

## بررسی آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی ناحیه جنوب شرق شهر اصفهان

محمد مهدی قیصری<sup>۱</sup>، مهران هودجی<sup>۲</sup>، پیام نجفی<sup>۳\*</sup>، آتوسا عبداللهی<sup>۴</sup>

۱- مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان

۲- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان

۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان،

۴- مربی دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان.

تاریخ پذیرش: ۸۵/۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۸۳/۱۰/۱۹

### چکیده

با توجه به افزایش جمعیت جهان و نیاز به غذای بیشتر، نبودن زمین حاصلخیز کافی و محدود بودن سطح زیر کشت، نظر متخصصان به سمت افزایش کمی و کیفی در تولید محصولات کشاورزی جلب شده است. بنابراین مصرف کودهای نیتروژنی از جایگاه خاصی برخوردار است. افزایش غلظت یون نیترات در محلول خاک و سپس آبشویی آن به سمت سفره‌های آب زیر زمینی سبب افزایش غلظت نیترات در آب شده و می‌تواند مشکلات فراوان بهداشتی و بوم شناختی ایجاد کند. این پژوهش با هدف تعیین میزان آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی ناحیه شرق شهر اصفهان صورت گرفت. در این تحقیق، از ۸۰ چاه در حال استفاده منطقه (طی دو مرحله در سال ۱۳۸۱ با فاصله زمانی شش ماه) نمونه برداری و با استفاده از الکتروود مخصوص (روش یون-گزین)، میزان نیترات آب تعیین و چگونگی تغییرات غلظت نیترات در هر مرحله از نمونه برداری با استفاده از نرم افزار سورفر، ویرایش هفتم ترسیم شد. در نهایت غلظت نیترات در نقاط مورد مطالعه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست امریکا مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که در برخی از نقاط، به خصوص در جنوب شرقی منطقه، غلظت نیترات در مقایسه با استانداردهای جهان بالاست. حداکثر غلظت نیترات در مرحله اول و دوم نمونه برداری به ترتیب ۱۸۹/۱ و ۲۴۸/۳ میلی گرم در لیتر بوده است. در نمونه برداری اول ۸۰ درصد و در نمونه برداری دوم ۹۰ درصد از چاهها، دارای غلظت نیترات بیش از حد مجاز (۴۵ میلی گرم در لیتر) بوده‌اند. میانگین غلظت نیترات در نمونه برداری اول و دوم به ترتیب ۷۶/۹ و ۹۳/۱ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد که در ارتباط با تراکم کشاورزی در این مناطق و مصرف بی رویه کودهای ازته (نیتروژنی) است. بنابراین باید در رابطه با مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت صحیح و کنترل علمی و عملی صورت پذیرد تا بدین وسیله از افزایش غیر مجاز غلظت این یون در خاک و حرکت آن به طرف سفره آبهای زیرزمینی، که در نهایت آلودگی آنها را به همراه دارد، جلوگیری شود.

**واژه های کلیدی:** کودهای نیتروژنی، ناحیه شرق شهر اصفهان، نرم افزار سورفر، آلودگی نیتراتی، منابع آب زیر زمینی، کودهای ازته،

آبشویی نیترات.

### سر آغاز

در روش های صحیح کشت گیاه، معمولاً از مصرف مقادیر بیش از حد کود شیمیایی اجتناب می‌شود، زیرا افزایش غلظت ترکیبات نیتروژن دار در آب زهکشی را باعث می‌شود که از افق های سطحی خاک به طرف پایین حرکت می‌کند (Babiker et al., 2004). (Borken and Matzner, 2004) نگرانی در مورد غلظت های نامطلوب نیتروژن در آب دارای جنبه های مستقیم بهداشتی و بوم شناختی است (Krapac et al., 2002; Lundberg et al., 2004).

یکی از شاخص های مهم برای نشان دادن کیفیت آب آشامیدنی و کشاورزی، میزان نیترات<sup>۱</sup> موجود در آن است (Krapac et al., 2002; Criss and Davisson, 2004). نیترات از طریق تجزیه و فساد پس مانده های انسانی و حیوانی، تولیدات صنعتی و رواناب حاصل از کشاورزی وارد آبهای سطحی و زیر زمینی می‌شود (Di and Cameron, 2002; Kraft and Stites, 2003).

