



ISMJ 2014; 17(5): 927-937

دوماهنامه طب جنوب

پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

سال هفدهم، شماره ۵، صفحه ۹۳۷-۹۲۷ (آذر و دی ۱۳۹۳)

## بررسی آلودگی شیمیایی آب زیرزمینی دشت برازجان

جابر مظفری زاده<sup>۱\*</sup>، زهرا سجادی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دبیر کمیته تحقیقات، شرکت آب منطقه‌ای استان بوشهر

<sup>۲</sup> گروه هیدروژئولوژی، بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

(دریافت مقاله: ۹۱/۱۰/۳۰ - پذیرش مقاله: ۹۲/۳/۵)

### چکیده

زمینه: امروزه یکی از مشکلات جوامع بشری آلودگی آب‌های زیرزمینی به نترات است. نترات به دلیل قابلیت انحلال زیاد در آب، جذب کم و نیز پایداری ترکیب آن در آب، به‌عنوان بهترین شاخص برای نشان دادن آلودگی شیمیایی آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. دشت برازجان در شمال استان بوشهر یکی از دشت‌های حاصلخیز می‌باشد که آلودگی نترات آب زیرزمینی در بخش‌های وسیع از این دشت رخ داده است. هدف از این بررسی تعیین منشأ آلودگی‌های موجود و مناطق دارای بیشترین پتانسیل آلودگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این بررسی کیفیت شیمیایی آب‌چاه‌های منطقه، به‌ویژه از نظر آلودگی یون‌های نترات، سولفات، کلر و سدیم، تغییرات مکانی و زمانی و منشأ آن‌ها در آب‌های زیرزمینی دشت برازجان، مطالعه شده است. نمونه‌های آب زیرزمینی از ۱۲ چاه، در ماه‌های فروردین و مرداد سال ۱۳۹۱ جمع‌آوری گردیده و جهت تعیین پارامترهای هیدروشیمی و آلودگی مورد سنجش قرار گرفته است. در طول نمونه‌برداری سعی شد از روش‌های استاندارد نمونه‌برداری EPA 2006 استفاده شود.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصله، آلودگی شدید نترات (تا بیش از ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر) آب‌های زیرزمینی بخصوص در بخش جنوبی دشت به‌وسیله فعالیت‌های کشاورزی و همچنین چاه‌های جذبی و ورود آب آلوده از مرغداری‌ها رخ داده است. همچنین نتایج نشان داد که غلظت یون‌های  $Cl^-$  در ۶۶ درصد نمونه‌ها،  $Na^+$  در ۵۹ درصد،  $SO_4^{2-}$  در ۱۰۰ درصد و  $NO_3^-$  در ۴۲ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی بیشتر از مقادیر استاندارد می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله بایستی در استفاده از کودهای شیمیایی مدیریت مناسب اعمال گردد و از ورود فاضلاب‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی بدون تصفیه به منابع آب منطقه ممانعت به‌عمل آید.

واژگان کلیدی: دشت برازجان، آلودگی، آب زیرزمینی، غلظت نترات.

\*بوشهر، خیابان رییسعلی دلواری، شرکت آب منطقه‌ای بوشهر، کمیته تحقیقات

## مقدمه

کیفیت مطلوب فیزیکی و شیمیایی آب از نقطه نظر زیباشناختی و حفظ سلامتی مصرف‌کننده و نگهداری از سیستم شبکه آب ضروری است. کنترل غلظت برخی آلاینده‌ها در برخی از مناطق، جهت فراهم نمودن سلامتی مردم لازم است، که این‌گونه اقدامات شامل انجام آزمایش‌های شیمیایی بر روی منابع تأمین آب می‌باشند (۱).

نیتрат و فسفات دو آلاینده عمده آب‌های زیرزمینی هستند که منشأ اصلی آن‌ها فاضلاب شهری و فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند (۲).

نیترات به‌عنوان شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی همواره مورد توجه محققان بوده است. بیشتر موارد رخداد آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی با فاضلاب‌های کشاورزی و استفاده از کودهای نیتروژنه در ارتباط است (۳ و ۴). نیتروژن موجود در آب آبیاری همانند نیتروژن مصرفی در خاک عمل می‌نماید و در صورتی که میزان آن زیاد باشد، بر رشد گیاه تأثیر گذارده و رسیدن میوه را به تعویق انداخته و یا کیفیت آن را کاهش می‌دهد (۵).

آنتوناکوس و لامبراکیس ویژگی‌های هیدروشیمیایی و افزایش نیترات در آبخوان Sparta، در یونان را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با تهیه پروفیل‌های تکامل پارامترهای شیمیایی در مقابل عمق نتیجه‌گیری نمودند که فرایند اصلی مسبب افزایش نیترات آب زیرزمینی، اکسیداسیون آمونیاک ناشی از فروشویی سریع کودهای غیرآلی اعمال شده در نواحی کشاورزی می‌باشد (۶). هیدروژنوشیمی و کیفیت آب زیرزمینی بخش پایینی حوضه رودخانه Ponnaiyar، منطقه Cuddalore، جنوب هندوستان توسط جواناندام (Jeevanandam) و همکاران مورد ارزیابی قرار گرفت؛ نتایج نشان‌دهنده

غلظت بالای  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{PO}_4$  در آب زیرزمینی و آلوده شدن منابع آب می‌باشد (۷). محققان گوناگونی اثرهای منفی شوری در کاهش عملکرد گیاهان را گزارش نموده و اعلام داشته‌اند که وجود نمک‌های محلول فراوان در خاک یا محلول غذایی موجب کاهش در جذب نیتروژن کل توسط گیاه گردیده و در مجموع در خاک‌های شور، کارایی عناصر غذایی در افزایش عملکرد کاهش می‌یابد (۸-۱۰).

