

ارزیابی ریسک آفت‌کش‌های دیازینون، مالاتیون و فایکام در آب آشامیدنی

شهرستان‌های نیک‌شهر و ایرانشهر

حسین یاوریان^۱، حسین کمانی^۲، محسن دهقانی قناتگستانی^۳، آژیر خلیل آریا^۳

۱. گروه مدیریت محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
۲. مرکز تحقیقات بیماری‌های عفونی و گرمسیری، پژوهشکده علوم سلولی، مولکولی در بیماری‌های عفونی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران
۳. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت:	چکیده
۱۴۰۳/۰۶/۲۲	زمینه و هدف: توسعه کشاورزی و استفاده گسترده از سموم دفع آفات منجر به باقی‌ماندن طولانی‌مدت آن‌ها در محیط و نفوذ آفت‌کش‌ها به منابع آبی شده است. با توجه به ضرورت حفاظت از منابع آب آشامیدنی، این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک آفت‌کش‌های دیازینون، مالاتیون و فایکام در آب آشامیدنی شهرستان‌های ایرانشهر و نیک‌شهر واقع در جنوب استان سیستان و بلوچستان انجام گردید.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸	روش‌ها: در این مطالعه ۲۴ نمونه آب از منابع آب آشامیدنی شهرستان‌های ایرانشهر و نیک‌شهر در ۴ فصل سال جمع‌آوری شد. استخراج مایع-مایع با استفاده از حلال دی‌کلرومتان انجام شد و غلظت با استفاده از سیستم کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) مدل KNAUER مجهز به آشکارساز UV اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت مقایسه گردید؛ و ارزیابی خطر بهداشتی آن‌ها از طریق روش EPA انجام شد.
کلیدواژه‌ها: آفت‌کش‌ها، ارزیابی خطر بهداشتی، ایرانشهر و نیک‌شهر، برنامه ایمنی آب، مدیریت حفاظت از منابع آب	نتایج: نتایج نشان داد که سموم دیازینون و مالاتیون در آب آشامیدنی مناطق مورد مطالعه قابل شناسایی هستند؛ اما فایکام شناسایی نشد. بیشترین میانگین غلظت دیازینون و مالاتیون در این دو شهر مربوط به نیک‌شهر بوده که به ترتیب 0.358 ± 0.032 و 0.184 ± 0.025 میکروگرم بر لیتر محاسبه گردیده که بسیار کمتر از استاندارد سازمان جهانی بهداشت است.
تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه محفوظ است.	نتیجه‌گیری: نسبت خطر دیازینون برای کودکان بیشتر از بزرگسالان بوده و در نیک‌شهر و ایرانشهر به ترتیب 0.076 و 0.039 بدست آمد که نشان می‌دهد آب آشامیدنی این دو شهر در سطح ایمن قرار دارد؛ اما با این وجود اقدامات پیشگیرانه و مدیریت حفاظت از منابع آب و اجرای برنامه ایمنی آب ضروری است.

مقدمه

توسعه کشاورزی برای پاسخ‌گویی به نیاز غذایی جامعه، امری اجتناب‌ناپذیر است؛ اما در کنار آن، پیامدهایی ناخواسته و نامطلوب برای زندگی انسان‌ها و محیط‌زیست رخ می‌دهد از جمله مهم‌ترین پیامدهای نامطلوب توسعه کشاورزی، آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی است که در نتیجه عوامل متعددی مانند فرسایش خاک و کاربرد بی‌رویه کود و سموم پدید می‌آید. دسترسی به آب سالم برای بقای انسان‌ها، حیوانات، گیاهان و سایر موجودات زنده ضروری است و نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت زندگی آنها دارد؛ بنابراین، آب آشامیدنی نباید حاوی آلاینده‌های ناخواسته، میکروارگانیسم‌ها یا مواد شیمیایی مضر از جمله آفت‌کش‌ها باشد (۱، ۲) طی دو دهه اخیر، مصرف آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی برای مقاصد کشاورزی و غیرکشاورزی بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و باعث حضور باقیمانده‌های سموم در منابع آبی شده است (۳). فعالیت‌های انسانی فاضلاب‌های حاصل از فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و معدنی منابع انسانی آلاینده‌هایی مانند سموم و آفت‌کش‌ها هستند (۴). استفاده بیش از حد از آفت‌کش‌ها باعث آلودگی محیطی می‌شود که آلودگی مواد غذایی و اثرات قابل توجهی بر کشاورزی، آب‌های زیرزمینی، محصولات باغی و سلامت انسان‌ها را به دنبال دارد.

آلودگی منابع آب به آفت‌کش‌ها یک موضوع زیست محیطی ناشی از گسترش کشاورزی است که در سالهای اخیر یک چالش زیست محیطی محسوب می‌گردد (۵). آفت‌کش‌ها می‌توانند با شستشوی مستقیم یا آبیاری به منابع آب نفوذ کنند. همچنین بارندگی می‌تواند ورود آفت‌کش‌ها به آب‌های سطحی و نفوذ آنها به منابع آب زیرزمینی را تسهیل بخشد (۶). ورود آفت‌کش‌ها به منابع و شبکه‌های آب آشامیدنی به دلیل اثربخشی در غلظت بسیار کم و سمیت بالا می‌تواند به سلامت انسان و محیط زیست آسیب برساند (۷).

رایج‌ترین آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها هستند که تقریباً ۸۰ درصد از کل مصرف آفت‌کش‌ها را تشکیل می‌دهند (۸). از نظر ترکیب

آفت‌کش‌ها به گروه‌های ارگانوکلره، ارگانوفسفره (دیازینون و مالاتیون و ...)، ارگانونیتروژن یا کاربامات (فایکام و ...) و پیرتروئید تعلق دارند (۹). در بین آفت‌کش‌های داده شده، ترکیبات آلی فسفره به قدری متنوع هستند که حدود ۴۰ درصد از آنها را تشکیل می‌دهند. در ایران سالانه حدود ۲۴ هزار تن سموم دفع آفات عمدتاً در فصل بهار مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). با توجه به بارندگی زیاد در این فصل و علاوه بر آن آبیاری سنتی مزارع کشاورزی، سموم دفع آفات را می‌توان شسته و وارد آب‌های سطحی نماید. که در نهایت جذب لایه‌های مختلف خاک شده و یا به آب‌های زیرزمینی نفوذ می‌کنند.

