

ارزیابی انتقال آرسنیک از خاک و آب به شیر دامداری‌های محلی در دو منطقه از استان قزوین

معظمه مددی^a، نسرين مؤيد نيا^{b*}

^a دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - صنایع غذایی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
^b استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

چکیده

مقدمه: آرسنیک عنصری است که می‌تواند باعث آلودگی خاک، آب، گیاهان و همچنین دیگر بخش‌های اکوسیستم و محیط زیست شود و در نهایت بر سلامت انسان تاثیر گذارد. دو منطقه مشکوک به آلودگی آرسنیکی آب شرب در استان قزوین موجب شد که آلودگی آب و خاک این دو منطقه نسبت به آلاینده آرسنیک و احتمال انتقال آن به شیر دام محلی مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: در دو فصل زمستان و تابستان، مجموعاً ۹۰ نمونه آب، خاک و شیر دام بومی از دو محدوده واقع در دو منطقه شمال غربی و جنوب غربی استان قزوین جمع آوری و مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از آماده سازی نمونه‌ها، آلاینده آرسنیک بوسیله دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی با کوره گرافیتی (GFAAS) مدل SpectAA.400 شرکت Varian مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته‌ها: غلظت آرسنیک نمونه‌های آب، خاک و شیر بر حسب ppm به ترتیب در محدوده‌های ۰/۲۴۵-۰/۱۱، ۰/۸۹۰-۷/۶۶۲، ۰/۱۰۲-۰/۱۳ قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان از آلودگی آرسنیکی ۸۶/۶٪ نمونه‌ها نسبت به استاندارد ملی ایران و استانداردهای جهانی بود و تنها ۱۳/۳٪ نمونه‌ها در حد مطلوب و در مرز استانداردهای جهانی مشخص گردیدند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این تحقیق تاییدی بر نتایج مطالعات جغرافیایی است که به طور خاص مستنداتی را بر تمرکز بالای آرسنیک آب و خاک در این مناطق ارائه داده اند و آرسنیکی شدن شیر دام بومی را نیز می‌توان به عواملی چون تغذیه، نوع نژاد دام، موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی منطقه نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: آرسنیک، آب، استان قزوین، خاک، شیر دام بومی

مقدمه

یکی از مهمترین خطراتی که اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی را تهدید می‌کند آلودگی منابع آب و خاک به وسیله فلزات سنگین و سمی است. فلزات سنگین، فلزاتی هستند که چگالی مخصوص آنها در حالت استانداردشان بیشتر از 5mg/cm^3 باشد (Cruz *et al.*, 2009). عنصری از قبیل آرسنیک، سرب، جیوه و کادمیوم در هر مقداری سمی بوده و نه تنها تجزیه نمی‌شوند بلکه خاصیت تجمعی دارند و حتی در مقادیر کم نیز سمی تلقی می‌شوند (Soares & Kus, 2010). آرسنیک (As) عنصری است که در صورت وجود می‌تواند باعث آلودگی خاک، آب، گیاهان و همچنین دیگر بخش‌های اکوسیستم و محیط زیست شود و در نهایت بر سلامت و آسایش و رفاه انسان تاثیر گذارد. ترکیبات آرسنیک از طریق تغییرات در جایگاه‌های متیلاسیون DNA می‌تواند فعال کننده یا بازدارنده بیان ژن باشد (Zhou *et al.*, 2009). همچنین سمیت آرسنیک به واسطه رقابت با فسفات معدنی (pi) در واکنش فسفریلاسیون در سطح سوستر برای تولید ATP در گلیکولیز بوده که منجر به آزادسازی انرژی به صورت حرارت و بدون تولید ATP می‌شود. مطالعات اپیدمیولوژیکی زیادی در مورد اثرات آرسنیک بر روی انسان انجام شده است. آرسنیک چه خورده شود و چه از راه تنفس و یا تماس با پوست به انسان راه یابد خطر ابتلا به سرطان ایجاد می‌گردد. به مدت طولانی در معرض آرسنیک قرار گرفتن، تحریک دستگاه گوارش، تهوع، استفراغ و اسهال را در پی دارد. ظاهر شدن لکه‌های تیره یا روشن بر روی پوست و ظاهر شدن دانه‌های ذرتی شکل در کف پا و پوست از اختلالات پوستی مشخص منسوب به مصرف مزمن آرسنیک می‌باشد. آرسنیک به مقدار بسیار کم در هر قسمت از محیط زیست یافت می‌شود که نشان دهنده منابع آرسنیک و توزیع آن در بخش‌های مختلف طبیعت می‌باشد. آرسنیک تشکیل دهنده بخش اصلی بیش از ۲۴۵ ماده معدنی است. آرسنیک به طور طبیعی در بسیاری از سنگ‌های معدنی مانند سرب، مس، طلا و ... وجود دارد و در طول ذوب این فلزات، از طریق انتشار گاز و پساب‌های جامد منتشر می‌شود. مقدار این عنصر در پوسته زمین بین

ارزیابی انتقال آرسنیک از خاک و آب به شیر دامداری‌های فزوین

۰/۵ تا ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و در رسوبات رسی مقدار آن بالای ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Nordstrom, 2000; Bhattacharya *et al.*, 2002a). استانداردهای کیفی خاک، بانک اطلاعات محیط‌زیست ایران میزان آرسنیک مجاز برای سلامتی و محیط زیست را ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین کرده است. اغلب خاک‌های آرسناته اکسیدشده یا احیاشده به صورت مواد معدنی هیدروکسید آهن مانند گئوتیت^۱، فری هیدرایت^۲ و هماتیت^۳ می‌باشند (Nadim *et al.*, 2009). فرم‌های شیمیایی آرسنیک موجود در خاک به نوع و مقدار ترکیبات جذب شده خاک، pH و پتانسیل اکسایش، کاهش و Eh بستگی دارد. مهمترین فرم‌های آرسنیک معدنی، آرسنیت (III) و آرسنات (V) می‌باشد. آرسنیک به راحتی در داخل آب حل می‌شود و نسبت به عناصر دیگر بسیار متحرک‌تر می‌باشد. آب‌های سطحی و زیرزمینی مناسب‌ترین شرایط را برای جابجایی و حرکت آرسنیک بوجود می‌آورند. مقدار آرسنیک در داخل آب‌های زیر زمینی بیشتر کشورها کمتر از $10\ \mu\text{g/l}$ می‌باشد و با توجه به تحقیقات انجام شده در سطح جهانی، بین $5-500\ \mu\text{g/l}$ تغییر می‌کند. کشورهای بنگلادش، آرژانتین، شیلی، چین، مجارستان، هندوستان، مکزیک، تایوان، ویتنام، آمریکا، رمانی، پاکستان، قسمت‌هایی از ایران و برخی نقاط دیگر جهان آلوده به آرسنیک می‌باشند (ابراهیم پور و همکاران، ۱۳۸۹). در فرآیندی ترکیبی، آرسنیک جذب شده از خاک و آب بوسیله گیاهان خوراکی، حیوانات و محصولاتشان، در زنجیره غذایی انسان قرار می‌گیرد (Perez-Carrera *et al.*, 2008; Rosas *et al.*, 1999). موقعیت جغرافیایی محل، میزان آلودگی آب و خاک، فعالیت‌های صنعتی و... در افزایش آلاینده‌های فلزات سنگین در محصولات کشاورزی و دامی تاثیرگذار می‌باشد. سبزیجات، غلات و حبوبات می‌توانند یک مسیر ورود آرسنیک به زنجیره غذایی باشند، چرا که این مواد به عنوان منعکس کننده شرایط محیطی (خاک و آب آبیاری) است که در آن کشت صورت می‌گیرد. بنابراین، تجمع آرسنیک در خاک از نگرانی‌های عمده برای جذب این آلاینده به محصولات کشاورزی و دامی است (پیرصاحب و همکاران، ۱۳۹۲). شیر و فرآورده‌های لبنی به عنوان غذایی کامل

¹ Geothite

² Ferrihydrite

³ Hematite

هیمالیا است (بی‌نام). با توجه به گزارشات شرکت آب و فاضلاب روستایی استان قزوین نسبت به نشانه‌هایی از آلودگی آرسنیکی آب شرب دو محدوده واقع در دو منطقه شمال غربی و جنوب غربی استان قزوین موجب شد که ارزیابی آلودگی آرسنیکی آب و خاک این دو منطقه و احتمال انتقال آلودگی آرسنیکی به شیر دام محلی مورد مطالعه قرار گیرد. منطقه A واقع در ۱۲۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان قزوین و قسمتی از محدوده^۱ طارم را شامل می‌شود. و منطقه B واقع در ۱۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان قزوین و قسمتی از محدوده رزن واقع در شهرستان آوج می‌باشد. این منطقه که در جنوب محدوده رزن واقع است، بخشی از محدوده سندیج- سیرجان را می‌سازد در هر دو منطقه مورد بررسی سنگ‌های آتشفشانی رسوبی، ترشیری و نفوذی ترشیری تشکیل دهنده دو محدوده رزن و طارم می‌باشند. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده‌های مورد آزمون را نشان می‌دهد.

