فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۶، بهار ۱۴۰۰

ارزیابی ریسک سلامت آرسنیک در برخی محصولات کشاورزی، روستاهای گیلکلو و قوجاق شهرستان قروه استان کردستان

مینا خسروی[1*]

Khosravi.mina@ut.ac.ir

علیرضا پرداختی[2]

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۰ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۷**

چکیده

آلودگی مواد غذایی به عنصر سمی آرسنیک، یکی از مسائل مهمی است که موجب به خطر انداختن بهداشت عمومی و سلامت موجودات زنده می‌شود. با توجه به اهمیت استفاده از مواد غذایی سالم، کنترل غلظت آرسنیک جهت حفظ سلامتی مصرف کننده حائز اهمیت است. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی ریسک آرسنیک نسبت به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی از طریق مصرف برخی محصولات کشاورزی در دو گروه مردان و زنان روستاهای قوجاق و گیلکلو شهرستان قروه، استان کردستان انجام شده است.

در این تحقیق غلظت آرسنیک با توجه به اطلاعات آماری به دست آمده از شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کردستان در محصولات کشاورزی مورد مطالعه در محل‌های مورد نظر مشخص شد. همچنین ارزیابی ریسک غیرسرطانی و سرطانی با استفاده از شاخص آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) مورد سنجش قرار گرفت.

نتایج مطالعه نشان داد که مقدار ریسک غیر سرطانی برای آرسنیک برای محصولات مورد مطالعه در هر دو روستا پایین‌تر از یک بود. در بین نمونه‌های مورد آزمایش ریسک سرطانی آرسنیک به واسطه مصرف گندم در هر دو روستا نسبت به سایر محصولات بیشتر بود که در روستای گیلکلو و در گروه زنان بالاترین میزان ریسک سرطانی برابر با $۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$ فرد به دست آمد.

نتایج نشان داد که خطری از لحاظ بهداشتی مناطق مورد مطالعه را تهدید نمی‌کند. همچنین احتمال ریسک سرطانی برای این عنصر به واسطه مصرف محصولات مورد مطالعه در هر دو روستا در سطح پایین می‌باشد.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، آرسنیک، محصولات کشاورزی

۱- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران-ایران

۲- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران-ایران

Human and Environment, No. 56, Spring 2021

Risk Assessment of Arsenic in Some Crops, The Villages Gilakloo and Ghoojagh of Qorveh County, KurdistaP province

Mina Khosravi[1*]

Khosravi.mina@ut.ac.ir

Alireza Pardakhti[2]

Abstract

Food contamination to arsenic toxic element is one of the important issues that endanger the public health and the health of living organisms. Given the importance of healthy food, controlling the concentration of arsenic to protect the health of consumers is important. Therefore, this study has been done aimed to assess the risks of carcinogenic and non-carcinogenic diseases arsenic through consumption of some crops in both men and women in the villages Ghoojagh and Gilakloo of Qorveh County, the Kurdestan province.

In this study, concentrations of arsenic, was found according to the statistical information obtained from the Water and Sewage Company Kurdestan province in crops. As well as non- carcinogenic and carcinogenic risk assessment was measured using indicators Environmental Protection Agency (EPA). The results showed that the amount of non- carcinogenic risk for arsenic for crops in both villages was less than one. Among the samples tested arsenic carcinogenic risk due to the consumption of wheat in both villages was higher than other products, that in the Gilakloo village and in women, the highest risk of carcinogenic was 3.00×10^{-7} person.

The results showed that no danger threatens the health of the studied areas. Also possibility of the risk of the carcinogenic for this element through the using of these studied products in the both villages is low.

Keywords: Risk Assessment, Arsenic, Crops

1 - PhD, Student, Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

مقدمه

افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون بشر برای غذا و دیگر امکانات زندگی باعث شده است که انسان محیط زیست را جهت تأمین نیازهای خود دستخوش تغییراتی نماید. کارخانه ها، راه‌ها، استفاده بیشتر از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، استخراج معادن و توسعه، باعث شده محیط زیست به انواع فلزات سمی و سایر سموم آلوده شود (۱). امروزه برخی از این آلاینده‌ها ضمن آلوده‌سازی محیط زیست وارد چرخه غذایی شده‌اند که به طور مستقیم سلامت انسان‌ها را مورد تهدید قرار داده و ضمن شیوع بیماری‌های مختلف، موجب سرطان و حتی منجر به مرگ می‌شوند (۲). تقریباً تمامی فلزات سنگین در بدن عوارض سوئی به جای می‌گذارند. آرسنیک در گروه اول ترکیبات سرطان‌زای موسسه بین المللی تحقیقات سرطان طبقه‌بندی شده است و از اثرات آن می‌توان به شاخی شدن پوست، سرطان کبد، پوست و مثانه، اختلالات روانی، آسیب به نورون‌های عصبی، فشار خون، قانقاریای دردناک، پایین آمدن بهره هوشی، ایجاد میخچه و زگیل در دست و پا، تپش غیرطبیعی قلب، کاهش ایجاد گلبولهای سفید و قرمز خون اشاره کرد که به علت خواص سمی و تجمع‌پذیری و همچنین ماندگاری زیاد در بدن موجودات زنده دارای اهمیت ویژه‌ای است (۴و۳). ورود و تجمع آرسنیک در آب و اراضی زراعی به طور عمده‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی، کودهای شیمیایی، فاضلاب‌های شهری و آفت‌کش‌هاست (۵). از طرفی در بسیاری از نقاط جهان، استفاده از آب آلوده به آرسنیک، فاضلاب شهری و صنعتی در آبیاری اراضی مناطق زراعی به امری معمول و متعارف تبدیل شده است (۶). آب‌های بسیاری از مناطق بر اثر فعالیت‌های بشری و یا طبیعی به آرسنیک آلوده شده است. فاضلاب صنایع فلزی، شیشه‌سازی و سرامیک، ساخت رنگ و آفت‌کش‌ها، پالایشگاه‌های نفت، صنایع شیمیایی و صنایع آلی، منبع اصلی آرسنیک در محیط می‌باشند (۱). این فلز توسط خاک جذب شده و سبب آلودگی زمین‌های کشاورزی می‌شود و نهایتاً وارد چرخه خاک – گیاه – حیوان و انسان شده و ممکن است به حد آستانه سمی برای گیاه، حیوان یا انسان برسد. آلودگی خاک به آرسنیک باعث ورود آن به زنجیره غذایی از طریق جذب به وسیله گیاه می‌شود. غلظت‌های زیاد آرسنیک باعث جذب زیاد آن به وسیله گیاه می‌گردد (۷). گیاهان مهم‌ترین مسیر انتقال آرسنیک به زنجیره غذایی انسان و چرخه‌های زیستی محسوب می‌شوند (۸). عناصری که برای رشد گیاه ضروری هستند، معمولا در گیاه متحرک هستند، اما عناصر سمی و سنگین مانند آرسنیک جابه‌جایی کمی داشته و در ریشه تجمع می‌یابند و سبب افزایش غلظت این فلز سنگین در گیاه می‌شوند (۹).