آفت‌کش‌های ارگانوفسفره نشان‌دهنده دسته‌ای از آفت‌کش‌ها هستند که به‌طور گسترده در مزارع کشاورزی به منظور جلوگیری از تلفات محصول ناشی از انواع آفات استفاده می‌شوند (۱۱). به دلیل استفاده گسترده از آنها، ماندگاری آنها در محیط زیست نگرانی‌های جدی برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد کرده است. این آفت‌کش‌ها بسیار سمی و مهارکننده‌های بالقوه کولین استراز هستند، آنزیمی که برای عملکرد سیستم عصبی مرکزی و محیطی حیاتی است. با توجه به اینکه سموم مصرفی غالب در این دو شهرستان دیازینون و مالاتیون و فایکام است. در این پژوهش به بررسی این سموم پرداخته شد. دیازینون و مالاتیون از پرمصرف‌ترین حشره‌کش‌های ارگانو فسفره هستند. دیازینون یکی از رایج‌ترین آفت‌کش‌های ارگانوفسفره با پایداری ضعیف در محیط است. این آفت‌کش در دمای بالا و نور خورشید تجزیه می‌شود. نیمه عمر این آفت‌کش در آب، خاک، موجودات زنده و هوا به ترتیب ۱۴۰، ۱۰۰، ۳۰ و کمتر از ۱ روز است (۱۲، ۱۳). در ایران به‌طور متوسط طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴، ۲۰۱۴ تن سموم دفع آفات مورد استفاده قرار گرفت که ۵ درصد آن دیازینون بود (۱۴). در استان سیستان و بلوچستان دیازینون به‌طور گسترده برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. دیازینون یک عامل تماسی بسیار موثر است. که سطح آنزیم‌های کبدی و

جنوب استان سیستان و بلوچستان و همچنین کمبود آب آشامیدنی سالم و نبود اطلاعات کافی در مورد سلامت آب شرب، در این کار چالش وجود این سموم در منابع آب در اولویت قرار گرفت. شهرهای نیک‌شهر و ایرانشهر با بیش از ۳۰۰ هزار نفر جمعیت بیشتر از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند که ممکن است تحت تاثیر فعالیتهای کشاورزی و نفوذ آفت‌کش‌ها سلامت مردم به مخاطره بیفتد. لذا این مطالعه با پهنه بندی نقاط مختلف جغرافیایی و نمونه برداری بر اساس آن و شناسایی نقاط پرخطر دارای مخاطرات بهداشتی و پراکندگی مکانی آفت‌کش‌ها، برای اولین بار با هدف کلی تعیین غلظت آفت‌کش‌های دیازینون، مالاتیون و فایکام در آب آشامیدنی جنوب استان سیستان و بلوچستان و ارزیابی خطر سرطان زایی و غیرسرطان زایی آن انجام شد.

روش‌ها

منطقه مطالعه

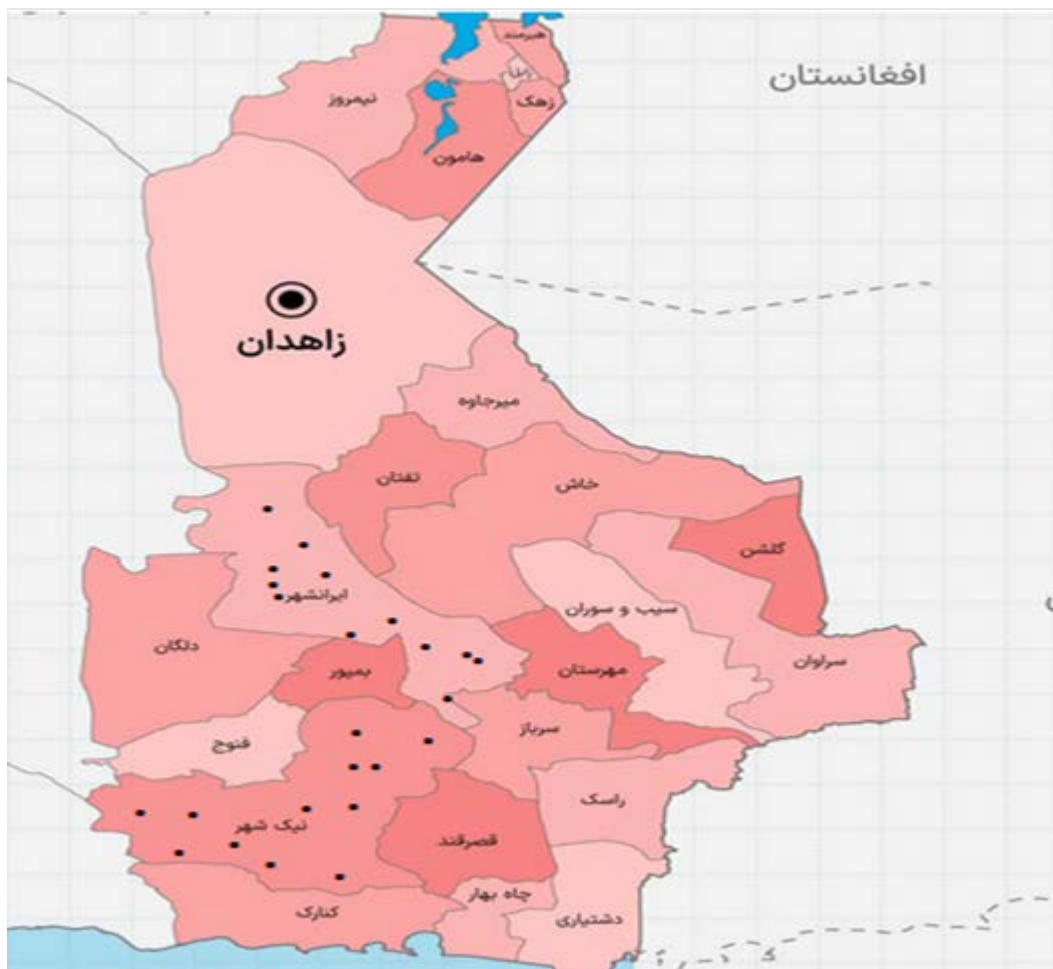
منطقه مورد مطالعه این تحقیق جنوب استان سیستان و بلوچستان و شهرستان‌های نیک‌شهر و ایرانشهر است (شکل ۱). آب این دو شهر از طریق بیش از ۱۰۴۲ حلقه چاه و ۱۳ رشته قنات تامین می‌شود.

نحوه نمونه برداری و تجزیه و تحلیل نمونه ها

در این تحقیق ابتدا هر شهرستان به ۴ قسمت شمالی، جنوبی، غربی، شرقی تقسیم شد. از هر بخش ۳ حلقه چاه انتخاب شد. سپس از هر چاه ۱ نمونه آب گرفته شد.

در این مطالعه ۲۴ نمونه آب جمع آوری و بلافاصله برای تجزیه و تحلیل بیشتر به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها در بطری‌های شیشه‌ای ۵۰۰ میلی‌لیتری نگهداری شدند. در دمای ۴ درجه سانتیگراد و سپس به آزمایشگاه در این مطالعه ۵۰ میلی‌لیتر از هر نمونه با کاغذ صافی واتمن (۰/۴۵ میکرومتر) فیلتر شد و آنالیز در شرایط بهینه انجام گردید. دیازینون، مالاتیون و فایکام توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) (مدل CE4200 ساخت شرکت CECIL، انگلستان) مجهز به آشکارساز فرابنفش اندازه گیری شد.