- نمونه آب

در دو منطقه A و B تعداد ۳۶ مورد نمونه آب در دو فصل زمستان و تابستان از منابع تامین آب (چاه و چشمه) و همچنین از شبکه توزیع نمونه برداری شد. نمونه‌ها در ظروف پلی اتیلنی یک لیتری که قبلاً با اسید نیتریک ۲۰٪ و سپس با آب مقطر کاملاً شستشو شده، جمع‌آوری و منتقل گردید. نمونه برداری منابع آب با سه تکرار در هر فصل انجام شد.

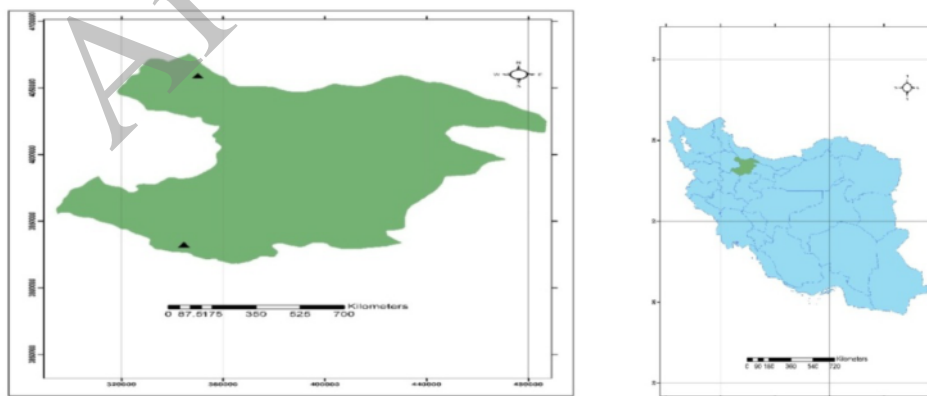
برای گروه‌های سنی مختلف به شمار می‌رود. بنابراین بررسی شیر از لحاظ داشتن آلاینده‌های شیمیایی امری ضروری محسوب می‌شود. در کشورهای مختلف تحقیقاتی در زمینه سطح فلزات سمی در نمونه‌های شیر انجام شده است که نمونه‌های دارای فلزات سنگین، بیشتر به مراتب آلوده‌تر از مناطق صنعتی و معدنی ارتباط دارند و با این حال غلظت بالای این فلزات می‌تواند به یک نگرانی بالقوه سلامت تبدیل شود که با توجه به فعالیت‌های زمین‌شناسی و انسانی توصیه می‌شود انجام مطالعات بیشتر بر روی سطح فلزات سمی در نظر گرفته شود (Bundschuh et al., 2012).

هدف تحقیق حاضر بررسی آب، خاک و شیر دام بومی منطقه مورد تحقیق از لحاظ وجود آلاینده آرسنیک و ارائه گزارش انتقال آلودگی آرسنیکی منابع طبیعی آب و خاک به شیر دام‌های منطقه پرخطر به عنوان هشدار در جهت حمایت از سلامت ساکنین منطقه آلوده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- موقعیت جغرافیایی محل انجام تحقیق

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. از نظر زمین‌شناسی استان قزوین بخشی از سیستم تکتونیکی^۱ البرز مرکزی می‌باشد که خود جزئی از نوار تکتونیکی آلپ-



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد آزمون

^۱ تکتونیک یکی از شاخه‌های زمین‌شناسی است که به مطالعه تغییر شکل پوسته زمین بر اثر تنش‌ها و کرنش‌های وارده در طول دوران‌های مختلف زمین‌شناسی می‌پردازد.

^۲ Zone

نمونه خاک

خاک نمونه برداری شده در دو فصل از دو منطقه B و A به تعداد ۱۲ مورد از فاصله ۱۵۰-۰ متری منبع آبی آلوده به مقدار ۱ kg از هر کدام برداشته و در کیسه‌های نایلونی به آزمایشگاه انتقال داده شد.

نمونه شیر

نمونه شیر گرفته شده از دو منطقه B و A به طور تصادفی از شیر گاو نژاد بومی و در زمان شیر دوشی گرفته شد. جمعاً ۲۰ نمونه در فصل زمستان در مناطق A و B گرفته شد. در هر نمونه برداری حدود ۵۰۰ ml شیر در ظروف پلی‌اتیلنی که قبلاً با اسید نیتریک ۲۰٪ و آب مقطر کاملاً شستشو داده شده بود جمع‌آوری و در محیط کاملاً خنک به آزمایشگاه منتقل شد. در فصل تابستان نیز تعداد ۲۲ مورد از هر دو منطقه و از همان دام‌های مورد آزمون در فصل زمستان، با همان توصیف قبلی تهیه گردید. کل نمونه‌های ارسالی شیر در دو فصل ۴۲ مورد بود.

تعیین مقدار آرسنیک در نمونه‌های آب، خاک و شیر**تعیین مقدار آرسنیک آب**

pH تمامی نمونه آب‌ها قبل از انتقال به آزمایشگاه به کمک ۲ ml اسید نیتریک غلیظ به زیر ۲ رسانده شد. تمامی نمونه آبها طبق دستورالعمل اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های آب و پساب سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران مورد آنالیز قرار گرفتند (Moopam (1999), IAEA (2004), Standard method 2005, EPA 7000 series). مطابق با این دستورالعمل تمامی نمونه آب‌ها مستقیماً به دستگاه جذب اتمی تزریق شدند.

هضم نمونه‌های خاک

آنالیز تمامی نمونه خاک‌ها طبق دستورالعمل اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و رسوب سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران انجام شد (Moopam (1999), IAEA (2004), Standard method 2005, EPA 7000 series). نمونه‌های خاک در ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس از الک ۰/۱۷۷ mm عبور داده شد. ۰/۲ گرم نمونه خشک را در تیوب تفلونی با دقت وزن کرده و به آرامی ۱ ml از محلول (HNO₃:Hcl, 1:3) و ۶ میلی لیتر هیدروفلوئیک اسید (HF) غلیظ به آن

اضافه گردید و نمونه به مدت یکساعت در دمای اتاق قرار داده شد. ظروف تفلونی را بسته و با استفاده از حفاظ‌های آلومینیومی بر روی هیتر در دمای ۱۲۰ درجه به مدت ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه مرحله هضم تکمیل گردید. ۲/۷ گرم از اسید بوریک را در لوله‌های ۵۰ ml پلی پروپیلنی یا بالن حجمی وزن و سپس حدود ۲۰ ml از آب دیونیزه به آن اضافه کرده و کاملاً تکان داده شد. سپس نمونه در محیط به دمای اتاق رسید و پس از صاف کردن به لوله ۵۰ ml پلی‌پروپیلنی حاوی بوریک اسید اضافه گردید. لوله‌ها را تکان داده تا انحلال با بوریک اسید کامل شود. نهایتاً محول‌ها با کمک آب مقطر تا ۵۰ ml رقیق گردیده و آماده برای تزریق به دستگاه جذب اتمی شدند.

هضم نمونه‌های شیر جهت تعیین مقدار آرسنیک

جهت این آزمون نیز علاوه بر دستورالعمل اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های بیولوژیک سازمان حفاظت محیط زیست ایران (Moopam (1999), IAEA (2004), Standard method 2005, EPA 7000 series) از روش آزمایش هضم شیر پیر صاحب و همکاران نیز استفاده گردید (پیرصاحب و همکاران، ۱۳۹۲). ابتدا نمونه شیر را چندین مرتبه تکان داده و سپس به کمک هموژن کننده آزمایشگاهی در دمای محیط آزمایشگاه کاملاً یکنواخت گردیده و به مقدار ۵ gr نمونه شیر را با دقت در تیوب تفلونی وزن و به هریک از نمونه‌ها مقادیر ۵ ml اسید نیتریک غلیظ و ۵ ml اسید پرکلریک غلیظ افزوده و به مدت یک ساعت روی هیتر در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا عمل هضم تکمیل گردد. سپس در دمای محیط قرار داده شده تا کاملاً سرد شود. محلول نمونه‌های شیر هضم شده پس از صاف کردن به بالن‌های حجمی ۲۵ ml به حجم رسانده شد.