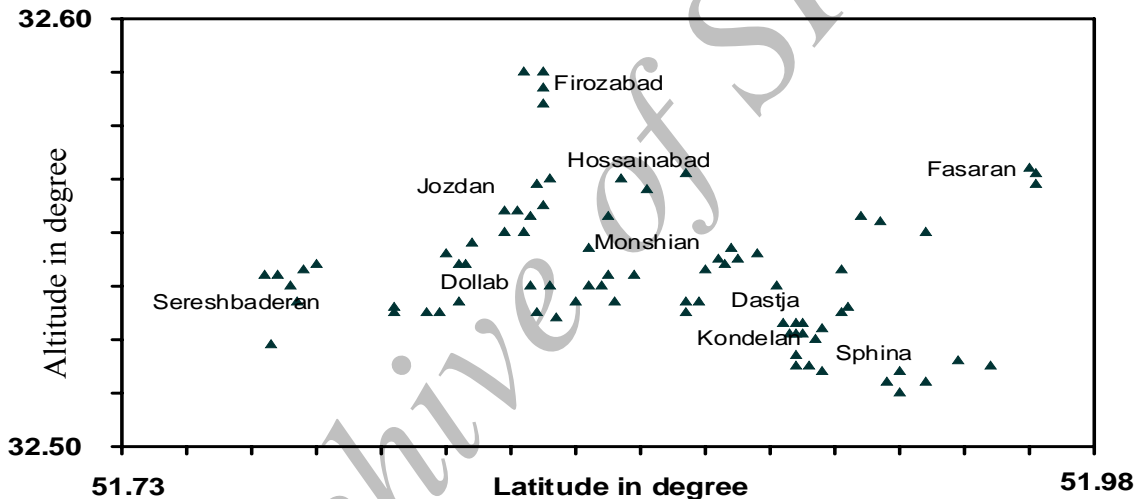
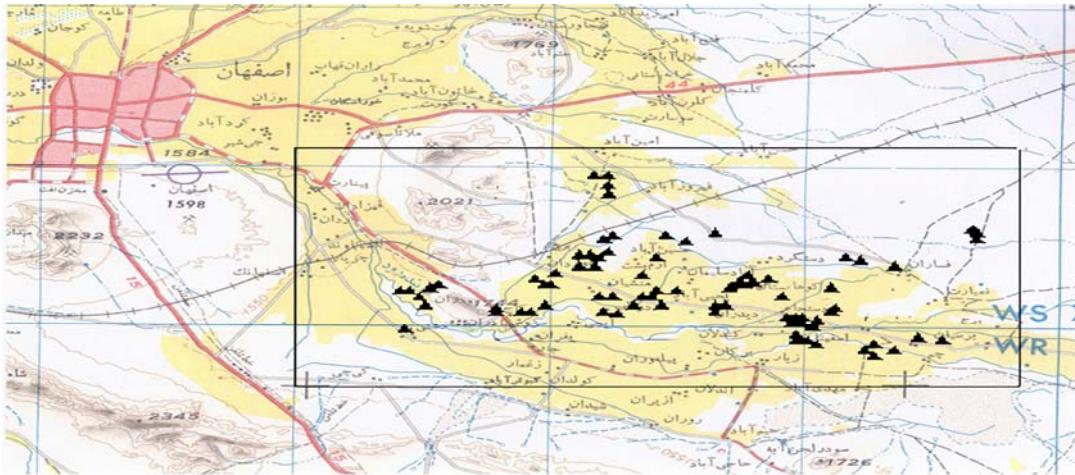
ناحیه انجام گرفت. روش‌های متعددی از جمله پتانسیومتری، اسپکتروفوتومتری، کروماتوگرافی و ... برای اندازه‌گیری غلظت نیترات وجود دارد. در روش پتانسیومتری با استفاده از الکتروکود انتخابگر یونی، اختلاف پتانسیل بین دو طرف غشای الکتروکود نیترات در مقایسه با اختلاف پتانسیل الکتروکود مرجع اندازه‌گیری می‌شود. درحقیقت دستگاه فعالیت یون نیترات را اندازه‌گیری می‌کند. این الکتروکود قادر به اندازه‌گیری نیترات در دامنه  $10^{-6}$  تا  $10^{-4}$  مولار (۴۳٪) تا  $10^{-4}$  تا  $10^{-2}$  میلی‌گرم در لیتر نیترات است (افیونی، ۱۳۸۱ و Skoog et al., 2004) با وجود مشکلات مربوط به مزاحمت یون‌ها، روش اندازه‌گیری نیترات به کمک الکتروکود نسبت به سایر روش‌ها به دلیل دقت بالاتر و صرفه جویی در زمان و هزینه برتری دارد (افیونی، ۱۳۸۱).

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی شهر اصفهان، حد فاصل طول جغرافیایی  $51^{\circ}$  تا  $59^{\circ}$ ،  $51^{\circ}$  شرقی و عرض جغرافیایی  $32^{\circ}$  و  $36^{\circ}$ ،  $32^{\circ}$  شمالی واقع شده است. سطح تقریبی زیر کشت آن ۱۲۰۰۰ هکتار و دارای ارتفاع متوسط ۱۵۷۰ متر از سطح دریاست. این منطقه از شمال به منطقه جی و قهاب، از جنوب به رودخانه زاینده‌رود، از غرب به محدوده خدمات کراج و از شرق به محدوده رودشت محصور است. در این تحقیق از تعداد ۸۰ حلقه چاه فعال در منطقه شرق اصفهان طی دو مرحله با فاصله زمانی شش ماه نمونه‌برداری شد. تمامی چاهها در مناطق کشاورزی قرار داشتند. موقعیت محل‌های نمونه‌برداری در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. مختصات نقطه مبدأ  $59^{\circ}$ ،  $34^{\circ}$ ،  $51^{\circ}$  طول شرقی و  $30^{\circ}$ ،  $30^{\circ}$  عرض شمالی است. نمونه‌برداری اول در هفته اول آبان ماه ۱۳۸۱ (فصل کشت پاییزه) و نمونه‌برداری دوم در هفته اول اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۲ (فصل کشت بهار) صورت گرفت. در زمان نمونه‌برداری، برای جلوگیری از فعالیت و رشد میکروارگانیسم‌ها که منجر به تغییر غلظت نیترات می‌شود، ۲ میلی‌لیتر اسید بوریک ۱ مولار، به ازای هر ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه اضافه شد و نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، تا زمان اندازه‌گیری غلظت نیترات در یخچال نگهداری شدند. یون نیترات به وسیله الکتروکود انتخابگر یونی<sup>۶</sup> جنوی مدل ۳۳۱۰ اندازه‌گیری شد. برای انجام عملیات آماری و رسم نمودارها از نرم افزار اکسل<sup>۷</sup> و ویرایش ۲۰۰۰ و برای رسم نقشه‌های هم‌میزان نیترات از نرم افزار سورفر<sup>۸</sup> و ویرایش ۷ استفاده شد.

