دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

آلودگی آرسنیک و تاثیر آن در سلامت انسان و طبیعت

آرزو احمدزاده چالشتری
گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
Email:arezooahmadzadeh@pnu.ac.ir

چکیده

آرسنیک یکی از سمی ترین عناصری است که از سالیان قبل شناسایی گردید. این عنصر آثار بسیار مخربی بر گیاه ، خاک و در نهایت سلامتی انسان خواهد داشت. ورود این عنصر و ترکیبات آن از روش های مختلف به چرخه غذایی انسان سبب بروز بسیاری از سرطانها و بیماری های پوستی می گردد. لذا توجه به سمیت آن در محیط و در جایی که سمیت آن به اثبات برسد حیاتی است. یکی از مهم ترین روشهای پاکسازی این عنصر از خاک، استفاده از روش های گیاه پالایی است.

کلمات کلیدی: پالایش، آهن صفر ظرفیتی، آلودگی

مقدمه

آرسنیک به عنوان یکی از خطرناکترین عناصرخاک شناخته شده است وسمیت تعداد بسیاری از ترکیبات آن به اثبات رسیده است. خوشبختانه در میزان سمیت ترکیبات مختلف آرسنیک تفاوت‌های فاحشی وجود دارد و گونه‌های بسیار متداول آن در خاک سمیت چندانی ندارند. از طرف دیگر جذب آرسنیک توسط تعداد بسیاری از گیاهان خشکی‌زی چندان زیاد نیست، بنابراین در خاکهای با محتوای نسبتاً بالای آرسنیک، گیاهان معمولاً حاوی سطوح خطرناک آرسنیک نمی‌باشند. چنین به نظر می‌رسد که ترکیبات آرسنیک توسط انسانها در طول چند هزارسال به مصرف رسیده است(۱). مهم‌ترین مصرف روزانه ترکیبات آرسنیک به عنوان حشره‌کش‌ها، محافظت کننده‌های چوب و نیز به عنوان فاکتورهای افزایش‌دهندهٔ رشد برای ماکیان و خوک‌ها کاربرد دارد.

خصوصیات و منابع آرسنیک در طبیعت

بررسی های اخیر درمورد چرخه عمومی آرسنیک نشان می‌دهد که از منابع طبیعی ۴۵۰۰۰ و از منابع انسانی میزان ۲۸۰۰۰ تن آرسنیک در سال به اتمسفر وارد شده است(۳). سطوح نرمال آرسنیک در خاک‌ها بستگی به نوع سنگ حاوی آرسنیک ، داشته و محدودهٔ طبیعی آن ۴۰-۱ میلی‌گرم آرسنیک در کیلوگرم خاک بوده که بیشتر خاکها به مقدار کمتر از نصف این محدوده حاوی آرسنیک می‌باشند. میزان آرسنیک از طریق آلودگی‌های صنعتی و مصرف حشره‌کش‌های آرسنیکدار می‌تواند افزایش یابد. خصوصیات آرسنیک نسبت به تعداد زیادی از فلزات سنگین معمول متفاوت است، مثلاً ترکیبات آلی نسبت به ترکیبات معدنی آن سمیت کمتری دارند. با وجود اینکه بسیاری از خصوصیات شیمیایی آرسنیک مشابه فسفر می‌باشد ولی شیمی آرسنیک بسیار گسترده و متفاوت تر بوده و می‌تواند در بیش از یک حالت اکسیداسیون، در شرایط معمول خاک وجود داشته باشد و نیز با گوگرد و کربن پیوندهای آسانتری را نسبت به فسفر بوجود آورد(۴و۵و۶و۷). بطورکلی آرسنیک می‌تواند در چهار حالت از نظر ظرفیتی وجود داشته باشد که عبارتند از ۳-،۰،۳ و ۵+. در شرایط احیاء، آرسنیک سه ظرفیتی فرم غالب بوده و یون آرسنات نیز در محیط‌های با اکسیژن فراوان می‌تواند وجود داشته باشد. آرسنیک عنصری، در آب محلول نبوده و نمک‌های آرسنیک دارای محدودهٔ وسیعی از نظر حلالیت (به پ هاش و طبیعت یونی گونه نیز وابسته است) هستند(۳).

