



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

تعیین غلظت پرکلرات در آب و خاک سطحی مناطق جنگی (مطالعه موردی: شهرستان خرمشهر)

محمد مهدی امین^۱، مجید گیاهی^{۲*}، مرجان منصوریان^۳

۱- استادی، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران، و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- (نویسنده مسئول): دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران، و گروه مهندسی بهداشت محیط، و کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- استادیار، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: پرکلرات به عنوان یک آلاینده نوپدید، موجب توجه بیشتر افراد و سازمان‌ها به آن شده است. وجود پرکلرات در بدن انسان می‌تواند منجر به تنظیم نامناسب متابولیسم در بزرگسالان شود. علاوه بر این به دلیل ممانعت از جذب ید روی غده تیروئید باعث مشکلات رفتاری و عصبی در نوزادان و کودکان می‌شود. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مقدار $15 \mu\text{g/L}$ را به عنوان رهنمود ارائه کرده است. با توجه به منابع احتمالی و بالقوه حضور پرکلرات در محیط زیست منطقه مورد مطالعه و خصوصیات منحصر به فرد این آلاینده نظیر حلالیت فوق العاده در آب، تحرک بالا در خاک، و پایداری در محیط زیست، وضعیت آلودگی پرکلرات و تعیین پرکلرات در خاک سطحی، آب سطحی و آب شرب در منطقه مورد مطالعه (شهرستان خرمشهر) مورد بررسی قرار گرفت.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۱۱

روش بررسی: نمونه‌برداری از خاک و آب در طی اسفند ۹۱ تا فروردین ۹۲ صورت گرفت. نمونه‌های خاک به صورت ترکیبی و نمونه‌های آب (سطحی و شرب) به صورت تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شدند. تجزیه و تحلیل نمونه‌ها پس از جمع‌آوری و پردازش با استفاده از کروماتوگرافی یونی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه $15 \mu\text{g/L}$ نمونه خاک سطحی و 22 نمونه آب شرب و سطحی برای آنالیز پرکلرات مورد آزمایش قرار گرفت.

واژگان کلیدی: پرکلرات، خاک سطحی، یون کروماتوگرافی، شهرستان خرمشهر

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که تمامی نمونه‌های خاک سطحی و آب جمع‌آوری شده از منطقه آلوده به پرکلرات بود و بالاتر از حد استاندارد هستند. محدوده غلظت پرکلرات در آب‌های سطحی و شرب به ترتیب $1400-5800 \mu\text{g/L}$ و $700-5900 \mu\text{g/L}$ و در خاک‌های سطحی $107/4-3/3 \text{ mg/kg}$ تشخیص داده شد.

نتیجه‌گیری: میزان پرکلرات سنجش شده در خاک سطحی، آب سطحی و شرب در منطقه مورد مطالعه بیشتر از استانداردهای توصیه شده است و به همین دلیل تهدیدی برای سلامت مصرف‌کنندگان است.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

majid.giahi61@gmail.com

مقدمه

پرکلرات آنیونی غیر آلی، متشکل از چهار اتم اکسیژن و یک اتم کلر که از منابع مختلف (به صورت منابع مصنوعی و منابع طبیعی) می‌توانند وارد محیط زیست شوند (۲،۱). پرکلرات‌ها بدون رنگ و بی‌بو هستند و در محیط به دو شکل جامد یا محلول در آب یافت می‌شوند (۱). پرکلرات‌ها عوامل اکسیدکننده قوی بوده و در دماهای بالا می‌تواند به صورت انفجاری واکنش نشان دهند (۱-۳). پرکلرات‌ها می‌توانند به طور طبیعی در جو تشکیل شوند که منجر به غلظت‌های ناچیزی از پرکلرات در بارش‌ها می‌شود (۱). تولید، ذخیره‌سازی و یا دفع نمک‌های پرکلرات، پیشران‌های حاوی پرکلرات، سوخت‌های موشک، مواد منفجره، مهمات حاوی پرکلرات، یا وسایل آموزشی و همچنین استفاده از مواد معدنی حاوی پرکلرات در تولید بعضی از کودها سبب انتشار ترکیبات حاوی پرکلرات به خاک شده است (۱). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S. EPA) پرکلرات را سه بار به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ در لیست آلاینده‌های نامزد (CCLs) به شمار آورد (۴). با توجه به فشار بخار خیلی کم پرکلرات‌ها، انتظار نمی‌رود پرکلرات‌ها از سطح خاک به اتمسفر تبخیر شوند. علاوه بر این، یون‌های معدنی جدا شده قابلیت تبخیر ندارند (۱). پرکلرات‌ها ممکن است از طریق فرسایش بادی از سطح خاک به اتمسفر منتشر شوند. این فرایند همرفتی ممکن است باعث انتشار هواویزها (Aerosol) یا مواد ذره‌ای که نمک‌های پرکلرات بر روی آن جذب شده‌اند شود (۱). پرکلرات‌ها در آب‌های سطحی و زیرزمینی فوق‌العاده محلول بوده و معمولاً جذب خاک نمی‌شوند و قابلیت تجمع زیستی ندارند (۵،۳،۲،۱). هیپوکلریت سدیم و دیگر ترکیبات کلر که معمولاً برای گندزدایی آب و سفیدکننده استفاده می‌شوند ممکن است حاوی مقادیر ناچیزی از پرکلرات باشند (۶،۱). در سال ۲۰۰۵، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S.EPA) دوز مرجع (RfD= ۰/۷ μg/kg/d) را برای پرکلرات وضع نموده است (۸،۷،۴). سطح توصیه‌شده موقت

بهداشتی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S.EPA) معادل ۱۵ μg/L است (۴). سازمان حفاظت محیط زیست ماساچوست ۲ μg/L را به عنوان استاندارد در آب آشامیدنی منتشر کرده است، در حالی که سازمان خدمات بهداشتی کالیفرنیا ۶ μg/L را به عنوان حداکثر سطح آلاینده (MCL) برای پرکلرات در آب شرب منتشر کرده است. سطوح توصیه‌شده برای پرکلرات در چندین ایالت آمریکا بین ۱-۱۸ μg/L است (۸،۴).