مطالعات گوپتا و همکارانش در سال ۲۰۱۲ نشان داد، غلظت سرب، روی و کادمیوم در سبزی اسفناج و تربچه در بالاترین سطح است که منجر به تجمع این فلزات در سبزیجات می‌شود (۱۰).

ناظمی و همکارانش (۱۳۸۹) میزان عناصر آرسنیک، کروم، کادمیوم، سرب و روی در سبزیجات در حومه‌ی شهر شاهرود در استان سمنان را بررسی کردند، مطالعات نشان داد میانگین غلظت کروم، سرب و کادمیوم در سبزیجات بیش از استاندارد ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت WHO و سازمان خواربار FAO برای گیاهان می‌باشد (۱۱).

شارما و همکاران (۲۰۰۸)، یانگ و همکاران (۲۰۰۹)، در تحقیقات خود گزارش دادند که غلظت عنصر کادمیوم در سبزیجات جمع آوری شده در منطقه مورد مطالعه از حدود مجاز توصیه شده برای این فلز بالاتر رفته است (۱۲ ، ۱۳).

کاو و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی که روی نمونه‌های برنج و سبزیجات جیانکسو چین انجام دادند مشاهده کردند که میانگین غلظت کروم، مس، روی، کادمیوم، جیوه و سرب در برنج ۰/۷۵، ۲/۶۴، ۱۲، ۰/۰۱۴، ۰/۰۰۶ و ۰/۰۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود که همه مقادیر از مقدار استاندارد مورد نظر کمتر بودند و در سبزیجات به ترتیب ۰/۶۷، ۱/۱۸، ۴/۳۴، ۰/۰۱۱، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر نمونه بود که فقط کروم از مقدار مجاز (۰/۵ میلی‌گرم بر

کیلـوگرم) بیشتر بود و سایر عناصر کمتر از مقدار توصیه شده بـود (۱۴). هانـگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند خطرپذیری عناصر سنگین از طریق مصرف برنج برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۱/۵۲۳ و ۱/۷۲۶ بود و مقدار THQ برای بزرگسالان و کودکان از مصرف برنج، به ترتیب Cu > Zn > Pb > Hg > Cd > As > Crکاهش می‌یابد. نتـایج نـشان داد کـه خـوردن مـس، بیـشترین تـأثیرات سـوء بـر سـلامتی و کـروم کمتـرین تأثیرات را بر سلامتی انسان در هر دو گروه سنی خواهد داشت که این نشان دهنده این است که هر دو گروه سنی تعدادی اثرات نامطلوب برای سلامتی ناشی از عناصر سنگین را تجربه می‌کنند و در بین عناصر مـورد مطالعـه، مـس، سـرب و روی بیـشترین مشارکت را در احتمال خطرپذیری کل دارا می‌باشند (۱۵).

گام اول در ارزیابی گستردگی و شدت آلودگی آرسنیک در مناطق مشکوک به آلودگی، تعیین غلظت آرسنیک می‌باشد. از این رو برای حفظ محیط زیست، کنترل آلودگی و بهداشت عمومی باید اطلاع دقیقی از میزان آلودگی‌ها و پراکنش آن‌ها در محیط داشته باشیم (۱۶). آب‌های آلوده به آرسنیک در بسیاری از کشورهای دنیا از جمله آرژانتین، بنگلادش، هند، مکزیک، تایلند و تایوان وجود دارند (۱۷). مطالعات گولوواتی و ساوچینک در سال ۲۰۰۲ نشان داده است، در اراضی آبیاری شده با فاضلاب شهری، میزان غلظت کل املاح تا ۲ برابر افزایش یافته و تا عمق ۱۵سانتیمتری خاک میزان عناصر سنگین، افزایش عمده ای یافته و برخی عناصر نظیر کادمیوم حتی تا ۲۳ برابر افزایش نشان داده است (۱۸). در کشور ما نیز در مناطقی از خراسان و کردستان آلودگی منابع آب به آرسنیک مشاهده شده است. مطالعات انجام شده ارتباط مستقیم بین وجود آرسنیک در آب و مواد غذایی و بروز سرطان هایی چون سرطان مثانه، روده، پوست، کلیه و کبد را نشان می دهد (۱۹). فرهوگت و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خطر سلامتی عناصر سنگین از مصرف سبزیجات، میوه‌جات و برنج رشد یافته در خاک‌های آبیاری شده با آب رودخانه ابرو در کاتولینای اسپانیا نشان دادند هنگامی که غلظت حداقل عناصر در مواد غذایی در نظر گرفته شود میزان احتمال خطرپذیری به عناصر سنگین در تمام گروه‌های سنی مورد مطالعه پایین می باشد. ولی هنگامی که حد بالایی غلظت عناصر سنگین در مواد غذایی در نظر گرفته شود میزان احتمال خطرپذیری برای آرسنیک در گروه سنی کودکان برای دختران و پسران و مردان سالخورده بالا می‌باشد. مشکل اساسی فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن است. فلزات سنگین پس از ورود به بدن، در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل انباشته می‌گردند و موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شوند (۲۰).

ارزیابی ریسک در آنالیزهای کیفیت محیط زیستی شامل چهار مرحله اساسی می‌باشد. ۱- شناسایی خطر ۲- ارزیابی و تعیین در معرض گذاری ۳- ارزیابی رابطه دوز واکنش ۴- توصیف ویژگی‌های خطر. امروزه با توجه به برخی از فاکتورها از جمله غلظت ماده آلاینده، مقدار مصرف در طول زمان، سن فرد مصرف کننده، وزن بدن و نظایر آن و نیز استفاده از برخی روابط و شیوه‌های ارائه شده توسط برخی سازمان‌های معتبر بین‌المللی می‌توان تا حدود زیادی میزان خطر ناشی از مصرف محصولات آلوده را برآورد نموده و در جهت کاهش اینگونه خطرات توصیه‌ها و هشدارهایی را به مصرف‌کنندگان ارائه نمود (۲۱).