نیترژن به شکل نیترات در غلظت‌های بالا دارای زیان بهداشتی است. رابطه بین غلظت نیترات در آب آشامیدنی و بروز مت‌هموگلوبینمیا<sup>۲</sup> و سیانوسیس<sup>۳</sup> در کودکان کاملاً شناخته شده است. دام‌ها نیز ممکن است از علایم چند عارضه و بیماری ناشی از وجود مقادیر زیاد نیترات در آب آشامیدنی، نظیر مت‌هموگلوبینمیا، کمبود ویتامین A، اختلالات تولید مثل، سقط جنین و کاهش تولید شیر رنج ببرند (Fewtrell, 2000; Knobeloch et al., 2004). جنبه دوم نگرانی از افزایش غلظت نیترات در آب، ترس از غنی شدن<sup>۴</sup> آب‌های سطحی است که موجب رشد سریع گیاهان آبی می‌شود؛ شناخته شده ترین جنبه آن، رشد زیان آور پلانکتون‌هاست. غنی شدن را باید فرایندی طبیعی دانست که به وسیله فعالیت‌های بشر از قبیل تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پساب‌های کارخانه‌های، رواناب و آبشویی اراضی کشاورزی با کوددهی فراوان تشدید می‌شود (Dorgham et al., 2004; Lucassen et al., 2004). به هر حال به دنبال فرایند غنی شدن، مسائل و مشکلاتی مثل ایجاد مانع در قایقرانی و کشتیرانی به واسطه رشد پرتراکم علف‌های هرز، مسدود شدن کانال‌های آبیاری به وسیله جلبک‌ها و علف‌های هرز، بوی زیان آور حاصل از رشد الگ‌ها، تولید توکسین<sup>۵</sup> به وسیله الگ‌های مشخص، کاهش اکسیژن آبه‌ها، بویژه پس از تثبیت جوانه زنی الگ‌ها و به دنبال آن از بین رفتن ماهی‌ها و رکود اقتصادی به واسطه جایگزین شدن ماهی‌های مرغوب به وسیله گونه‌های ماهی با مرغوبیت کمتر به وجود خواهد آمد (Fei, 2004; Shimura et al., 2002). حداکثر مجاز غلظت نیترات که می‌تواند در آب آبیاری وجود داشته باشد، توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا ۴۵ میلی‌گرم در لیتر تعیین شده است (US-EPA, 1996). همچنین حد آستانه مجاز میزان نیترات برای تخلیه به آب‌های سطحی براساس استاندارد سازمان محیط زیست ایران ۵۰ میلی‌گرم  $\text{NO}_3^-$  در لیتر و برای تخلیه به چاه‌های جاذب آب ۱۰ میلی‌گرم در لیتر است (سازمان محیط زیست ایران، ۱۳۷۳). مکان‌هایی که کشاورزی تراکم فراوان دارد، خطر زیادی برای آلودگی نیتراتی آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد (McIntyre et al., 2003; McIntyre and Wheater, 2004).

در اصفهان یکی از مناطق پر تراکم در زمینه کشاورزی، منطقه شرق اصفهان است که با توجه به سطح بالای صیفی و سبزی‌کاری، این پژوهش با هدف تعیین میزان آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی در این



شکل شماره (۱): محل‌های نمونه‌برداری از آب چاهها (نقشه از سازمان جغرافیای کشوری)

جدول شماره (۱): غلظت نیترات و انحراف استاندارد نمونه‌ها

انحراف معیار	میانگین (mg/L)	غلظت نیترات (mg/L)		مرحله نمونه‌برداری
		حداکثر	حداقل	
۳۸/۹	۷۶/۹	۱۸۹/۱	۲۱/۴	مرحله اول
۴۱/۳	۹۳/۱	۲۴۸/۳	۳۳/۱	مرحله دوم

### نتایج و بحث

جدول شماره (۱) مقادیر میانگین غلظت نیترات را به همراه مقادیر انحراف معیار و حداقل و حداکثر غلظت نیترات را در دو مرحله نمونه‌برداری از چاههای مورد مطالعه نشان می‌دهد. براین اساس غلظت متوسط نیترات در چاههای مورد مطالعه برابر ۷۶/۹ و ۹۳/۱ میلی‌گرم در لیتر، به ترتیب در نمونه برداری اول و دوم برآورد شده است، که هر دو مقدار از حد توصیه شده توسط US-EPA بالاتر است. همچنین این جدول نشان می‌دهد که در نمونه‌برداری مرحله دوم مقادیر حداکثر و حداقل نیترات چاهها و همین‌طور انحراف معیار افزایش یافته است.