پرکلرات‌ها قابلیت چسبیدن به ذرات خاک را نداشته؛ با این حال، پرکلرات محلول داخل خلل و فرج خاک یا توسط نیروهای موئین از کشش سطحی (جاذبه مولکولی) و یا در خلل و فرج‌های بن بست به دام می‌افتند (۱۰،۹،۱). با این وجود، پرکلرات محلول می‌تواند در اثر توانایی نگهداری ویژه ماتریس خاک، بین ذرات خاک نگه داشته شود. به طور مثال درون ناحیه vadose محدوده ظرفیت نگهداری از ۰/۰۱٪ برای گرانتیت، تا ۳٪ برای ماسه و ۴۸٪ برای رس است (۳). ریختن ترکیبات حاوی پرکلرات به خاک منطقه از طریق نشت یا رواناب (جریان سطحی)، باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند. تخلیه آب‌های زیرزمینی به آب‌های سطحی ممکن است منجر به سطوح بالای پرکلرات به طور موضعی در آب‌های سطحی شود (۱-۳). در محیط‌های خشک، انتقال پرکلرات به آب‌های زیرزمینی به وسیله نفوذ خالص حاصل از بارش محدود شده است. هنگامی که تبخیر و تعرق بالا است، پرکلرات محلول ممکن است تنها قبل از تبخیر آب خاک، فاصله کوتاهی از طریق خاک جابجا شود (۳). پرکلرات‌ها از راه نوشیدن آب یا بلعیدن غذای آلوده به پرکلرات وارد بدن می‌شوند (۵،۲،۱). پرکلرات آنیونی معدنی است که مهارکننده رقابتی قوی پروتئین‌های غشایی یکپارچه انتقال‌دهنده یدید/سديم (NIS) موجود در غشای سلول‌های تیروئیدی است (۱). هورمون تیروئید نقش مهمی در تنظیم متابولیسم ایفا می‌کند. هورمون‌های تیروئید برای رشد و نمو در مرحله رویانی، نوزادی و کودکی نقش بسیار حیاتی دارند. طیف اختلالات ناشی از کمبود ید در مراحل مختلف

رودخانه Nakdong در محدوده ۰/۱۵ تا ۶۰ $\mu\text{g/L}$ و در ساحل رودخانه Yongsan در محدوده ۰/۰۸-۲/۳ $\mu\text{g/L}$ تشخیص داده شد. تا به امروز هیچ یک از کشورهای کره و ژاپن برای پرکلرات در آب آشامیدنی استاندارد تعیین نموده‌اند (۱۶).

ارزیابی وقوع و مواجهه با پرکلرات در گرد و خاک و خاک در چین نشان داد که سطوح بالای پرکلرات در محدوده ۰/۰۱-۲۱۶ mg/kg در نمونه‌های خاک مشاهده شد. همچنین غلظت پرکلرات مشاهده شده در نمونه‌های گرد و غبار در محدوده ۰/۱۳۲-۵۳۰۰ mg/kg شناسایی شد (۱۷). استان خوزستان به دلیل شرایط خاص اقلیمی، اقتصادی و جغرافیایی و هم مرز بودن با کشور عراق همواره در معرض خطرات ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی قرار دارد. از مهم‌ترین منابع احتمالی آلودگی خاک و آب این استان به پرکلرات می‌توان به وقوع جنگ‌های رخ داده در منطقه طی سه دهه اخیر (جنگ ایران و عراق، جنگ عراق و کویت و اشغال عراق توسط ایالات متحده) و پیامدهای ناشی از این جنگ‌ها نظیر پدیده بیابان‌زایی و ایجاد طوفان‌های گرد و غبار، مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی جهت حاصلخیزی اراضی و آلودگی ناشی از فاضلاب خروجی صنایع را می‌توان نام برد. هدف اصلی از انجام این مطالعه تعیین غلظت پرکلرات در خاک و آب‌های سطحی جمع‌آوری شده از مناطق جنگی به منظور کنترل بروز خطرات بهداشتی و کاهش اثرات زیان‌بار بر افراد ناشی از مواجهه با این ماده، در نتیجه ورود آن به محیط زیست و انتقال از طریق آب و غذا است. براساس اطلاعات موجود، این تحقیق اولین گزارش آلودگی محیط زیست ایران (استان خوزستان) به پرکلرات است.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه (شهرستان خرمشهر) در استان خوزستان و با استان بصره عراق هم مرز است. در میان استان‌های جنگ‌زده،

زندگی شامل: سقط، تولد جنین مرده، آنومالی‌های مادرزادی، افزایش مرگ و میر اطفال و نوزادان اختلالات حرکتی و روانی و کم‌کاری تیروئید، کریستینسم عصبی و میکزودمی دیپلثری امپاتیک، کرولالی، عقب‌ماندگی روانی کودکی و نوجوانی، گواتر، کم‌کاری تیروئید، عقب‌ماندگی جسمی و روانی بالغین است (۱۱). مطالعات گوناگونی جهت تعیین میزان و وسعت آلودگی به پرکلرات در خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی، آب شرب و سایر مواد غذایی همچون شیر و ... در سایر کشورها انجام شده است که هدف عمده آن‌ها ارزیابی میزان مواجهه پرکلرات در مדיاهای موجود در محیط و کاهش خطرات ناشی از ورود آن‌ها به محیط زیست بوده است که در ادامه به چند مورد از مطالعات انجام شده به اختصار اشاره می‌گردد.

وقوع پرکلرات در ژاپن در حوزه رودخانه Tone تشخیص داده شد. پرکلرات در غلظت‌های بالا در بالادست رودخانه Tone و رودخانه Usui به عنوان شاخه‌های فرعی آن تشخیص داده شد. حداکثر غلظت‌ها به ترتیب ۳۴۰ و ۲۳۰۰ $\mu\text{g/L}$ بود. منابع احتمالی پرکلرات در دو منطقه به پساب‌های صنعتی نسبت داده شد. نمونه‌های شیر آب در حوضه رودخانه Tone به طور وسیعی آلوده به پرکلرات بوده‌اند (۱۲).