با توجه به اهمیت سلامت محصولات کشاورزی به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده رژیم غذایی این پژوهش با هدف تعیین میزان آلودگی محصولات مهم کشاورزی در دو روستای شهرستان قروه (گیلکلو و قوجاق) از توابع استان کردستان به فلز سنگین آرسنیک با استفاده از معادلات ارائه شده ارزیابی ریسک عناصر سنگین برای بیماری‌های غیرسرطانی و سرطانی توسط سازمان محیط زیست آمریکا (United State EnvironmentalProtection Agency) صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل

در این پژوهش دو روستا از شهرستان قروه استان کردستان (شکل ۱) شامل گیلکلو و قوجاق جهت مطالعه انتخاب گردید. روستای گیلکلو با جمعیت حدود ۴۱۰ نفر، در فاصله ۱۳۱ کیلومتری شرق شهرستان سنندج واقع شده است. روستای قوجاق با جمعیت حدود ۳۶۳ نفر، در فاصله ۱۴۰ کیلومتری در شرق سنندج واقع شده است (شکل ۲).

زمین شناسی منطقه

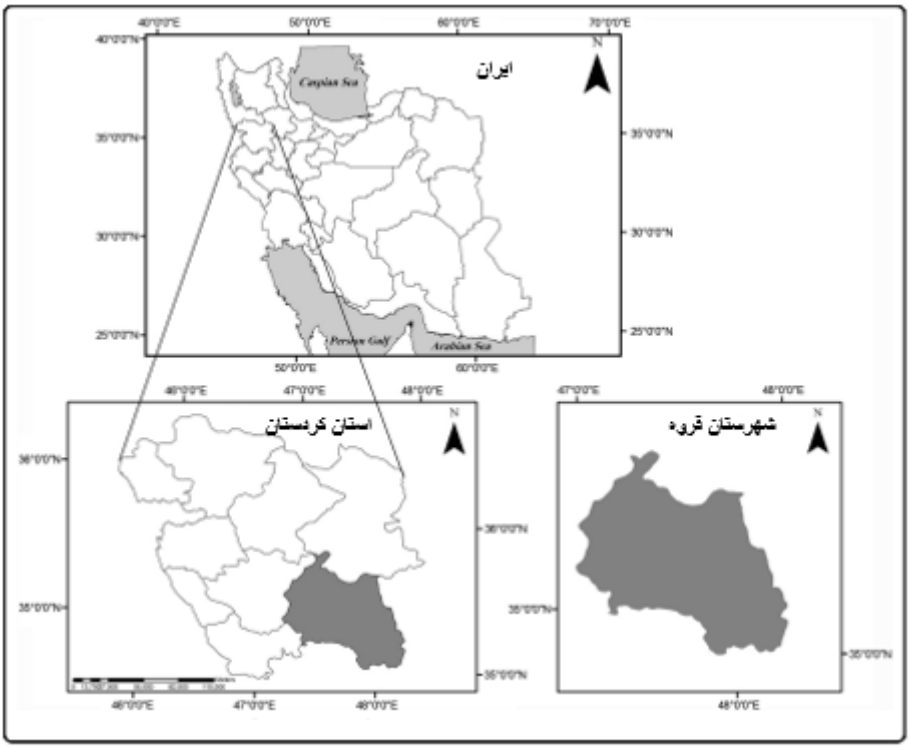
با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه، بخش‌های جنوبی از سنگ‌های گرانیتی پوشیده شده است و منابع آبی موجود در آن‌ها غلظت کمی از آرسنیک دارند. در برابر آن، بخش‌های شمالی بیشتر از ربولیت و خاکسترهای آتشفشانی با آثار شدید دگرسانی و کانی‌زایی تشکیل یافته است و غلظت آرسنیک در منابع آبی آن‌ها بسیار بالاست. چشمه معدنی باباگرگر و فعالیت آتشفشانی قروه تکاب با ایجاد دگرسانی‌های گرمابی شدید، برش‌های آتشفشانی و برش‌های توف در منطقه گسترده شده‌اند که در ایجاد بی‌هنجاری آرسنیک مؤثر هستند. بنابراین وجود آرسنیک در منابع آب و خاک منطقه مورد مطالعه در اصل ناشی از آغشتگی سازندهای زمین‌شناسی به این عنصر به دلیل فعالیت‌های گرمابی و رگه‌های اپی‌ترمال سولفیدی در منطقه است (۲۲).

نمونه برداری

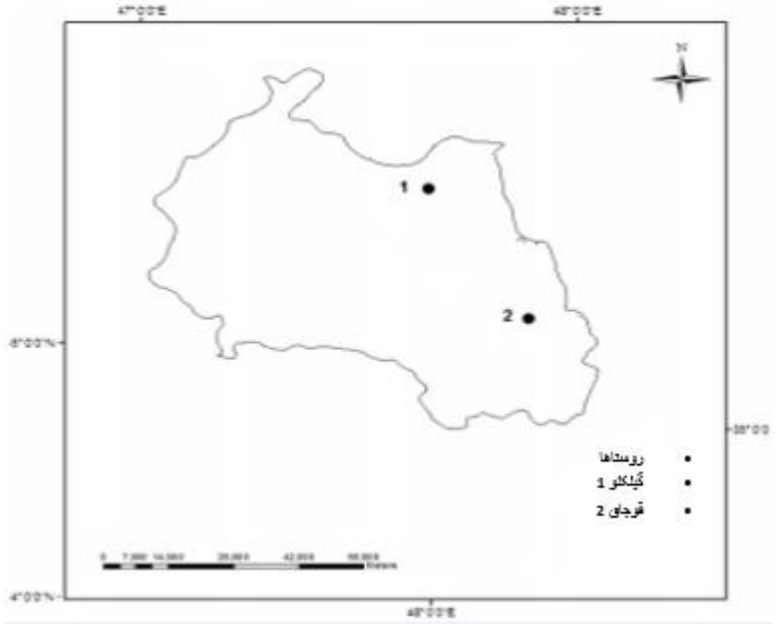
در این پژوهش با توجه به اطلاعات آماری به دست آمده از شرکت آب و فاضلاب روستایی و سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، غلظت آرسنیک در محصولات کشاورزی برداشت شده شامل گندم، جو، نخود، عدس و لوبیا در روستاهای گیلکلو و قوجاق از شهرستان قروه، مورد بررسی قرار گرفت. محصولات نمونه‌برداری شده به طریق کشت دیم حاصل شده بودند.