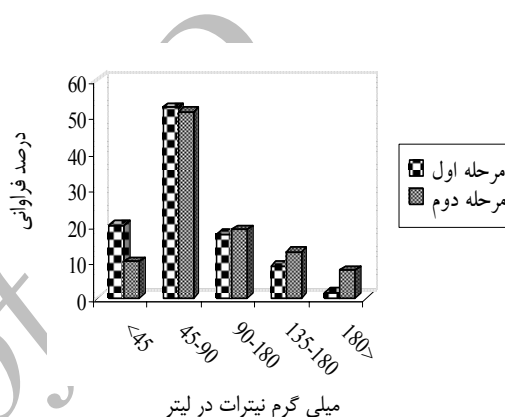
براساس شکل شماره (۲) از نظر درصد فراوانی در مرحله اول، ۲۰ درصد چاهها دارای غلظت کمتر از ۴۵، ۵۲/۵ درصد بین ۴۵ تا ۹۰، ۱۷/۵ درصد بین ۹۱ تا ۱۳۵، ۸/۸ درصد بین ۱۳۶ تا ۱۸۰ و ۱/۲ درصد بیشتر از ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات بودند. در مجموع ۸۰ درصد چاههای این منطقه در مرحله اول نمونه برداری دارای غلظت

برداشت از انواع سبزی (از مهرماه تا دی ماه هر ۱۵ روز یک بار) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم اوره در ۱۰۰۰ متر مربع زمین استفاده می‌شود. افزایش غلظت نیترات به دلیل مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و آبیاری این یون به طرف آبهای زیرزمینی انجام می‌گیرد. در فصل آبیاری به علت آبیاری نیترات از خاکهای سطحی به طرف مخازن آب زیرزمینی کم عمق، غلظت نیترات افزایش می‌یابد (کشت بهاره) و این آلودگی در ماههای مرداد و شهریور، با توجه به کاهش نزولات جوی و عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و پایین رفتن سطح ایستابی، به حداکثر می‌رسد و در ماههای مهر و آبان با افزایش نزولات جوی و نفوذ آب سطحی با غلظت کم نیترات، غلظت نیترات آبهای زیر زمینی را کاهش می‌دهد.

با استفاده از داده‌های غلظت نیترات در آبهای افراز زیر زمینی و طول و عرض جغرافیایی چاههای مورد مطالعه و به کمک نرم افزار سورفر، نقشه‌های هم‌نیترات تهیه شده‌اند. شکل‌های شماره ۳ و ۴ به ترتیب نقشه‌های هم‌نیترات کل منطقه مورد مطالعه مربوط به مرحله اول (آبان‌ماه) و مرحله دوم (اردیبهشت‌ماه) است. در این تصاویر، هر چه خطوط منحنی‌ها حول نقطه مرکزی به هم نزدیک‌تر شود نشان دهنده افزایش یا تراکم غلظت نیترات در آن محل است.

