مقاله مستخرج از پایان‌نامه

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره دوم، شماره۴، زمستان ۱۴۰۰، صص ۱۹-۳۴

بررسی رابطه آلودگی نیترات در آب زیرزمینی، خاک و گیاه

(مطالعه موردی: دشت فسا)

زهره موسوی نسب[1]*

Zohreh.Moosavinasab@iau.ac.ir

فیروزه غلامزاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸ **تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۱/۲۴**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی نیترات در منابع آب زیرزمینی و محصولات کشاورزی، به لحاظ گسترش فعالیتهای انسانی و توسعه شهرنشینی رو به افزایش است. پژوهش حاضر با هدف بررسی آلودگی نیترات در آب زیرزمینی، خاک و برخی محصولات زراعی دشت فسا انجام شده است.

روش بررسی: پس از نمونه‌برداری از آب زیرزمینی، خاک و گیاهان زراعی، میزان نیترات و سایر پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شد. برای بررسی آلودگی نیترات و تعیین منشا آن، آزمون‌های آماری تی و همبستگی داده‌ها به کمک نرم افزارهای SPSS و Excell اجرا گردید. پهنه‌بندی مکانی نیترات نیز به کمک ArcGIS انجام شد.

یافته ها: آزمون آماری نشانگر وجود آلودگی نیترات در آب زیرزمینی منطقه بود اما خاک منطقه آلودگی نیترات نشان نداد. نیترات در چهار نوع گیاه کاهو، باقلا، پیاز و اسفناج در محدوده مجاز و در باقلا نزدیک به حد مجاز بود. در عین حال، در بین گیاهان برگی، غلظت نیترات در کاهو بیشتر از اسفناج و در پیاز کمتر از بقیه گیاهان بود.

بحث و نتیجه‌گیری: عدم همبستگی معنی‌دار میان نیترات با سایر یون‌ها که منشا لیتولوژیکی دارند حاکی از منشا انسان‌زاد نیترات در آب منطقه است. بالا بودن نسبت نیترات به کلراید نیز حاکی از تاثیر عمده به‌کارگیری کودهای شیمیایی است و نقش کم اهمیت‌تر فاضلاب‌های خانگی را خصوصا در خروجی دشت نشان می‌دهد. نزدیک بودن میزان نیترات در برخی از گیاهان مورد بررسی به حد مجاز، لزوم توجه به میزان مصرف آنها و پایش مداوم آب، خاک و گیاهان از نظر آلودگی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: نیترات، فسا، آب زیرزمینی، خاک، گیاه

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران (مسئول مکاتبات)

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران.

J. Sus. Dev. & Env., Vol 2, No.4, Winter 2021, pp.19-34

Investigation of Nitrate Contamination in Groundwater, Soil, and Crops (Case Study: Fasa Plain)

Zohreh Moosavinasab*[1]

Zohreh.Moosavinasab@iau.ac.ir

Firoozeh Gholamzadeh[2]

Received: February 17, 2022 Accepted: April 13, 2022

Abstract

Background and Aim: Nitrate contamination in groundwater resources and crops is increasing due to human activities and urban development. This study has aimed to investigate on nitrate contamination in groundwater, soil, and some crops of Fasa plain.

Methods: After sampling of groundwater, soil, and some crops, the nitrate content and the other quality parameters were measured. T-tests and a data correlation test were performed using SPSS and Excell software to investigate on nitrate contamination and its origin. Spatial zoning of nitrate also performed using ArcGIS.

Results: The statistical test indicated the presence of nitrate contamination in the groundwater of the region; however, the soil did not show nitrate contamination in the area. Nitrate level in four types of crops, lettuce, beans, onions, and spinach, was within the allowable range, and in beans, it is close to the allowable limit. At the same time, among the leafy plants, the concentration of nitrate in lettuce was higher than in spinach, and it was lower in onions than in the others.

