پلک ۲۸۸ ص.

12- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., and Rowland, A.P., (1986). *Chemical analysis*. In: Moore, P.D., Chapman, S.B. (Eds.), Methods in Plant Ecology. Blackwell Scientific Publication, Oxford, London, pp. 285–344.
13- Alloway B.J. 2005. Bioavailability of Elements in Soil. pp. 347–372, In: O. Selinus, et al. (eds.), Essentials of Medical Geology. London, Elsevier Academic Press.
14- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1999. Toxicological profile for cadmium and lead. 205-93-0606. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Washington, DC, USA.
15- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2000. Toxicological profile for arsenic. 205-00024. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Washington, DC, USA.
16- Bargagli, R., (1998). *Trace Elements in Terrestrial Plants*: an Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
17- Beramely R.G.V. and White R.E. 1991. AN analysis of variability in the activity of nitrifier in a soil under pasture, spatial dependence variability and optimum sampeling strategy. Aus. J. Soil Res 29:95-108.
18- Boffetta P. 1993. Carcinogenicity of trace elements with reference to evaluations made by the International Agency for Research on Cancer. Scand. J. Work Environ. Health 19 (1):67-/70.
19- Catherine H. and Skinner W. 2007. Earth Materials and Health: Research Priorities for Earth Science and Public Health. 176p.
20- Corwing D. L. and Wagenet R. J. 1996. Application of GIS to the modeling of nonpoint source pollutants in the vadose zone: A conference overview. J. Environ. Qual. 25:403-411.
21- Cote K. 1996. Risk assessment of contaminated sites, A fuzzy set approach. MSc. Thesis. Department of civil and engineering and applied mechanics. Mc Gill University. Montreal. Canada.
22- Cui Y. Zhu Y. Zhai R. Huang Y. Qin Y. and Liang J. 2005. Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning. China. Environ. Int 31:784-790Hayes R.B. 1997. The carcinogenicity of metals in humans. Cancer Causes Control 8 (3):371-375.
23- FOEFL (Swiss Federal Office of Environment, Forest and Landscape): (1998). *Commentary on the Ordinance Relating to Pollutants in Soils*, VBBo of July 1, 1998, Bern.
24- Humenik F.J. Smolen M. D. and Dressing S. A. 1987. Pollution from nonpoint sources: where we are and where we should go. Environ. Sci. Technol. 21:737-742

25- Jensen D.M. Parkin R. MacLennan C.S. Muir and R.G. Skeet. 1991. Cancer Registration: Principles and Methods.IARC scientific publication No. 95. 296 p
26- Keller A. 2000. Assessment of uncertainty in modeling heavy metal balances of regional agroecosystems. PH.D thesis, Swiss federal institute of technology, Zurich.
27- Khan D. H. and B. Frankland. 1983. Effects of cadmium and lead on radish plants with particular reference to movement of metals through soil profile and plant. Plant and Soil 70:335-345.
28- Lombi E. Zhao F.J. Dunham S.J. and Mc Grath S.P. 2001. Phytoremediation of heavy metal contaminated soil. Natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. J. Environ. Qual 30:1919-1926.
29- Mahaffey K.R. Capar S.G. Gladen B.C. and Fowler B.A. 1981. Concurrent exposure to lead, cadmium, and arsenic. Effects on toxicity and tissue metal concentrations in the rat. J Lab Clin Med 98:463-481.
30- Mohajer R. Salehi M.H. Mohammadi J. Emami M.H and Azarm T. 2013. The status of lead and cadmium in soils of high prevalenct gastrointestinal cancer region of Isfahan. Journal of Research in Medical Sciences18 (13):210-214.
31- Mokarian F. Ramezani M.A. Heydari K. Tabatabaeian M. and Tavazohi H. 2011. Epidemiology and trend of cancer in Isfahan 2005-2010. Journal Research Medical Science 16(9):1228-1233.
32- Nielsen F.H. 1997. Nutrition, trace elements. In: Dulbecco R. (ed.), Encyclopedia of Human Biology. pp. 373-383. Academic Press, San Diego, CA, USA.
33- Peeters E.G. 1987. The possible influence of the components of the soil and the lithosphere on the development and growth of neoplasms. Experientia 43 (1):74-81.
34- Tiktak. A. Leijnse A. and Vissenberg H. 1999. Uncertainty in a regional scale assessment of cadmium accumulation in the Netherlands. J. Environ. Qual. 28:461-470.
35- Tiller. K.G. McLaughlin M.J. and Roberts A.H.C. 1999. Environmental impacts of heavy metals in agroecosystems and amelioration strategies in Oceana, In Huang, P. M. and Iskander, I. K. soils and groundwater pollution and remediation, Lewis, USA.
36- Turkdogan M.K. Fevzi K. Kazim K. Ilyas T. and Ismail U. 2002. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Environmental Toxicology and Pharmacology 13:175-179.
37- Wang, Q.C., Ma, Z.W.,(2004). Heavy metals in chemical fertilizer and environmental risks, *Rural Eco-Environ,* 20 (2), 62–64 (in Chinese).
38- World Resource Institute. http://www.wri.org/wr-96-97/hd_text2.html.
39- Yazdanbod A. Nasseri-Moghaddam S. and Malekzadeh R. 2004. Upper gastrointestinal cancer in in Ardabil north-west of Iran: A review. Archives of Iranian Medicine 7(3):173-177.
40- Yong R. 2001. Geoenvironmental engineering: contaminated soils, pollutant fate and mitigation. CRC press, LLC, USA.

41- Zagrodzki P. Zamorska L. and Borowski P. 2003. Metal (Cu, Zn, Fe, Pb) concentrations in human placentas. Central European J Public Health 4:11-18.
42- Zhang, X.Y., Sui, Y.Y., Zhang, X.D., Meng, K., and Herbert S.J., (2007). Spatial variability of nutrient properties in black soil of northeast China, *Pedosphere* 17 (1), 19–29.