آنالیز نمونه‌ها

هر یک از نمونه‌های گرفته شده از محصولات کشاورزی که در معرض سمپاشی دفع آفات قرار نداشتند و با داشتن رطوبت طبیعی، از لحاظ دانه‌بندی کاملا یکنواخت گردیده و حدود نصف مقدار نمونه‌برداری شده (حدود ۲۵۰ گرم) را با استفاده از آسیاب برقی به صورت غیر پیوسته (جلوگیری ازگرم شدن نمونه‌ها و هدر رفتن احتمالی ترکیبات فرار آرسنیک) تبدیل به پودر mesh ۲۰۰ گردیدند. حدود ۰/۸ گرم از هر نمونه پودر شده، توزین و به بمب تفلونی انتقال گردید و با افزایش ml ۶ اسید نیتریک غلیظ به هر یک از نمونه‌ها به مدت دو ساعت در میکروویو در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس عمل هضم انجام شد. نمونه‌های هضم شده به بالن‌های حجمی انتقال یافته و حجم هر کدام از نمونه‌ها در ml ۲۵ تنظیم شد. به منظور دستیابی به شرایط اپتیمم هضم از میکروویو با مشخصات مولتی‌ویو ۳۰۰۰ در طی بررسی تغییرات عوامل مؤثر (درجه حرارت، فشار، معرف‌های شیمیائی و زمان هضم) استفاده گردید. برای اندازه‌گیری میزان آرسنیک در محصولات کشاورزی، دستگاه اسپکترفتومتر جذب اتمی مدل GTA-110 شرکت ورین و اتمایزر کوره گرافیتی مورد استفاده قرار گرفت. بعد از بدست آوردن نتایج غلظت آرسنیک، ارزیابی ریسک سلامت برای این محصولات مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت شهرستان قروه در استان کردستان و ایران



شکل ۲- موقعیت روستاها در شهرستان قروه

برای محاسبه ریسک افراد به بیماری‌های غیر سرطانی از فرمول ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA) استفاده شد (۲۳) به این ترتیب که ابتدا میزان جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$EDI = (CF \times IR \times FI \times EF \times ED)/(BW \times AT)$$

EDI : مقدار جذب روزانه آلاینده ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)

CF : غلظت آلاینده در غذا ($mg\ kg^{-1}$)

IR: میزان مصرف در روز ($g\ day^{-1}$) در این مطالعه مقدار مصرف روزانه غلات و حبوبات مورد نظر در استان کردستان با توجه به اطلاعات آماری به دست آمده از سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان در جدول ۱ ارائه شده است.

FI : مقدار آلاینده که از طریق غذا جذب بدن می‌شود. این ضریب بین ۰/۲۵ تا ۰/۴ متغیر می‌باشد. معمولا برای محاسبه ریسک از ضریب ۰/۴ که بدترین حالت را نشان می‌دهد استفاده می‌شود. در این مطالعه نیز این ضریب ۰/۴ در نظر گرفته شد.

EF : دفعات مصرف در سال را نشان می‌دهد ($days\ years^{-1}$)

ED : تعداد سال‌هایی را که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود را نشان می‌دهد (years)

BW : وزن بدن (kg) در این مطالعه دو گروه مردان و زنان مورد بررسی قرار گرفت که به طور متوسط مقدار وزن مردان ۷۰ کیلوگرم و زنان ۶۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.

AT : از حاصل ضرب ED در تعداد روزهای سال به دست می‌آید (days)

سپس نسبت مخاطره (Hazard Quotient) به بیماری‌های غیرسرطانی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد. اگر (HQ>۱) بود هیچ خطر آشکاری برای جمعیت در معرض وجود نداشت، اما اگر (HQ > ۱) بود خطر وجود داشت.

$$HQ = EDI / RfD$$

HQ : نسبت مخاطره به بیماری‌های غیرسرطانی

Oral Reference Dose : برای هر عنصر مقدار مشخصی است. این مقدار با آزمایش روی حیوانات به دست آمده و نشان دهنده حداکثر غلظتی از عنصر است که برای موجودات مشکلی ایجاد نکرده است و واحد آن نیز ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$) است. دوز مرجع جذب (RfD) برای آرسنیک ۰/۰۰۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد (۲۴).

برای محاسبه ریسک به بیماری‌های سرطانی از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$Risk = SF \times EDI$$

SF : عامل شیب ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)

EDI : مقدار جذب روزانه ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)

نتایج

غلظت آرسنیک در نمونه‌ها

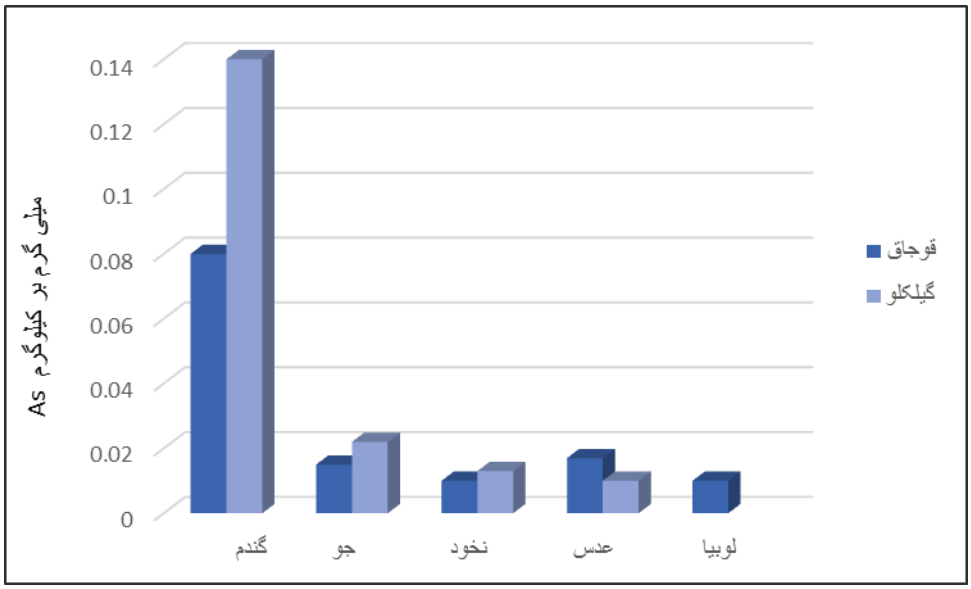
جدول ۲ و نمودار ۱ وضعیت آماری غلظت آرسنیک در نمونه های گیاهی دو روستای مورد مطالعه را به تفکیک نشان می‌دهند.