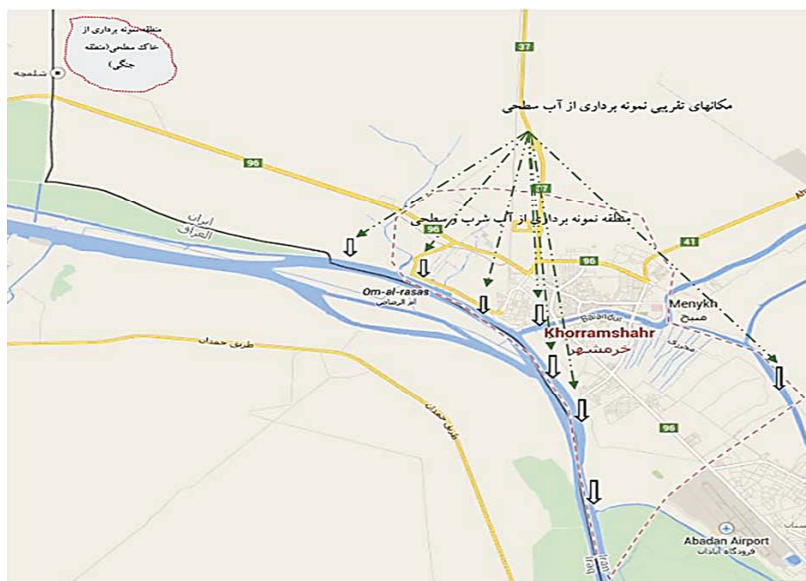
آلودگی وسیع پرکلرات در لجن، برنج، شیر و آب‌های بطری شده از مناطق مختلف چین به اثبات رسید. غلظت پرکلرات در لجن فاضلاب، برنج، آب آشامیدنی بطری شده و شیر به ترتیب در محدوده، ۰/۱۶-۴/۸۸ $\mu\text{g/kg}$ ، ۰/۵۶-۳۷۹/۹ $\mu\text{g/kg}$ ، ۰/۳۷-۲/۰۱۳ $\mu\text{g/L}$ و ۰/۱-۹/۱ $\mu\text{g/L}$ بود (۱۳، ۱۴).

وقوع پرکلرات در آب آشامیدنی، آب زیرزمینی، آب سطحی و بزاق انسان در هند مورد ارزیابی قرار گرفت. پرکلرات در بیشتر (۷۶٪) نمونه‌های آب آنالیز شده، در غلظت‌های بیش از ۰/۰۲ $\mu\text{g/L}$ تشخیص داده شد. غلظت‌های متوسط پرکلرات در آب آشامیدنی، آب زیرزمینی، آب بطری شده، آب سطحی و آب باران به ترتیب ۰/۱، ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۲ $\mu\text{g/L}$ بودند (۱۵).

سنجش پرکلرات در ساحل رودخانه Nakdong و Yongsan در کره نشان داد که غلظت پرکلرات در ساحل

شد (۱۸). با توجه به حجم بالای عملیات نظامی در منطقه مورد مطالعه و احتمال انتشار پرکلرات ناشی از جنگ‌افزارها به محیط زیست منطقه مورد نظر و سایر عوامل احتمالی مهم در انتشار پرکلرات، شهرستان خرمشهر برای مطالعه حاضر انتخاب گردید.

استان خوزستان بیش از همه آسیب‌دیده و به تنهایی ۳۴/۲۷٪ از کل خسارت را داشته است. خرمشهر به مدت ۵۸۷ روز تحت اشغال نظامی ارتش عراق قرار داشت و میزان انهدام و تخریب ناشی از جنگ در منطقه مورد مطالعه حدود ۸۸٪ تخمین زده



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (شهرستان خرمشهر)

رودخانه فوق در مرز ایران و عراق قرار دارد. این رودخانه به عنوان منبع تامین بخشی از آب شرب و کشاورزی و صنعتی شهرهای آبادان و خرمشهر است. جهت جمع‌آوری نمونه خاک، زمین‌های درون منطقه آلوده به صورتی تقسیم شدند که هر نمونه، نشان‌دهنده مساحتی معادل ۱ ha باشد. هنگام جمع‌آوری نمونه حداقل تعداد ۱۰ الی ۱۵ نمونه فرعی به صورت تصادفی و با استفاده از الگوی زیگزاگی که در طول هر ناحیه توزیع شده است گرفته و در یک سطل تمیز ریخته شد. با چارک‌سازی (تقسیم کردن به چهار بخش)، حجم را کاهش داده و حدود ۵۰۰ g نمونه ترکیبی (کامپوزیت) نگه داشته شد. نمونه خاک بعد از خشک شدن در سایه (دور از نور آفتاب) و دمای اتاق در کیسه‌های پلی‌اتیلنی ریخته شده و شماره‌گذاری شدند (۳، ۱۹، ۲۰). از

نمونه‌برداری

نمونه‌های آب و خاک در طی اسفندماه ۹۱ تا فروردین ۹۲ در منطقه مورد مطالعه نمونه‌برداری شدند. تعداد ۳۷ نمونه خاک سطحی، آب شرب و آب سطحی جهت آنالیز پرکلرات از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک سطحی از مناطق مرزی و جنگ‌زده در طی جنگ تحمیلی و به روش نمونه‌برداری ترکیبی جمع‌آوری شد. نمونه‌های آب شرب از مکان‌های عمومی (مساجد، رستوران، فروشگاه و ترمینال و...) به روش نمونه‌برداری تصادفی جمع‌آوری شد. نمونه‌های آب سطحی از رودخانه اروند انجام و در بطری‌های پلی‌اتیلنی ۱۰۰ mL تمیز جمع‌آوری شد. رودخانه اروند با آبدهی $1750 \text{ m}^3/\text{s}$ و طول ۲۰۰ km از هم ریزش رودهای دجله، فرات در عراق و کارون در ایران پدید آمده و ۸۰ km از