عوارض ناشی از سمیت آرسنیک در انسان

مسمومیت مزمن آرسنیک بعد از یک دوره طولانی در معرض آرسنیک (بین ۵ تا ۲۰ روز) قرار گرفتن ایجاد می شود که با مسمومیت حاد متفاوت است. در مسمومیت حاد علائم مسمومیت بلافاصله ظاهر می شود که شامل استفراغ، درد معده و روده و اسهال می باشد. قرارگرفتن در معرض آرسنیک به مدت طولانی، حتی در غلظت کم (۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) باعث افزایش خطر ابتلاء به سرطان پوست، ریه، مجاری ادراری، مثانه و کلیه می شود. همچنین تغییرات پوستی از قبیل تغییر رنگ پوست (پیدایش نقاط تیره و روشن در پوست) و افزایش ضخامت یا برآمدگی زرد رنگ روی پوست (بیماری شاخی شدن پوست) نیز از عوارض دیگر آن است. آرسنیک دارای اثرات سوء بسیاری بر روی سیستم عصبی است که علائم آن شامل لرزش اندام های بدن به ویژه دستها و سردرد است. تنفس هوای محتوی غلظتهای غیر مجاز آرسنیک، خطر ابتلاء به سرطان ریه را افزایش می دهد. جذب آرسنیک از طریق پوست بسیار کم است، بنابراین شستشوی دستها و بدن با آب حاوی آرسنیک مخاطرات سلامتی چندانی برای انسان ندارد. اولین تغییراتی که آرسنیک ایجاد می کند تغییر رنگ و سپس شاخی شدن پوست و پس از مدتی، سرطان است که پدیده ای کند و بطئی بوده و ممکن است بیش از ده سال طول می کشد تا علائم آن بروز نماید ولی وقوع آن حتمی خواهد بود. علائم و نشانه های عوارض ناشی از سمیت آرسنیک در بین گروه های مختلف مردم (از لحاظ سن، وزن، جنس، نژاد و ...) و مناطق جغرافیایی، متفاوت است. بنابراین نشانه های مشابه و کلی از بیماریهایی که به وسیله آرسنیک ایجاد می شود، وجود نداشته و همین پیچیدگی ها، تشخیص را دشوار می کند. مطالعات انجام شده نشان داده است که بین ۲۰۰ تا ۲۷۰ هزار مرگ و میر در بنگلادش به دلیل سرطان ناشی از مصرف آب چاه حاوی آرسنیک رخ داده است. همچنین شیوع قانقاریا در چین را ناشی از مصرف آرسنیک می دانستند ولی چون در نقاط دیگر جهان مشاهده نشد به این نتیجه رسیدند که ممکن است سوءتغذیه نیز در پیشرفت بیماری موثر بوده باشد (۷).

کانیهای محتوی آرسنیک

بیش از دویست کانی حاوی آرسنیک شناخته شده که تقریباً ۷۰ درصد آرسنات، ۲۰ درصد سولفید و ۲۰ درصد باقیمانده شامل آرسنیدها، آرسنیت‌ها، فرم‌های اکسیدی و عنصری است(۴). معمولترین کانی‌های آرسنیک دار آرسنو پیریت بوده و آرسنیک در تعداد بسیاری از انواع کانی‌های آرسنیک دار بخصوص آنهایی که از معدنی‌شدن سولفیدها بوجود می‌آیند وجود دارد و غلظت مورد نظر آرسنیک در این کانی‌ها از محدودهٔ چند پی پی ام تا مقادیر زیادتر وجود دارد(۵). تفاوت نسبتاً کمی در غلظت آرسنیک در سنگ‌های متفاوت وجود دارد که این امر در صورت عدم افزایش آرسنیک سطوح مورد مطالعه توسط معدنی‌شدن، صادق است. از مقادیر میانگین بدست آمده آرسنیک، مقدار ۲ میلی گرم در کیلوگرم که بیشتر برای سنگهای آذرین و رسوبی معمول است قابل ذکر بوده اما سنگهای محتوی رس‌های دانه ریز و فسفریت‌ها دارای محدودهٔ ۱۵-۱۰ میلی گرم در کیلوگرم آرسنیک می‌باشند. سطوح بالاتر آرسنیک اغلب در حضور کانی‌های سولفیدی مانند پیریت قابل مشاهده است. از جمله مهم‌ترین کانی‌های ساده آرسنیک‌دار می‌توان به آرسنوپیریت، اورپیمنت، اینارگایت و ریلگار اشاره کرد که به عنوان منابع سنگی آرسنیک دار به شمار می‌روند(۹).