جدول ۱- مقدار مصرف روزانه غلات و حبوبات استان کردستان بر حسب گرم در روز

نمونه‌های گیاهی	گندم	جو	نخود	عدس	لوبیا
مقدار مصرف ($g\ d^{-1}$)	۵۳۱/۵	۱۲/۳۲	۱۴/۲۱	۴/۱	۶/۵۷

جدول ۲- غلظت آرسنیک در نمونه‌های گیاهی روستاهای قوجاق و گیلکلو بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم

نام روستا	نمونه‌های گیاهی				
	گندم	جو	نخود	عدس	لوبیا
قوجاق	۰/۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱
گیلکلو	۰/۱۴	۰/۰۲۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱	-



نمودار ۱- غلظت آرسنیک (متوسط: ۵ نمونه) در روستاهای قوجاق و گیلکلو

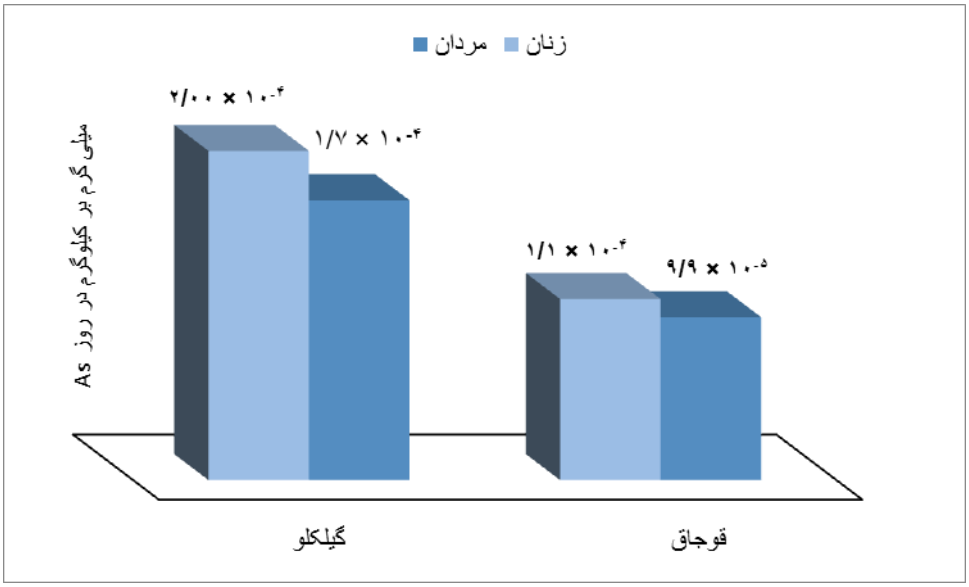
میزان جذب روزانه آرسنیک

جذب روزانه آرسنیک (EDI) تمام نمونه‌ها در رژیم روزانه دو گروه مردان و زنان روستاهای قوجاق و گیلکلو به صورت جداگانه در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار کل جذب روزانه آرسنیک هر دو روستا نیز در نمودار ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، مقدار کل جذب روزانه آرسنیک برای مردان در روستاهای قوجاق و گیلکلو به ترتیب $۹/۹ \times ۱۰^{-۴}$ و $۱/۷ \times ۱۰^{-۴}$ و برای زنان $۱/۱ \times ۱۰^{-۴}$ و $۲/۰۰ \times ۱۰^{-۴}$ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز می‌باشد که مقادیر این پارامتر برای زنان بیشتر از مردان است. میزان جذب قابل تحمل روزانه[1] طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا برای آرسنیک ۲/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز می‌باشد (۱۶). میزان جذب روزانه آرسنیک در هر یک از نمونه‌های مورد مطالعه، در هر دو روستا پایین‌تر از میزان جذب قابل تحمل روزانه (PTDI) سفارش شده به وسیله WHO/FAO است.

1- Provisional Tolerable Daily Intake

جدول ۳- میزان جذب روزانه آرسنیک ($mg\ kg^{-1}\ day^{-1}$)

نام روستا		نمونه‌های گیاهی					کل
		گندم	جو	نخود	عدس	لوبیا	
قوجاق	مردان	$۹/۹ \times ۱۰^{-۵}$	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۹/۹ \times ۱۰^{-۵}$
	زنان	$۱/۱ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۴}$
گیلکلو	مردان	$۱/۷ \times ۱۰^{-۴}$	$۵/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۴/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۹/۰۰ \times ۱۰^{-۸}$	–	$۱/۷ \times ۱۰^{-۴}$
	زنان	$۲/۰۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۵/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۵/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	–	$۲/۰۰ \times ۱۰^{-۴}$



نمودار ۲- میزان کل جذب روزانه آرسنیک

نسبت مخاطره آرسنیک

مقادیر نسبت مخاطره (HQ) آرسنیک برای مواد غذایی مختلف برای مردان و زنان در هر دو روستای قوجاق و گیلکلو در جدول ۴ و نمودار ۳ نشان داده شده است. مقدار نسبت مخاطره بیماری‌های غیرسرطانی برای آرسنیک در هر دو روستا برای تمام نمونه‌های مواد غذایی پایین‌تر از یک می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که خطر بیماری غیرسرطانی برای مواد غذایی مورد مطالعه برای ساکنین مصرف کننده در این دو روستای شهرستان قروه وجود ندارد.

جدول ۴- ریسک غیرسرطانی آرسنیک

نام روستا		نمونه‌های گیاهی				
		گندم	جو	نخود	عدس	لوبیا
قوجاق	مردان	$۳/۳ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۳ \times ۱۰^{-۷}$	$۳/۳ \times ۱۰^{-۷}$
	زنان	$۳/۶ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۳ \times ۱۰^{-۷}$	$۳/۳ \times ۱۰^{-۷}$
گیلکلو	مردان	$۵/۶ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۶}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	–
	زنان	$۶/۶ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۶}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۶}$	$۳/۳ \times ۱۰^{-۷}$	–