اندازه‌گیری آرسنیک در نمونه‌های آب، خاک و شیر**هضم شده**

با توجه به مطالعات اولیه بر روی مناطق A و B که حاکی از بالا بودن مقادیر آرسنیک (در حد میلی‌گرم بر لیتر) در آب و خاک دو منطقه بود و نتایج بدست آمده از حد تشخیص روش برای اندازه‌گیری میزان آرسنیک در نمونه‌ها، دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی با کوره گرافیتی (GFAAS) مدل SpectAA.400 شرکت Varian مجهز

مقایسه غلظت آرسنیک در نمونه‌های آب، خاک و شیر در دو منطقه و دو فصل بوسیله نرم افزار Spss¹⁹ مورد استفاده قرار گرفت. رابطه بین میزان آرسنیک موجود در آب، خاک و شیر بوسیله ضریب اسپیرمن¹ محاسبه گردید و برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار 2007 office exel استفاده شد.

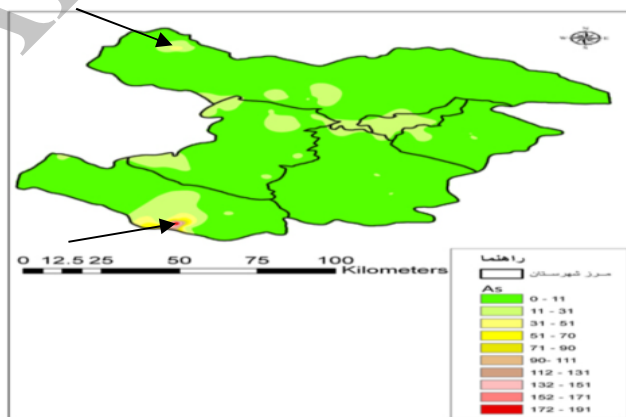
یافته‌ها

مقایسه میانگین غلظت آرسنیک بر حسب (ppm) در نمونه‌های آب، خاک و شیر دو منطقه A و B و حد مجاز آرسنیک در استانداردهای ایران و جهان در جدول ۱ مشاهده می‌شود. نتایج بدست آمده نشان از آلودگی آرسنیکی ۸۶/۶٪ نمونه‌ها نسبت به استاندارد ملی ایران و استانداردهای جهانی بود و تنها ۱۳/۳٪ نمونه‌ها در حد مطلوب و در مرز استانداردهای جهانی مشخص گردیدند. غلظت آرسنیک نمونه‌های آب، خاک و شیر بر حسب ppm به ترتیب در محدوده‌های ۰/۲۴۵-۰/۰۱۱ ، ۰/۸۹۰-۰/۶۶۲ ، ۰/۱۰۲-۰/۰۱۳ قرار گرفتند. نمونه‌های آب نسبت به استاندارد ملی ایران با حد مجاز ۰/۰۱ ppm دارای ۱۰۰٪ آلودگی آرسنیکی شدند (شکل ۲)، ۵۰٪ نمونه‌های خاک مورد آزمون از حد مطلوب استانداردهای کیفی خاک بانک اطلاعات محیط زیست ایران (حد مطلوب ppm ۲۰-۰) بالاتر و در مرز آلودگی قرار گرفتند. میزان آرسنیک در ۱۰۰٪ نمونه‌های شیر نیز نسبت به مقدار حد مجاز ppm ۰/۰۱ اعلام شده از طرف فدراسیون بین المللی شیر، بالاتر بدست آمد.

به نرم افزار SpectAA.300-400(2) مورد استفاده قرار گرفت و در مواردی که غلظت‌ها پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه بود از دستگاه مولد بخار شرکت Varian استفاده شد. برای بیان صحت از روش تزریق استاندارد استفاده گردید. بدین منظور محلول ۵ ppb آرسنیک، تهیه شده از استاندارد اولیه ۱۰۰۰ ppb به محلول آنالیت تزریق شده و در صد بازیابی آرسنیک در نمونه‌های تزریق شده برای آب (۱۰۱٪-۱۰۰٪)، خاک (۱۰۳٪-۹۸٪) و شیر (۱۰۲٪-۹۷٪) بدست آمد. استاندارد آرسنیک مورد استفاده از شرکت Fluka سوئیس (Fluka Company) 39436-250 ML, Arsenic standard for product No AAS . حد تشخیص روش از رابطه $(998 \frac{mg}{lit} \pm 4 \frac{mg}{lit})$ بدست آمد که در آن $K = 3$ و $C_{LOD} = SD.K$ انحراف استاندارد نسبی آزمون‌های شاهد می‌باشد (Ingle & Crouch, 1998). که مقادیر بدست آمده برای نمونه‌های آب، خاک و شیر به ترتیب، ۱/۵، ۳/۷ و ۲/۶ میکرو گرم بر لیتر می‌باشد. حساسیت روش از شیب منحنی کالیبراسیون بدست آمده در فصل زمستان ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۲۱ و ۰/۰۰۴۱ و در فصل تابستان ۰/۰۰۲۸، ۰/۰۰۲۵ و ۰/۰۰۳۷ بدست آمد. جهت جلوگیری از مزاحمت‌ها نیز از محلول استات پالادیوم در نمونه‌ها و شاهد استفاده گردید. نمونه‌ها در سه تکرار انجام شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

از آزمون Independent-Sample T test برای



شکل ۲- نقشه GIS² پراکندگی آلودگی آرسنیک آب در محدوده‌های مورد آزمون

¹ Spearman's Rank Correlation

² Geographic Information System

ارزیابی انتقال آرسنیک از خاک و آب به شیر دامداری‌های فزوین

گیری شده است. RSD بدست آمده برای هر دسته از نمونه‌ها بین ۱-۴ درصد بود در حالی که در تحلیل کلی صورت گرفته با توجه به نوسان بین مقادیر میانگین ناشی از عدم ثابت بودن نقطه نمونه‌گیری، بالا بودن مقادیر RSD که از رابطه $RSD = SD / (\bar{X})$ بدست می‌آید، امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

میانگین، حداقل و حداکثر غلظت آرسنیک بر حسب ppm در نمونه‌های آب و خاک و شیر در منطقه A و B و انحراف استاندارد نسبی آنها نیز در جدول ۲ آورده شده است. نمونه‌های گرفته شده جهت آنالیز شیر از تعداد گاوهای مختلف بومی منطقه و آنالیز آب نیز از منابع مختلف تامین آب شامل چاه، چشمه و شبکه توزیع تهیه شده است و هر نمونه شیر، آب و خاک با ۳ بار تکرار اندازه

جدول ۱- مقایسه میانگین غلظت آرسنیک بر حسب (ppm) در نمونه‌های آب، خاک و شیر دو منطقه A و B و حد مجاز آرسنیک در استانداردهای ایران و جهان

نمونه	حد مجاز آرسنیک در ایران (ppm)		حد مجاز آرسنیک بر اساس استانداردهای جهانی (ppm)		تعداد نمونه	میانگین زمستان		میانگین تابستان	
	افزایش	افزایش	افزایش	افزایش		افزایش	افزایش	افزایش	افزایش
آب منطقه A	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^a	۰/۰۱ ^c	۱۸	۰/۰۲۵±۰/۰۰۹	۰/۰۴۳±۰/۰۱۱	۲/۵	۴/۳
آب منطقه B	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^a	۰/۰۱ ^c	۱۸	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷	۰/۱۳۴±۰/۰۷۷	۹/۵	۱۳/۴
خاک منطقه A	۳ ^d	۳ ^d	۳ ^b	۳ ^d	۶	۸/۵۸۳±۰/۸۱۴	۹/۶۰۳±۰/۸۰۰	۰/۲۸	۰/۳۲
خاک منطقه B	۳ ^d	۳ ^d	۳ ^b	۳ ^d	۶	۲۸/۸۳۰±۰/۵۷۲	۲۹/۵۳۷±۰/۳۸۸	۰/۹۶	۰/۹۸
شیر دام منطقه A	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^c	۰/۰۱ ^c	۲۲	۰/۰۷۱±۰/۰۱۸	۰/۰۷۱±۰/۰۲۲	۷/۱	۷/۱
شیر دام منطقه B	—	—	—	—	۲۰	۰/۰۳۶±۰/۰۲۳	۰/۰۷۱±۰/۱۷۷	۳/۶	۷/۱