پارامترهای بیوشیمیایی را تغییر می‌دهد و همچنین به عنوان یک مهار کننده کولین استراز در بدن انسان عمل می‌نماید (۱۵). که به نوبه خود منجر به عوارض و مشکلاتی در سیستم عصبی، تنفسی و گوارشی و پوست می‌شود (۱۵، ۱۶). سردرد، سرگیجه، دوبینی، درد شکم، حالت تهوع و مشکلات چشمی و پوستی از عوارض کوتاه مدت و اختلالات حافظه، افسردگی، سرطان و ناباروری از عوارض طولانی‌مدت دیازینون هستند (۱۷، ۱۸). مالاتیون، نیز یک نوع حشره‌کش ارگانوفسفره است که به طور گسترده به عنوان یک حشره‌کش غیر اختصاصی در سراسر جهان استفاده می‌شود. این حشره‌کش در کنترل آفات و برنامه‌های بهداشت عمومی کاربرد داشته و مواجهه حاد با مالاتیون منجر به هیپرگلیسمی می‌شود (۱۹). یکی دیگر از آفت‌کش‌هایی استفاده‌گسترده‌ای در حذف آفات دارد بندیوکارپ با نام تجاری فایکام است. این حشره‌کش جز حشره‌کش‌های متیل کاربات است و باعث کاهش کولیتن استراز خون می‌شود. بنابراین اندازه گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در آب برای سلامت انسان و حفاظت از محیط زیست ضروری است. مهمترین گام در جلوگیری از آلودگی منابع آب به آفت‌کش‌های باقیمانده، تعیین دقیق غلظت باقیمانده آنها و مقایسه مقدار آن با استاندارد است. در این رابطه ارزیابی ریسک مهمترین راهکار است. ارزیابی ریسک بهداشتی، به عنوان فرآیند برآورد احتمال رخداد و درجه احتمالی اثرات مضر بر روی سلامتی در یک دوره خاص شناخته شده است. سطح خطر آلاینده‌های محیطی برای انسان‌ها به میزان مواجهه بدن با آلاینده‌ها و سمیت آنها بستگی دارد. ارزیابی ریسک شامل ۴ مرحله است: ۱- شناسایی خطر ۲- ارزیابی پاسخ به دوز ۳- ارزیابی مواجهه ۴- توصیف خطر (مشخص کردن ریسک) (۲۰). محصولات کشاورزی غالب در شهرستان ایرانشهر شامل خربزه، هندوانه، خیار و گوجه، انواع سبزیجات، خرما و برنج محلی است. همچنین محصولات کشاورزی غالب در شهرستان نیک‌شهر پرتقال، لیموشیرین، لیمو ترش، خربزه درختی، انبه، خرما، خیار و گوجه، برنج محلی و انواع سبزیجات هستند با توجه به محدودیت منابع آبی در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری آب

سرطان زایی برای قرار گرفتن در معرض آب آشامیدنی با استفاده از روش ضریب خطر (HQ) بر اساس آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA) محاسبه شد (۲۲). بدین منظور، میزان دریافت روزانه این سموم حشره‌کش بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد و سپس با در نظر گرفتن دوز مرجع خوراکی (RfD)، خطر احتمالی غیر سرطان زایی (HQ) بر اساس رابطه (۲) محاسبه شد. در نهایت، اگر ریسک احتمالی کمتر از $HQ \leq 1$ محاسبه شود، ریسک قابل قبول در نظر گرفته می‌شود. در حالی که ریسک با HQ بالاتر از ۱ ($HQ > 1$)، به عنوان ریسک غیرقابل قبول در نظر گرفته شد.

$$CDI = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

که در آن، C (به میلی گرم در لیتر) غلظت سموم حشره‌کش در آب، IR نرخ مصرف آب آشامیدنی (L/day)، EF (IR) فرکانس قرار گرفتن در معرض (EF) روز در سال است، ED مدت

در نهایت هریک از سموم در طول موج مخصوص خودش مثلاً دیازینون در طول موج ۲۳۵ نانومتر اندازه گیری شد. منحنی کالیبراسیون مالاتیون و دیازینون در شکل ۲ نشان داده شده است.