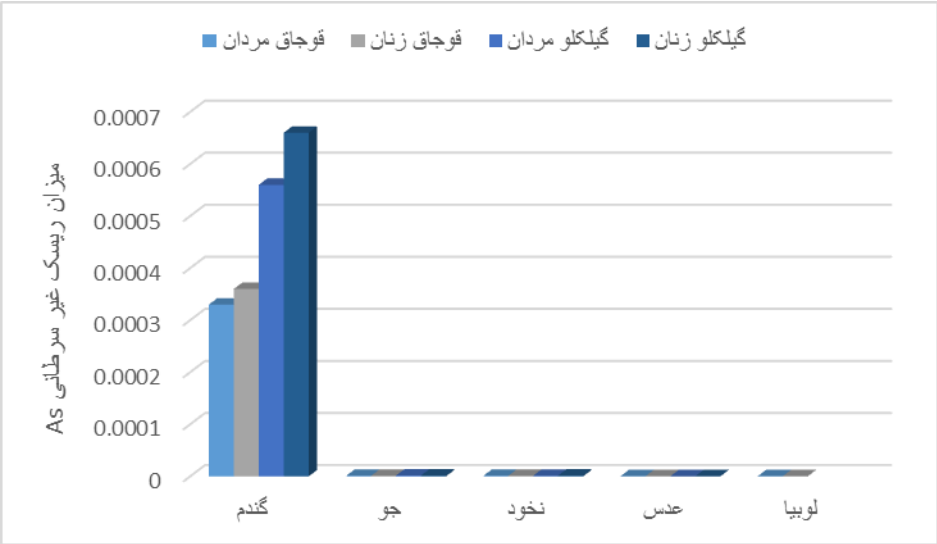
جدول ۵- ریسک سرطانی آرسنیک

نام روستا		نمونه‌های گیاهی				
		گندم	جو	نخود	عدس	لوبیا
قوجاق	مردان	$۱/۴ \times ۱۰^{-۷}$	$۴/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۴/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$
	زنان	$۱/۶ \times ۱۰^{-۷}$	$۴/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۴/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$
گیلکلو	مردان	$۲/۵ \times ۱۰^{-۷}$	$۷/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۶/۰۰ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۱۰}$	–
	زنان	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$	$۷/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۷/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۱۰}$	–

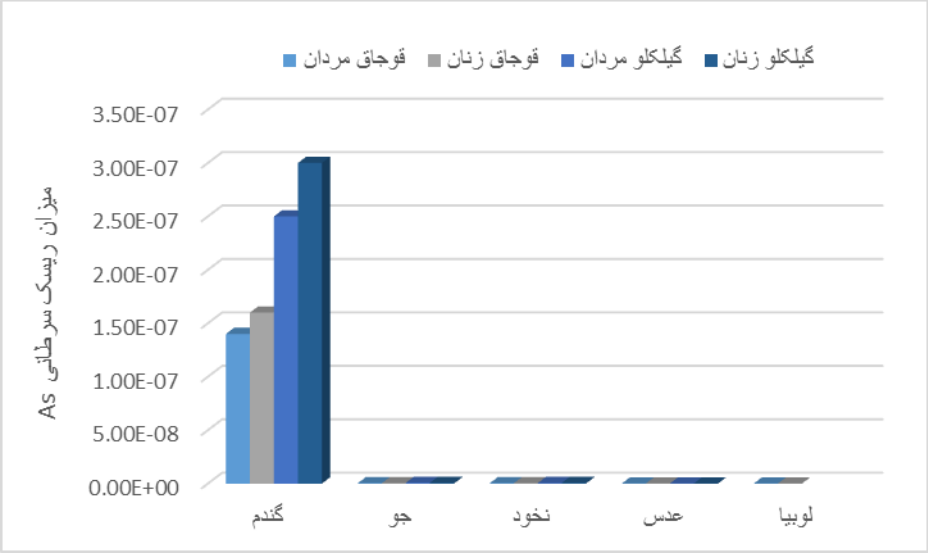
ریسک سرطانی آرسنیک

در مورد احتمال ریسک به بیماری‌های سرطانی، سطح پایین ولی قابل قبول برای خطرناک بودن منابع آلاینده برای سلامت انسان$۱۰^{-۶} \times ۱$، سطح متوسط $۱۰^{-۵} \times ۱$ و سطح بسیار خطرناک $۱۰^{-۴} \times ۱$ می‌باشد (بدین معنا که بین ۱۰۰۰۰ نفر ۱ نفر احتمال دارد به سرطان مبتلا شود). با توجه به این که در این مطالعه ضریب تعیین شده موثر برای آرسنیک $۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز در نظر گرفته شده است (۲۵). شاخص ریسک سرطانی آرسنیک برای هر دو گروه مردان و زنان در هر دو روستای مورد مطالعه در جدول ۵ و نمودار ۴ آورده شده است. در بین نمونه‌های مورد آزمایش ریسک سرطانی آرسنیک به واسطه مصرف گندم در هر دو

روستا نسبت به سایر محصولات بیشتر است که در روستای گیلکلو و در گروه زنان بالاترین میزان ریسک سرطانی به دست آمد و برابر با $۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$ فرد بود. احتمال ریسک به بیماری‌های سرطانی برای این عنصر به واسطه مصرف گندم، جو، نخود، عدس و لوبیا در هر دو روستا در سطح پایین می‌باشد.



نمودار ۳- میزان ریسک غیر سرطانی آرسنیک



نمودار ۴- میزان ریسک سرطانی آرسنیک

بحث

آرسنیک به عنوان یک ماده شیمیایی می‌تواند از طرق پوسته زمین وارد منابع آب زیرزمینی شود، همچنین آبیاری اراضی مناطق زراعی توسط فاضلاب‌های شهری و صنعتی سبب آلوده شدن آب‌های این مناطق به این عنصر می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر غلظت آرسنیک در نمونه‌های کشاورزی (گندم، جو، نخود، عدس و لوبیا) دو روستای گیلکلو و قوچاق شهرستان قروه مشخص شد. بیشترین و کمترین میانگین میزان غلظت آرسنیک در محصولات کشاورزی برای گندم به ترتیب در روستای گیلکلو (۰/۱۴ mg/kg) و روستای

قوجاق (۰/۰۸ mg/kg)، برای جو به ترتیب در روستای گیلکلو (۰/۰۲۲ mg/kg) و روستای قوجاق (۰/۰۱۵ mg/kg)، برای نخود به ترتیب در روستای گیلکلو (۰/۰۱۳ mg/kg) و روستای قوجاق (۰/۰۱ mg/kg)، برای عدس به ترتیب در روستای قوجاق (۰/۰۱۷ mg/kg) و روستای گیلکلو (mg/kg ۰/۰۱) و برای لوبیا در روستای قوجاق (۰/۰۱ mg/kg) بدست آمد. مطالعه‌ای که توسط وزارت کشاورزی، شیلات و غذا در کشور انگلستان انجام شد نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک در غلات و حبوبات کمتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (۲۶).

مطالعه ژائو و همکاران (۲۰۱۰) که میزان آرسنیک را در دانه گندم بررسی کرده بودند نشان داد که غلظت این عنصر در دانه گندم ۷/۷ میکروگرم در کیلوگرم بدست آمد (۲۷). بر اساس مطالعاتی که در کشور استرالیا با هماهنگی تحقیقات آژانس بین‌المللی انرژی اتمی انجام گرفته، حداکثر میزان آرسنیک در غلات و حبوبات، گوشت، سبزیجات به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۰۹، ۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و حداقل میزان آن‌ها ۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. نتایج آرسنیک اندازه‌گیری شده در تمامی نمونه‌های انواع محصولات کشاورزی در مقایسه با حداکثر میزان مجاز آرسنیک در مواد غذائی سایر کشورها در سطوح خیلی پائین‌تری قرار دارند (حداکثر میزان مجاز آرسنیک در مواد مورد نظر مذکور در استاندارد جهانی معادل ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. بنابراین میانگین غلظت آرسنیک در همه محصولات مورد مطالعه در محدوده مجاز غلظت فلزات سنگین ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت می‌باشد.