منابع آرسنیک در خاک

منابع آرسنیک دار خاک شامل مواد مادری خاک، مصرف سموم و کودهای شیمیایی درکشاورزی، اتمسفر و لجن فاضلاب می‌باشند.

۱- مواد مادری خاک

در بین گونه‌های مختلف سنگهای آذرین که دارای محدود غلظت کمتر از ۱۵-۱ میلی گرم در کیلوگرم آرسنیک می باشند تفاوت چندانی وجود ندارد. سنگهای رسوبی نظیر شیل‌ها و تخته سنگها بطور معنی‌داری سطوح بالاتری از آرسنیک (کمتر از ۹۰۰-۱ میلی گرم در کیلوگرم) را نسبت به ماسه سنگها و سنگهای آهکی (کمتر از ۲۰-۱ میلی گرم در کیلوگرم) دارا می‌باشند. سنگهای فسفاتی محدوده آرسنیکی کمتر از ۲۰۰-۱ میلی گرم در کیلوگرم دارند. توانایی آرسنیک برای تشکیل پیوند با لیگاندهای گوگرد نشان می‌دهد که آرسنیک می‌تواند به همراه کانی‌های محتوی سولفید و نیز بصورت کانی‌های آرسنیک‌دار خاص، ردیاب و یا جزء کوچکی از بخش اصلی دیگر کانی‌های سولفیدی یافت شود(۶).

۲-.مصرف مواد شیمیایی در کشاورزی

ترکیبات آرسنیک‌دار بطور گسترده به عنوان آفت‌کش در طول بیش از صد سال استفاده شده‌اند اما مصرف آنها در حال حاضر در حال کاهش بوده که احتمالاً در دههٔ ۱۹۸۰-۱۹۷۰ به نصف کاهش یافته است. به خاطر وجود اثرات سمی ترکیبات آرسنیک، آنها را به عنوان علف‌کش و آفت‌کش مورد استفاده قرار می‌دهند. اخیراً گسترش مصرف آرسنیک به میزان ۸۰۰۰ تن در سال بصورت علف‌کش و ۱۶۰۰۰ تن در سال در ترکیبات حفاظت کننده چوب تخمین زده شده است(۲). سرعت مصرف آفت‌کش‌ها عموماً در محدوده ۴-۲ کیلوگرم در هکتاربوده اما غلظت دی متیل آرسنیک از نظر سرعت کاربرد و مقدار مصرف ممکن است تا ۳ برابر بیشتر باشد(۱۰). حرکت آرسنیک در رسوبات آبی بوسیله حضور اکسیدهای آهن هیدراته یا سولفیدها کاهش می‌یابد. کودهای فسفاته به عنوان منبع مهم آرسنیک به شمار می‌آیند بطوریکه غلظت آرسنیک در کود نسبت به منبع آن که در سنگ فسفات است و برای تولید کود استفاده شده، متفاوت می باشد(۶). مقدار آرسنیک در کودهای ازته و پتاسه کم بوده و معنی‌دار نیست و مقادیر آرسنیک اضافه شده از طریق آهک هم ناچیز می باشد. غلظت‌های کم آرسنیک معمولاً در سنگهای آهکی دیده می‌شود و غلظت آن در کودهای حیوانی، نشان دهنده رژیم غذایی مصرفی حیوان است بطوری که ممکن است غلظت آرسنیک در کود حیوانی ۴۰-۳۰ میلی گرم در کیلوگرم باشد (۷).