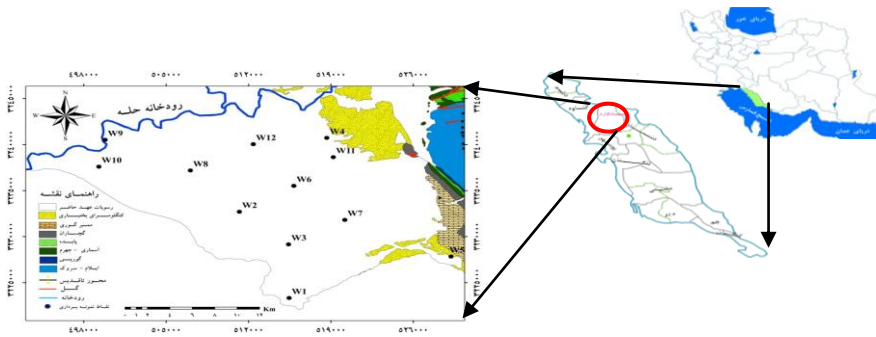
دشت برازجان یکی از دشت‌های حاصلخیز استان بوشهر است، که از آب‌های زیرزمینی بهره‌برداری گسترده‌ای صورت می‌گیرد، در نتیجه امکان آلودگی منابع آب زیرزمینی به یون نیترات وجود دارد.

تاکنون مطالعه‌ای در مورد وضعیت آب‌های زیرزمینی دشت برازجان از نظر آلودگی نیترات انجام نشده است، بنابراین هدف از این پژوهش بررسی وضعیت آب‌های منطقه برازجان و تعیین منشأ آلودگی این منابع به یون نیترات می‌باشد. کوددهی نیترا ته با هدف رشد زایشی گیاهان و نفوذ فاضلاب خانگی از بیش‌ترین منشأهای آلودگی نیترا ته آبخوان آبرفتی برازجان می‌باشند.

## مواد و روش‌ها

## موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت برازجان یکی از دشت‌های محدوده مطالعاتی دالکی - شبانکاره می‌باشد، این محدوده در شمال استان بوشهر واقع شده است که بین طول‌های جغرافیایی  $29^{\circ} 44'$  تا  $29^{\circ} 40'$  شرقی و عرض‌های  $32^{\circ} 22' 10''$  تا  $32^{\circ} 22' 10''$  قرار دارد (شکل ۱). از نظر آب و هوایی، منطقه مورد مطالعه با میانگین بارندگی سالانه  $281/3$  میلی‌متر و میانگین دمای  $29/9$  درجه سانتی‌گراد بر اساس تقسیم‌بندی آمبرژه دارای اقلیم بیابانی گرم میانه می‌باشد.



شکل (۱) نقشه زمین‌شناسی و موقعیت منطقه مورد مطالعه

به‌طور کلی جهت جریان آب زیرزمینی در دشت برازجان از حواشی شرقی و غربی دشت به طرف قسمت‌های میانی و جنوب غربی دشت است. شیب هیدرولیکی در حاشیه‌های دشت، که در ارتباط با سازندهای آهکی مجاور می‌باشند، بیش از سایر نواحی است و به سوی مرکز دشت به تدریج کاهش می‌یابد.

### جمع‌آوری داده‌ها

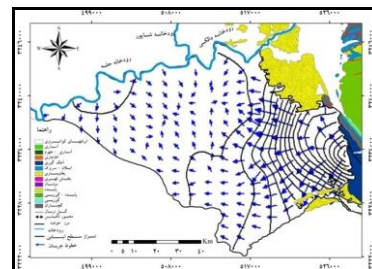
اساسی‌ترین گام در مطالعات هیدروشیمی و آلودگی، جمع‌آوری داده‌های شیمیایی می‌باشد. در این بررسی از روش‌های زمین‌شناسی و هیدروشیمیایی جهت ارزیابی وضعیت کیفی و بررسی آلودگی منابع آب زیرزمینی استفاده شد.

نقشه زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ویرایش ۹/۳ ترسیم گردید. به‌منظور بررسی آلودگی شیمیایی آب زیرزمینی دشت برازجان تعداد ۱۲ نمونه آب از چاه‌های کشاورزی منطقه با توجه به چگونگی گسترش زمین‌های زراعی و نزدیکی به روستاها و هدف ارزیابی تأثیرات یون‌های شیمیایی به‌ویژه نیترات برداشت شد (شکل ۱)، نمونه‌برداری از چاه‌ها با پراکنش مناسب مکانی و زمانی در فروردین و مردادماه ۱۳۹۱ (به‌عنوان شاخص فصل پربابی و کم آبی) انجام گرفت.

### زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی

بر اساس تقسیم‌بندی زمین‌شناسی منطقه برازجان از لحاظ زمین‌شناسی در ناحیه زاگرس چین‌خورده یا زاگرس خارجی قرار دارد (۱۰). آبخوان آبرفتی برازجان از نوع آزاد و به‌صورت پیوسته و ناهمگن بوده که رسوبات تشکیل‌دهنده آن بیشتر شامل واریزه‌ها، مخروط افکنه‌ها و رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد. از نظر دانه‌بندی رسوبات آبخوان آبرفتی شامل قطعه سنگ، قلوه سنگ، شن، ماسه و سیلت و رس می‌باشد. تغذیه آب‌های زیرزمینی از ارتفاعات شرقی دشت و تخلیه آب‌های زیرزمینی از بخش‌های غربی دشت به خلیج فارس می‌باشد.