مقدار کل جذب روزانه آرسنیک برای مردان در روستاهای قوجاق و گیلکلو به ترتیب $۱/۷ \times ۱۰^{-۴}$ و $۹/۹ \times ۱۰^{-۵}$ و برای زنان $۲/۰۰ \times ۱۰^{-۴}$ و $۱/۱ \times ۱۰^{-۴}$ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز می‌باشد که مقادیر این پارامتر برای زنان بیشتر از مردان است. میزان جذب قابل تحمل روزانه طبق استانداردآژانس حفاظت محیط زیست امریکا برای آرسنیک ۲/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز می‌باشد (۲۸). میزان جذب روزانه هر یک از عناصر مورد مطالعه، پایین‌تر از میزان جذب قابل تحمل روزانه (PTDI) سفارش شده به وسیله WHO/FAO است.

مقدار نسبت مخاطره بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) برای آرسنیک در هر دو روستا برای تمام نمونه‌های مواد غذایی پایین‌تر از یک می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که خطر بیماری غیرسرطانی برای آرسنیک به تنهایی از مصرف مواد غذایی مورد مطالعه برای ساکنین مصرف کننده در این دو روستای شهرستان قروه وجود ندارد. نتایج مشابهی توسط فرهوگت و همکاران (۲۰) در سال ۲۰۰۸ ارائه گردید. تحقیقات فرهوگت و همکاران نشان داد که هنگامی که غلظت حداقل عناصر در مواد غذایی در نظر گرفته شود میزان احتمال خطرپذیری به عناصر سنگین در تمام گروه‌های سنی مورد مطالعه پایین می‌باشد. ولی هنگامی که حد بالایی غلظت عناصر سنگین در مواد غذایی در نظر گرفته شود میزان احتمال خطرپذیری برای آرسنیک در گروه سنی کودکان برای دختران و پسران و مردان سالخورده بالا می‌باشد. هانگ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی ارزیابی خطر عناصر سنگین بر سلامت انسان از طریق مصرف برنج در ایالت چانگشو در شرق چین نشان دادند که مقدار THQ برای بزرگسالان و کودکان از مصرف برنج، به صورت $Cu > Zn > Pb > Hg > Cd > As > Cr$ کاهش می‌یابد (۲۹). عقیلی (۱۳۸۶) نیز احتمال خطرپذیری از مصرف محصولات گلخانه‌ای خیار، گوجه فرنگی، فلفل دلمه‌ای در شهر اصفهان برای گروه سنی کودکان، نوجوانان و بزرگسالان را به ترتیب ۲/۰۳، ۰/۶۷ و ۰/۴۵ برآورد کرد (۳۰). چاری و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی احتمال خطرپذیری عناصر سنگین در سبزیجات رشد یافته در زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب نشان داده اند که احتمال خطرپذیری برای عناصر روی، کروم و سرب از مصرف سبزیجات بالاست و در بین سبزیجات، سبزی‌های برگی دارای عناصر سنگین بالایی هستند (۳۱).

اگرچه مصرف روزانه عناصر سمی ناشی از مصرف مواد غذایی یکی از مهم‌ترین مسیرهای در معرض قرارگیری انسان در

برابر عناصر سنگین می‌باشد، در مطالعات بسیاری گزارش شده است که انسان از طریق مصرف سایر مواد غذایی از جمله گوشت، ماهی، تخم مرغ، میوه و شیر نیز در معرض عناصر سنگین قرار می‌گیرد. علیرغم اینکه توجه کمتری به ورود عناصر سنگین از طریق بلع و تنفس خاک و نیز تماس پوستی به عمل آمده، لیکن این روش‌ها نیز می‌توانند تا حدودی حائز اهمیت باشند. یافته‌های خان و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی احتمال خطرپذیری عناصر سنگین از مصرف سبزی در شمال پاکستان گزارش کردند که مصرف سبزی‌های رشد کرده در منطقه مورد مطالعه می‌تواند موجب اثرات سوء بر سلامتی انسان شود، مخصوصاً سرب در بزرگسالان و عناصر کادمیم، مس و سرب در گروه سنی کودکان باعث بروز اثرات سوء بر سلامتی می‌شود. این محققان همچنین نشان دادند که خطر سلامتی عناصر سنگین در کودکان بیشتر از بزرگسالان در منطقه مورد مطالعه است (۳۲). مطالعه زانگ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی خطر سلامت عمومی ناشی از عناصر سنگین از مصرف مواد غذایی در منطقه صنعتی در چین نشان دادند که مقادیر شاخص خطرپذیری کل برای دو گروه سنی بزرگسالان و کودکان مورد مطالعه به ترتیب ۳/۱۱ و ۲/۸۲ به دست آمد (۳۳).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، در بین نمونه‌های مورد آزمایش ریسک سرطانی آرسنیک به واسطه مصرف گندم در هر دو روستا نسبت به سایر محصولات بیشتر است که در روستای گیلکلو و در گروه زنان بالاترین میزان ریسک سرطانی به دست آمد و برابر با $۳/۰۰ \times ۱۰^{-۷}$ فرد بود. بالاتر بودن ریسک سرطانی آرسنیک به واسطه مصرف گندم نشانگر ورود بیشتر آرسنیک به این محصول است و آب‌های آلوده حتی با غلظت کمتر از حد مجاز می‌توانند در مدت زمان طولانی سبب انباشتگی این عنصر در خاک و گیاه گردند. با این حال میزان ریسک سرطانی آرسنیک به واسطه مصرف گندم در سطح پایین ولی قابل قبول (۱×۱۰^{-۶}) برای خطرناک بودن منابع آلاینده برای سلامت انسان قرار دارد. احتمال ریسک به بیماری‌های سرطانی برای این عنصر به واسطه مصرف سایر محصولات (جو، نخود، عدس و لوبیا) نیز در هر دو روستا در سطح پایین می‌باشد. در نهایت می‌توان اذعان نمود که اگرچه در حال حاظر احتمال خطر بیماری‌های غیرسرطانی و سرطانی برای آرسنیک به تنهایی از مصرف محصولات کشاورزی مورد مطالعه برای ساکنین مصرف کننده در این دو روستای شهرستان قروه پایین است، اما با توجه به ساختار زمین‌شناسی منطقه و کشت محصولات متنوع زراعی که با استفاده غیر مدیریت شده از نهاده‌های کشاورزی همراه است، احتمال نفوذ فلزات سنگین از جمله آرسنیک و سموم شیمیایی به سفره‌های آب زیرزمینی و در نتیجه آلودگی این منابع و آلودگی خاک در بلندمدت قابل پیش بینی بوده و لزوم اندیشیدن تمهیداتی در این مورد ضروری به نظر می‌رسد. پیشنهاد می‌شود به دلیل اهمیت موضوع، پایش فلزات به صورت مستمر و با تعداد پارامترهای بیشتری از فلزات سنگین در منابع آب و محصولات کشاورزی منطقه و سایر نقاط کشور صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر خود را از مدیریت شرکت آب و فاضلاب روستایی و جهاد کشاورزی استان کردستان به خاطر در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز در خصوص این مطالعه به عمل می‌آورند.