پمپ ایزوکراتیک (Isocratic)، دکتور هدایت سنج ۴۳۲ و اترز، نمونه بردار خودکار چسبیده به دستگاه، ستون‌های آنالیز شامل Exchange Guard- Anion- IC-Pak و Pak Insert (WAT010551) و HC Column (WAT026770)، مدول e-SAT / IN، مدول جداسازی ۲۶۹۵ واترز و نرم افزار مدیریت کروماتوگراف Millennium®. 0.4.32 است. شرایط برای سیستم یون کروماتوگرافی به شرح ذیل است: سرعت جریان ۰/۵ mL/min، شوینده (Eluent) محلول سودا ۵۰mM با آب ۱۸/۲ MΩ-cm، حجم تزریق: ۴۰ μL، آشکارساز: هدایت سنجی ۴۳۲ واترز، انرژی: ۲۷۰ μs/cm، فشار برگشتی سیستم: ۴۳۲ psi، هدایت زمینه: ۳ تا ۴ μs. رقت‌های مناسبی از محلول استاندارد ۱۰۰۰ mg/L پرکلرات سدیم برای مطالعات خطی و با استفاده از حد تشخیص روش (MDL) ساخته شده است. یک منحنی استاندارد ۱۲ نقطه‌ای از تزریق حجم مشخصی از استانداردهای کالیبراسیون از ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰، ۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ μg/L ایجاد شد. پیک‌های کامپیوتری تولید شده برای سنجش غلظت‌های نمونه در یک حالت استاندارد خارجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یافته‌ها

غلظت‌های پرکلرات در نمونه‌های خاک سطحی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که پرکلرات با غلظت‌های متفاوت در همه نمونه‌های خاک سطحی جمع‌آوری شده، شناسایی شده است. محدوده غلظت پرکلرات در خاک‌های سطحی ۳/۳-۱۰۷/۹ mg/kg بود.

جدول ۱- غلظت پرکلرات در خاک سطحی مناطق آلوده (mg/kg)

شماره نمونه	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P
پرکلرات (mg/kg)	۸۰	۹۲	۹۳/۹	۷۰/۵	۶۵/۷	۳/۳	۶۰/۱	۸۲/۲	۳۴/۴	۴۵/۵	۸۲/۳	۸۳/۲	۳۵/۱	۱۰۷/۳	۱۰۷/۹
SD	۱۳/۴۵	۲۰/۹۵	۶/۴۱	۱۳/۶۸	۹/۴۹	۴/۲۲	۱۹/۷۷	۳۳/۵۳	۲۸/۴۶	۱۷/۱۴	۵/۳۶	۱۰/۹۵	۱۳/۳	۱۹/۰۴	۲۶/۱۵

مجموع ۳۷ نمونه جمع‌آوری شده، ۴۰/۵۴٪ نمونه آب شرب، ۳۷/۸۳٪ نمونه خاک سطحی و ۲۱/۶۲٪ نمونه آب سطحی بود. نمونه‌ها تا قبل از آنالیز در دمای ۴°C نگهداری شدند.

- آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها:

جهت آماده‌سازی نمونه‌های خاک، نمونه‌های خاک وزن شده و در ظروف استخراج قرار داده شد و با افزودن آب دیونیزه ۱۸/۲ MΩ-cm به خاک و اختلاط مکانیکی (۱۰:۱ خاک: آب) عصاره‌گیری صورت گرفت. عصاره استخراج شده از فیلتر ۰/۲ μm عبور داده شده و یا مستقیماً برای یون پرکلرات آنالیز و یا قبل از آنالیز رقیق (جهت کاهش هدایت ماتریکس به سطوح قابل قبول) می‌شود. نمونه‌های آب شرب و سطحی پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، از فیلتر ۰/۲ μm رد شده و آب عبوری از فیلتر برای آنالیز پرکلرات با یون کروماتوگرافی مورد استفاده قرار گرفت (۲۱).

- استانداردها و معرف‌ها:

آب دیونیزه (DI H₂O)، درجه نوع معرف I، مقاومت ۱۸/۲ MΩ-cm یا بهتر، پرکلرات سدیم، درجه معرف A.C.S ۹۹٪ (سیگما آلدریج)، نمک‌های سدیم درجه معرف A.C.S (سیگما آلدریج) مورد استفاده برای ساختن استانداردهای دیگر آنیون‌ها برای مطالعات مداخله‌ای.

- آماده‌سازی استانداردها:

۱/۴۱۲۰g از پرکلرات سدیم مونو هیدراته در ۱۰۰۰ mL آب دیونیزه حل می‌شود تا محلول استاندارد ۱۰۰۰ mg/L تهیه شود.

- آنالیز با یون کروماتوگرافی:

تجزیه و تحلیل نمونه با استفاده از سیستم یون کروماتوگرافی Alliance شرکت واترز (WATERS) انجام شده است. سیستم یون کروماتوگرافی Alliance متشکل از

شد. محدوده غلظت پرکلرات در آب‌های سطحی و شرب به ترتیب $۷۰۰-۵۸۰۰ \mu\text{g/L}$ و $۱۴۰-۵۸۰۰ \mu\text{g/L}$ تشخیص داده شد.

غلظت‌های پرکلرات در نمونه‌های آب شرب و سطحی در منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. پرکلرات در همه نمونه‌های مورد آنالیز و در غلظت‌های بالا شناسایی

جدول ۲- غلظت پرکلرات در آب سطحی و آب آشامیدنی منطقه آلوده ($\mu\text{g/L}$)

آب آشامیدنی		آب سطحی	
شماره نمونه	پرکلرات ($\mu\text{g/L}$)	شماره نمونه	پرکلرات ($\mu\text{g/L}$)
۹	۲۷۰۰	۱	۵۵۰۰
۱۰	۵۹۰۰	۲	۴۲۰۰
۱۱	۱۷۰۰	۳	۴۲۴۰
۱۲	۷۴۰۰	۴	۱۹۰۰
۱۳	۳۸۰۰	۵	۵۴۲۰۰
۱۴	۲۲۰۰	۶	۵۸۰۰
		۷	۵۳۷۰۰
		۸	۱۴۰۰
			۱۹۰۰
			۳۳۰۰

زیرزمینی نشان داده شده است.