Discussion and Conclusion: The lack of significant correlation between nitrate ions and the other ions of lithological origin suggests the anthropogenic origin of nitrate in the groundwater in the region. The high ratio of nitrate to chloride also indicates the significant impact of chemical fertilizers and the less important role of domestic wastewater, especially in the outlet of the plain. The amount of nitrate in some of the studied crops is close to the permissible level, shows the need to pay attention to their consumption and continuous monitoring of water, soil, and plants in terms of the pollution.

Keywords: Nitrate, Fasa, Groundwater, Soil, Crops

1- Assistant Professor, Department of Geology, Estahban branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran.
2- MSc graduated student of Environmental Geology, Estahban branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran.

مقدمه:

در سال‌های اخیر به‌دلیل گسترش فعالیتهای کشاورزی و صنعتی و توسعه شهرنشینی مقدار ترکیبات نیتروژن‌دار به‌عنوان آلاینده شیمیایی در منابع آب زیرزمینی رو به افزایش است. غلظت نیترات یکی از پارامترهای مهم کنترل کیفی آب به حساب می‌آید (۱). مقدار مجاز یون نیترات آب آشامیدنی بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت برابر ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (۲). بالا بودن غلظت یون نیترات در منابع آب شرب باعث بروز بیماری متهموگلوبینمیا در نوزادان می‌گردد. در بزرگسالان، تداوم مصرف سبزیها و یا آب آشامیدنی محتوی نیترات زیاد، به دلیل تبدیل نیترات در بدن به نیتروزآمین که ترکیبی سرطانزاست، احتمال ابتلا به انواع سرطان‌های دستگاه گوارش و مثانه افزایش می‌یابد (۳). نیتروژن پرمصرفترین عنصر مورد نیاز گیاه است که در کشاورزی از آن به مقدار زیاد استفاده می‌شود. استفاده بی‌رویه از کودهای نیتروژنی علاوه بر آلودگی آبهای زیرزمینی، باعث جذب توسط گیاهان شده و یکی از دلایل اصلی وجود نیترات مازاد در سبزیجات است (۴). همه نیترات موجود در کود مصرفی، جذب گیاهان نمی‌شود بلکه مقدار زیادی از آن از طریق آبشویی و فرسایش خاک سبب آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می‌گردد. چاهک‌های جذبی از دیگر منابع مهم ورود نیترات به محیط زیست هستند (۵). این مسأله به‌ویژه در مکان‌هایی که چاهک‌های جذبی فاضلاب در حریم کیفی چاه‌های آب واقع شده‌اند، محل‌های پرجمعیت و زمین‌های متشکل از مواد متخلخل دانه درشت بحرانی‌تر می‌باشد. فسا یکی از شهرستانهای موفق کشاورزی در سطح کشور می‌باشد که به علت تنوع آب و هوایی، محصولات کشاورزی متنوعی مانند ذرت، گندم، پنبه، چغندر، صیفی‌جات و سبزیجات در این منطقه کشت می‌شود. به‌دنبال مطالعات اولیه روی منابع آب زیرزمینی دشت فسا و مشاهده آلودگی نیترات در برخی از نمونه‌های آب (۶) و از آنجا که مطالعات نشان داده که رابطه مستقیمی بین غلظت نیترات در محیط و مقدار تجمع نیترات در محصولات کشاورزی و باغی وجود دارد (۷)، لذا مطالعه حاضر، مکمل پژوهش قبلی است.

آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی نقاط مختلف ایران و جهان تاکنون توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. فاریابی و جلالی منبع آلودگی نیترات در دشت جیرفت و تویسرکان را استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی ذکر نمودند (۸، ۹). شیرانی و همکاران و راماروسون و همکاران نزدیکی به مناطق شهری و فاضلاب‌های خانگی و چاه‌های جذبی دفع فاضلاب را عامل اصلی آلودگی نیترات آب در تهران و ماداگاسکار برشمردند (۵، ۱۰). مظفری زاده و سجادی و نیز کلانتری و همکاران اثر تلفیقی کاربرد کودهای شیمیایی، فاضلاب خانگی، نفوذ شیرابه زباله به چاه‌های آب زیرزمینی، نبود شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و تخلیه بی‌ضابطه فاضلاب های شهری و صنعتی به لایه‌های آبدار را علت آلودگی نیترات در آبخوان برازجان و گتوند ذکر نمودند (۱۱، ۱۲). محمودی نژاد و رئیسی اردکانی نیز وجود شیلهای نفتی سازند کژدمی را علت ورود نیترات به آبخوان سرپنیران عنوان کردند (۱۳). جلینی و دوستی، قمشه و نظامی، شریعت پناهی و همکاران از جمله محققانی هستند که انباشت نیترات در انوع سبزیجات و صیفی‌جات غده‌ای، برگی و میوه‌ای و نیز خاک را مورد مطالعه قرار دادند (۱۴، ۱۵، ۱۶). در این پژوهش‌ها آبیاری با پساب‌های صنعتی آلوده و به‌کارگیری بیش از حد کودها به‌عنوان مهمترین منابع آلودگی نیترات در گیاهان معرفی شده است.

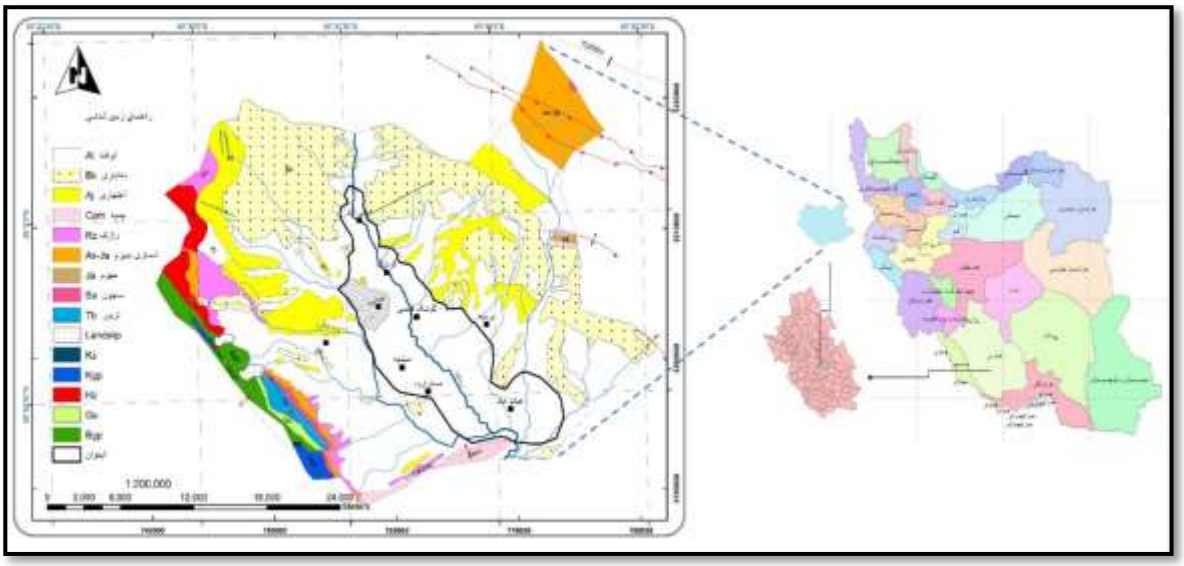
زمینه و هدف

در تکمیل این مطالعات، در این پژوهش نمونه‌هایی از آب زیرزمینی، خاک و برخی گیاهان خوراکی منطقه برداشت و مورد تجزیه قرار گرفت تا رابطه نیترات موجود درآب و چگونگی ورود آن به چرخه غذایی مورد تحلیل قرار گیرد.

زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی محدوده مطالعاتی فسا

محدوده مطالعاتی فسا در استان فارس در بین طول جغرافیایی′ ۲۷ °۵۳ تا ′۵۰ °۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی ′۴۵ °۲۸ تا ′۱۰ °۲۹ شمالی قرار دارد (شکل ۱). محدوده فسا از نظر آب و هوایی جزء مناطق خشک تا نیمه‌خشک با میانگین بارش سالانه ۲۸۳/۱ میلیمتر می‌باشد (۱۷). به لحاظ زمین‌شناسی،

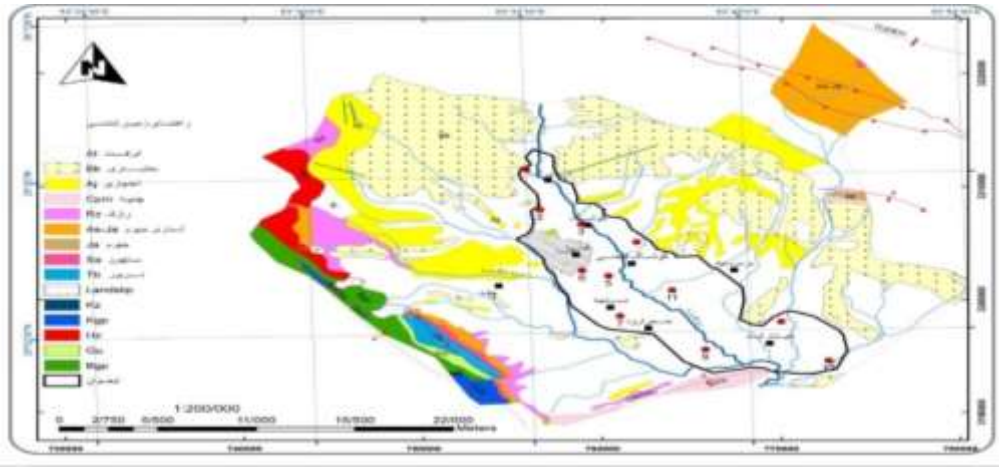
این محدوده در منطقه ساختاری زاگرس چین‌خورده قرار دارد و دارای ساختار زمین‌شناسی ساده شامل تاقدیس‌های نزدیک به‌هم و فشرده با روند شمال غربی- جنوب شرقی است. سازندهای زمین‌شناسی رخنمون شده در محدوده فسا از قدیم به جدید شامل: گروه هرمز، گروه خامی،گروه بنگستان، کژدمی، گورپی، تربور، ساچون، آسماری- جهرم، رازک، بخش چمپه از سازند گچساران، آغاجاری و بختیاری است. آبرفت‌های عهد حاضر جوانترین رسوبات دشت را تشکیل داده است (شکل ۱). برخی از این سازندها بر اساس جنس لایه‌های تشکیل دهنده خود، بعضا اثرات مخرب بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه اعمال کرده‌اند. آبخوان‌های موجود در حوزه آبریز دشت فسا از دو نوع آبرفتی و آهکی-کارستی می‌باشد که نوع اخیر، در سازندهای آهکی آسماری-جهرم و زیرسازند آهکی-مارنی چمپه تشکیل شده است. چاه‌های حفر شده در آبخوان‌های آهکی، به‌دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی و نیز بهره‌برداری زیاد، طی سالیان اخیر افت قابل ملاحظه‌ای داشته است. آبخوان آبرفتی دشت فسا با مساحت ۱۸۹/۶۳ کیلومتر مربع از نوع سفره آزاد و ناهمگن می‌باشد. عمده بافت آبرفت را رسوبات دانه‌متوسط و دانه‌ریز تشکیل می‌دهد و بیشترین ضخامت آن، ۱۲۰ متر است. عمق سطح ایستابی در بخش‌های مرکزی آبخوان، بین ۳۰-۲۰ متر بوده و در قسمت‌هایی از بخش‌های غربی و شرقی آبخوان، تا ۴۰ متر افزایش می‌یابد. عمق چاه ها ۴۰ تا ۱۳۰ متر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی دشت فسا، مناطق مسکونی و سازندهای زمین شناسی آن