منابع

1- Arsenic and componds. 2004.
2- http://www.scorecard.org/chemical-rofiles/html/arsenic.html.
3- Karim M. 2010, Arsenic in groundwater and health problems in Bangladesh. Water Research, 34(1): 304-310.

4- International Agency for Research on Cancer (IRAC), Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human.Vol.1 World Health Organization, 1987.
5- Hudson-Edwards KA, Jamieson HE, Charnock JM, Macklin MG. 2005, Arsenic speciation in waters and sediments of ephemeral floodplain pools, ríos AgrioGuadiamar, Aznalcóllar, Spain Chem Geol; 219(1-4):175-192.
6- Keller A. 2000, Assessment of uncertainty in modeling heavy metal balanes of regional agroecosystem. Swiss federal institute of technology Zurich.
7- Singh RP. Agrawal M. 2008, Potential benfits and risks of land application of sewage sludge.Waste Management; 28(2):347-358.
8- Street J. J. W. L. Lindzay B. R. Sabey. 1977, Solubility and cplant uptake of cadmium in soils amended with cadmium and sewage sludge. J. Environ. Qual. 1: 72-77.
9- Winsor G.W. 1973, Nutrition In the U. K. Tomato manual. Grower books, London.
10- Ebadi F. Esmaili Sari A. Riahi Najiyari A. 2005, How Changes in the amount of heavy metals in sediments of aquatic plants in the pond organ Miankaleh. Journal of Ecology; 37:53-74.
11- Gupta N,Khan DK,Santra SC. 2012, Heavy metal accumulation in vegetables grown in a long term waste water irrigated agricultural land of tropical India. Environ Monit Assess;184:6673-82.

۱۲- ناظمی- س.، عسگری- ع.، راعی- م، « بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود» مجله سلامت و محیط ۳: ۱۹۵- ۲۰۲، تابستان ۱۳۸۹.

13- Sharma, R.K., Agrawal, M. and Marshall, F.M. 2008. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. Environmental Pollution, 154: 254 -263.
14- Yang, Y., Zhang, F.S., Li, H.F. and Jiang, R.F. 2009. Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. Journal of Environmental Management, 90(2): 1117–112.
15- Cao, H. , J. Chen, J. Zhang, H. Zhang, L. Qiao and Y. Men. 2010. J. Environ. Sci. 22(11):1792-1799.
16- Huang, M., S. Zhou, B. Sun and Q. Zhao. 2008. Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China Sci. Total Environ. 405: 54 – 61.
17- Enbaee A. Keykhosro A. Vatandost J. 2009, Effects of Different concentrations of toxic metals Zinc and Copper in the liver and gill tissue of common carp (cyprinus carpio).Confernce on Iran Environmental Health Shahid Beheshti Medical Science; 2630-2636.
18- Feroze A.M. 2005, An Overview of Arsenic Removal Technologies in Bangladesh and India. http://www.unu .edu/env/Arsenic/Ahmed.
19- Golovatiy S,Savchenk S. 2002, Heavy metals as contaminants of agricultural

land of Belarus. 17thworld congress soil sci Bangkok Thailand;14-21.

20- Fecher. P and Ruhnke G. 1988, Determination ofarsenic and selenium in foodstuff, methods and Erros, Atomic Spectroscopy, 19 (6): 204-206.

21- Ferré-Huguet N.R. Marti-Cid M. Schuhmacher and J.L.Domingo. 2008, Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro river in Catalonia, Spain. Biol. Trace Elem Res. 123: 66-79.

۲۲- رجایی- ق، پورخباز- ع، حصاری مطلق- س، « ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دشت علی آباد کتول»- مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، تابستان ۱۳۹۱، ۴(۲): ۱۶۲-۱۵۵.

۲۳- آب منطقه‌ای استان کردستان، ۱۳۸۴، گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت چهاردولی.

24- USEPA (US Environmental Protection Agency). 1992, Guidelines for exposure assessment. Available at http://www.epa.gov/ncea/pdfs/guidline.pdf.

25- USEPA. (US Environmental Protection Agency). 2000, Risk-Based Concentration Table. Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC, USA.

26- Food and Nutrition Board. 2004, Dietary reference intakes (DRIs) Recommended intakes for individuals. Institute of Medicine, National Academy of Sciences.

27- www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v18je17. Htm

28- Zhao, F.J., Stroud, J.L., Eagling, T., Dunham, S.J., McGrath, S.P. and Shewry, P.R. 2010, Accumulation, Distribution, and Speciation of Arsenic in Wheat Grain. Journal of Environmental
Science & Technology, 44 (14): 5464–5468.

29- Food and Nutrition Board. 2004. Dietary reference intakes (DRIs) Recommended intakes for individuals. Institute of Medicine, National Academy of Sciences.

30- Hang, X., H. Wang, J. Zhou, C. Ma, C. Du and X. Chen. 2009. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (Oryza sativa) in a typical area of the Yangtze River Delta. Environ. Pollut. 157: 2542–2549.

۳۱- عقیلی، ف.۱۳۸۶. وضعیت تغذیه ای و کیفیت میوه گوجه فرنگی، فلفل دلمه ای و خیار گلخانه های اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۵۲صفحه.

32- Chary, N. S., C. T. Kamala and D. S. S. Raj. 2008. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. Ecotoxi. Environ. Saf. 69: 513-524.

33- Khan, S., S. Rehman, A. Z. Khan, M. A. Khan and M. T. Shah. 2010. Soil and vegetables enrichment with heavy metals from geological sources in Gilgit, northern Pakistan. Ecotoxi. Environ. Safe. 73: 1820-1827.

34- Zheng, N., Q. Wang and D. Zheng. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. Sci. Total Environ. 383: 81–89.