در جدول ۳ استانداردهای توصیه شده برخی از کشورها و ایالت‌های آمریکا برای میزان پرکلرات در خاک، آب شرب و

جدول ۳- استانداردهای کشوری / ایالتی توصیه شده میزان پرکلرات در آب شرب/آب زیرزمینی و خاک (۴)

کشور/ایالت	آب ($\mu\text{g/L}$)	سطح توصیه شده MCLs/ خاک (mg/kg)
جمهوری اسلامی ایران	توصیه نشده	توصیه نشده
سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)	۱۵	-
آلاباما	۲۴/۵	۸ (مسکونی) ۱۰۰ (غیرمسکونی)
آریزونا	۱۴	۵۵ (مسکونی) ۷۲۰ (غیرمسکونی)

ادامه جدول ۳- استانداردهای کشوری / ایالتی توصیه شده میزان پرکلرات در آب شرب/آب زیرزمینی و خاک (۴)

سطوح توصیه شده MCLs		کشور/ایالت
آب (µg/L)	خاک (mg/kg)	
۶	۲۸ (مسکونی) ۳۵۰ (غیرمسکونی)	کالیفرنیا
۱	۵۴/۸ (مسکونی) ۲۱۷ (حفاری) ۷۹۵ (صنعتی)	نیومکزیکو
۱۵	۷۲	ویرجینیا
۱ (آب شرب) ۲/۶ (آب زیرزمینی)	۵/۵ (مسکونی) ۷۲ (غیرمسکونی)	میرلند
۰/۹۱	۲ (مسکونی) ۱۰۰ (غیرمسکونی)	نبراسکا

جدول ۴ نشان دهنده میزان کودهای شیمیایی توزیع شده (به عنوان منبع احتمالی انتشار پرکلرات) در استان خوزستان، کل کشور و سهم استان خوزستان در مصرف کودهای شیمیایی نسبت به کل کشور طی یک دوره ده ساله (۱۳۹۱-۱۳۸۱) را نشان می دهد.

جدول ۴- میزان کودهای شیمیایی توزیع شده بین سالهای ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ در استان خوزستان و درصد مصرف سالانه نسبت به کل کشور (تن در سال) (۲۲)

نام استان	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
استان خوزستان	۲۸۳۴۴۱	۳۱۸۵۶۲	۳۵۹۴۳۱	۳۴۵۸۷۵/۶	۳۸۶۱۹۴/۹	۳۴۴۵۳۳	۲۸۷۴۹۴	۲۹۰۱۶۳	۲۵۷۰۹۱	۱۸۵۱۵۷	۱۹۷۳۴۵
کل کشور	۲۸۳۱۷۰۰	۳۰۲۱۰۴۹	۳۶۶۴۹۳۳	۳۳۸۶۶۴۴	۴۱۸۹۴۹۹	۳۴۱۶۴۸۳	۳۳۴۵۷۸۵	۲۹۵۹۴۵۳	۲۶۹۹۹۲۰	۱۶۰۳۶۲۳	۱۶۱۸۱۷۷
درصد مصرف سالانه	۱۰٪	۱۰/۵۴٪	۹/۸٪	۱۰/۲۱٪	۹/۲۱٪	۱۰/۰۸٪	۸/۵۹٪	۹/۸٪	۹/۵۲٪	۱۱/۵۴٪	۱۲/۲٪

جدول ۵ نشان دهنده میزان سموم شیمیایی توزیع شده (به عنوان منبع احتمالی انتشار پرکلرات) برای دفع آفات در مزارع و باغات استان خوزستان، کل کشور و سهم استان خوزستان در مصرف سموم شیمیایی نسبت به کل کشور طی یک دوره ده ساله (۱۳۹۱-۱۳۸۱) را نشان می دهد.

جدول ۵- میزان سموم شیمیایی توزیع شده در استان خوزستان بین سالهای ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ و درصد مصرف سالانه نسبت به کل کشور (تن در سال) (۲۲)

نام استان	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
استان خوزستان	۱۰۱۶/۲۸	۱۱۶۶/۱۱۵	۱۳۵۸/۴۷۹	۱۵۱۴/۱۱۶	۱۵۲۸/۸۹۴	۱۲۹۹/۵۸۹	۴۴۲/۳۳۸	۲۱۱/۶۸۲	۵۳/۲۰۴	۱۲۷/۲۵۷	۳۴/۷۲۷
کل کشور	۲۵۸۲۲/۴۱۸	۲۸۱۹۴/۰۰۵	۲۷۰۹۸/۸۶۲	۱۹۸۰۷/۸۱۴	۲۰۷۷۲/۰۳۵	۱۴۳۵۴/۱۲۵	۸۷۱۷/۸۱۶	۵۸۲۹/۸۲۵	۸۶۴/۵۸۹	۱۱۸۱/۱۸۷	۸۸۳/۸۹۷
درصد مصرف سالانه	۳/۹۳٪	۴/۱۳٪	۵/۰۱٪	۷/۶۴٪	۷/۳۶٪	۹/۰۵٪	۵/۶۵٪	۳/۶۳٪	۶/۱۵٪	۱۰/۷۷٪	۱/۸۴٪