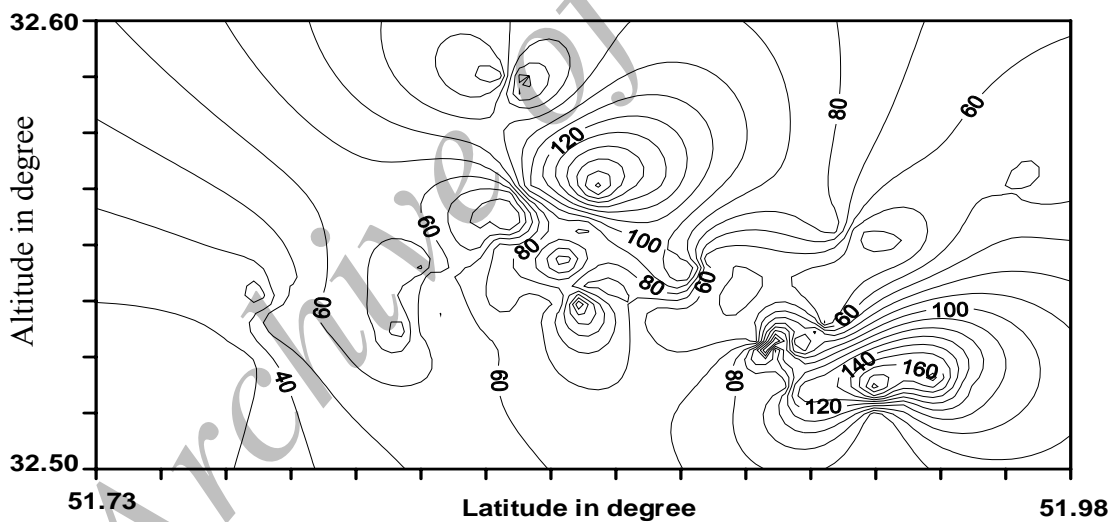
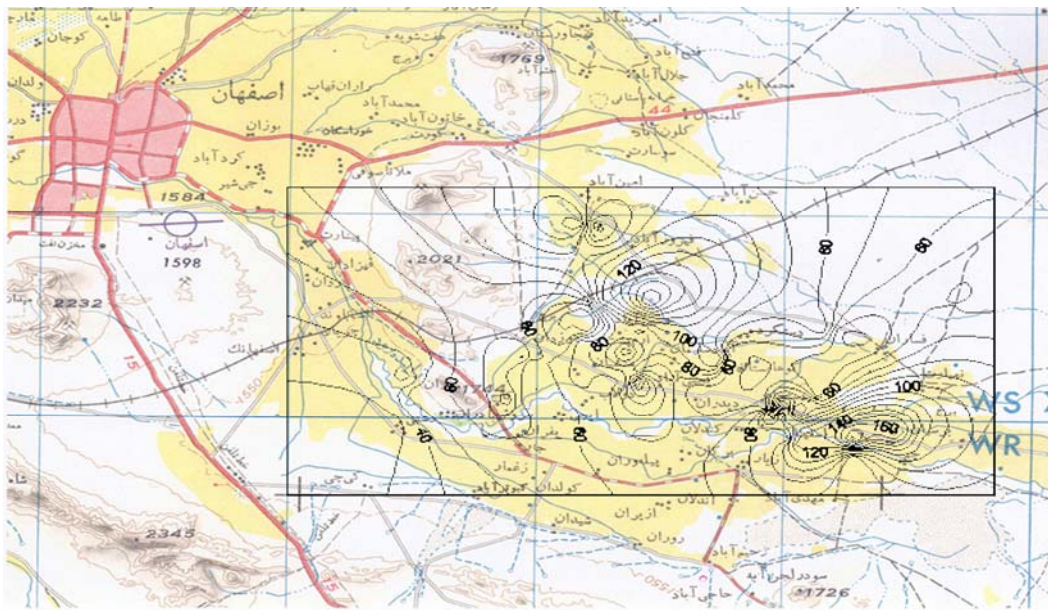
همان‌طور که در نقشه هم‌غلظت مرحله دوم مشاهده می‌شود وسعت مناطق دارای غلظت نیترات بیش از حد استاندارد در آبهای زیر زمینی نسبت به مرحله اول افزایش یافته است. مناطق اسفینا و حسین آباد دارای حداکثر غلظت نیترات در آبهای زیر زمینی‌اند. مطالعات افیونی (۱۳۸۱) و همکاران نشان داد که بیشترین غلظت نیترات در آبهای زیر زمینی در مناطق مختلف کشاورزی اطراف رودخانه زاینده رود در طول دوره مطالعه پنج ماهه (دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت) مربوط به اردیبهشت ماه (اواسط فصل بهار) است (افیونی، ۱۳۸۱). علت این موضوع را آبیاری بی‌در پی نیترات از خاک با بارندگی‌های فصل زمستان و نیز شروع کشت بهاره و اضافه شدن کودهای شیمیایی به خاک دانسته‌اند. جدول شماره (۲) نوسان‌های مقادیر نیترات در دو مرحله برداشت در اعماق مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول روند افزایش غلظت نیترات مرحله دوم با افزایش عمق کاهش می‌یابد. به طوری که درصد تغییرات نسبی در عمق ۰ تا ۲۰ متر، ۳۲ درصد بوده، در حالی که این مشخصه

نیترات بیش از حد استاندارد EPA-US برای آب آشامیدنی هستند. در مرحله دوم ۱۰ درصد چاهها دارای غلظت کمتر از ۴۵، ۵۱/۳ درصد بین ۴۵ تا ۹۰، ۱۸/۷ درصد بین ۹۱ تا ۱۳۵، ۱۲/۵ درصد بین ۱۳۶ تا ۱۸۰ و ۷/۵ درصد بیشتر از ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات بودند. در مجموع ۹۰ درصد چاههای این منطقه در مرحله دوم نمونه برداری دارای غلظت نیترات بیش از حد استاندارد EPA-US برای آب آشامیدنی‌اند.



شکل شماره (۲): درصد فراوانی غلظت نیترات در سطوح مختلف در دو مرحله نمونه

از نظر تغییرات زمانی، غلظت نیترات متغیر و در مرحله دوم نسبت به مرحله اول روند افزایشی نشان می‌دهد. میانگین غلظت نیترات در نمونه برداری دوم (اردیبهشت‌ماه) بیشتر است که می‌تواند مربوط به فصل کشت بهاره و کوددهی و در نتیجه، آبیاری نیترات و انتقال به آبهای زیر زمینی باشد (جدول شماره ۱). در طول تابستان و پاییز در اثر مساعد بودن شرایط آب و هوایی برای رشد میکروارگانیسم‌ها و کمبود بارندگی، نیترات در خاک تجمع می‌یابد و با شروع فصل بارندگی در اواخر پاییز و زمستان آبیاری انجام می‌شود. با افزایش بارندگی و نفوذ آب به مخازن زیرزمینی، غلظت نیترات کاهش می‌یابد. ولی پس از شروع فصل کشت در اواخر زمستان و کوددهی زیاد، در نتیجه آبیاری یون نیترات، غلظت نیترات در مخازن آب زیرزمینی افزایش می‌یابد. کشاورزان این منطقه از مهرماه هر سال تا خرداد ماه سال بعد برای کشت‌های مختلف، میزان زیادی از کودهای نیتروژنی به خاک اضافه می‌کنند. این افزایش کود در همراه برای کشت گندم، در ماههای بهمن و اسفند برای کشت سیب‌زمینی و سبزی و در ماههای فروردین و اردیبهشت برای کشت ذرت است. پس از هر نوبت