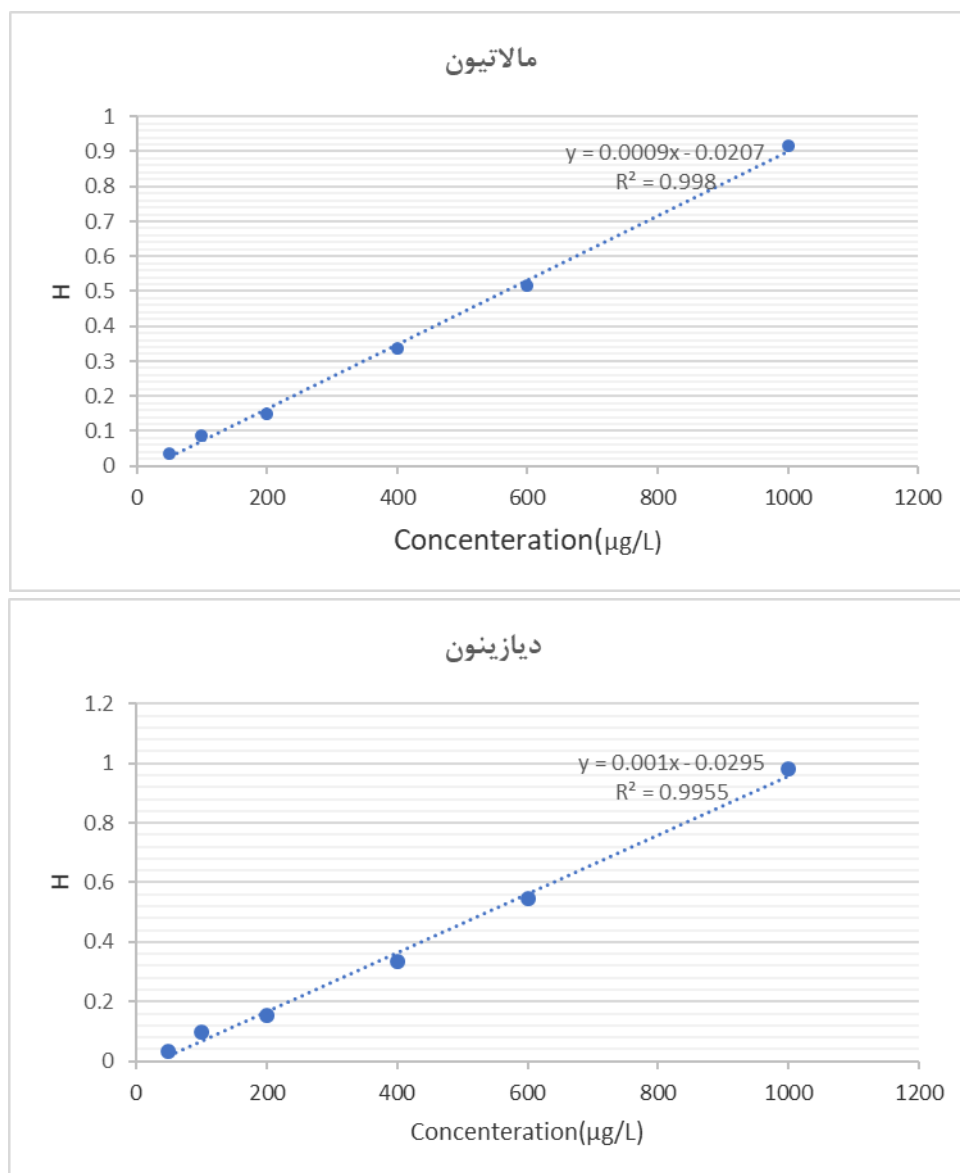
ارزیابی خطر بهداشتی

ارزیابی خطر بهداشتی روشی برای محاسبه اثرات قرار گرفتن در معرض یک ماده شیمیایی یا میکروبی است که مقدار آن به دوز دریافتی و دوره قرار گرفتن در معرض آن ماده بستگی دارد (۲۱). ارزیابی خطر سلامت انسان شامل محاسبه خطر غیر سرطان زا و سرطان زا است که اثرات بالقوه آلاینده‌ها را بر سلامت انسان بیان می‌کند (۲۲) طبق آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC)، آفت‌کش‌های دیازینون، مالاتیون و فایکام به عنوان گروه ۲ طبقه بندی می‌شوند. (ترکیب غیر سرطان زا) (۲۲)؛ بنابراین، در مطالعه حاضر، تنها خطر احتمالی غیر

$$HQ_i = \frac{CDi_i}{RfDi} \quad (2)$$

RFD دوز مرجع حشره‌کش‌ها با واحد ($\mu\text{g/L/kg/day}$) تحت شرایط خاص است. دوزهای مرجع خوراکی برای هر سم از سیستم اطلاعات مدیریت ریسک جامع آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (EPA) گرفته شده است.

زمان قرار گرفتن در معرض (سال)، BW وزن بدن (BW) بر حسب کیلوگرم محاسبه می‌شود، AT میانگین زمان اقامت (روز/سال) است (۲۴). مرحله بعدی در این ارزیابی، تعیین نسبت ریسک برای هر یک از حشره‌کش‌های مورد بررسی است. این مطابق با رابطه ۲ به دست می‌آید (۲۵).



شکل ۲. منحنی کالیبراسیون مالاتیون و دیازینون در کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

بندیوکارپ (فایکام) کمتر استفاده می‌شود. لذا در نمونه‌های آب شرب هیچ یک از دو شهر شناسایی نشد. غلظت دیازینون و مالاتیون به جز یک نمونه‌ای که مربوط به فصل بهار نیک‌شهر هست در تمامی نمونه‌های دو شهرستان نیک‌شهر و ایرانشهر

نتایج

نتایج نمونه‌های آب آشامیدنی در جدول ۲ و شاخص‌های آماری نمونه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود از آنجایی که از میان این سه آفت‌کش،

سالیانه و مقایسه آن با استاندارد سازمان جهانی بهداشت در شکل‌های ۲ و ۳ به تصویر کشیده شده است.

کمتر از استاندارد سازمان جهانی بهداشت (۰/۱ میکروگرم بر لیتر) است. همچنین نمودارهای مربوط به میانگین غلظت آفت‌کش‌های مذکور در فصول مختلف سال و میانگین مجموع

جدول ۱. پارامترهای مواجهه اعمال شده برای ارزیابی خطر سلامتی آفت‌کش‌ها

پارامتر	واحد	کودکان	بزرگسالان
دوره مواجهه	سال	۶	۳۰
متوسط دریافت روزانه	لیتر/ روز	۱/۲۵	۲/۲
فرکانس مواجهه	روز/ سال	۳۶۵	۳۶۵
مساحت سطح پوست	سانتی مترمربع	۱۰۴۲۲	۱۸۱۸۲
متوسط زمان	روز	-	-
برای سرطانزایی	-	۱۰۰ × ۳۶۵	۱۰۰ × ۳۶۵
برای غیر سرطانزایی	-	۳۶۵ × ED	۳۶۵ × ED
وزن بدن	کیلوگرم	۱۶	۷۰
مدت زمان مواجهه	ساعت/ رویداد	۰/۵۴	۰/۱۰۱
ضریب تبدیل	لیتر/ سانتی مترمربع	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
فاکتور جذب پوستی	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

جدول ۲. غلظت آفت‌کش‌های دیازینون، مالاتیون و فایکام در نمونه‌های آب آشامیدنی ایرانشهر و نیک‌شهر بر حسب میکرو گرم بر لیتر

نام شهر	نوع آفت‌کش	غلظت بر حسب میکرو گرم بر لیتر - بهار	غلظت بر حسب میکرو گرم بر لیتر - تابستان	غلظت بر حسب میکرو گرم بر لیتر پاییز -	غلظت بر حسب میکرو گرم بر لیتر زمستان -
ایرانشهر	دیازینون	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
		۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
		۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
	مالاتیون	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
		۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
		۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
	فایکام	ND*	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND
نیک‌شهر	دیازینون	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱
		۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱
		۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
	مالاتیون	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱
		۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
		۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
	فایکام	ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND
		ND	ND	ND	ND

ND* شناسایی نشده

این آفت‌کش در آب آشامیدنی در کل سال برابر با ۰/۰۵ میکروگرم بر لیتر بوده که دقیقاً نصف استاندارد سازمان جهانی بهداشت محسوب می‌گردد.

همانطور که در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین غلظت دیازینون در آب آشامیدنی ایرانشهر در فصل بهار به مراتب بیشتر از سایر فصول سال است. بیشینه غلظت

جدول ۳. شاخص‌های آماری نتایج نمونه‌های آب آشامیدنی از نظر وجود آفت‌کش‌های دیازینون و مالاتیون برحسب فصل سال

نام شهر	نوع آفت‌کش	فصل	میانگین غلظت، (میکروگرم بر لیتر)	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
ایرانشهر	دیازینون	بهار	۰/۰۴	۰/۰۰۸۱۶۵	۰/۰۵	۰/۰۳
		تابستان	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۴۷۵	۰/۰۲	۰/۰۱
		پاییز	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
		زمستان	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
		مجموع	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۳۴۳	۰/۰۵	۰/۰۱
	مالاتیون	بهار	۰/۰۲۳۳	۰/۰۰۵۷	۰/۰۳	۰/۰۲
		تابستان	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۲	۰/۰۱
		پاییز	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
		زمستان	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
		مجموع	۰/۰۱۴۱۶	۰/۰۰۶۴	۰/۰۵	۰/۰۱
نیک‌شهر	دیازینون	بهار	۰/۰۸۶	۰/۰۰۱۲	۰/۱	۰/۰۷
		تابستان	۰/۰۳۳	۰/۰۱۲۴	۰/۰۵	۰/۰۳
		پاییز	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۴۷۵	۰/۰۲	۰/۰۱
		زمستان	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
		مجموع	۰/۰۳۵۸	۰۳۲/۰	۰/۱	۰/۰۱
	مالاتیون	بهار	۰/۰۵۳	۰/۰۱۲۴	۰/۰۷	۰/۰۴
		تابستان	۰/۰۲۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۳	۰/۰۲
		پاییز	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۲	۰/۰۱
		زمستان	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
		مجموع	۰/۰۲۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۷	۰/۰۱

بحث

غلظت دیازینون در آب آشامیدنی نیک‌شهر استان سیستان و بلوچستان نیز در بهار بیشتر بوده و با گذشت فصول سال روند نزولی دارد. افزایش چشمگیر فعالیت‌های کشاورزی عامل موثر در نفوذ دیازینون و سایر آفت‌کش‌ها به منابع آب شده است.