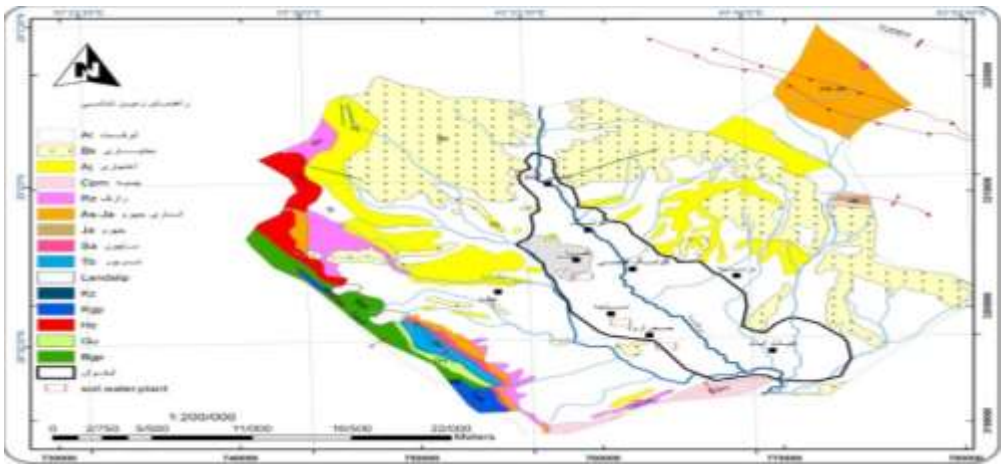
روش بررسی

در این تحقیق به‌منظور بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی، با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی موقعیت ۱۲حلقه چاه آب که شرایط یک معرف خوب و مناسب را داشته باشد (مانند قابلیت دسترسی آسان، عدم وجود آلودگی تصادفی، خشک نبودن چاه، انعکاس دهنده شرایط فیزیکوشیمیایی آبخوان) پیشنهاد و با بازدید میدانی و استفاده از GPS موقعیت آنها تعیین شد (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری از آب در دشت فسا (نقاط قرمز رنگ دارای شماره)

انتخاب محل‌های نمونه‌برداری آب، نحوه نمونه‌برداری، ظروف نمونه‌برداری و نحوه انتقال آن به آزمایشگاه بر اساس دستورالعمل نمونه‌برداری آب (۱۸) صورت گرفت. نمونه برداری از چاه‌های منطقه با هدف مطالعه آلودگی آبخوان به نیترات در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ انجام و پارامترهای هدایت الکتریکی، pH ، کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی، نیترات، سختی کل و جامدات محلول در نمونه‌های آب اندازه‌گیری شد. دستگاه های مورد استفاده شامل EC و pH متر Metrohm، اسپکتروفتومتر Dr 2500 و UV-VIS T80G ، فتومتر Jenway و جذب اتمیGBC است. با توجه به تمرکز باغات کشاورزی در منطقه اکبرآباد فسا و تمرکز فعالیت‌های کشاورزی و احتمال تأثیر فاضلاب بر منابع آبی، چهار منطقه فیروزامرد، دستجه، خیرآباد و صحرارود، به منظور نمونه‌برداری خاک و گیاه انتخاب شد (شکل ۳). نمونه‌برداری از خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر انجام و پس از مخلوط شدن با هم و تشکیل نمونه مرکب، به‌منظور پیشگیری از رخداد واکنش-های فیزیکی، شیمیایی و زیستی، بدون تاخیر به آزمایشگاه ارسال گردید و پارامترهای هدایت الکتریکی، pH، کربن آلی، مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم (NPK) و نوع بافت خاک تعیین شد. نمونه برداری از گیاهان با در نظر گرفتن ملاحظات لازم در خصوص نحوه انتخاب گیاه سالم، سن رشد و زمان نمونه‌برداری در طول روز انجام گرفت (شکل ۴). نمونه‌های گیاهی پس از برداشت، با هدف کاهش تنفس، فعالیتهای آنزیمی و متابولیکی، در کیسه‌های مجزا و در داخل یخدان قرار گرفت و در اسرع وقت به آزمایشگاه ارسال شد. میزان نیترات به روش کجلدال (تقطیر) تعیین شد (۱۹).