عمق برخورد به آب زیرزمینی از حواشی شرقی دشت (بیش از ۹۰ متر) به سمت نواحی مرکزی، غربی و جنوب غربی (کمتر از ۵ متر) کاهش می‌یابد. نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی دشت برازجان در فروردین‌ماه ۱۳۹۱ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل (۲) نقشه هیدروژئولوژیکی منطقه مورد مطالعه

مطالعه با استانداردهای آب آبیاری از استاندارد سازمان جهانی استفاده گردیده است، برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از نرم‌افزار Arcmap ویرایش ۹/۳ و روش درونیابی IDW استفاده شد.

### یافته‌ها

آنالیز پارامترهای هیدروشیمی و میزان نیترات و نسبت‌های یونی نمونه‌های آب برداشت شده از دشت برازجان در جداول ۱ و ۳ ارائه شده است.

در این مطالعه بررسی پراکندگی‌های مکانی پارامترهای شیمیایی بر اساس نمودارهای سری مکانی و مقایسه با استانداردهای آب کشاورزی صورت گرفته است. بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده، میزان غلظت یون‌های سولفات در ۱۰۰ درصد نمونه‌ها و کلر در بیش از ۷۷ درصد نمونه‌های آب زیرزمینی بیشتر از حدود استاندارد (جدول ۲) می‌باشد. غلظت سدیم تنها در نمونه‌های W<sub>2</sub>، W<sub>8</sub>، W<sub>9</sub> و W<sub>10</sub> بیشتر از مقدار استاندارد می‌باشد.

پارامترهای درجه حرارت، pH، هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد، نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی نگهداری شده و به‌منظور آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه شرکت زاگرس آب‌شناس فارس منتقل گردید. برای اندازه‌گیری میزان TDS و EC نمونه‌های آب از دستگاه هدایت‌سنج، و برای اندازه‌گیری مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها از دستگاه کروماتوگراف یونی (مدل ۸۵۰) استفاده شد.

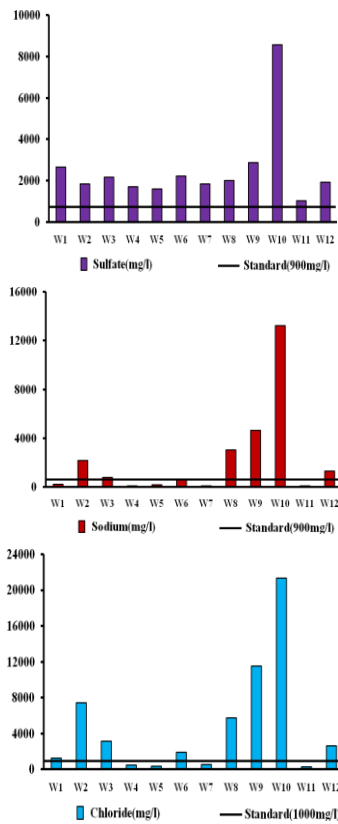
ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌های آب جمع‌آوری شده مانند pH با دستگاه pH متر و مقدار کاتیون K<sup>+</sup> با استفاده از فلیم‌فتومتر برحسب میلی‌گرم در لیتر با استفاده از منحنی‌های کالیبراسیون اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین کلرید از روش تیتراسیون نیترات نقره استفاده شد. مقادیر آنیون‌های NO<sub>3</sub>- آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از روش احیای کادمیوم در طول موج ۵۴۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (HACH-DR-۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد (۱۱).

برای مقایسه کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی منطقه مورد

جدول ۱) نتایج سنجش هیدروشیمی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت برازجان در فروردین ماه ۱۳۹۱

meq/l		mg/l							pH	EC $\mu$ m/cm	کد	ایستگاه
SAR	TDS	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	K	Na	Mg	Ca				
۱/۳۵	۵۵۳۴	۱۲۴۱	۲۶۴۷	۱۵۲/۵	۲۱/۵	۳۳۲/۴	۶۹۸/۸	۵۵۱/۱	۷/۴	۸۳۸۲	W <sub>1</sub>	گندم ریز
۸/۹۷	۱۴۲۰۱	۷۴۴۵	۱۸۵۴	۲۱۳/۶	۹۱/۸۸	۲۱۸۷	۹۱۱/۴	۱۵۰/۳	۷/۶	۲۲۳۳۷	W <sub>2</sub>	گر بلند
۳/۹۲	۷۸۲۶	۳۱۰۲	۲۱۶۹	۱۸۳/۱	۳۷/۹۳	۷۷۰/۸	۶۰۷/۶	۹۶۱/۹	۷/۹	۱۱۹۷۴	W <sub>3</sub>	دره چیتو
۰/۷۰	۳۴۸۶	۴۴۳/۲	۱۷۰۳	۳۶۶/۱	۱۴/۸۶	۱۰۳	۱۵۸	۷۰۱/۴	۷/۷	۴۵۷۶	W <sub>4</sub>	دهقاند
۱/۳۴	۳۱۰۶	۳۳۶/۸	۱۵۸۶	۲۶۸/۵	۱۳/۶۸	۱۸۱/۶	۱۲۱/۵	۶۰۱/۲	۷/۷	۴۲۷۷	W <sub>5</sub>	نی نیزک
۳/۵۳	۶۲۳۵	۱۸۶۱	۲۲۱۶	۳۳۵/۶	۱۸۸۷	۶۰۱/۹	۶۰۷/۶	۶۰۱/۲	۷/۴	۹۸۳۶	W <sub>6</sub>	مرغداری دشتستان
۰/۷۲	۳۵۶۲	۵۳۱/۸	۱۸۳۲	۲۷۴/۶	۱۷/۹۹	۱۰۱/۶	۳۵۸/۵	۴۵۰/۹	۸/۱	۴۹۶۱	W <sub>7</sub>	حسن آباد
۱۷/۹۴	۱۳۳۰۳	۵۷۴۳	۲۰۱۵	۲۴۴/۱	۵۶/۶۹	۳۰۵۲	۵۴۰/۸	۶۵۱/۳	۷/۷	۱۸۸۱۶	W <sub>8</sub>	زیارت
۱۸/۰۶	۲۲۱۳۴	۱۱۵۲۲	۲۸۸۴	۲۷۴/۶	۹۵/۹۹	۴۶۴۲	۱۲۱۵	۱۵۰/۳	۷/۵	۳۱۶۴۵	W <sub>9</sub>	صفی آباد
۵۲/۸۰	۴۶۲۵۵	۲۱۳۶۰	۸۵۷۴	۲۱۳/۶	۱۵۰/۵	۱۳۲۲۸	۱۹۷۵	۷۵۱/۵	۷/۳	۷۴۴۰۸	W <sub>10</sub>	هفت جوش
۰/۶۷	۲۲۸۱	۲۶۷/۷	۱۰۳۳	۳۲۹/۵	۷/۰۳۸	۸۰/۴۶	۱۱۵/۴	۴۵۰/۹	۷/۴	۲۸۲۳	W <sub>11</sub>	چاه تلمبه
۹/۱۶	۶۸۴۸	۲۵۷۰	۱۹۱۹	۱۳۴/۲	۳۴/۸	۱۳۱۹	۵۰۴/۳	۳۷۰/۷	۷/۶	۱۰۶۹۱	W <sub>12</sub>	مجاورت زیارت