WHO(2005), EPA: ^a EPA(2003); ^b International Dairy Federation 1986; ^c بانک اطلاعات محیط زیست ایران ^d: استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳

جدول ۲- میانگین، حداقل و حداکثر غلظت آرسنیک بر حسب (ppm) و RSD% در نمونه‌های آب، خاک و شیر دو منطقه A و B در دو فصل تابستان و زمستان

نمونه	زمستان				تابستان			
	میانگین±SD	RSD%	حداقل	حداکثر	میانگین±SD	RSD%	حداقل	حداکثر
آب منطقه A	۰/۰۲۵±۰/۰۰۹	۳۶	۰/۰۱۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳±۰/۰۱۱	۲۵/۵	۰/۰۲۶	۰/۰۶۰
خاک منطقه A	۸/۵۸۳±۰/۸۱۴	۹/۴	۸/۸۸۰	۹/۲۰۷	۹/۶۰۳±۰/۸۰۰	۸/۳	۸/۸۶۰	۱۰/۴۵۰
شیر دام منطقه A	۰/۰۷۱±۰/۰۱۸	۲۵/۳	۰/۰۴۶	۰/۰۹۴	۰/۰۷۱±۰/۰۲۲	۳۰/۹	۰/۰۳	۰/۱۰۲
آب منطقه B	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷	۷/۳۶	۰/۰۳	۰/۱۹۵	۰/۱۳۴±۰/۰۷۷	۵۷/۴۶	۰/۰۴۷	۰/۲۴۵
خاک منطقه B	۲۸/۸۳۰±۰/۵۷۲	۲	۲۸/۱۷۰	۲۹/۱۸۰	۲۹/۵۳۷±۰/۳۸۸	۱/۳	۲۹/۱۲۰	۲۹/۸۹۰
شیر دام منطقه B	۰/۰۳۶±۰/۰۲۳	۶۳/۵۳	۰/۰۱۳	۰/۰۶۳	۰/۰۷۱±۰/۰۱۷	۲۳/۹۴	۰/۰۴۳	۰/۰۹۸

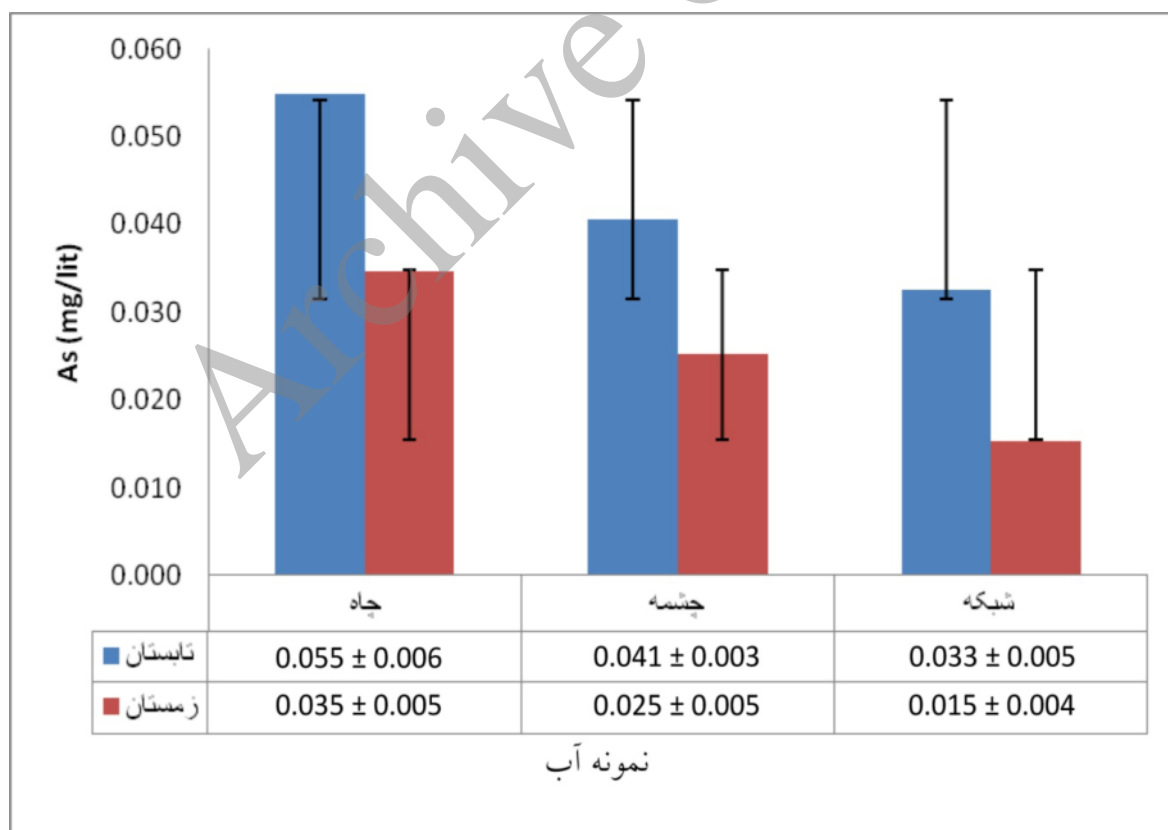
WHO(2005), EPA: ^a EPA(2003); ^b International Dairy Federation 1986; ^c بانک اطلاعات محیط زیست ایران ^d: استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳

نشد ($P > 0.05$). در واقع آب شبکه توزیع در این فصل تقریباً همان آب چشمه می باشد. آرسنیک آب چشمه این منطقه در فصل تابستان به طور معنی داری کمتر از آرسنیک آب چاه بود ($P < 0.05$) ولی اختلاف غلظت آرسنیک شبکه با چشمه معنی دار نبود ($P > 0.05$). آب شبکه توزیع منطقه A با غلظت میانگین آرسنیک 0.033 ± 0.005 mg/l به طور معنی داری کمتر از آرسنیک آب چاه بود ($P < 0.05$) ولی اختلافش با چشمه معنی دار نبود. میانگین آرسنیک آب چاه در فصل زمستان 0.035 ± 0.005 mg/l مشاهده شد که نسبت به میانگین آرسنیک آب چاه این منطقه در فصل تابستان با مقدار 0.055 ± 0.006 mg/l حدود 0.020 mg/l کمتر شد و میانگین آرسنیک آب چشمه در فصل زمستان با مقدار 0.025 ± 0.005 mg/l نسبت به میانگین آرسنیک آب چشمه در فصل تابستان با مقدار 0.041 ± 0.003 حدود 0.015 mg/l کمتر و میانگین مقدار آرسنیک آب شبکه توزیع در فصل تابستان 0.033 ± 0.005 حدود $2/13$ برابر بیشتر از مقدار میانگین آرسنیک شبکه توزیع در فصل زمستان این منطقه است.

- آلودگی آرسنیک آب، خاک و شیر در منطقه A در دو فصل تابستان و زمستان

- مقایسه میزان آلودگی آرسنیک آب

با توجه به شکل ۳ و مقایسه میانگین آرسنیک آب در دو فصل زمستان و تابستان منطقه A و بررسی نرم افزاری این مقادیر تفاوت معنی داری بین این دو میانگین در دو فصل مشاهده شد ($P < 0.05$). میانگین آب این منطقه در فصل زمستان نسبت به حد مجاز آرسنیک آب در استاندارد ملی و سازمان بهداشت جهانی که 0.01 mg/l است $2/5$ برابر بیشتر و در فصل تابستان این مقدار به $4/3$ برابر می رسد. در فصل زمستان ارتباط معنی داری میان غلظت آرسنیک نمونه های آب چاه و آرسنیک آب شبکه ی توزیع برقرار گردید ($P < 0.05$) که می توان دلیل این اختلاف را آبدهی زیادتر آب چشمه به دلیل افزایش بارندگی در این فصل و همچنین کمتر استفاده کردن از آب چاه در این فصل دانست که مقدار میانگین آرسنیک آب چاه نسبت به مقدار آرسنیک شبکه توزیع حدود $2/2$ بالاتر است. بین میزان آرسنیک آب شبکه و چشمه تفاوت معنی داری یافت



شکل ۳- مقایسه مقدار میانگین آرسنیک آب چاه، چشمه و شبکه توزیع منطقه A در دو فصل تابستان و زمستان