شکل ۳- موقعیت نقاط برداشت نمونه خاک و گیاه دشت فسا

شکل ۴- نمونه‌برداری از گیاه در دشت فسا

یافته‌ها

داده‌های هیدروژئوشیمیایی

نتایج حاصل از سنجش‌های شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه (جدول ۱) نشان می‌دهد ۵۰ درصد نمونه‌های آب مطالعه شده دارای سختی بیش از حد استاندارد ۵۰۰mg/L کربنات کلسیم هستند (۲) که برای مصارف کشاورزی مشکلاتی را در پی دارد. همچنین ۳۳ درصد از آب‌های محدوده دشت، برحسب میزان TDS در دسته غیر قابل قبول (>۱۲۰۰ mg/L) قرار گرفته و از لحاظ قابلیت شرب نامناسب می‌باشند. از جمله عوامل موثر در افزایش TDS آب زیرزمینی دشت فسا می‌توان به حرکت آب از میان سازندهای تبخیری قابل انحلال و ورود آلاینده‌های ناشی از فاضلاب‌ها اشاره نمود. حداکثر مقدار مجاز EC آب برابر ۱۴۰۰ میکروموس بر سانتی-متر (۲) و میانگین این پارامتر در آبهای محدوده مطالعاتی برابر ۱۴۳۱ میکرو موس بر سانتی متر می‌باشد.

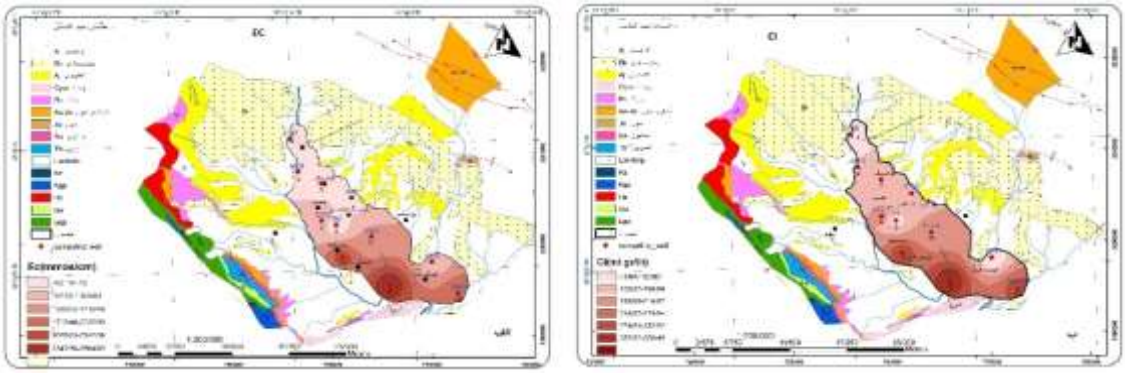
جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های آب چاه در منطقه مطالعاتی فسا