شکل ۳) مقایسه یون سولفات (الف) و سدیم (ب) و کلر (ج) موجود در آب زیرزمینی دشت برازجان با حدود استاندارد آب آبیاری

### سدیم

آب‌های محبوس شور و یا آب‌های دریایی و نیز گنبد‌های نمکی حاوی سدیم زیادی می‌باشند (۱۳). وجود یون سدیم در آب آبیاری یا خاک موجب می‌شود که نفوذپذیری خاک نسبت به آب مختل شود. این اثر علاوه بر تأثیری است که سدیم مستقیماً بر برخی گیاهان داشته و ممکن است برای آن‌ها سمی باشد. علائم مسمومیت عبارتند از: سوختگی برگ، ایجاد بافت مرده در لبه برگ که به تدریج رخ می‌دهد. غلظت‌های بالاتر از ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر مسمومیت گیاهان را ایجاد می‌نماید (۱۴). غلظت سدیم در نمونه‌های W۲، W۸، W۹ و W۱۰ بیشتر از ۹۰۰

با توجه به جدول ۲ و ۳، غلظت نیترات نیمی از چاه‌های کشاورزی منطقه مورد مطالعه بیشتر از حد استاندارد نیترات است. فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی برازجان، فرسایش سریع کودهای غیرآلی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی، ورود فاضلاب‌های خانگی، پساب دامداری و مرغداری‌ها می‌باشد. نقشه پراکنش غلظت نیترات آب زیرزمینی دشت برازجان نشان‌دهنده افزایش نیترات در بخش جنوب غربی منطقه می‌باشد.

### بحث

### بررسی آلودگی شیمیایی آب زیرزمینی

#### سولفات

سولفات بیشتر از حل شدن ژیپس (سنگ گچ) یا سایر رسوبات معدنی که حاوی سولفات می‌باشند وارد آب‌های مصرفی می‌شود، غلظت بالای سولفات در طعم آب اثر می‌گذارد و گاهی اوقات یون سولفات توسط باکتری‌های موجود در آب احیا شده و H<sub>2</sub>S تولید می‌کند. سولفات یکی از یون‌هایی است که دارای حداقل سمیت می‌باشد. مقدار سولفات کمتر از ۹۶۰ میلی‌گرم در لیتر، برای رشد گیاه مفید و غلظت بیشتر، سبب اختلال در سنتز پروتئین و اسیدنوکلئیک که منجر به مسمومیت گیاه می‌گردد (۱۲). یافته‌های بررسی غلظت سولفات نشان می‌دهد که حداکثر مقدار آن ۸۵۷۴ میلی‌گرم در لیتر در W۱۰ و حداقل آن ۱۰۳۳ میلی‌گرم در W۱۱ می‌باشد. مقایسه غلظت یون سولفات نمونه‌های آب با استانداردهای آب کشاورزی نشان می‌دهد که میزان سولفات در آب‌های منطقه از مقدار مجاز بیشتر است (شکل ۳ الف).

بالای ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند منجر به آسیب در گیاهان شود.

بررسی یافته‌های آنالیز به‌دست آمده نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌های منطقه به‌جز نمونه‌های W۴، W۵، W۷، W۱۱ غلظتی بیش از حد استاندارد دارند (شکل ۳ ج).