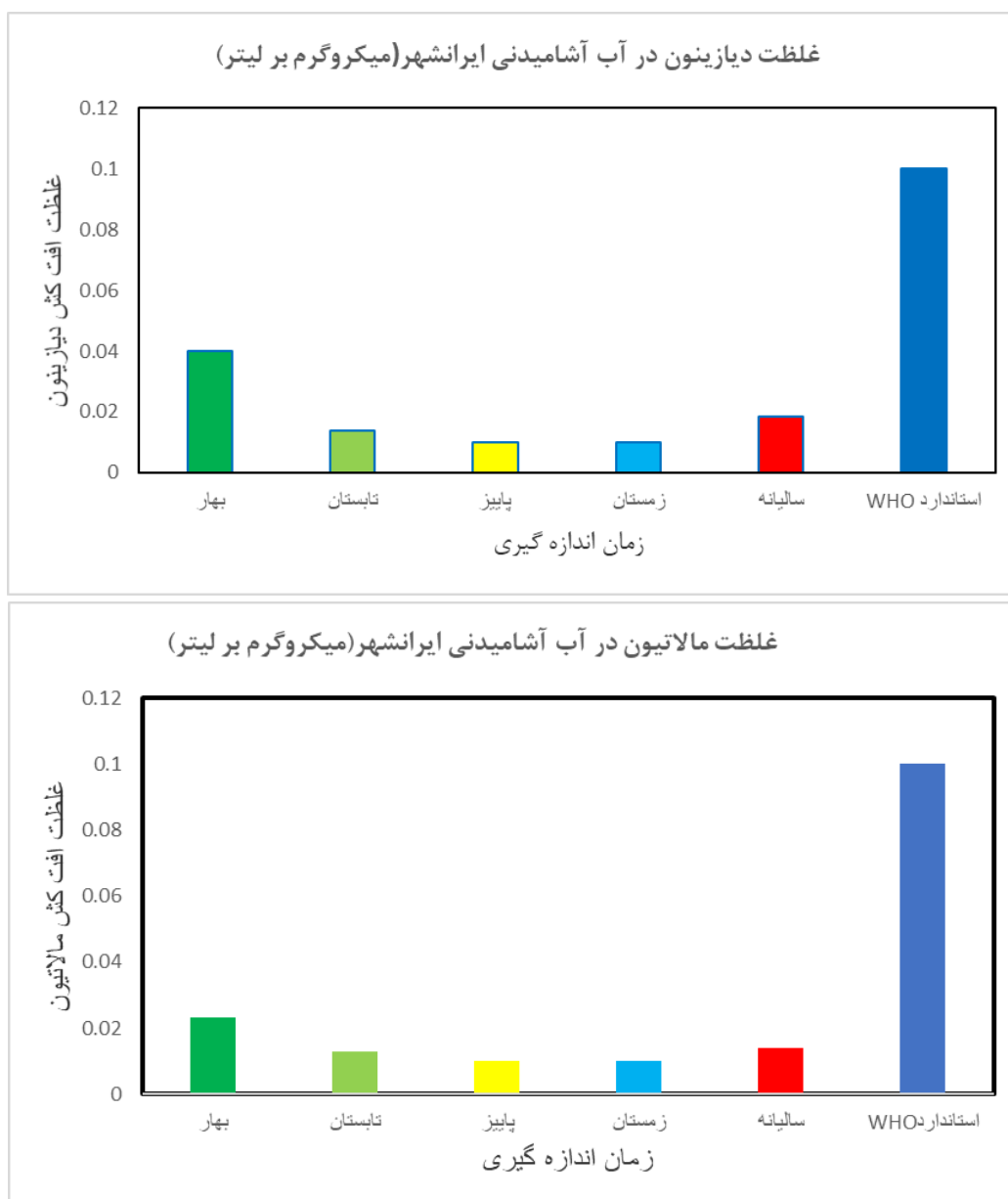
نتایج جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد میانگین غلظت دیازینون در آب آشامیدنی نیک‌شهر بسیار بیشتر از غلظت این آفت‌کش

آفت‌کش‌ها می‌توانند از راه‌های مختلف وارد منابع آب شوند. یکی از مهم‌ترین عوامل، شسته شدن این مواد از سطح مزارع به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها در هنگام بارش باران است. همچنین، استفاده نادرست و بیش از حد از آفت‌کش‌ها در کشاورزی می‌تواند باعث نفوذ آن‌ها به آب‌های زیرزمینی شود. در برخی موارد، آفت‌کش‌ها از طریق سیستم‌های آبیاری و زهکشی به منابع آب راه پیدا می‌کنند. براساس جدول ۳ و شکل ۴ میانگین

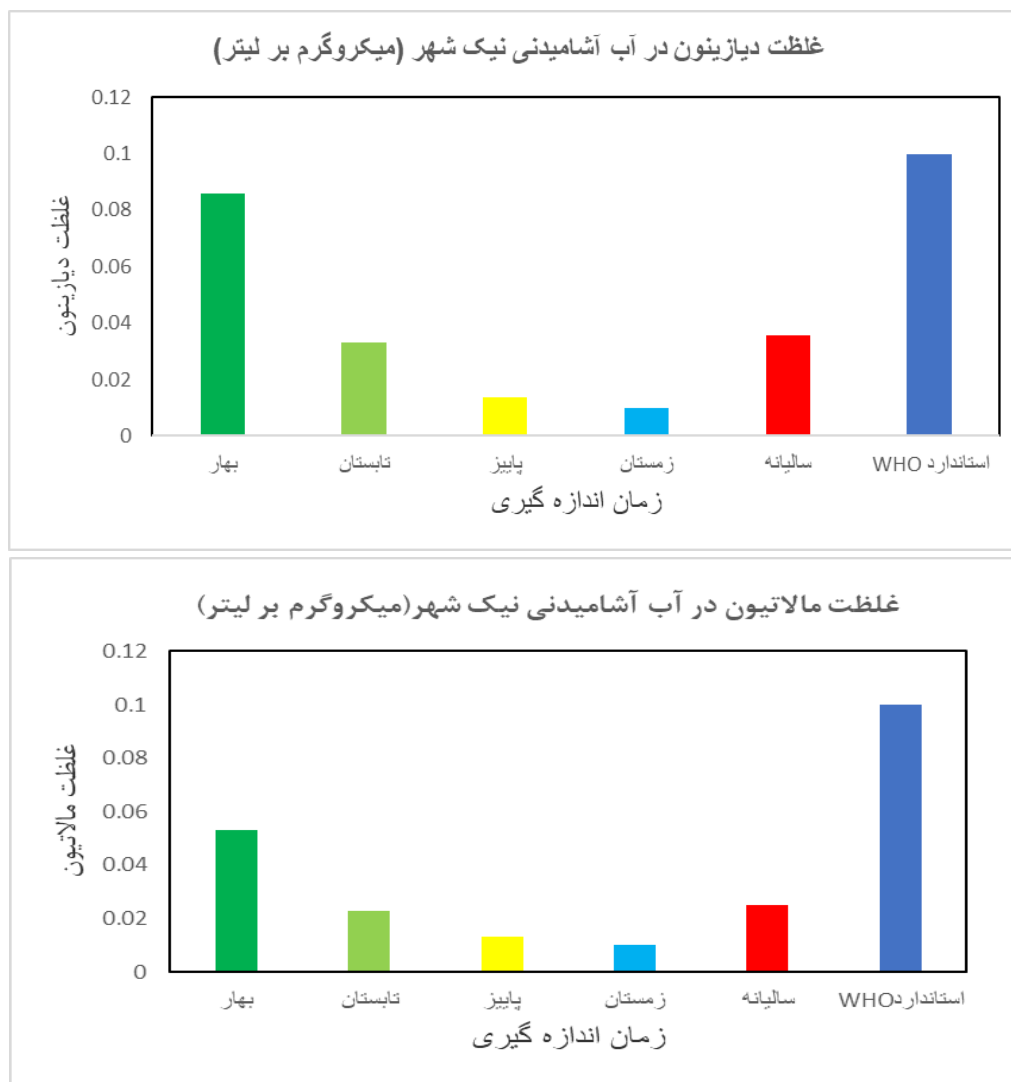
این مناطق به مراتب بالاتر از مالاتیون باشد این است که دیازینون نسبت به سایر آفت‌کش‌ها جذب بیشتری در آب و رسوبات دارد. دمای بالا و pH نقش موثری در این افزایش دارند (۲۶).