well no.			m	µmhos/cm		meq/l							mg/L		
	UTMx	UTMy	Depth	EC	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+	TDS	T.H	NO_3^-
N-1	۷۵۵۶۹۷	۳۲۱۱۴۸۸	۱۵۰	۱۰۳۷	۸/۱۱	۵	۱/۵	۳/۹۸	۰/۷۵	۲	۷/۷۱	۰/۰۶	۷۶۷/۹۶	۱۳۷/۵	۱۸/۶۶
N-2	۷۵۶۴۸۷	۳۲۰۷۹۲۴	۱۵۰	۸۰۸	۷/۱	۴	۲/۸	۲/۰۵	۴/۵	۳	۱/۲۸	۰/۰۴	۵۷۸	۳۷۵	۲۶/۳۵
N-3	۷۵۸۸۰۸	۳۲۰۶۶۳۵	۵۵	۹۷۰	۷/۱۷	۴/۴	۳/۵	۲/۰۷	۳/۵	۵/۵	۰/۹	۰/۰۵	۶۵۱	۴۵۰	۴۰/۵۶
N-4	۷۶۱۸۸۲	۳۲۰۵۰۸۲	۱۲۰	۸۴۸	۸/۱۵	۳/۷	۳/۲	۱/۸۵	۳	۳	۲/۷۵	۰/۰۴	۵۷۳	۳۰۰	۳۴/۴۳
N-5	۷۶۰۳۲۱	۳۲۰۲۰۸۰	۱۰	۷۶۰	۸/۱	۶/۵	۲	۰/۴۲	۳/۵	۲	۲/۳۱	۰/۰۴	۵۱۴	۲۷۵	۷۱/۳۲
N-6	۷۵۸۸۵۲	۳۲۰۲۵۴۴	۴۵	۱۳۷۳	۷/۳۵	۶/۵	۵	۲/۹	۴	۷	۳/۲۷	۰/۰۸	۹۲۲	۵۵۰	۱۱۹/۲۹
N-7	۷۶۰۹۷۰	۳۱۹۸۵۳۰	۱۰۰	۲۱۸۰	۷/۱۶	۸	۹	۶	۱۰	۸/۵	۴/۱۱	۰/۱۱	۱۴۴۲	۹۲۵	۹۸/۷۲
N-8	۷۶۳۴۳۸	۳۱۹۶۴۶۷	۵۰	۲۰۲۶	۶/۹۵	۵/۵	۷/۵	۸/۲۶	۶/۵	۷/۵	۶/۶۸	۰/۱۱	۱۳۷۶/۱۶	۷۰۰	۶۷/۵۵
N-9	۷۶۵۷۳۹	۳۱۹۵۵۶۰	۴۰	۲۶۶۵	۷/۳۹	۷	۱۱	۱۱	۸/۵	۱۲/۵	۷/۷	۰/۱۶	۱۸۲۵	۱۰۵۰	۴۶/۵۱
N-10	۷۶۹۹۷۱	۳۱۹۸۰۴۳	۱۱۰	۱۰۹۰	۸/۴۲	۵/۸	۱/۲	۳/۵۸	۳	۲	۶/۱	۰/۰۵	۷۱۱	۲۵۰	۳۶/۰۶
N-11	۷۶۳۸۷۶	۳۲۰۰۸۰۰	۱۲۰	۱۴۵۴	۷/۳۲	۶	۵	۳/۷۹	۴	۸	۳/۰۸	۰/۰۸	۹۶۳	۶۰۰	۴۲/۰۲
N-12	۷۷۲۶۲۰	۳۱۹۴۵۸۷	۱۲۰	۱۹۶۳	۷/۳۸	۷/۵	۸/۵	۴/۸۶	۵	۷	۹/۴۲	۰/۰۸	۱۲۹۶	۶۰۰	۴۰/۰۹

به‌منظور بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی، نقشه پهنه-بندی EC منابع آب محدوده با استفاده از نرم افزار ArcGIS ترسیم شد (شکل ۵-الف). میزان هدایت الکتریکی در مناطق دستجه و سعدآباد بیشترین میزان (بیش از ۲۰۰۰ میکروموس

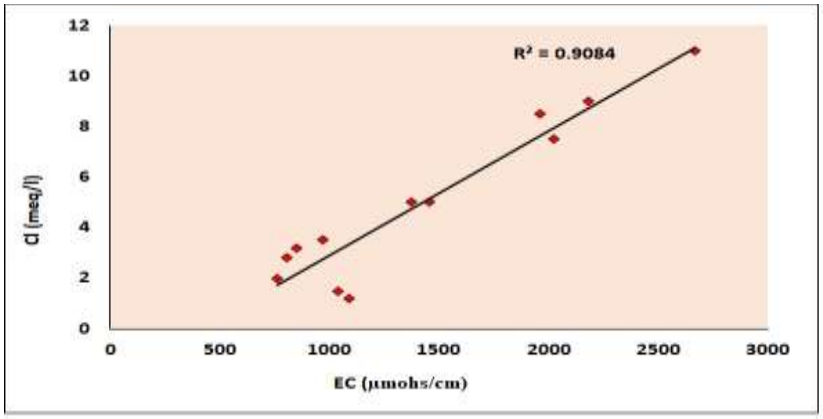
بر سانتی‌متر) را نشان می دهد که می‌تواند به‌علت تاثیر سازندهای رازک و گچساران و نیز افزایش تبادل کاتیونی باشد. میزان pH نمونه‌های آب از حداقل ۶/۹۵ در چاه شماره ۸ (صحارود) تا حداکثر۸/۴۲ (غیاث آباد) در چاه شماره ۱۰ متغیر است. یکی از علل بالا بودن میزان pH در منطقه غیاث آباد را می‌توان تاثیر بی‌کربنات‌های منشأ گرفته از آهک و مارن سازند گچساران در نظر گرفت. تغییرات pH همچنین ممکن است به علت فعالیتهای انسانی مانند دفع فاضلاب باشد (۲۰).