جدول ۳) نتایج آنالیز نیترات و نسبت  $NO_3/Cl$  در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت برازجان (غلظت بر حسب  $mg/l$ )

$NO_3/Cl$	$NO_3$ مرداد	$NO_3$ فروردین	Sample
۱/۱۳	۱۴۲۴	۱۴۰۰	W <sub>1</sub>
۰/۰۰۰۷	۵/۰۵	۵/۱۷	W <sub>2</sub>
۰/۰۰۱	۵/۱۳	۳/۲۹	W <sub>3</sub>
۰/۲۱۴	۸۱/۹۴	۹۴/۸	W <sub>4</sub>
۰/۰۵۱۴	۲۰/۰۴	۱۷/۳۱	W <sub>5</sub>
۰/۰۸۷۳	۱۵۴/۲	۱۶۲/۴	W <sub>6</sub>
۰/۰۹۷	۵۴/۶۴	۵۱/۷	W <sub>7</sub>
۰/۰۰۰۳	۲/۰۱	۱/۶۴	W <sub>8</sub>
۰/۰۰۰۳	۲/۳۴	۲/۸۸	W <sub>9</sub>
۰/۰۰۰۲	۳/۷۲	۴/۱۵	W <sub>10</sub>
۰/۱۸۶	۳۵/۶۵	۴۹/۹	W <sub>11</sub>
۰/۰۰۸۷	۲۰/۱۸	۲۲/۳۴	W <sub>12</sub>

#### نیترات

نتایج آنالیز شیمیایی غلظت نیترات نمونه‌های جمع‌آوری شده از منابع آب دشت برازجان از لحاظ غلظت نیترات طی دو فصل مرطوب (فروردین) و خشک (مرداد) در جدول (۲) نشان داده شده است، جهت مطالعه آلودگی آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی برازجان توزیع مکانی یون نیترات در فروردین و مردادماه ۱۳۹۱ برای تعیین میزان آلودگی و شناخت روندهای آلودگی، مورد بررسی واقع شده است (شکل ۴).

میلی‌گرم در لیتر است و در سایر نمونه‌ها غلظتی کمتر از حد استاندارد دارند (شکل ۳ ب).

#### کلرید

یون کلر در آب زیرزمینی از منابع طبیعی، فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های صنعتی و ورود آب‌های شور، ناشی می‌شود. از آنجائی‌که برخی از گیاهان به تأثیر یونی کلر حساسیت ویژه‌ای نشان می‌دهند، بنابراین رده‌بندی‌های تجربی آب آبیاری بر اساس غلظت کلرید ضرورت دارد (جدول ۲).

جدول ۲) مقادیر استاندارد جهانی مقادیر پارامترهای کیفیت آب آبیاری

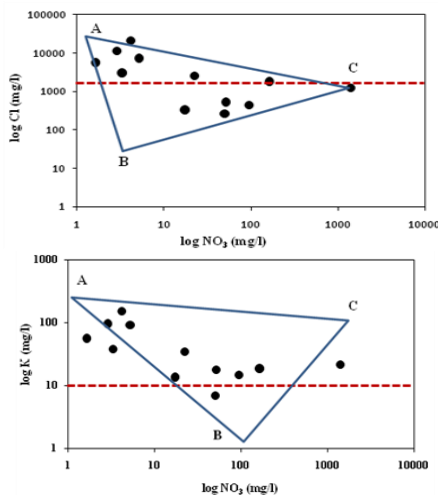
پارامتر آب	نماد	حد معمول در آب آبیاری	پارامتر آب
هدایت الکتریکی	EC <sub>w</sub>	۰ - ۳	dS/m
کل مواد جامد محلول	TDS	۰ - ۲۰۰۰	mg/l
کلسیم	Ca <sup>2+</sup>	۰ - ۴۰۰	mg/l
منیزیم	Mg <sup>2+</sup>	۰ - ۷۰۰	mg/l
سدیم	Na <sup>+</sup>	۰ - ۹۰۰	mg/l
کربنات	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۰ - ۳	mg/l
کلرید	Cl <sup>-</sup>	۰ - ۱۰۰۰	mg/l
سولفات	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	۰ - ۹۶۰	mg/l
نیترات	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۰ - ۳۰	mg/l
آمونیم نیتروژن	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	۰ - ۵	mg/l
فسفات فسفر	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	۰ - ۲	mg/l
پتاسیم	K <sup>+</sup>	۰ - ۲	mg/l
سدیم نسبت جذب	SAR	۰ - ۱۵	meq/l

شایع‌ترین مسمومیت گیاهان نسبت به یون کلرید در آب آبیاری می‌باشد. کلرید جذب شده از راه آب و یا خاک توسط گیاه بر اثر تعرق، در برگ گیاهان تجمع می‌یابد. اگر غلظت کلر در برگ‌ها بیش از حد استاندارد باشد، علائم آسیب مانند سوختگی برگ یا خشک شدن بافت برگ ایجاد می‌شود. غلظت‌های

### بررسی نیترات آبخوان برازجان

به منظور بررسی منابع نیترات آب می‌توان از نمودارهای نیترات در مقابل غلظت‌های کلراید و پتاسیم استفاده کرد (۱۵). با توجه به شکل (۵) سه منبع آب با نیترات متفاوت مشخص خواهد شد. آب نوع A، غلظت نیترات کم و غلظت پتاسیم و کلراید بالایی دارد، نمونه آب W۲، W۳، W۷، W۸ و W۱۰ در این دسته قرار می‌گیرند که در بخش غرب در نزدیک رودخانه حله و مرکز دشت قرار گرفته‌اند.