بحث

این مطالعه به منظور ارزیابی و تعیین غلظت پرکلرات در خاک سطحی و آب استان خوزستان (منطقه موردی: شهرستان خرمشهر) انجام گردید. در این مطالعه پرکلرات در آب شرب و آب سطحی برای ارزیابی آلودگی به پرکلرات در منطقه مورد مطالعه مورد آنالیز قرار گرفت. از مجموع ۱۴ نمونه آب شرب و ۸ نمونه آب سطحی که مورد بررسی قرار گرفت، در تمامی نمونه‌ها پرکلرات در غلظت‌های بالا مشاهده شد (جدول ۱). هر چند که در این مطالعه تعداد نمونه‌های آب شرب و آب سطحی و دوره‌های نمونه‌برداری محدود بوده‌اند، غلظت پرکلرات در همه نمونه‌های آب سطحی بالاتر از $15 \mu\text{g/L}$ بود که به عنوان سطح توصیه شده موقت بهداشتی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S.EPA) برای پرکلرات اختصاص داده شد. فرهنگستان ملی علوم (NAS) را به عنوان یک فاکتور عدم قطعیت در ایجاد دوز مرجع $(\text{Pro} = 0.7 \mu\text{g/kg/day})$ برای پرکلرات پذیرفته است (۱۳). در یک حوزه آبریز آلوده به پرکلرات از منابع صنعتی در ژاپن، از ۲۷ نمونه آب شهر، غلظت‌های پرکلرات در ۱۹ نمونه بیش از $1 \mu\text{g/L}$ بود که ۱۳ نمونه غلظتی بیش از $10 \mu\text{g/L}$ داشتند. غلظت پرکلرات در نمونه‌های آب برداشته شده از وسط و پایین حوزه آبریز رودخانه Tone، به طور کلی در محدوده $10-20 \mu\text{g/L}$ بودند. حداکثر غلظت پرکلرات در آب‌های بالادست رودخانه Tone و Usui به ترتیب معادل $340 \mu\text{g/L}$ و $2300 \mu\text{g/L}$ بود (۱۲). آب شهر نمونه‌برداری شده در کره حاوی غلظت‌های پرکلرات در محدوده $35-15 \mu\text{g/L}$ بود. همچنین نمونه‌های آب از رودخانه Nakdong و Yeongsan در آن کشور حاوی سطوح قابل توجهی از پرکلرات ($60-0.05 \mu\text{g/L}$) بود (۱۶). غلظت‌های پرکلرات در نمونه‌های آب شرب و سطحی از هند، یک تا دو مرتبه کمتر از غلظت‌های گزارش شده برای ژاپن، کره و ایالات متحده بود. در مطالعه حاضر غلظت پرکلرات در آب‌های سطحی و آب‌های شرب نسبت به مطالعات انجام گرفته در سطح بسیار بالاتری بود.

با توجه به نقش مهم و بالفعل خاک‌ها در آلودگی آب‌های سطحی، نمونه‌برداری از خاک‌های سطحی منطقه مورد مطالعه انجام شد. از مجموع ۱۵ نمونه خاک سطحی نمونه‌برداری شده از منطقه مورد مطالعه برای آنالیز پرکلرات و ارزیابی آلودگی خاک‌های منطقه به پرکلرات، تمامی نمونه‌های خاک آلوده به پرکلرات تشخیص داده شد (جدول ۱). شکل ۱ نشان‌دهنده منطقه مورد مطالعه است. غلظت پرکلرات در نمونه‌های خاک در محدوده $107/9-3/3 \text{ mg/kg}$ مشاهده شد که نشان‌دهنده این است که آلودگی خاک سطحی به پرکلرات در منطقه مورد مطالعه گسترده است. میزان آلودگی به پرکلرات در نمونه‌های خاک سطحی جمع‌آوری شده در Las Vegas Wash, Nevada در محدوده $512-0.02 \text{ mg/kg}$ تشخیص داده شد (۱۳).

در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که منابع پرکلرات در آب و خاک شامل وقوع جنگ‌های رخ داده در منطقه و آلودگی ناشی از آلاینده‌های باقی‌مانده جنگ‌افزارها، استفاده بی‌رویه از کودها و سموم کشاورزی، ورود پساب‌های صنعتی به آب‌های سطحی جاری در منطقه، وقوع پدیده گرد و غبار و انتقال آلاینده‌ها به مکان‌های دیگر باشد. در فرسایش بادی حمل و نقل مواد به وسیله باد انجام می‌شود.

وقوع طوفان‌های گرد و غبار طی سال‌های اخیر بسیاری از مناطق جنوبی و غربی کشور از جمله استان خوزستان را تحت تاثیر قرار داده و باعث مشکلات جدی زیست‌محیطی در این مناطق گردیده است (۱۰). پرکلرات‌ها ممکن است از خاک به اتمسفر توسط فرسایش بادی منتقل شوند (۱). استفاده وسیع از سلاح و مهمات در طی جنگ‌های رخ داده در منطقه و انتشار آلاینده‌هایی نظیر پرکلرات باعث آلودگی خاک منطقه گردیده است. آنالیز ترکیب طوفان‌های گرد و غبار در استان نشان داد که ذرات اصلی موجود در گرد و غبار از دو نوع رس و سیلت هستند. با توجه به قابلیت بالای خاک رس در جذب آلاینده‌های شیمیایی آلی و معدنی، خطر انتقال آلاینده‌ها از طریق گرد و غبار وجود دارد (۱۰، ۲۳). در مطالعه انجام شده

شد نشان داده شد که پرکلرات در سطوحی تا ۰/۸۴٪ وزنی وجود دارد؛ که این نتایج مقدماتی پیشنهاد می‌کند که پرکلرات می‌تواند در زنجیره غذایی تجمع پیدا کند (۲۶).

یکی دیگر از منابع احتمالی مهم پرکلرات، ورود پساب‌های صنعتی به آب‌های سطحی جاری در سطح منطقه مورد مطالعه که از آن‌ها به عنوان منبع تامین آب و کشاورزی استفاده می‌شود. با توجه به پتانسیل بالای ابعاد توسعه گوناگون در استان خوزستان، توسعه‌های صنعتی باعث آلودگی روزافزون منابع آب می‌شود. در استان خوزستان ۱۷۱۰ تاسیسات صنعتی فعال وجود دارد که فاضلاب تولیدی آن‌ها روزانه وارد ۵ حوزه آبی کارون، دز، جراحی، کرخه و زهره می‌شوند. بیشتر این صنایع در حوزه‌های آبی کارون (۱۰۴۴ واحد صنعتی)، دز (۳۲۴ واحد صنعتی) و جراحی (۲۹۰ واحد صنعتی) قرار دارند (۲۷). رودخانه اروند که از هم ریزش رودهای دجله، فرات و سپس کارون پدید آمده است به عنوان منبع آب شرب و کشاورزی شهرهای آبادان و خرمشهر استفاده می‌شود. سر شاخه‌های اروندرود به طور عمده در کشورهای ترکیه، سوریه و عراق جاری هستند که با مشکلات کمی و کیفی آب مواجه هستند و در کشورهای پایین دست (ایران) به علت توسعه‌های بالا دستی بر این مشکلات افزوده می‌شود (۲۸). تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی میزان آلودگی پرکلرات در نمونه‌های محیطی در ایران انجام نشده است. یافته‌های این تحقیق نشان داده که غلظت پرکلرات در نمونه‌های زیست محیطی (آب و خاک) به طور قابل توجهی بالا بوده و منابع احتمالی انتشار پرکلرات به محیط زیست در استان خوزستان به طور بالقوه وجود دارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه پرکلرات به عنوان یک آلاینده زیست‌محیطی از اهمیت خاصی برخوردار است و می‌تواند از نظر تاثیر بر بهداشت عمومی مهم باشد، لذا پایش خاک‌های سطحی که به طور بالفعل عامل آلودگی آب‌های سطحی و سایر مواد