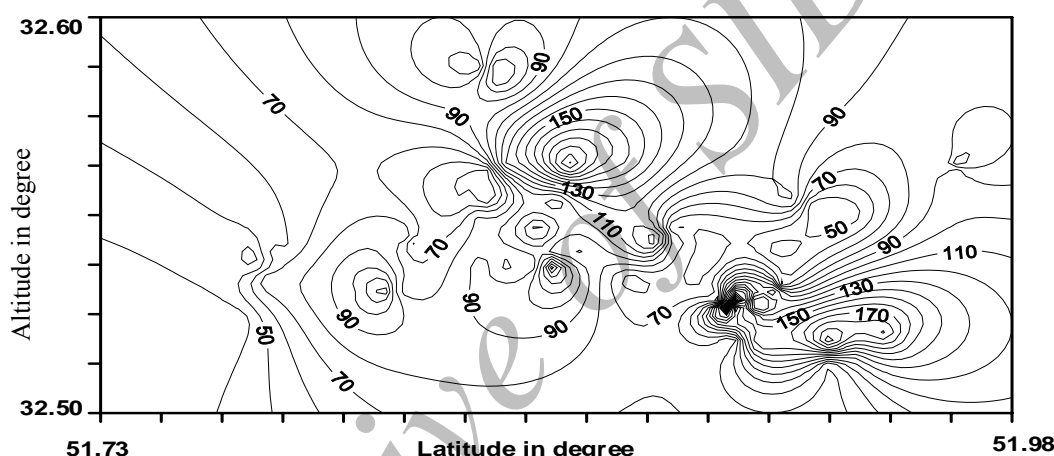
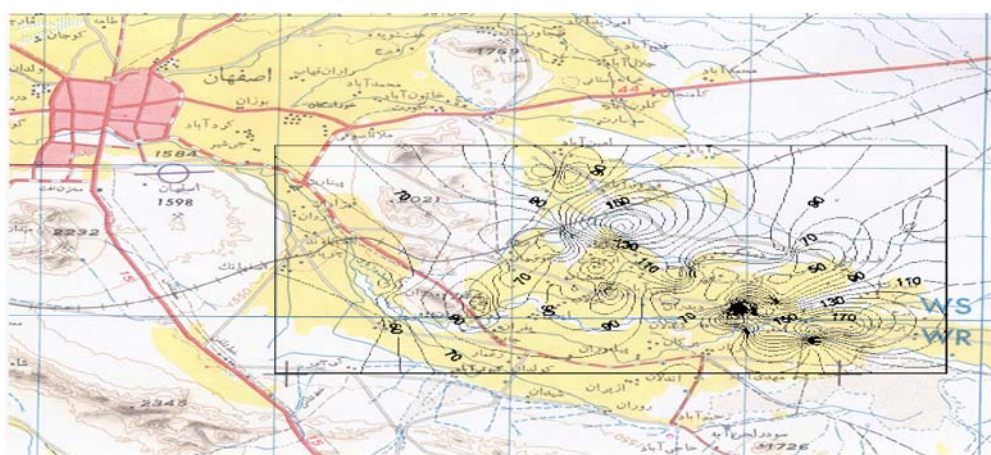


شکل شماره (۳): منحنی‌های هم نیترات ( میلی گرم در لیتر ) آب چاههای مورد مطالعه در مرحله اول نمونه برداری (نقشه از سازمان جغرافیای کشور)

می‌دهد که اولاً در هر دو مرحله نمونه برداری با افزایش عمق، غلظت نیترات کاهش یافته است که نشان دهنده تأثیر پذیری کمتر اعماق پایین تر از آبشویی نیترات از محل سطوح اراضی کشاورزی است. بر اساس این دو شکل در اعماق پایین تر از ۵۰ متر تقریباً وضعیت غلظت نیترات یکنواخت شده است. ثانیاً این دو شکل بوضوح نشان می‌دهد که در مرحله دوم، چاههای کمتر از ۵۰ متر از آبشویی نیترات در سطوح کشاورزی تأثیر بیشتری پذیرفته‌اند.

در اعماق بالاتر (۱۵۰ تا ۳۰۰ متر) به کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. همچنین میانگین اختلاف مربعات در عمق ۰ تا ۲۰ متر، ۸/۷ برآورد شده که این مقدار در اعماق بالا (۱۵۰ تا ۳۰۰ متر) به حدود ۱ رسیده است. این بدان معنی است که تأثیرات آبشویی نیترات در اعماق سطحی مشهود بوده و روند رو به افزایش نیترات در چاههای سطحی نگران کننده است.