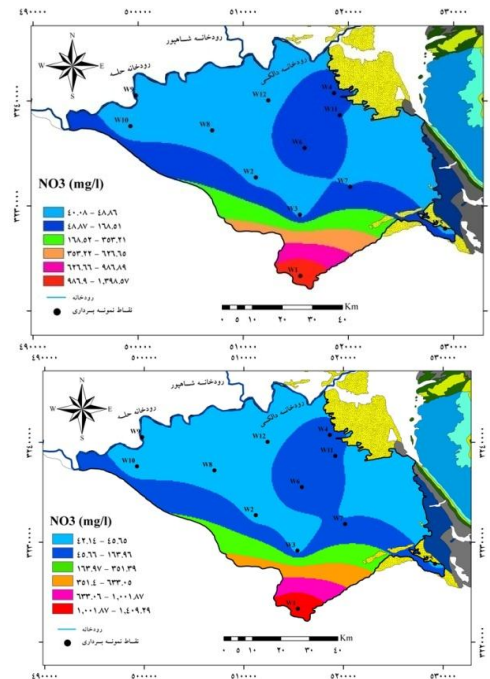
سایر نمونه آب در منطقه B با غلظت نیترات نسبتاً بالا و پتاسیم و کلراید متوسطی قرار گرفته است. آب نوع C آبی است که میزان نیترات بالا و کلراید متوسط و پتاسیم کمی دارد. این آب در روستای گندم‌ریز W۱ دیده می‌شود.



شکل ۵) نمودارهای دو متغیره لگاریتم غلظت نیترات در مقابل لگاریتم غلظت پتاسیم و کلر نمونه‌های آب زیرزمینی

### آلودگی نیترا ته آب‌های زیرزمینی

کاربری اراضی کشاورزی و اعمال زراعی اثرات عمده‌ای را بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت برازجان گذاشته است. به جز نواحی شهری و مناطقی که پیشروی



شکل ۴) نقشه نیترات (بر حسب میلی‌گرم در لیتر) آبخوان آبرفتی برازجان در فروردین (الف) و مردادماه (ب) ۱۳۹۱

بالاترین میزان نیترات اندازه‌گیری شده در منطقه حدود ۱۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر مربوط به نمونه شماره ۱ روستای گندم‌ریز است، در مرتبه بعدی آب روستای مرغداری دشتستان، دهقانند، حسن‌آباد و مجاور زیارت به ترتیب میزان نیترات ۱۶۲/۴، ۹۴/۸، ۵۱/۷ و ۴۹/۹ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد. سایر نمونه‌ها دارای میزان نیتراتی کمتر از ۲۳ میلی‌گرم در لیتر هستند. با توجه به شکل ۴ میزان نیترات موجود در آب‌های زیرزمینی در بخش جنوب غربی و مرکز منطقه در اطراف چاه خانگی W۱، W۶ در دو فصل نمونه‌برداری بیشتر از سایر بخش‌ها بود.

افزایش نیترات در چاه W۱ می‌توان به دلیل وجود چاه‌های جذبی فاضلاب خانگی به واسطه نزدیکی به خانه‌های روستا و در چاه W۶ نزدیکی به مرغداری و ورود نیترات ناشی از فضولات ماکیان، آلودگی ناشی از کودهای شیمیایی مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی نسبت داد.

سازندهای ژیپس و هالیت دار (گچساران و آغاچاری) و نفوذ آب شور رودخانه حله و دالکی و وجود شورابه‌های نفتی افزایش یون سولفات، کلر و سدیم در آب زیرزمینی منطقه تشخیص داده شده‌اند.

نظر به تغییرات قابل توجه در میزان غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی دشت برازجان که برخی بیش از استاندارد آب آشامیدنی می‌باشد، چهار منشأ احتمالی برای بالا بودن میزان نیترات در آب‌های زیرزمینی پیشنهاد می‌شود:

الف) مواد چاه‌های فاضلاب خانگی و مواد زاید که به‌روش غیربهداشتی دفن می‌شوند.

ب) کودهای شیمیایی و فضولات حیوانی- انسانی.

ج) انحلال نهشته‌های تبخیری یا خاک‌های غنی از نیترات توسط آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در مناطق خشک.

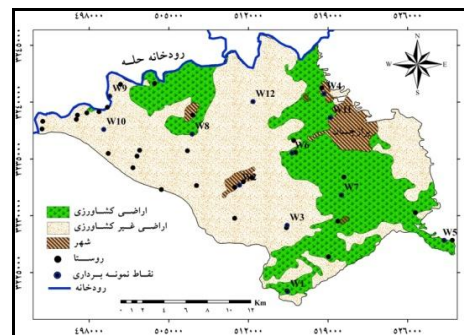
د) تثبیت زیستی نیترژن در خاک‌ها توسط باکتری‌ها و سپس انحلال آن‌ها توسط آب‌های زیرزمینی.

احتمال دو منشأ عمده نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت برازجان فاضلاب‌های خانگی و مرغداری‌ها و کودهای شیمیایی اعمال شده برای زراعت و انحلال نهشته‌های تبخیری یا خاک‌های غنی از نیترات به‌همراه شستشو و انتقال آن به آب‌های زیرزمینی بیش از سایر موارد می‌باشند. پایین بودن غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی چاه‌های (W۳، W۵ و W۸) علی‌رغم قرارگیری چاه‌ها در محدوده اراضی کشاورزی نسبت به سایر چاه‌ها، نشانگر عدم تأثیر یا اثر ناچیز کودهای شیمیایی بر آلودگی آب‌های زیرزمینی این مناطق است. با توجه به دفع سنتی فاضلاب و قابلیت نسبتاً خوب نفوذپذیری زمین‌های دریافت‌کننده فاضلاب در جنوب غربی منطقه، مهم‌ترین منشأ نیترات در نمونه‌های آب چاه W۱ فاضلاب‌های خانگی پیشنهاد می‌گردد. آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر چاه‌های

آب شور منطقه تا آنجا می‌رسد، تقریباً بقیه نواحی دشت زیر پوشش زراعی قرار گرفته است.