- مقایسه میزان آلودگی آرسنیک خاک

منطقه دگرسانی هیدروترمال در قزوین، قسمتی از بخش مرکزی محدوده طارم که منطقه‌ی مورد مطالعه A نیز در آن قرار دارد را شامل می‌شود و بیش از ۹۰ درصد سطح آن را سنگ‌های آتشفشانی رسوبی و نفوذی ترشیری تشکیل می‌دهند که غالب آنها دچار دگرسانی گرمایی شده‌اند (بی‌نام). Rosas و همکاران در بررسی منطقه‌ای در مکزیک تفاوت غلظت آرسنیک در مناطق مختلف را تفاوت در هیدروژنولوژی و زمین‌شناسی دانسته و غنی شدن آرسنیک در آن منطقه را به فعالیت‌های آتشفشانی نسبت داده است (Rosas et al., 1999). با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه A و ارزیابی وجود طبیعی فلز سمی آرسنیک، مقدار میانگین آرسنیک نمونه خاک منطقه A در فصل زمستان $8/583 \pm 0/814$ mg/kg می‌باشد. مقدار میانگین آرسنیک نمونه خاک این منطقه در فصل تابستان نیز مقدار $9/6033 \pm 0/8$ mg/kg است. در مقادیر آرسنیک نمونه خاک فصل زمستان نسبت به فصل تابستان تفاوت معنی‌داری پیدا نشد ($p > 0/05$). به نظر می‌رسد با توجه به طبیعی بودن رخ داد وجود آلاینده آرسنیک در خاک این منطقه و عدم وجود صنایع و معادنی که باعث افزایش یا کاهش محسوس آلاینده‌ی آرسنیک در این منطقه شوند، باعث می‌شود مقادیر آرسنیک خاک در دو فصل تفاوت معنی‌داری نداشته باشد.

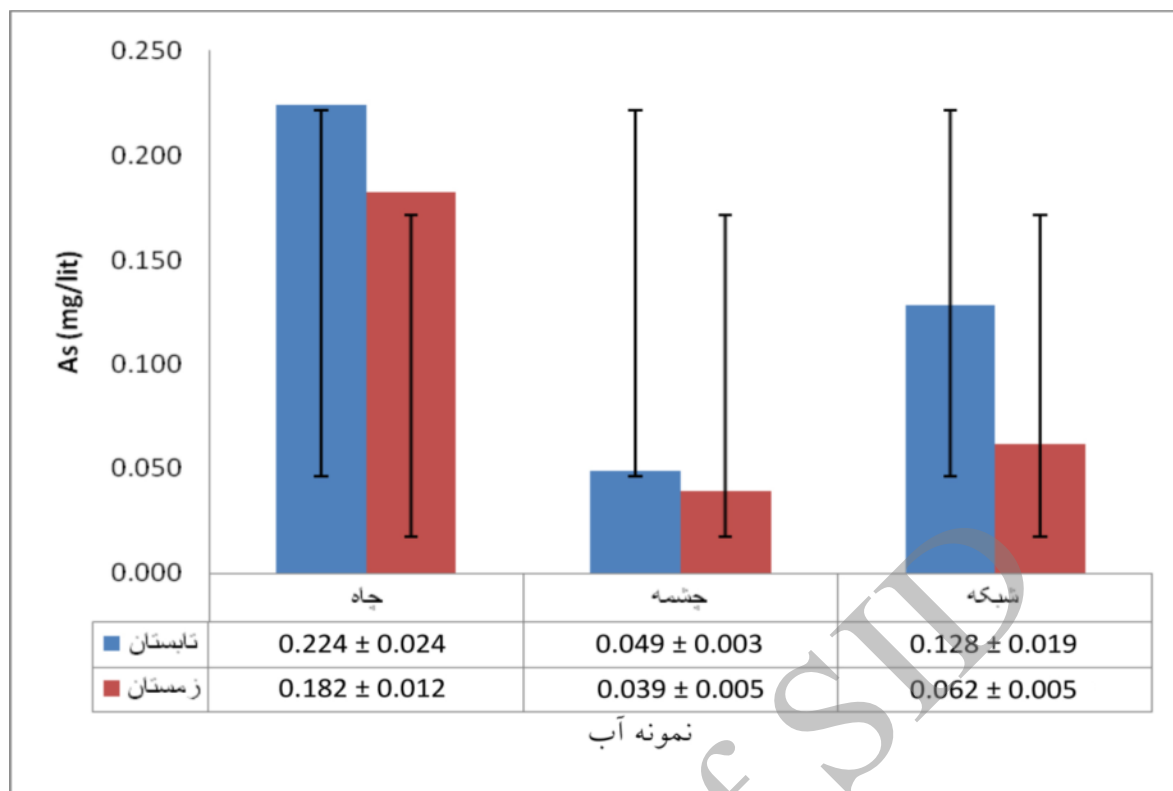
- مقایسه میزان آلودگی آرسنیک شیر

مقادیر میانگین آلودگی آرسنیک شیر در دو فصل مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری را در منطقه A نشان نداد ($p > 0/05$). میانگین غلظت آرسنیک در ۱۰ نمونه فصل زمستان، $0/071 \pm 0/0182$ mg/kg ارزیابی شد. استاندارد ملی در مورد مقدار آرسنیک موجود در شیر تدوین نشده است اما طبق نظر فدراسیون بین‌المللی شیر (IDF, 1986) حداکثر سطح قابل تحمل آرسنیک در شیر $0/01$ mg/kg می‌باشد که در مقایسه با آن، ۱۰۰٪ نمونه‌های شیر منطقه A در فصل زمستان سطحی بالاتر از حد مجاز گفته شده را دارا می‌باشند. حداقل مقدار حدود ۰/۴٪ و حداکثر مقدار حدود ۹٪ از حد معین مشخص شده بیشتر می‌باشند. میانگین آرسنیک موجود در ۱۲ نمونه شیر فصل تابستان $0/0711 \pm 0/022$ mg/kg تعیین گردید که کمترین غلظت

آرسنیک $0/03$ mg/kg و بیشترین غلظت آن نیز $0/102$ mg/kg بدست آمد که حدود ۱۰٪-۳٪ نسبت به مقدار حد مجاز تعیین شده از طرف فدراسیون بین‌المللی شیر ($0/01$ mg/kg) بیشتر می‌باشد. قابل ذکر است که به دلیل بالا بودن غلظت میانگین آرسنیک شیر نمونه های مرحله اول یعنی زمستان سبب شد که به طور تصادفی دو نمونه دیگر نیز جهت بررسی بیشتر مورد آزمون قرار گیرد که تفاوت مشهودی بین دو فصل به وجود نیامد.

- آلودگی آرسنیک آب، خاک و شیر در منطقه‌ی B در**دو فصل تابستان و زمستان****- مقایسه میزان آلودگی آرسنیک آب**

شبکه توزیع آب منطقه B در فصل زمستان که از اختلاط آب چشمه و چاه تامین می‌گردد دارای میانگین آرسنیک $0/062 \pm 0/005$ mg/l می‌باشد که ۶/۲ برابر بیشتر از حد مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی می‌باشد (شکل ۴). غلظت آرسنیک آب چاه به طور معنی‌داری نسبت به مقدار آرسنیک شبکه توزیع بالاتر است ($p < 0/05$). با توجه به غلظت بالای آلاینده‌ی آرسنیک در آب چاه با مقدار میانگین غلظت $0/182 \pm 0/012$ mg/l و اختلاط آن با آب چشمه با مقدار میانگین غلظت $0/039 \pm 0/005$ mg/l و ایجاد مقدار میانگین غلظت آرسنیک در آب شبکه توزیع به مقدار $0/062 \pm 0/005$ mg/l می‌توان تفاوت محسوس بین غلظت آرسنیک در آب چاه با غلظت آرسنیک در آب شبکه توزیع را توجیه کرد. مقدار میانگین غلظت آرسنیک آب چاه نسبت به میانگین غلظت آرسنیک آب شبکه توزیع حدود ۲/۹ برابر است. غلظت آرسنیک آب چشمه به طور معنی‌داری نسبت به مقدار آرسنیک آب چاه پایین‌تر است ($p < 0/05$). غلظت آرسنیک آب چشمه به طور معنی‌داری نسبت به مقدار آرسنیک شبکه توزیع پایین‌تر است ($p < 0/05$). غلظت میانگین آرسنیک آب شبکه‌ی توزیع که از اختلاط آب چاه و چشمه به مقدار میانگین $0/062 \pm 0/005$ mg/l می‌رسد نسبت به میانگین آرسنیک آب چشمه با مقدار $0/039 \pm 0/005$ mg/l حدود ۱/۶ برابر است که این تفاوت را می‌توان با توجه به بالا بودن غلظت آرسنیک چاه و پایین‌تر بودن غلظت آرسنیک آب چشمه توجیه کرد که پس از اختلاط این دو آب و جاری شدن در شبکه‌ی توزیع غلظت میانگین آرسنیک آب شبکه نسبت به