در چین به منظور ارزیابی وقوع و مواجهه با پرکلرات در گرد و غبار و خاک، پرکلرات در همه نمونه‌های خاک و گرد و غبار بیرونی شناسایی شد. سطوح بالای پرکلرات در محدوده $0.001-216 \text{ mg/kg}$ در نمونه‌های خاک مشاهده شد. همچنین غلظت پرکلرات مشاهده شده در نمونه‌های گرد و غبار در محدوده $0.132-5300 \text{ mg/kg}$ شناسایی شد (۱۷). یکی دیگر از منابع احتمالی مهم پرکلرات، مصرف بی‌رویه و نابجا از کودها (به خصوص نیترا ته) و سموم شیمیایی در مزارع و باغات جهت حاصلخیزی خاک و دفع آفات است. در عمل همیشه مقداری از این مواد از زمین خارج می‌شوند که یا از طریق نشت باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی شده و یا در هنگام بارندگی از طریق روان آب‌های سطحی، علاوه بر آلودگی خاک، آب‌های سطحی را نیز آلوده می‌کنند. توجه به نقش احتمالی کودها و سموم شیمیایی در آلودگی زیست‌محیطی پرکلرات به دو دلیل است؛ ابتدا، روان آب‌های کشاورزی حاوی پرکلرات می‌تواند منجر به آلودگی آبراهه‌های طبیعی که به عنوان منبع آب آشامیدنی هستند شده و دوم اینکه این احتمال وجود دارد که گیاهان خوراکی با جذب ترکیبات محلول حاوی نمک‌های پرکلرات و ارائه یک مسیر جایگزین مواجهه را فراهم می‌کنند (۱). براساس مطالعات انجام شده، استان خوزستان ۳/۸۹٪ از مساحت ایران را تشکیل می‌دهد و به طور متوسط ۱۲٪ کل تولیدات زراعی و ۱/۵٪ تولیدات باغی کشور را به خود اختصاص می‌دهد (۲۴). براساس آمارهای موجود (جدول ۴ و ۵)، استان خوزستان طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۱ به طور متوسط ۱۰٪ مصرف کود شیمیایی و ۶٪ مصرف سموم شیمیایی کشور را به خود اختصاص می‌دهد (۲۲). در مطالعه انجام شده توسط Urbansky و همکاران برای تعیین سطح پرکلرات در نمونه‌های کودهای نیترات سدیم به دست آمده از نیترات سدیم ناخالص در شیلی، مشخص شد که غلظت پرکلرات در کودهای جامد، به طور متوسط حاوی ۱/۵ تا $1/8 \text{ mg/g}$ با اختلاف نسبی ۱۵٪ بودند (۲۵). علاوه بر این در مطالعه دیگری که توسط Sursala و همکاران انجام

انتشار پرکلرات در منطقه شناسایی شده که بر بروز مشکلات ناشی از آلودگی می‌افزاید.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان بررسی میزان آلودگی خاک و آب‌های سطحی منطقه آلوده به پرکلرات مصوب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در سال ۹۱ با کد ۲۹۱۱۴۹ است که نویسندگان بدین طریق مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت پژوهشی این دانشکده به عمل می‌آورند.

منابع

1. ATSDR. Toxicological profile for perchlorates. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2008 Sep.
2. ITRC. Remediation technologies for perchlorate contamination in water and soil. Washington DC: Interstate Technology & Regulatory Council, Perchlorate Team; 2008 Mar.
3. DOD. Perchlorate handbook. United State: Department of Defense Environmental Data Quality Workgroup; 2006 Mar.
4. ASTSWMO. Perchlorate policy update. Washington DC: Federal Facilities Research Center, Association of State and Territorial Solid Waste Management Officials; 2011.
5. Srinivasan A, Viraraghavan T. Perchlorate: health effects and technologies for its removal from water resources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2009;6(4):1418-42.
6. Greiner P, McLellan C, Bennett D, Ewing A. Occurrence of perchlorate in sodium hypochlorite. *Journal-American Water Works Association*. 2008;100(11):68-74.
7. Kucharzyk KH, Crawford RL, Cosens B, Hess TF. Development of drinking water standards for perchlorate in the United States. *Journal of Environmental Management*. 2009;91(2):303-10.
8. Tikkanen MW. Development of a drinking water

غذایی و همچنین آب‌های سطحی در منطقه به عنوان منبع شرب و کشاورزی، می‌تواند از نظر بهداشتی و سلامتی دارای اهمیت قابل توجهی است. نتایج مطالعه حاضر بیانگر آن است که میزان پرکلرات در خاک‌های سطحی، آب‌های سطحی و شرب در سطح منطقه مورد مطالعه فوق‌العاده بالا و بیش از حد استاندارد بوده و سلامت مصرف‌کنندگان مورد تهدید است. از طرفی بسیاری از فعالیت‌های انسانی (آلاینده‌های باقی مانده ناشی از جنگ‌های رخ داده در منطقه، خروجی فاضلاب صنایع و ورود به آب‌های سطحی، استفاده بی‌رویه از کودها و سموم شیمیایی و طوفان‌های گرد و غبار) به عنوان منابع احتمالی