۳- اتمسفر

حجم نسبتاً بالای برخی از ترکیبات آرسنیک در اتمسفر نشان می‌دهد که سیکل ژئوشیمیایی آن شامل جریان‌های حاوی غلظتهای بالای آرسنیک است که در طول اتمسفر عبور می‌کند(۳). در مقیاس جهانی میانگین افزایش آرسنیک حدود ۰/۰۵ درصد برای هموسفر شمالی و ۰/۰۲ درصد برای هموسفر جنوبی است که این در صورتی است که مقدار آرسنیک برای هموسفر شمالی ۰/۵-۰/۴۴ میلی گرم در مترمربع در سال و برای هموسفر جنوبی ۰/۲۱-۰/۱۶ میلی گرم در مترمربع در سال باشد. پس از تبخیر در دمای کم، فعالیت‌های آتشفشانی از مهم‌ترین منابع طبیعی آرسنیک به شمار رفته و در یک مقیاس منطقه‌ای به عنوان منبع غالب اتمسفری آرسنیک است. صنایع تصفیه مس

از بزرگترین منابع ویژه انسانی آرسنیک بوده که حدود ۴۰ درصد از کل فعالیت انسانی را شامل می‌شود. در مقادیر آرسنیک اتمسفر ناشی از فعالیت‌های انسانی، تفاوت‌های زیادی وجود دارد که به فعالیت‌های صنعتی و میزان کنترل آلودگی در منطقه هدف وابسته است (۵و۷).

۴-لجن فاضلاب

مقدار آرسنیک در لجن فاضلاب، درجه صنعتی شدن منطقه مورد نظر که توسط سیستم فاضلاب مجهز شده است را نشان می‌دهد. منبع اصلی آرسنیک از رواناب سطحی و منبع اتمسفری به همراه فرم‌های پایدار باقیمانده از آفت‌کش‌های مصرف شده نتیجه می‌شود. در حالی که پاک‌کننده‌های فسفاتی مقادیر کمی آرسنیک اضافه می‌کنند، مقادیر معنی‌داری از آرسنیک توسط فاضلاب‌های صنعتی بخصوص فلزات بدست آمده از فرآیندهای صنعتی می‌توانند به خاک اضافه گردند که محدوده ای تا ۱۸۸ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک بیان شده است. بدلیل اینکه وسعت منطقه مورد مطالعه لجن فاضلاب نسبت به کودهای فسفاته بسیار کمتر است، حدود ۲/۵ تن آرسنیک در سال با لجن و حدود ۶/۱ تن آرسنیک در سال با مصرف کودهای فسفاته به خاک افزوده می گردد(۱۰).

روابط خاک و گیاه

مقدار آرسنیک در گیاهان خوراکی معمولاً پائین و اغلب نزدیک به محدودهٔ تشخیص می‌باشد (۳ و۴ ۵). مطالعات نشان می دهد که در گیاهان رشد یافته در خاکهای رسی و سیلتی که دارای مقادیر بالای کانی‌های رسی و محتوای بالای اکسیدهای آهن و آلومینیوم می‌باشند، مقادیر کمتری آرسنیک نسبت به گیاهان رشد یافته در خاکهای سبک‌تر مانند خاک‌های شنی یا لومی شنی وجود دارد. بطورکلی ریشه‌ها محتوی سطوح بالاتری از آرسنیک نسبت به ساقه، برگ یا میوه می‌باشند. در حالی که مقدار آرسنیک در حدود ۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه در محصولات غذایی نادر است ولی در گیاهان جاذبی (مانند گراسها) که در حوالی معادن آرسنیک رشد می کنند میزان بیش از ۳۴۶۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک آرسنیک یافته شده است(۱و۲و۶). گیاه پتریس ویتاتا نیز نوعی سرخس است که می تواند مقادیر بسیار بالای آرسنیک را در اندام های هوایی خود ذخیره نماید به طوری که میزان آرسنیک در اندام های هوایی آن ۱۰۰ برابر بیشتر از غلظت آن در خاک است. به طور کلی سرخس دارای قدرت جذب وسیعی از گونه های آرسنیک اعم از آلی و غیرآلی بوده که از آن جمله آرسنات ، آرسنیت و مونومتیل آرسونیک اسید قابل ذکر هستند. در این گیاه بش از ۹۳ درصد آرسنیک به بخش های هوایی گیاه انتقال می یابد که این قدرت جذب امروزه در نوع خود و در بین سایر گیاهان بی نظیر است. در نوعی سرخس(پیتیروگراما کالوملانوس) ۷۲۳۴ میلی گرم در کیلوگرم آرسنیک در ساقه و برگ های گیاه می تواند ذخیره شود (۳و۵و ۷).