با توجه به کشت مزارع برنج، پساب ناشی از این مزارع از طریق نفوذ به آب زیرزمینی غلظت آفت‌کش‌های دیازینون و مالاتیون را تا حدودی بالا برده و ریسک آنها را به سطح هشدار رسانده اند (۲۷).

در آب ایرانشهر است. که این فاکتور را می‌توان به رونق کشاورزی و بهره‌گیری بیشتر آفت‌کش‌ها در فعالیت کشاورزی در این شهر نسبت داد. نتایج جدول ۳ حاکی از بیشتر بودن غلظت مالاتیون در فصل بهار نسبت به سایر فصول سال بوده، البته غلظت این آفت‌کش در آب آشامیدنی دو شهر به مراتب کمتر از دیازینون گزارش شده است که دلیل آن را به حلالیت بالای دیازینون در آب و همچنین کم بودن محتوای مواد آلی در این مناطق کشور می‌توان نسبت داد. یکی دیگر از عواملی که موجب شده غلظت دیازینون در آب شرب



شکل ۳. مقایسه نتایج غلظت دیازینون و مالاتیون در فصول مختلف در شهر ایرانشهر با استاندارد های سازمان جهانی بهداشت



شکل ۴. مقایسه نتایج غلظت دیازینون و مالاتیون در فصول مختلف در شهر نیک شهر با استاندارد های سازمان جهانی بهداشت

غلامرضا ابراهیم زاده و همکاران با محوریت ارزیابی ریسک دیازینون آب آشامیدنی که در منطقه سیستان، استان سیستان و بلوچستان انجام شد مشخص شده است که غلظت دیازینون در ۴/۵ درصد از نمونه ها بالاتر از حد مجاز بوده است (۲۳). نتایج مطالعه حاضر با این دو مطالعه تفاوت فاحشی دارد. در مطالعه زهره مقیسه و همکاران که بر روی آب شرب طرقله و شاندریز مشهد انجام دادند نیز غلظت دیازینون بین ۰/۰۵ تا ۲ میکروگرم بر لیتر بوده و میانگین غلظت این آفت کش به ترتیب در طرقله و شاندریز ۰/۶۱ و ۰/۴۸ میکروگرم بر لیتر بدست آمد که بالاتر از استاندارد جهانی است (۳۰). خدادادی و همکاران

در مطالعه مارتینز و همکاران نیز مشخص شده است که سموم ارگانو فسفره ناشی از پساب مزارع برنج نقش بی بدیلی در آلودگی آب های زیر زمینی ایفا کرده اند (۲۸). لازم به یادآوری است که میانگین غلظت مالاتیون در آب آشامیدنی نیک شهر در برآورد سالیانه ۰/۰۱۴۱۶ میکروگرم بر لیتر بوده که این غلظت در آب آشامیدنی نیک شهر به مراتب بیشتر بوده است. برخلاف مطالعه کریم ابراهیم پور و همکاران که در تمامی نمونه های برداشته شده از آب شرب تیران و کرون استان اصفهان هیچ موردی از دیازینون مشاهده نشده است در مطالعه حاضر در تمامی نمونه ها دیازینون شناسایی شده است (۲۹). در مطالعه

دیازینون و مالاتیون محاسبه گردید. براساس معادله ۱ ابتدا میانگین دوز روزانه محاسبه گردید. همانگونه که در جدول ۴ نشان داده شده برای کودکان بیشتر از بزرگسالان است. بیشینه آن در ایرانشهر مربوط به کودکان با میانگین دوز روزانه دیازینون $10^{-6} \times 7/8$ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است. نتایج نسبت خطر غیر سرطانزایی در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود. این شاخص در مورد هر ۲ آفت کش کمتر از ۱ است؛ و این نسبت در کودکان به مراتب بیشتر از بزرگسالان است. نسبت خطر (HQ) در مورد سموم دیازینون بیشتر از مالاتیون است. بیشترین نسبت خطر مربوط به آفت کش دیازینون در آب آشامیدنی نیک شهر است که عدد $0/076$ بدست آمده که بسیار کمتر از ۱ است.

در مطالعه ابراهیم زاده و همکاران که در منطقه سیستان انجام دادند نسبت خطر غیر سرطانزایی در کودکان و بزرگسالان به ترتیب $0/085$ و $0/045$ بدست آمد که این شاخص به مراتب بیشتر از نتایج نسبت خطر ایرانشهر و نیک شهر است.

باقیمانده سموم فسفره و کاربامات ها را در آب آشامیدنی همدان بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که غلظت دیازینون در منابع آب شرب این شهرستان در پاییز نسبت به سایر فصول بیشتر بود و غلظت آن از حد استاندارد فراتر رفته بود. بالابودن سطح آب زیرزمینی در افزایش غلظت این آفت کش در همدان نقش ویژه ای دارد. این نتیجه مشابه با مطالعه حاضر از نظر وجود سم دیازینون است، اما در مطالعه حاضر غلظت دیازینون در فصل بهار بیشتر بوده و کمتر از استاندارد سازمان جهانی بهداشت است (۱۷). منصوره شایقی و همکاران در مطالعه ای که بر روی سه رودخانه استان بوشهر انجام دادند. مشاهده کردند که در ماههای اول و دوم پس از کاربرد دو حشره کش مالاتیون و دیازینون، بقایای آنها در آب هر سه رودخانه استان بوشهر بیش از حد مجاز بوده و بیشترین مقدار مربوط به دیازینون بود (۲۷).