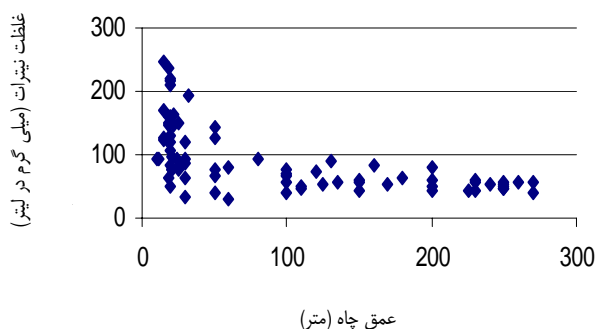
شکل‌های ۵ و ۶ تغییرات غلظت نیترات در اعماق مختلف را در دو مرحله نمونه برداری نشان می‌دهد. این دو شکل نیز بروشنی نشان



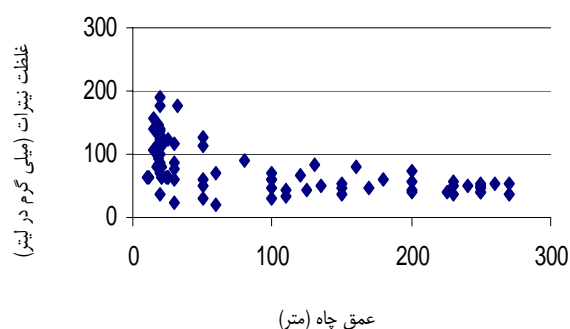
شکل شماره (۴): منحنی‌های هم نیترا ( میلی گرم در لیتر ) آب چاههای مورد مطالعه در مرحله دوم نمونه برداری

جدول شماره (۲): مقیاس مقادیر نیترا در دو مرحله برداشت بر حسب عمق آب زیر زمینی

عمق آب زیر زمینی (متر)	میانگین نمونه برداری اول (میلی گرم بر لیتر)	میانگین نمونه برداری دوم (میلی گرم بر لیتر)	درصد تغییرات نسبی (%)	میانگین اختلاف مربعات
۰-۲۰	۱۱۱/۳	۱۴۴/۲	۳۲/۳	۸/۷
۲۰-۵۰	۸۳/۸	۱۰۰/۱	۲۲/۲	۴/۲
۵۰-۱۵۰	۵۳/۴	۶۱/۲	۱۷/۲	۱/۹
۱۵۰-۳۰۰	۵۰/۴	۵۴/۶	۸/۸	۱



شکل شماره (۶): تغییرات غلظت نیترا ( $\text{NO}_3^-$ ) نسبت به عمق چاه در مرحله اول نمونه برداری



شکل شماره (۵): تغییرات غلظت نیترا ( $\text{NO}_3^-$ ) نسبت به عمق چاه در مرحله اول نمونه برداری

## بحث و نتیجه گیری

منطقه مورد بررسی از مراکز عمده صیفی کاری و سبزی کاری در شهر اصفهان است. آلودگی آب چاهها در برخی نقاط این منطقه می تواند باعث آلودگی نیتراتی برخی از محصولات تولید، بویژه گیاهان جاذب نیترات مانند کاهو، کلم و اسفناج شود. با بررسی انجام شده، نتایج ذیل حاصل شد:

- ۱- آلودگی نیترات در آبهای زیر زمینی منطقه مورد مطالعه چشمگیر بوده و با توجه به خشکسالی و بحران آب، باید در شمار جدی ترین مسائل کشاورزی پایدار و بهره برداری از منابع آب زیر زمینی قرار گیرد.
- ۲- از نظر توزیع مکانی آلودگی نیترات، منطقه اسفینا و حسین آباد دارای بیشترین آلودگی است.
- ۳- توزیع آلودگی نیترات در مناطق مورد مطالعه رابطه بسیار نزدیکی با وسعت و شدت فعالیت های کشاورزی دارد، به طوری که بیشترین غلظت نیترات مربوط به مناطق اسفینا و حسین آباد ( از مناطق مهم صیفی کاری و سبزی کاری اصفهان) است.
- ۴- میانگین غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بیشتر از حد استاندارد (۴۵ میلی گرم در لیتر) و برابر ۷۶/۹ و ۹۳/۱ میلی گرم در لیتر در مرحله اول و دوم است.
- ۵- از نظر تغییرات زمانی، غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی در طول مدت مطالعه، روند افزایشی مشاهده شد.
- ۶- در صورت شیرین بودن آب چاهها، برای مصرف شرب کشاورزان نیز استفاده می شود که در دراز مدت بیقین خطر جدی، سلامت کشاورزان منطقه را تهدید می کند.
- ۷- تغییرات غلظت نیترات با عمق چاه در هر دو مرحله نمونه برداری، روند کاهشی دارد.

## پیشنهادها

- ۱- با توجه به اهمیت آلودگی نیترات آب به عنوان یکی از مشکلات مهم زیست محیطی و کشاورزی پایدار و نیز ارزش منابع آب زیرزمینی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک و جلوگیری از آلودگی آنها به نیترات، پیشنهاد می شود غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی این منطقه به طور مداوم و در تمام طول سال بررسی شود.
- ۲- انجام تحقیقات توسط ادارات و سازمان های مربوط مانند منابع طبیعی، محیط زیست و آب و فاضلاب که متولی امور شناسایی، حفظ

و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی هستند، می تواند اطلاعات کامل و بسیار مفیدی در زمینه شناسایی منابع آب آلوده و جلوگیری از آلودگی بیشتر آنها را فراهم سازد.