سمیت آرسنیک در آب

آرسنیک یکی از مهم ترین عناصر سمی و سرطان زا می باشد. سمیت این عنصر در خاک و آبهای سطحی و زیرزمینی بسیاری از کشورها مشاهده شده است. اولین مورد سمیت آرسنیک در آب آشامیدنی در سال ۱۹۶۸ در تایوان گزارش گردید. نتایج یک تحقیق اپیدمیولوژی نشان داد که بین مقادیر بالای آرسنیک در آب آشامیدنی و سرطان پوست، بیماری شاخی شدن پوست(کراتوسیس) و سرطان اندام های ترشحی بدن ارتباط مستقیم وجود دارد. در سال ۱۹۷۰به دلیل کافی نبودن امکانات بهداشتی لازم برای جمعیت در حال رشد بنگلادش، آلودگی میکروبی آبهای سطحی سبب شیوع امراض و مرگ و میر گردید. همچنین بیماری اسهال حاد ناشی از سمیت آرسنیک باعث مرگ ۳۰ درصد از کودکان زیر ۵ سال شد. با حمایت های مالی یونیسف و دولت بنگلادش، بیش از ۴ میلیون حلقه چاه آب بین سال های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ احداث شد و پس از آن دسترسی به آب آشامیدنی سالم از آبهای زیرزمینی از ۳۷ درصد به ۹۶ درصد افزایش یافت. در بنگلادش و ویتنام آلودگی آرسنیک در آب و خاک وجود دارد به طوری که مقدار آرسنیک آب های زیرزمینی در بنگلادش بیش از ۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر و در ویتنام بیش از ۳۰۰۰ میکروگرم در لیتر است. مناطق وسیعی از بنگلادش، بنگال غربی و ویتنام برای آبیاری محصولاتی نظیر برنج ناچار به استفاده از آبهای آلوده به این عنصر هستند در نتیجه علاوه بر ایجاد سمیت از طریق آب زیرزمینی در انسان، محصولات آبیاری شده با آب آلوده و نیز دام ها و تولیدات دامی هم سبب انتقال سمیت این عنصر به انسان می شوند(۱۰). در کشور ایران نیز در برخی مناطق و روستاهای استان کردستان مانند روستاهای ابراهیم آباد و چشمه ایاز شهرستان بیجار سنندج سمیت آرسنیک در منابع آب و خاک وجود داشته و این موضوع در تحقیقات انجام شده طی سالهای اخیر مشاهده گردید(۱و۲).

سمیت آرسنیک در خاک

قابل دسترس بودن آرسنیک در خاک‌ها بستگی به تغییرات پ هاش خاک دارد. بطورکلی در خاک‌هایی که بیشتر اسیدی‌اند، روند افزایشی سمیت آرسنیک در گیاهان دیده می‌شود که مخصوصاً در پ هاش کمتر از ۵ زمانی که گونه‌های پیوندی آرسنیک مانند ترکیبات اکسیژن دار آهن و الومینیوم بیشتر به حالت محلول در می‌آیند دیده شده است. در ایران نیز آلودگی و سمیت این عنصر در خاک های برخی از مناطق روستایی سنندج مانند روستاهای بیجار از قبیل ابراهیم آباد و چشمه ایاز توسط کوهیان افضل و همکاران گزارش گردید، به طوری که در این گزارش مشخص شد که سمیت خاک های این مناطق نسبت به حالت معمول در خاک بیش از ۱۰ برابر بوده و کلیه گیاهان کشت شده در خاک این مناطق عوارض و علائم ناشی از سمیت آرسنیک را به وضوح در خود نشان دادند. از جمله مهمترین این علائم، نکروز، کلروز و به تاخیر افتادن رشد گیاهان بود. گیاهان مورد استفاده در این تحقیق شامل تربچه، اسفناج، کاهو، لوبیا و شاهی بودند که در همه آنها مهمترین عارضه ناشی از سمیت آرسنیک، به تاخیر افتادن رشد گیاه و عدم رشد مناسب نسبت به تیمار شاهد بود. به طوری که گیاهان کشت شده در خاک روستاهای سنندج از نظر طولی ۲ تا ۴ سانتیمتر بیشتر رشد نکردند و همگی علائم کلروز و نکروز را در اندام های هوایی خود نشان دادند. غلظت نرمال آرسنیک در خاک۱ تا ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم و غلظت نرمال آن در گیاه ۰/۰۲ تا ۷ میلی گرم در کیلوگرم می باشد (۱و۲).