از آنجایی که سموم حشره‌کش مورد مطالعه جز گروه سرطانزا طبقه بندی نشده اند و فایکام در آب آشامیدنی شناسایی نشده است. لذا در این بخش تنها ارزیابی خطر غیر سرطانزایی

جدول ۴. مصرفی شهرستانهای نیک شهر و ایرانشهر

نام شهر	نام آفت کش	متغیر	کودکان	بزرگسالان
ایرانشهر	دیازینون	CDI	$10^{-6} \times 7/8$	$10^{-6} \times 3/6$
		HQ	۰/۰۳۹	۰/۰۱۸
	مالاتیون	CDI	$10^{-6} \times 6/0$	$10^{-6} \times 2/8$
		HQ	۰/۰۳۰	۰/۰۱۴
نیک‌شهر	دیازینون	CDI	$10^{-6} \times 1/5$	$10^{-6} \times 7/0$
		HQ	۰/۰۷۶	۰/۰۳۵۸
	مالاتیون	CDI	$10^{-6} \times 1/4$	$10^{-6} \times 4/8$
		HQ	۰/۰۵۴	۰/۰۲۵

حاضر ضمن تعیین غلظت آفت‌کش‌های دیازینون، مالاتیون و فایکام در منابع آبی ایرانشهر و نیک شهر واقع در جنوب استان سیستان و بلوچستان، به ارزیابی خطر بهداشتی آنها پرداخت. یافته ها نشان داد. در ۱۰۰ درصد نمونه ها دیازینون و مالاتیون شناسایی شد و هیچ کدام از نمونه های آب شرب حاوی آفت

نتیجه‌گیری

آلودگی منابع آب به آفت‌کش‌ها یک مسئله زیست‌محیطی ناشی از گسترش کشاورزی است که در نتیجه رشد جمعیت منجر به افزایش مصرف سموم می‌شود و نفوذ آن به منابع آبی منجر به تهدید سلامت مصرف کنندگان آب شرب می شود. مطالعه

کنند. (شماره طرح: ۱۶۲۴۷۴۰۴۹ کد اخلاق

(IR.IAU.BA.REC.1403.002)

تضاد منافع

در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت نویسندگان:

(۱) مفهوم‌پردازی و طراحی مطالعه، یا جمع‌آوری داده‌ها، یا

تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها: محسن دهقانی قناتغستانی

(۲) تهیه پیش‌نویس مقاله یا بازبینی آن جهت تدوین محتوای

اندیشمندانه: حسین یاوریان و آژیر خلیل آریا

(۳) تأیید نهایی دست‌نوشته پیش از ارسال به مجله: حسین

کمانی

کش فایکام نبود. به طور متوسط غلظت دیازینون و مالاتیون در منابع آب آشامیدنی نیک شهر و ایرانشهر کمتر از استاندارد سازمان جهانی بهداشت بود. بالاترین نسبت خطر مربوط به دیازینون و در کودکان بدست آمد که با توجه به اینکه کمتر از ۱ بدست آمده نتیجه گیری می شود مصرف آب آشامیدنی شهرستان‌های ایرانشهر و نیک شهر خطر جدی سرطانزایی و غیر سرطانزایی برای مصرف کنندگان ایجاد نمی کند. اما به منظور کاهش خطر نسبی در نظر گرفتن برنامه ایمنی آب و نظارت بیشتر بر منابع آب به طور مستمر پیشنهاد می گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان برخورد لازم می دانند از دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس بابت حمایت مالی و فنی این پژوهش تشکر

References

1. Lanjwani MF, Khuhawar MY, Jahangir Khuhawar TM, Lanjwani AH, Jagirani MS, Kori AH, et al. Risk assessment of heavy metals and salts for human and irrigation consumption of groundwater in Qambar city: a case study. *Geology, Ecology, and Landscapes*. 2020;4(1):23-39.
<https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1571670>
2. Quan Q, Gao S, Shang Y, Wang B. Assessment of the sustainability of *Gymnocypris eckloni* habitat under river damming in the source region of the Yellow River. *Science of the Total Environment*. 2021;778:146312.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146312>
3. Syafrudin M, Kristanti RA, Yuniarto A, Hadibarata T, Rhee J, Al-Onazi WA, et al. Pesticides in drinking water—a review. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(2):468.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18020468>
4. Alengebawy A, Abdelkhalek ST, Qureshi SR, Wang M-Q. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*. 2021;9(3):42.
<https://doi.org/10.3390/toxics9030042>
5. Tudi M, Daniel Ruan H, Wang L, Lyu J, Sadler R, Connell D, et al. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(3):1112.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
6. Pradhan SS, Gowda GB, Adak T, Guru-Pirasanna-Pandi G, Patil NB, Annamalai M, et al. Pesticides occurrence in water sources and decontamination techniques. *Pesticides-Updates on Toxicity, Efficacy and Risk Assessment: IntechOpen*; 2022.
[URL:https://www.intechopen.com/chapters/81160.pdf](https://www.intechopen.com/chapters/81160.pdf)
7. Gill HK, Garg H. Pesticide: environmental impacts and management strategies. *Pesticides-toxic aspects*. 2014;8(187):10-5772.
<https://doi.org/10.5772/toxics9030044>
8. Fernandez-Cornejo J, Nehring RF, Osteen C, Wechsler S, Martin A, Vialou A. Pesticide use in US agriculture: 21 selected crops, 1960-2008. *USDA-ERS Economic Information Bulletin*. 2014(124).
<https://doi.org/10.3772/toxics9030042>
9. Mdeni NL, Adeniji AO, Okoh AI, Okoh OO. Analytical evaluation of carbamate and organophosphate pesticides in human and environmental matrices: a review. *Molecules*. 2022;27(3):618.
<https://doi.org/10.3390/molecules27030618>
10. Mohammadizadeh C, Javanmard A. Some Organophosphorous Pesticide (OPPs) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) along the Eastern Caspian Sea Coast, Mazandaran State, Iran. *E-Journal of Science & Technology*. 2011;6:85-92.
[URL:http://ejournals.teiath.gr/index.php/ejst/article/view/715](http://ejournals.teiath.gr/index.php/ejst/article/view/715)
11. Abubakar Y, Tijjani H, Egbuna C, Adetunji CO, Kala S, Kryeziu TL, et al. Pesticides, history, and classification. *Natural remedies for pest, disease and weed control: Elsevier*; 2020. p. 29-42.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8>
12. Palma P, Köck-Schulmeyer M, Alvarenga P, Ledo L, Barbosa I, De Alda ML, et al. Risk assessment of pesticides detected in surface water of the Alqueva reservoir (Guadiana basin, southern of Portugal). 2014;488:208-19.
<http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.088>
13. Van Toan P, Sebesvari Z, Bläsing M, Rosendahl I, Renaud FGJSotTE. Pesticide management and their residues in sediments and surface and drinking water in the Mekong Delta, Vietnam. 2013;452:28-39.
<http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.026>