- regulation for perchlorate in California. *Analytica Chimica Acta*. 2006;567(1):20-25.
9. Urbansky ET, Brown SK. Perchlorate retention and mobility in soils. *Journal of Environmental Monitoring*. 2003;5(3):455-62.
10. Zarasvandi A. Geochemical composition and source of dust storms particles in Khuzestan Province: Concerning on Geo-environmental parameter. 13th Soil Science Congress; 2014 Jan 28-30; Ahwaz, Iran (in Persian).
11. Besharati N. Determination of iodine in Whitefish. 9th Iranian Nutrition Congress; 2006 Sep 4-7; Tabriz, Iran (in Persian).
12. Kosaka K, Asami M, Matsuoka Y, Kamoshita M, Kunikane S. Occurrence of perchlorate in drinking water sources of metropolitan area in Japan. *Water research*. 2007;41(15):3474-82.
13. Shi Y, Zhang P, Wang Y, Shi J, Cai Y, Mou S, et al. Perchlorate in sewage sludge, rice, bottled water and milk collected from different areas in China. *Environment International*. 2007;33(7):955-62.
14. Wu Q, Zhang T, Sun H, Kannan K. Perchlorate in tap water, groundwater, surface waters, and bottled water from China and its association with other inorganic anions and with disinfection byproducts. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2010;58(3):543-50.
15. Kannan K, Praamsma ML, Oldi JF, Kunisue T,

- Sinha RK. Occurrence of perchlorate in drinking water, groundwater, surface water and human saliva from India. *Chemosphere*. 2009;76(1):22-26.
16. Quiñones O, Oh JE, Vanderford B, Kim JH, Cho J, Snyder SA. Perchlorate assessment of the Nakdong and Yeongsan watersheds, Republic of Korea. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2007;26(7):1349-54.
17. Gan Z, Sun H, Wang R, Deng Y. Occurrence and exposure evaluation of perchlorate in outdoor dust and soil in mainland China. *Science of the Total Environment*. 2014;470:99-106.
18. Pourahmad A. The geographic dimension of reconstruction of the destructed area of Khuzestan province. *Journal of Faculty of Letters and Human Sciences*. 1998;147(146):21-34 (in Persian).
19. Radojevic M, Bashkin V. *Practical Environmental Analysis*. 2nd ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry; 2006.
20. Carter MR, Gregorich EG. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd ed. London: CRC Press; 2007.
21. Smith PN, Yu L, McMurry ST, Anderson TA. Perchlorate in water, soil, vegetation, and rodents collected from the Las Vegas Wash, Nevada, USA. *Environmental Pollution* 2004;132(1):121-27.
22. Ebadzadeh H, Mohammadnia S, Abbas-Taghani R, Saadat-Akhtar A, Moradi-Eslami A, Abbasi M, et al. *Agricultural statistics*. Tehran: Ministry of Agriculture Jihad; 2013 (in Persian).
23. Barati E. Environmental pollution and its impact on biological complexes (with emphasis on soil pollution). *Roshd Geography Training Journal*. 2009;(86):25-31 (in Persian).
24. Gharedaghi H, Motesharezadeh B. Chemical fertilizers consumption in Khuzestan province, optimal or non-optimal?. 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress; 2011 Feb 1-3; Tehran, Iran (in Persian).
25. Urbansky E, Brown S, Magnuson M, Kelty C. Perchlorate levels in samples of sodium nitrate fertilizer derived from Chilean caliche. *Environmental Pollution*. 2001;112(3):299-302.
26. Susarla S, Collette T, Garrison A, Wolfe N, McCutcheon S. Perchlorate identification in fertilizers. *Environmental Science & Technology*. 1999;33(19):3469-72.
27. Jafarzadeh N, Rostami S, Sepehrfar K, Lahijan-zadeh A. Identification of the water pollutant industries in Khuzestan Province. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2004;1(2):36-42.
28. Ghandhari A, Shadzad S, Abrishamchi A, Tajrishi M. Effects of upstream activities on water quality of Arvand River and Karun River. 2nd Conference of Water Resources Management; 2007 Jan 23-24; Isfahan, Iran (in Persian).



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Determination of perchlorate concentration in water and soil surface of war zones (case study: Khorramshahr county)

M.M Amin¹, M. Giahi^{2*}, M. Mansourian³

¹ Professor, Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-communicable disease, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran, and Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran;

² MSc, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran, and Department of Environmental Health Engineering, Student Research Center, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran;

³ Assistant, Department of Biostatistics and Epidemiology, Health School, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 8 August 2015;

Accepted: 2 November 2015

Key words: Perchlorate, surface soil, ion chromatography, Khorramshahr county

***Corresponding Author:**

majid.giahi61@gmail.com

Tel: +989171485088

ABSTRACT

Background and Objectives: Perchlorate, as an emerging contaminant, has attracted notice of the most individuals and organizations. Presence of perchlorate in the human body can lead to inappropriate regulation of metabolism in adults. Moreover, due to inhibition of iodide uptake in the thyroid gland, it causes neurological and behavioral problems in infants and children. United States Environmental Protection Agency (EPA) has enacted 15 µg/L perchlorate in drinking water as a guideline value. Regarding the possible sources and potential presence of perchlorate in the environment of the study area, and the unique characteristics of this pollutant, such as extreme water solubility, high mobility in soils and stability in the environment, the status of its contamination was assessed in soil, surface water and drinking water in the study area (Khorramshahr County).

Materials and Methods : Soil and water samples were taken during February to April, 2013. Combined sampling was used for soil sample collection and the random sampling was used for water (surface and drinking water) samples. Each sample was analyzed using ion chromatography. In this study, 15 samples of surface soil and 22 samples of surface and drink water were tested for perchlorate analysis.

Results: It was found that all surface soil and water samples collected from the study area were contaminated with perchlorate and exceed the standard level. Concentration of perchlorate in surface water and drinking water was 1400-5800 and 700-5900 µg/L respectively and in surface soils was 3.3-107.9 mg/kg.

Conclusion: The assessment of perchlorate in soil, surface water, and drinking water in the study area is extremely higher than recommended standards and therefore is a threat to the health of consumers.

Please cite this article as: Amin MM, Giyahi M, Mansourian M. Determination of perchlorate concentration in water and soil surface of war zones (case study: Khorramshahr county). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;8(4):411-22.