نتیجه گیری

آرسنیک یکی از سمی ترین عناصری است که در طول تاریخ شناسایی گردید. این عنصر آثار بسیار مخربی بر گیاه ، خاک، آب و در نهایت سلامتی انسان خواهد داشت. ورود این عنصر و ترکیبات آن از روش های مختلف به چرخه غذایی انسان، سبب بروز بسیاری از بیماریها از جمله انواع سرطانها و بیماری های پوستی می گردد لذا توجه به سمیت آن در مکانهایی که سمیت آن اثبات گردد حیاتی است. یکی از مهم ترین روشهای پاکسازی این عنصر از خاک استفاده از روش های گیاه پالایی است. از آنجایی که این عنصر سمیت بالایی دارد و می تواند در بسیاری از گیاهان موجب بروز عوارضی چون نکروز، کلروزو به تاخیر افتادن رشد گیاه شود باید در سایتهای آلوده تدابیر ویژه ای در مورد آن اندیشید. استفاده از گیاهان جاذب و مقاوم به سمیت این عنصر در منطقه آلوده یکی از این تدابیر است. پس در این خصوص یکی از مهمترین سیاست ها، انتخاب نوع گیاهان است. گیاهان استفاده شده باید بتوانند سمیت مقادیر بالای آرسنیک در خاک را تحمل نموده و نیز از قدرت بالای جذب و تجمع برخوردار باشند. از جمله مهمترین این گیاهان می توان از برخی گونه های سرخس و جلبک نام برد که می توانند مقادیر بسیار بالایی از این عنصر را در خود انباشته نمایند و نظر به رشد سریع آنها و اینکه می توانند چند بار در سال برداشت شوند مفید هستند. از گیاهان خوراکی نیز می توان به خردل، تربچه، شاهی اشاره نمود که توانایی آنها نسبت به سرخس کمتر است.

منابع

[1] آرزو احمدزاده چالشتری و محمدتقی کوهیان افضل، ۱۳۹۸. منشا و سمیت آرسنیک در محیط زیست، کشاورزی و منابع طبیعی،کنگره بین المللی سالانه یافته های نوین در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری تهران.

[2] رقیه رضایی، محمدتقی کوهیان افضل، مجید افیونی و محمدعلی حاجی عباس،۱۳۹۰. بررسی جذب آرسنیک بوسیله پنج گیاه در سه نوع خاک،اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی، زنجان.

[3] Brammer ,H., Ravenscroft, P.,2009. Arsenic in groundwater: a threat to sustainable agriculture in South and South-east Asia. Environ Int 35: 647-654.

[4] Heikens, A., Panaullah, GM., Meharg AA., 2007. Arsenic behaviour from groundwater and soil to crops: impacts on agriculture and food safety. Rev Environ Contam Toxicol 189: 43-87.

[5] Huq, SMI., Rahman, A., Sultana, N., Naidu, R., 2003. Extent and severity of arsenic contamination in soils of Bangladesh. In: Feroze AM, Ashraf AM, Adeel Z (eds) Fate of Arsenic in the Environment. ITN Centre, Bangladesh.

[6] Liu, X., S,Zhang., X, Shan & P, Christie., 2007. Combined toxicity of cadmium and arsenate to wheat seedlings and plant uptake and antioxidative enzyme responses to cadmium and arsenate cocontamination.Ecotoxicology and Environmental Safety 68: 305-313.

[7] Miah & A,Tasmin. ,2007. Arsenic Accumulation in Rice (Oryza sativa L.) Varieties of Bangladesh: A Glass House Study. WaterAir and Soil Pollution 185: 53-61.

[8] Seth, C.S., P.K, Chaturvedi & , Misra., 2007. Toxic Effect of Arsenate and Cadmium Alone and in Combination on Giant Duckweed (Spirodela polyrrhiza L.) in Response to its Accumulation. Environmental Toxicology 22: 539-549.

[9] Rahman MA., Hasegawa H., Rahman MM., Miah M, Tasmin A.,2008. Straighthead disease of rice (Oryza sativa L.) induced by arsenic toxicity.
Environ Exp Bot 62: 54-59.

[10] Singh AK., 2006. Chemistry of arsenic in groundwater of Ganges-Brahmaputra river basin. Current Science 91: 599-606.