۳- به دلیل مشکلاتی که غلظت بیش از حد نیترات برای سلامتی انسان ایجاد می کند، و این که در منطقه مورد مطالعه از آب زیرزمینی برای آشامیدن نیز استفاده می شود، کنترل کیفیت آب از نظر مقدار نیترات توسط مسئولان مربوطه ضروری است.

۴- با توجه به آلودگی آبهای زیرزمینی این منطقه به نیترات و تراکم عملیات کشت و کار در این منطقه، پیشنهاد می شود که آلودگی آبهای زیرزمینی به آفت کش ها نیز بررسی شود.

۵- در مناطق کشاورزی، بویژه مناطق دارای بیشترین آلودگی نیترات، با دادن آگاهی به کشاورزان در زمینه آلودگی آبهای زیرزمینی در اثر استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی نیتروژن دار و یا جایگزین کردن کودهای دیرحل یا غیر نیتراتی، از آلوده شدن بیش از حد این منابع جلوگیری شود.

۶- با در نظر گرفتن خطرهایی که افزایش غلظت نیترات در بدن انسان ایجاد می کند (ایجاد سرطان مثانه و غدد لنفاوی در بزرگسالان (Weyer et al., 2001) و سندرم کودک آبی (Avery, Kladivko et al., 2004, 1999) توصیه می شود پژوهشی به منظور بررسی میزان آلودگی نیتراتی محصولات کشت شده در این منطقه، انجام گیرد.

## یادداشت ها

- 1-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- 2-Methemoglobinemia
- 3-Cyanosis
- 4-Eutrophication
- 5-Toxin
- 6-Ion Selective Electrode ( ISE )
- 7-Excel
- 8-Surfer

## منابع مورد استفاده

افیونی، م. ۱۳۸۱. بررسی آلودگی به نیترات آبهای زیرزمینی اصفهان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

- Krapac, I. G *et al.*, 2002. Impacts of swine manure pits on groundwater quality. *Environ Pollute*, 120(2): 475-92.
- Lucassen, E., *et al.* 2004. High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands, *Biogeochemistry*, 67 (2): 249-267.
- Lundberg, J.O., *et al.* 2004. Opinion – Nitrate, bacteria and human health. *Nature Reviews Microbiology*, 2 (7): 593-602.
- McIntyre, N. *et al.* 2005 Risk-based modeling of surface water quality: a case study of the Charles River, Massachusetts. *Journal of Hydrology*, 274 (1-4): 225-247.
- McIntyre, N.R. and H.S. Wheeler. 2004. A tool for risk-based management of surface water quality. *Environmental Modeling and Software*, 19 (12): 1131-1140
- Shimura, R., *et al.*, 2002. Aquatic animal research in Fewtrell, L. 2004. Drinking-water nitrate, space station and its issues – Focus on support technology on nitrate toxicity. *Space line Sciences: Biological Research and Space Radiation Advance in Space Research*, 30 (4): 803-808.
- Skoog, D.A., *et al.* 2004. *Crouch Fundamentals of Analytical Chemistry*. 8<sup>th</sup> ed. Thomson, pp.605
- US-EPA. 1996. Drinking water regulations and health advisories: Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, 822-B-96-002, 11 p.
- Weyer, P. J., *et al.* 2001. Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women. The Iowa Women's Health Study. *Epidemiology*, 12 (3): 327-338.
- سازمان محیط زیست ایران. ۱۳۷۳. استاندارد خروجی فاضلابها. سازمان محیط زیست ایران، دفتر محیط زیست انسانی
- Avery, A. A. 1999. Infantile methemoglobinemia: Reexamining the role of drinking water nitrates. *Environmental Health Perspective*, 107 (7): 583-586
- Babiker, I. S., *et al.* 2004. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. *Environment International*, 29 (8): 1009- 1017.
- Borken, W. and E. Matzner. 2004. Nitrate leaching in forest soils: an analysis of long-term monitoring sites in Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167 (3): 277-283.
- Criss, R. E. and M. L. Davisson. 2004. Fertilizers, water quality, and human health. *Environmental Health Perspectives*, 112 (10): A536-A536.
- Di, H. J. and K. C. Cameron. 2002. Nitrate leaching and pasture production from different nitrogen sources on a shallow stony soil under flood-irrigated dairy pasture. *Australian Journal of Soil Research*, 40(2): 317-334.
- Dorgham, M. M., *et al.* 2004. Eutrophication problems in the Western Harbour of Alexandria. *Egypt. Oceanologia*, 46(1): 25-44.
- Fei, X.G. 2004. Solving the coastal eutrophication problem by large scale seaweed cultivation. *Hydrologia*, 512 (1-3): 145-151.
- Fewtrell, L. 2004. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease. A discussion. *Environmental Health Perspective*, 112 (14): 1371-1374.
- Kladivko, E. J., *et al.*, 2004. Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. *Journal of Environmental Quality*, 33(5): 1803- 1813.
- Knobeloch, L. *et al.* 2000. *et al* Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environmental Health Perspective*, 108 (7): 675-678.
- Kraft, G. J. and W. Stites. 2003. Nitrate impacts on groundwater from irrigated-vegetable systems in a humid north-central US sand plain. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 100 (1): 63-74.