شکل ۴ - مقایسه مقدار میانگین آرسنیک آب چاه، چشمه و شبکه توزیع منطقه B در دو فصل تابستان و زمستان

۹۷

چشمه بیشتر می‌شود. میانگین آب شبکه‌ی توزیع منطقه‌ی B در فصل تابستان دارای میانگین آرسنیک 0.128 ± 0.019 mg/l که برابر بالاتر از حد مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی است. غلظت آرسنیک آب چاه به‌طور معنی‌داری نسبت به مقدار آرسنیک شبکه‌ی توزیع بالاتر است ($p < 0.05$). با توجه به غلظت بالای آلاینده‌ی آرسنیک در آب چاه با مقدار میانگین غلظت 0.224 ± 0.024 mg/l و اختلاط با آب چشمه با مقدار میانگین غلظت آرسنیک 0.182 ± 0.012 mg/l و ایجاد مقدار میانگین غلظت آرسنیک در آب شبکه‌ی توزیع به مقدار 0.128 ± 0.019 mg/l می‌رسد نسبت به میانگین آرسنیک آب چشمه با مقدار 0.049 ± 0.003 mg/l حدود $2/6$ برابر است که این تفاوت را می‌توان با توجه به بالا بودن غلظت آرسنیک چاه و پایین‌تر بودن غلظت آرسنیک آب چشمه توجیه کرد که پس از اختلاط این دو آب و جاری شدن در شبکه‌ی توزیع غلظت میانگین آرسنیک آب شبکه نسبت به چشمه بیشتر است. مقدار میانگین آرسنیک آب در فصل تابستان منطقه‌ی B که 0.134 ± 0.077 mg/l می‌باشد حدود $13/4$ برابر بالاتر از حد مجاز آرسنیک موجود در آب است در حالی که مقدار میانگین آرسنیک در زمستان این منطقه با مقدار 0.095 ± 0.07 mg/l حدود $9/5$ برابر بالاتر از حد مجاز آرسنیک در استاندارد ملی است (جدول ۱). در

چشمه بیشتر می‌شود. میانگین آب شبکه‌ی توزیع منطقه‌ی B در فصل تابستان دارای میانگین آرسنیک 0.128 ± 0.019 mg/l که برابر بالاتر از حد مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی است. غلظت آرسنیک آب چاه به‌طور معنی‌داری نسبت به مقدار آرسنیک شبکه‌ی توزیع بالاتر است ($p < 0.05$). با توجه به غلظت بالای آلاینده‌ی آرسنیک در آب چاه با مقدار میانگین غلظت 0.224 ± 0.024 mg/l و اختلاط با آب چشمه با مقدار میانگین غلظت آرسنیک 0.182 ± 0.012 mg/l و ایجاد مقدار میانگین غلظت آرسنیک در آب شبکه‌ی توزیع به مقدار 0.128 ± 0.019 mg/l می‌رسد نسبت به میانگین آرسنیک آب چشمه با مقدار 0.049 ± 0.003 mg/l حدود $2/6$ برابر است که این تفاوت را می‌توان با توجه به بالا بودن غلظت آرسنیک چاه و پایین‌تر بودن غلظت آرسنیک آب چشمه توجیه کرد که پس از اختلاط این دو آب و جاری شدن در شبکه‌ی توزیع غلظت میانگین آرسنیک آب شبکه نسبت به چشمه بیشتر است. مقدار میانگین آرسنیک آب در فصل تابستان منطقه‌ی B که 0.134 ± 0.077 mg/l می‌باشد حدود $13/4$ برابر بالاتر از حد مجاز آرسنیک موجود در آب است در حالی که مقدار میانگین آرسنیک در زمستان این منطقه با مقدار 0.095 ± 0.07 mg/l حدود $9/5$ برابر بالاتر از حد مجاز آرسنیک در استاندارد ملی است (جدول ۱). در

فصل زمستان با افزایش بارندگی و افزایش آبدهی چشمه مسلما در هنگام اختلاط با آب چاه نسبت آب چشمه با چاه به گونه ایست که سبب می‌شود با توجه به مقادیر آرسنیکی آب چاه و چشمه مقادیر آرسنیک کمتری در شبکه توزیع حاصل شود. اما در فصل تابستان علاوه بر فصل گرما و افزایش غلظت مواد محلول در آب در این فصل با توجه به کم شدن آبدهی چشمه و استفاده بیشتر از آب چاه و نسبت غلظت آرسنیک این دو مسلما مقدار میانگین آرسنیک آب شبکه توزیع در فصل تابستان بیشتر خواهد بود.

- مقایسه میزان آلودگی آرسنیک خاک

منطقه B در قسمت جنوبی محدوده‌ی رزن واقع است، که بخشی از زون سنج - سیرجان را می‌سازد. با توجه به ارزیابی چینه شناسی زمین (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور www.ngdir.ir) این منطقه پهنا‌ی را در بر می‌گیرد که شامل واحدهای تراورتن است درنتیج تحقیقی که خانم فتحی و همکاران، ۱۳۹۰ بیان کرده‌اند، نهشته‌های آب شیرین (تراورتن) متعلق به کواترن که در این منطقه به طور پراکنده وجود دارد درارتباط با فعالیت‌های هیدروترمالی منطقه ایست، بخارهایی که ازماگماهای زیرین فرار کرده، وارد سیستم گرمایی می‌شود و اثر خود را در چشمه‌های تراورتن ساز منطقه و آب‌های زیرزمینی بر جای می‌گذارد و عاملی برای تمرکز بالای آرسنیک در خاک و آب به حساب می‌آید. کانی‌های رسی و مواد آلی موجود در خاک‌ها نیز، قدرت جذب سطحی بالایی برای جذب فلزات سنگین دارند. این موقعیت جغرافیایی بر آلودگی طبیعی آرسنیکی خاک آن منطقه دلالت دارد. مقدار میانگین آرسنیک نمونه خاک منطقه‌ی B در فصل زمستان $28/83 \pm 0/5719$ mg/kg که نسبت به مقدار میانگین آرسنیک نمونه خاک این منطقه در فصل تابستان با مقدار $29/5367 \pm 0/388$ mg/kg تفاوت معنی‌داری نداشت ($p > 0/05$). با توجه به وجود بستری طبیعی ازآلاینده آرسنیک در این مکان و عدم وجود صنعت و یا معدنی خاص در اطراف این منطقه که بتواند فعالیت آن در افزایش یا کاهش این آلاینده تأثیری بگذارد عدم تفاوت خیلی زیاد در دو فصل را می‌توان توجیه کرد.

- مقایسه میزان آلودگی آرسنیک شیر

با توجه به مقدار میانگین آلودگی آرسنیکی به دست آمده از نمونه‌های شیر در دو فصل، میانگین آرسنیک شیر در فصل زمستان با مقدار $0/23 \pm 0/036$ mg/kg نسبت به مقدار میانگین آرسنیک شیر در تابستان با مقدار $0/177 \pm 0/071$ mg/kg بطور معنی‌داری تفاوت دارند ($p < 0/05$). میانگین آرسنیک شیر در زمستان حدود $3/6$ برابر حد مجاز آرسنیک موجود در شیر و مقدار میانگین آرسنیک شیر در تابستان نیز حدود $7/1$ برابر حد مجاز اعلام شده می‌باشد (جدول ۱). در این بررسی مقدار میانگین آرسنیک شیر در تابستان حدود ۲ برابر مقدار میانگین آرسنیک شیر در زمستان به دست آمد و مقدار بالای آرسنیک آب شبکه توزیع با مقدار میانگین $0/128 \pm 0/019$ mg/l در تابستان نسبت به مقدار میانگین آرسنیک آب با مقدار $0/062 \pm 0/005$ mg/l در فصل زمستان می‌تواند یکی از عوامل توجیه افزایش آرسنیکی شیر در نمونه‌های تابستان نسبت به زمستان گردد. منطقه B دارای اقلیم مرطوب فراسرد و نیمه مرطوب فراسرد غالب است بنابراین ممکن است دام‌های منطقه B در فصل زمستان با توجه به سردتر بودن هوای این منطقه در زمستان آب کمتری نسبت به تابستان نوشیده باشند که با توجه به مقدار بالای آرسنیک در آب در فصل تابستان باعث تفاوت معنی‌دار غلظت آرسنیک شیر بین دو فصل شوند که این نظر با پژوهش Rosas و همکاران، Perez-Carrera و همکاران که غلظت آرسنیک آب بالاتر از حد مجاز را عاملی جهت انتقال آن به شیر دام دانسته‌اند منطبق است (Perez-Carrera et al., 2008; Rosas et al., 1999).