آلودگی شدید نیترات آب‌های زیرزمینی به‌وسیله فعالیت‌های کشاورزی در نواحی وسیعی از دشت برازجان صورت گرفته است. کوددهی نیترژنه در زمین‌های زراعی عمدتاً جهت رشد رویشی (سبزینه) گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. کود نیترژنه مورد استفاده قرار گرفته برای زراعت بیشتر اوره می‌باشد.

فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی برازجان اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشویی سریع کودهای شیمیایی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی می‌باشد. شکل ۶ نشان می‌دهد که اراضی کشاورزی دشت برازجان از وسعت زیادی برخوردار بوده و مجموع مساحت آن برابر ۱۴۳/۴۲ کیلومتر مربع است که در حدود ۳۴/۲۷ درصد مساحت کل منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۶) اراضی کشاورزی موجود در منطقه مورد مطالعه

### منشأهای آلودگی آب‌های زیرزمینی

منشأهای آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت برازجان با استفاده از نقشه کاربری اراضی منطقه، بازدیدهای میدانی و داده‌های هیدروشیمی مشخص گردیده است. بر این اساس چاهک‌های جذبی فاضلاب‌های خانگی، مرغداری‌ها و کودهای شیمیایی اعمال شده برای زراعت از مهم‌ترین عوامل آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت برازجان به نیترات و همچنین تغذیه آبخوان از

فاضلاب خانگی در بسیاری از نواحی از ایالات متحده آمریکا گزارش شده است (۱۶).

چاه‌ها با بیشترین میزان نیترات منطقه در بخش جنوب غربی دشت برازجان (چاه‌های W۱ و W۶) قرار دارند. نظر به اینکه شیب توپوگرافی و جهت جریان آب‌های زیرزمینی این منطقه از شرق و غرب به سوی مرکز و جنوب غربی است، بنابراین انتقال آلودگی آب این چاه‌ها توسط فاضلاب‌های خانگی تأیید و ورود پساب‌های کشاورزی می‌شود. یکی از راه‌های تعیین منشأ غیر کود شیمیایی نیترات آب‌های زیرزمینی، تعیین نسبت‌های  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  و  $\text{K}^+/\text{Cl}^-$  می‌باشد.

افزایش غلظت کلرید به‌همراه کاهش غلظت نیترات نشان‌دهنده این موضوع است که منشأ کلرید غیر از کود شیمیایی می‌باشد (۱۷) منشأ کلرید و پتاسیم در منطقه مورد مطالعه، می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی (کودهای شیمیایی و فاضلاب‌های خانگی) باشد.

سفره‌های آب زیرزمینی که تحت تأثیر آلودگی ناشی از فاضلاب‌های خانگی یا مواد زاید شهری قرار می‌گیرند، معمولاً با غلظت بیشتر کلرید نسبت به بخش‌های قابل شرب سفره مشخص می‌شوند. جالب توجه است که بیشتر نمونه‌های آب چاه‌های با غلظت غیرمجاز نیترات (بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) با مقادیر بالای  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  نسبت به سایر نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه مشخص می‌شوند. بالا بودن نسبت  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  آب این چاه‌ها که در محدوده اراضی شهری قرار می‌گیرند، منشأ فاضلاب‌های خانگی را به‌عنوان عمده‌ترین عامل آلودگی نیترات آبخوان تأیید می‌کند. نسبت  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$  نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از ۱/۱۳ (چاه W۱) تا ۰/۰۰۰۲ در (چاه W۱۰) متغیر است (جدول ۳).

پایین بودن میزان نیترات W۲، W۳، W۸، W۹ و W۱۰ نسبت به آب سایر چاه‌های آبخوان، بالا بودن میزان یون کلراید و عدم ورود نیترات از زمین‌های کشاورزی (منشأ کودهای شیمیایی) به منابع آب زیرزمینی را تأیید می‌نماید. پیتمن (Pittman) (۱۸) نشان داد که اثر سمی نمک‌های کلره حداکثر و نمک‌های سولفات‌ها حداقل و نمک‌های کربناته حد متوسط است. شرایط محیطی مانند شوری، مسمومیت عناصر سنگین خاک و گرما، بر روی رشد گیاه و جذب نیتروژن توسط ریشه و متابولیسم آن در گیاه اثر نامطلوب دارند (۱۹).

### نتیجه‌گیری

بررسی هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که غلظت یون‌های کلر، سدیم و سولفات آب‌های زیرزمینی خیلی بیشتر از حد استاندارد می‌باشد.

حداکثر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت برازجان معمولاً در فروردین‌ماه رخ داده است. کودهای نیترا ته مورد استفاده در زمین‌های زراعی در بهمن‌ماه با گذشت زمان تولید آمونیوم کرده که بر اثر آبیاری طی اسفند و فروردین‌ماه به‌صورت نیترات از لایه‌های خاک عبور کرده و به سطح ایستابی وارد می‌گردد.

وجود یون نیترات در آب‌های زیرزمینی از دو جنبه قابل بررسی است. استفاده از آب‌های حاوی نیترات جهت شرب و نیز آبیاری زمین‌های کشاورزی.

نتایج نشان داد که غلظت نیترات در ۴۲ درصد از نمونه‌ها بیش از حد استانداردهای جهانی است. فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی برازجان اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشویی سریع کودهای غیرآلی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی،

زیرزمینی منطقه به وسیله کودهای شیمیایی، بایستی میزان مصرف کودهای نیترا ته کنترل گردد و از ورود پساب های دامداری و مرغداری های منطقه به آب زیرزمینی جلوگیری گردد.