14. Morteza Z, Mousavi SB, Baghestani MA, Aitio AJJoEHS, Engineering. An assessment of agricultural pesticide use in Iran, 2012-2014. 2017;15:1-8.
<https://doi.org/0.1186/s40201-017-0272-4>
15. Aggarwal V, Deng X, Tuli A, Goh KS. Diazinon—chemistry and environmental fate: a California perspective. Reviews of environmental contamination and toxicology Volume 223. 2013:107-40.
[URL:https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-5577-6_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-5577-6_5)
16. Burgess P, Harper C, Todd GD, Wohlers D. Toxicological profile for diazinon. 2008.
[URL:https://stacks.cdc.gov/view/cdc/5295/cdc_5295_DS1.pdf](https://stacks.cdc.gov/view/cdc/5295/cdc_5295_DS1.pdf)
17. Khodadadi M, Samadi M, Rahmani Ar, Maleki R, Alah Ra, Shahidi R. Determination Of Organophosphorous And Carbamat Pesticides Residue In Drinkingwater Resources Of Hamadan In 2007. 2010.
[URL: https://ijhe.tums.ac.ir/browse.143sid.pdf](https://ijhe.tums.ac.ir/browse.143sid.pdf)
18. PIRSAHEB M, DARGAHI A. Performance of granular activated carbon to diazinon removal from aqueous solutions. 2016.
<http://doi.org/10.1018/j.scitotenv.2016.04.060>
19. Das BK, Nayak KK, Kumar V. Alteration of haematological and biochemical biomarkers after sub-lethal chronic malathion (Elathion®) intoxication in freshwater fish, Labeo rohita (Hamilton, 1822). Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 2024;277:109844.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2024.109844>
20. Liu X, Song Q, Tang Y, Li W, Xu J, Wu J, et al. Human health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system: a multi-medium analysis. Science of the total environment. 2013;463:530-40.
<http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.064>
21. Abolli S, Yaghmaeian K, Arab Aradani A, Alimohammadi M. Comparing groundwater fluoride level with WHO guidelines and classifying at-risk age groups; based on health risk assessment. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2023;103(4):747-60.
<https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1863389>
22. Samet JM, Chiu WA, Coglian V, Jinot J, Kriebel D, Lunn RM, et al. The IARC monographs: updated procedures for modern and transparent evidence synthesis in cancer hazard identification. JNCI: Journal of the National Cancer Institute. 2020;112(1):30-7.
<https://doi.org/10.1093/jnci/djz169>
23. Ebrahimzadeh G, Alimohammadi M, Rezaei Kakhkha MR, Mahvi AH. Contamination level and human non-carcinogenic risk assessment of diazinon pesticide residue in drinking water resources—a case study, IRAN. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2022;102(16):4726-37.
<https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1789609>
24. Biesiada M. Simulations in health risk assessment. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 2001;14(4):397-402.
[URL:https://www.academia.edu/download/85194906/Bies10-04-01.pdf](https://www.academia.edu/download/85194906/Bies10-04-01.pdf)
25. Giri S, Singh AK, Mahato MK. Monte Carlo simulation-based probabilistic health risk assessment of metals in groundwater via ingestion pathway in the mining areas of Singhbhum copper belt, India. International journal of environmental health research. 2020;30(4):447-60.
<https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1599101>
26. Ying G-G, Williams BJE. Laboratory study on the interaction between herbicides and sediments in water systems. 2000;107(3):399-405.
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00178-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00178-5)
27. Moghiseh Z, Najafpoor AA, Khayyat MH, Esmaily H, Alidadi HJAoHSV. Estimation of the concentration of diazinon pesticide in

drinking water resources in summer areas of Mashhad. 2015;4(1).

URL: <https://jhygiene.muq.ac.ir/article-1-152.pdf>

28. Martínez RC, Gonzalo ERg, Laespada MEF, San Roman FJSJJoCA. Evaluation of surface- and ground-water pollution due to herbicides in agricultural areas of Zamora and Salamanca (Spain). 2000;869(1-2):471-80.

URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967399011887>

29. Ebrahimpour K, Ebrahimi A, Baram MM. Investigating the Residue of Diazinon, Chlorpyrifos, and Dichlorvos in Urban Drinking Water Supply Sources and Determining the Water Quality Index in Tirano-Korun in 2020. Journal of Environmental Health and Sustainable Development. 2023.

<https://doi.org/10.18502/jehsd.v8i4.14441>

30. Moghiseh Z, Najafpoor AA, Khayyat MH, Esmaily H, Alidadi H. Estimation of the concentration of diazinon pesticide in drinking water resources in summer areas of Mashhad. Archives of Hygiene Sciences Volume. 2015;4(1).

URL: <https://jhygiene.muq.ac.ir/article-1-152.pdf>

Risk assessment of Diazinon, Malathion and *Faikam* pesticides in the drinking water of Nikshahr and Iranshahr cities

Hossein Yavarian¹, Hossein Kamani², Mohsen Dehghani Ghanatghehstani³, Azhir Khalil Aria³

1. Department of Environmental Management, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

2. Infectious Diseases and Tropical Medicine Research Center, Research Institute of Cellular and Molecular Sciences in Infectious Diseases, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

3. Department of Environmental Sciences and Engineering, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Corresponding author: Hossein Kamani, Infectious Diseases and Tropical Medicine Research Center, Research Institute of Cellular and Molecular Sciences in Infectious Diseases, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran. Email: hossein_kamani@yahoo.com

Submitted: 12 September 2024 Accepted: 7 January 2025

Abstract

Background & Aim: The advancement of agriculture and the widespread utilization of pesticides have resulted in their prolonged presence in the environment and the pollution of water sources. In light of the importance of safeguarding drinking water sources, this study was conducted to evaluate the potential risk of diazinon, malathion, and *Faikam* pesticides in the drinking water in Iranshahr and Nikshahr, two cities situated in the southern region of Sistan and Baluchestan province.

Methods: In this study, 24 water samples were collected from water sources in the cities of Iranshahr and Nikshahr across four seasons. The samples were extracted using the liquid-liquid extraction method with dichloromethane as the solvent. The concentration of the samples was measured using a high-performance liquid chromatography (HPLC) system (model KNAUER) equipped with a UV detector. Then, data were compared to the standards set by the World Health Organization (WHO), and a health risk assessment was conducted using the method recommended by the Environmental Protection Agency (EPA).

Results: The study revealed that diazinon and malathion pesticides were present in the drinking water of the studied areas under investigation, while *Faikam* was not detected. The highest average concentrations of diazinon and malathion in these two cities were found in Nikshahr, at 0.0358 ± 0.32 and 0.025 ± 0.0184 $\mu\text{g/L}$, respectively. These levels were significantly lower than the World Health Organization's standard.

Conclusion: The hazard quotient (HQ) for diazinon is higher for children than for adults, with values of 0.076 and 0.039 obtained in Nikshahr and Iranshahr, respectively. This suggests that the drinking water in these two cities is currently at a safe level. However, in order to maintain this safety, it is important to take preventive measures and management of water resources effectively. Implementation of a water safety plan is also necessary.

Keywords:

pesticides, health risk assessment, Iranshahr and Nikshahr, water safety plan, water resources protection management

How to Cite this Article: Yavarian H, Kamani H, Dehghani Ghanatghehstani M, Khalil Aria A. Risk assessment of Diazinon, Malathion and Faikam pesticides in the drinking water of Nikshahr and Iranshahr cities. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. 2025;12(4):52-66.