بحث

هدف اصلی این تحقیق بررسی انتقال آلودگی آرسنیکی آب و خاک به شیر دام بومی منطقه مورد تحقیق بود که با نمونه برداری و انجام آزمون‌های مربوطه نتایج ذکرشده بدست آمد. در این بررسی تمامی ۳۶ نمونه آب مورد آزمون در دو منطقه و دو فصل تابستان و زمستان نسبت به استاندارد ملی ایران که حد مجاز آرسنیک را $0/01$ mg/l

اطلاعات محیط زیست ایران $20-0$ mg/kg قرار می‌گیرد، اما مطابق با مطالعات خانم فتحی و همکاران که مقدار آرسنیک در پوسته‌ی زمین را بین $2/5-0/5$ mg/kg اعلام نموده و مقدار عمومی آرسنیک در خاک در سالهای اخیر را نیز، 5 mg/kg بیان کرده است، بیشتر می‌باشد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۰). مقادیر اختلاف کم میانگین آرسنیک خاک فصل تابستان نسبت به زمستان دو منطقه را نیز می‌توان به فصل گرما و خشک که در افزایش سطح تجمعی فلزات سنگین موثر می‌باشند مرتبط دانست که با افزایش دما و بیشتر شدن مقدار تبخیر، غلظت آرسنیک در خاک افزایش می‌یابد و این نظر با پژوهش آقای شنبه زاده و همکاران منطبق است. (شنبه زاده و همکاران، ۱۳۹۲) به نظر می‌رسد شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های زمین ریختی مانند باران، سطح آبهای زیرزمینی که می‌تواند ناشی از تغییر فصل نیز باشد بر توزیع مقدار آرسنیک تاثیرگذار باشد، که با نظر Battcharya و همکاران، ۲۰۰۲ نیز منطبق است (Battcharya et al., 2002).

ناحیه مورد مطالعه B دارای بیشترین مقدار آرسنیک است که با توجه به مطالعات چینه‌شناسی، منطقه‌ی B در جنوب محدوده‌ی رزن واقع است که مربوط به بخش غربی ایران و محدود به زون‌های مرکزی و سندج- سیرجان می‌باشد. در مطالعه‌های خانم فتحی و همکاران، که به بخشی از محدوده‌ی ساختاری سندج- سیرجان پرداخته‌اند، پهنه‌ی سندج- سیرجان به همراه کمان ماگمایی ارومیه دختر و پهنه‌ی زاگرس، بخش ایرانی کمربند کوهزایی تیس یا آلپ- هیمالیا است که در اثر باز و بسته شدن اقیانوس تیس جوان پدید آمده است. بخارهایی که از ماگماهای زیرین فرار کرده، وارد سیستم گرمایی می‌شود و اثر خود را در چشمه‌های تراورتن ساز و آب‌های زیرزمینی برجای می‌گذارد، عاملی برای تمرکز بالای آرسنیک در خاک و آب این پهنه به حساب می‌آید. طبق ضریب همبستگی اسپیرمن بین غلظت آرسنیک آب و خاک منطقه B در دو فصل پیوستگی معنی‌داری حاکم است ($\text{sig}=0/00$) و $p=0/751$) که می‌توان به مقدار زیاد آرسنیک خاک که در مرز آلودگی (حد مجاز $30-0$ mg/kg) قرار دارد، نسبت داد. با توجه به موقعیت جغرافیایی و چینه‌شناسی زمین دو منطقه‌ی A و B و طبیعی ارزیابی شدن آلودگی آرسنیکی

اعلام کرده است، آلوده به آرسنیک است. مقدار میانگین آرسنیک در آب آشامیدنی منطقه A در فصل تابستان حدود $1/7$ برابر بیشتر از مقدار میانگین آرسنیک در آب آشامیدنی منطقه A در فصل زمستان است. همچنین مقدار میانگین آرسنیک در آب آشامیدنی منطقه B در فصل تابستان حدود $1/4$ برابر مقدار میانگین آرسنیک در آب آشامیدنی منطقه‌ی B در فصل زمستان است. بالا بودن میزان آرسنیک آب در فصل تابستان نسبت به زمستان را می‌توان به فصل گرما و افزایش غلظت مواد محلول در آب در این فصل نسبت داد که با تحقیق او باسوهان و همکار که اثر تغییرات فصلی در تجمع زیستی فلزات سنگین آب و ماهی آب شیرین را بررسی کردند و موثر بودن فصول خشک بر سطح تجمعی فلزات سنگین در آب را اعلام نموده‌اند، منطبق دانست (Obasohan & Eguavoen, 2008). این اختلافات علاوه بر تغییرات آب و هوا و ویژگی‌های زمین ریختی مانند باران، سطح روان آب، نرخ نفوذ و سطح ایستابی آب‌های زیر زمینی ونوسانات آن و همچنین نوع تنظیمات آب جهت استفاده در شبکه توزیع ارزیابی می‌شود. امروزه در بسیاری از کشورهای جهان غلظت بالای آرسنیک در آب شرب یک نگرانی بزرگ بهداشتی است (Smedley & Kinniburgh, 2002)، عنصر سمی آرسنیک می‌تواند دو منشاء زمین زاد و بشر زاد باشد. آب‌های زیرزمینی از منابع اصلی مصارف انسانی، آماده سازی مواد غذایی، حیوانات در حال رشد و آبیاری محصولات کشاورزی است و منشأ آلودگی آب می‌تواند مربوط به وجود لایه‌ها و واحدهای زمین‌شناسی غنی از آرسنیک محلول در آب‌های زیرزمینی و سطحی باشد (Nriagu, 1989; Rosas et al., 1999; Prezz-carrera et al., 2008; Mosaferi et al., 2008). تمام ۱۲ نمونه خاک در دو فصل تابستان و زمستان در دو منطقه ی A و B دارای فلز سمی آرسنیک ارزیابی شد. بیشترین مقدار میانگین آرسنیک خاک مربوط به خاک منطقه B در فصل تابستان با مقدار $29/537 \pm 0/388$ mg/kg که در مرز آلودگی خاک قرار دارد (بانک اطلاعات محیط زیست ایران $30-0$ mg/kg) و کمترین مقدار میانگین آرسنیک خاک مربوط به خاک منطقه A در فصل زمستان با مقدار $8/583 \pm 0/814$ mg/kg بود. اگرچه محدوده‌ی مطلوب تعریف شده مطابق بانک

خاک دو منطقه ی مورد بررسی قطعا منطقه آلوده‌تر، انتقال آرسنیک بیشتری به منابع تأمین آب آن مکان خواهد شد. در بررسی حاضر کمترین غلظت آرسنیک مربوط به نمونه شیرهای انجام شده در فصل زمستان منطقه ی B با مقدار میانگین 0.032 ± 0.023 mg/kg و بیشترین غلظت آرسنیک مربوط به نمونه شیرهای انجام شده در فصل تابستان منطقه ی B با مقدار میانگین 0.071 ± 0.018 mg/kg بود. مقدار میانگین غلظت آرسنیک در شیر فصل تابستان منطقه ی B نسبت به فصل زمستان آن حدود ۲/۲ برابر بیشتر بود. مقدار میانگین غلظت آرسنیک در شیر منطقه A در فصل تابستان و زمستان تغییر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). در بررسی صورت گرفته در مناطقی از آرژانتین و مکزیک میزان آلودگی شیر به ترتیب در محدوده‌های $0.009 - 0.027$ mg/l و $0.028 - 0.11$ mg/l و آب این مناطق نیز به ترتیب $0.23 - 2.54$ mg/l و $0.74 - 0.007$ بوده و محققین هر دو پژوهش غلظت بالاتر از حد مجاز آرسنیک آب آشامیدنی را عاملی موثر بر انتقال آن به شیر دام دانسته‌اند (Perez-Carrera *et al.*, 1999; Rosas *et al.*, 2008). با توجه به سوابق فوق می‌توان آلودگی آرسنیک آب مناطق آلوده را عاملی جهت انتقال آن به شیر دام دانست و همچنین بالا بودن مقادیر آرسنیک خاک نیز با تاثیراتی که بر روی عوامل محیطی و پوشش‌های گیاهی منطقه می‌گذرد، دلیلی بر روند انتقال آرسنیک به شیر دام محسوب کرد. این نظر نسبت به تحقیق Chakma و همکاران در سال ۲۰۱۲ و Colz در سال ۲۰۰۲ که علت غلظت بالای آرسنیک در گیاهان زراعی را آلودگی خاک دانسته‌اند، منطبق است (Chakma *et al.*, 2012; Colz, 2002). علاوه بر این چرای دام در فصل تابستان در زمین‌های زراعی اطراف و ارتباط مستقیم دام با خاک نسبت به عدم چرای دام در زمستان نیز ممکن است یکی از دلایل افزایش آرسنیک شیر دام باشد. طبق ضریب همبستگی اسپیرمن بین غلظت آرسنیک خاک و شیر وابستگی معنی‌داری در دو فصل منطقه B برقرار است ($p = 0.731$ و $sig = 0.00$) که امکان ارتباط آلودگی شیر و خاک را بیان می‌کند. این نتایج علاوه بر عواملی چون تغذیه، نوع نژاد دام و موقعیت جغرافیایی می‌تواند به شرایط اقلیمی منطقه نیز نسبت داد منطقه A گرمسیرتر و دارای