ورود فاضلاب های خانگی، پساب دامداری و مرغداری ها می باشد. نقشه پراکنش غلظت نترات آب زیرزمینی دشت برازجان نشان دهنده افزایش نترات در بخش جنوب غربی منطقه در اطراف چاه خانگی W۱ می باشد. به منظور کاهش احتمال آلودگی آب های

## References:

1. Nanbakhsh H, Technology guidelines for water supply in small communities, Firsi printing: Address, control., 1382 (Persian).
2. Datta P.S, Deb D.L, Tyagi S K. Assessment of groundwater contamination from fertilizers in Delhi area based on 18O, NO<sub>3</sub>- and K<sup>+</sup> composition. J CONTAM HYDROL. 1997; 27: 249-62.
3. Thorburn PJ, Biggs J S, Weier K L, et al. Nitrate in groundwater of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. AGR ECOSYST ENVIRON J 2003; 94: 49-58.
4. Lerner D.N., Papatolios K.T. A simple analytical approach for predicting nitrates concentrations in pumped ground water. Ground Water 1993; 31: 370-76.
5. Ayers RS, Westcot DW. Water quality for agriculture: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome; 1985.
6. Antonakos A, Lambrakis N. Hydrodynamic characteristics and nitrate propagation in Sparta aquifer. Water Res 2000; 34: 3977-86.
7. Jeevanandam M, Kannan R, Srinivasalu S, Rammohan V. Hydrogeochemistry and groundwater quality assessment of lower part of the Ponnaiyar River Basin, Cuddalore district, South India. Environmental monitoring and assessment 2007; 132: 263-74.
8. M. Heidari , H. Nadeyan , A.M. Bakhshandeh et al. Effects of Salinity and Nitrogen Rates on Osmotic Adjustment and Accumulation of Mineral Nutrients in Wheat. JWSS - Isfahan University of Technology. 2007; 11: 193-211 (Persian).
9. Daroudi, M. and H. Siyadat. Effect of water salinity, potassium sulfate and urea on yield and nutrients concentration in wheat. Soil and Water. Special issue of wheat. 1999; 12: 23-39. (Persian).
10. Darvishzadeh A. Geology of Iran.-901 pp. Amirkabir Publication (Persian) 1991.
11. Awwa A. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater . 1998; 20.
12. Watkins C. B, Brown J. M, Dromegoole F. J. Salt tolerance of the coastal plant, Tetragonia trigyna Banks et Sol. ex Hook. N.Z. Bot 1988; 26: 153-62.
13. Bouwer H, Bouwer H. Groundwater hydrology: McGraw-Hill New York; 1978.
14. Abrol I, Yadav JSP, Massoud F. Salt-affected soils and their management: Food & Agriculture Org.; 1988.
15. Datta P, Deb DL, Tyagi S K. Assessment of groundwater contamination from fertilizers in Delhi area based on 18O, NO<sub>3</sub>- and K<sup>+</sup> composition. J Contam Hydrol 1997; 27: 249-62.
16. Keeney D, Olson RA. Sources of nitrate to ground water. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 1986; 16: 257-304.
17. Pawar NJ, Shaikh IJ. Nitrate pollution of ground waters from shallow basaltic aquifers, Deccan Trap Hydrologic Province, India. Geo. 1995; 25: 197-204.
18. Harris F, Pittman D. SOIL FACTORS AFFECTING THE TOXICITY OF ALKALI. Jour. Agr. Res. 1918; 15: 287.
19. Sinebo W, Gretzmacher R, Edelbauer A. Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian barley. Field Crop Reas 2004; 85: 43-60.

*Original Article*

# Survey of groundwater chemical pollution in the Borazjan plain

J. Mozafarizadeh <sup>1\*</sup>, Z. Sajadi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Head of Research Committee, Bushehr regional water authority

<sup>2</sup> Department of Geology, School of Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, IRAN

(Received 19 Jan, 2013      Accepted 26 May, 2013)

## *Abstract*

**Background:** Nitrate due to its high water solubility, poor absorption and having stable composition in the water, has been studied as the best index to indicate groundwater contamination. Borazjan, located in the north of Bushehr province, is one of fertile plains which nitrate contamination of groundwater has occurred in the most parts of it. Detecting the source of pollution and the most vulnerable areas were the aims of this study.

**Material and Methods:** In this study, hydrochemical quality, especially in terms of nitrate, sulfate, chloride sodium, spatial and temporal variations and the origin of them in the groundwater of Borazjan plain, are studied. Groundwater samples from 12 wells were collected in April and August 2012 and assessed to determine the parameters of hydrochemistry and pollution.

**Results:** Based on these results, severe nitrate contamination of groundwater, especially in the southern part of the plain, by agricultural activities, cesspool wells, domestic sewage and livestock and poultry wastewater the influence of the effluent from the aviculture, were occurred. Also, the quality of groundwater resources showed that concentration of  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , and  $\text{NO}_3^-$  are more than standard limit and only in some areas of plain, concentration of ions such as  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{Na}^+$  is less than the standard limit.

**Conclusion:** According to the results of this study, using chemical fertilizers in terms of time period and amount of consumption should be properly managed. Furthermore, domestic wastewater, livestock and poultry wastewater should be controlled and the monitoring system for measuring the exact quantity and quality of groundwater resources must be completed.

**Key words:** Borazjan plain, groundwater pollution, Nitrate concentration

\*Address for correspondence: Research committee, Boushehr Regional Water Authority, Raees Ali Delvari Street, Boushehr.  
Email: Jaber\_mozaffarizadeh@yahoo.com