اقلیم نیمه خشک معتدل است در حالی که منطقه B دارای اقلیم مرطوب فراسرد و نیمه مرطوب فراسرد غالب است بنابراین ممکن است دام‌ها در منطقه A آب بیشتری نسبت به دام منطقه B در فصل تابستان مورد استفاده قرار دهند و حتی با پایین تر بودن غلظت آرسنیک آب در منطقه A نسبت به B اما باز هم باعث انتقال بیشتر آرسنیک به شیر دام گردد. مطابق با تحلیل آماری به وسیله ضریب همبستگی اسپیرمن، همبستگی بین غلظت آرسنیک در آب، خاک و شیر منطقه A در این دو فصل مسیر قرار گرفتن آرسنیک در شیر دام بومی را از منابع به خوبی مشخص می‌کند ($p = 0.542$ و $sig = 0.00$) این مطلب مطابق با پژوهش آقای روزاس و همکاران می‌باشد (Rosas *et al.*, 1999).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق تاییدی بر نتایج مطالعات جغرافیایی است که به طور خاص مستنداتی را بر تمرکز بالای آرسنیک آب و خاک در این مناطق ارائه داده اند و آرسنیک شدن شیر دام بومی را نیز می‌تواند به عواملی چون تغذیه، نوع نژاد دام، موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی منطقه نسبت داد. وجود آلاینده آرسنیک در آب و شیر دام هشدار می‌دهد جهت حمایت از سلامت ساکنین مناطق آلوده را بیان می‌کند.

سپاسگزاری

از همکاری شرکت آب و فاضلاب روستایی استان قزوین در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

ابراهیم پور، ص. ا.، محمدزاده، ح. و ناصری، ن. (۱۳۸۹). آلودگی آرسنیک در آبهای زیرزمینی و اثرات آن بر سلامتی انسان، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. کرمانشاه، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، http://www.civilica.com/Paper-INCWR01-INCWR01_334.html، صفحات ۲۶۹-۲۸۲
بی نام. سایت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. www.gsi.ir

Bundschuh, J., Nath, B., Bhattacharya, P., Wuing Liu, Ch., Armienta, M. A., Moreno López, M. V., Lopez, D. M., Jean, J. Sh., Cornejo, L., Fagundes, L., Macedo, L. & Filho, A. T. (2012). Arsenic in the human food chain: the Latin American perspective, *Science of the Total Environment*, 429, 92–106.

Cruz, C. C., Din, Z., Dale Feri, C., Mae Balaoing, M., Gonzales, E. M., Navidad, H. M., Schlaaff, M. M. F. & Winter, J. (2009). Analysis of toxic heavy metals (arsenic, lead, and mercury) in selected infant formula commercially available in the Philippines by AAS. *E-International Scientific Research Journal*, 1(1), 40-50.

Ingle, J. D. & Crouch, S. R. (1998). *Spectrochemical Analysis*. Prentice Hall. Englewood Cliff. New York.

Mosaferi, M., Taghipor, H., Hasani, A. & Borghee, M. (2008). Study of arsenic levels in drinking water: a case study. *Journal of Health and Environment*, 1(1): 19-28.

Nadim, R., Khandaker, P. V., Brady, J. L. & Krumhansl, A. (2009). *A handbook for communities*. (2009). Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico.

Nordstrom, D. K. (2000). An overview of arsenic mass-poisoning in Bangladesh, and West Bengal, India. In: Young C (ed) *Minor elements: Arsenic, Antimony, Selenium, Tellurium and Bismuth*. Soc Mining Metallurgy and Exploration, pp 21–30.

Obasohan, E. E. & Eguavo, O. (2008). Seasonal variations of bioaccumulation of heavy metals in a freshwater fish (*Erpetoichthys calabaricus*) from Ogba River, Benin City, Nigeria. *Indian Journal of Animal Research*, 42(3), 171–179.

Pérez-Carrera, A., Moscuzaand, C. & Fernández-Cirelli, A. (2008). Transfer of arsenic from contaminated dairy cattle drinking water to milk (Córdoba, Argentina), In: *Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America*, 419-425.

Rosas, I., Belmont, R., Armienta, A. & Baez, A. (1999). Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca Lagunera, Mexico. *Water Air Soil Pollut.*, 112, 133 – 149.

Soares, A. & Kus, M. M. (2010). Determination of nutritional and toxic elements in pasteurized bovin milk from Vale do Paraiba region (Brazil), *Food Control*, 21(1), 45-49.

پیر صاحب، م.، درگاهی، ع. و گلستانی فر، ح. (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، صفحات ۳۳–۹۹.

تقی پور، ب.، مکی زاده، ب.، حسینی، م.، تقی پور، ص. و وحیدری، م. (۱۳۸۵). بررسی روابط کانی شناسی دگرسانی‌های اسید - سولفات در آتشفشانی‌های سنوزوئیک بخشی از زون طارم. *بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین*. <http://www.gsi.ir/>

شجاعی، ج.، خدادادی، م.، دربان، ا.، کلینی، س. م. ج. و هاشم‌زاده، ف. (۱۳۸۹). بررسی توزیع فلز آرسنیک در منابع آلاینده آب و خاک با استفاده از GIS در استان آذربایجان شرقی. *کنگره بین المللی معدن*. وزارت بهداشت. <http://fa.seminars.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=4009>

شریعتی، ش. (۱۳۸۸). اندازه‌گیری میزان سرب، روی کادمیوم و آرسنیک در خون و موی دام‌ها در اطراف کارخانه تغلیظ سرب و روی انگوران. *فصلنامه علمی و پژوهشی دانشگاه لاهیجان به نام زمین و منابع*، ص ۴۳.

شنبه زاده، س.، وحید دستجردی، م.، حسن زاده، ا. و کیانی زاده، ط. (۱۳۹۲). بررسی برخی از فلزات سنگین در آب و رسوب رودخانه تمبی مسجد سلیمان قبل و بعد از ورود به فاضلاب به آن. *مجله تحقیقات نظام سلامت*، ۹(۱۰). صفحات ۱۱۱۶–۱۱۰۸.

فتحی هفشجانی، ز.، لطفی، م. و سیاره، ع. ر. (۱۳۹۰). بررسی آلودگی آرسنیک در خاک‌ها پهنه‌ی باختری بیجار. *مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین*. <http://gsi.ir/>

کریم، گ.، کیایی، س. م. م.، رکنی، ن.، رضوی روحانی، س. م. و مطلبی، ع. (۱۳۹۰). وضعیت آلودگی مواد غذایی با منشا دامی و آبریان به فلزات سنگین در کشور. *مجله علوم و صنایع غذایی*، شماره ۹. صفحات ۳۵–۲۵.

Bhattacharya, P., Frisbie, SH., Smith, E., Naidu, R., Jacks, G. & Sarkar, B. (2002a) Arsenic in the environment: A global perspective. In: Sarkar B (ed) *Handbook of heavy metals in the environment*. Marcel Dekker, New York, pp 147–215.

Smedley, P. L. & Kinniburgh, A. (2001). Review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17, 517-568.

Zhou, X., Li, Q., Arita, A., Sun, H. & Costa, M. (2009). Effect of nickel, chromate and arsenite on histone 3 lysine methylation, *Toxicology and applied Pharmacology*, 236(1), 78-84.

Archive of SID