یون کلر در آب زیرزمینی از منابع طبیعی، فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های صنعتی و انحلال سازندهای تبخیری ناشی می‌شود (۱۱). طبق نقشه ترسیم شده پهنه‌بندی کلر منابع آب، غلظت کلر در ورودی دشت، حداقل میزان ولی در مناطق دستجه به علت افزایش استفاده از کودهای شیمیایی و در منطقه سعد آباد به علت تاثیر سازند تبخیری گچساران بیشترین مقدار را نشان می‌دهد(شکل ۵-ب).



شکل ۵-الف) نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی، ب) نقشه پهنه‌بندی کلر منابع آب دشت فسا، اردیبهشت ۹۳

تغییرات کلر در محدوده آبخوان مشابه تغییرات هدایت الکتریکی است و این دو، همبستگی مثبت قوی (R^2 = 0.953; Sig. level=0.05) نشان می‌دهندکه نشانگر منشا مشترک آنهاست (شکل ۶). وجود پتاسیم در آب‌های زیرزمینی معمولا حاصل هوازدگی کانیهای پتاسیم‌دار مانند سیلویت و سیلیکات‌ها به‌ویژه کانی‌های رسی و یا ناشی از کودهای شیمیایی و فاضلاب‌ها است (۲۱). غلظت مجاز این یون در آب آشامیدنی ۲۰mg/L می‌باشد (۲۲). حداکثر میزان پتاسیم در چاه شماره ۹ (منطقه سعدآباد) به میزان mg/L ۶/۳ مشاهده شد که می‌تواند ناشی از فعالیت کشاورزی و تأثیر فاضلاب در این منطقه باشد.



شکل ۶- رابطه بین هدایت الکتریکی و یون کلر در نمونه های آب منطقه مطالعاتی فسا

بررسی آلایندگی نیترات در آب زیرزمینی منطقه

از آنجا که مواد نیتروژن‌دار در تشکیلات زمین‌شناسی بسیار نادر می‌باشند، بنابراین میزان نیترات آب‌های زیرزمینی در حالت طبیعی کم است به گونه‌ای که به جز در موارد آلودگی، غلظت یون نیترات به بیش از ۲۰ mg/L نمی‌رسد (۲۳). به‌دلیل توسعه شهرها و افزایش تولید فاضلاب‌ها، آلودگی نیترات در منابع آبی در حال افزایش است. نیترات دارای قابلیت انحلال در آب است و توسط رس موجود در خاک نیز جذب نمی‌شود. به همین دلیل، نیترات پس از ورود به آب زیرزمینی به‌صورت یک توده (plume) در جهت جریان آب به‌سمت اعماق بیشتر حرکت می‌کند (۲۴). در این میان، نفوذپذیری و دانه‌ریز یا دانه‌درشت بودن مواد تشکیل دهنده آبخوان در روند پخش آلودگی نقش خواهد داشت. برای بررسی وجود آلودگی نیترات در آب چاه‌های منطقه، آز آزمون‌های آماری در نرم افزار SPSS استفاده شد. بدین منظور، ابتدا نرمال بودن داده‌های غلظت نیترات آب به کمک آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و با توجه به اینکه سطح معنی‌داری (۰/۰۶۶) بیشتر از ۰/۰۵ بدست آمد، می‌توان گفت داده‌های نیترات توزیع نرمال دارند (جدول ۲).

جدول ۲- تعیین نرمال بودن داده‌های نیترات آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک

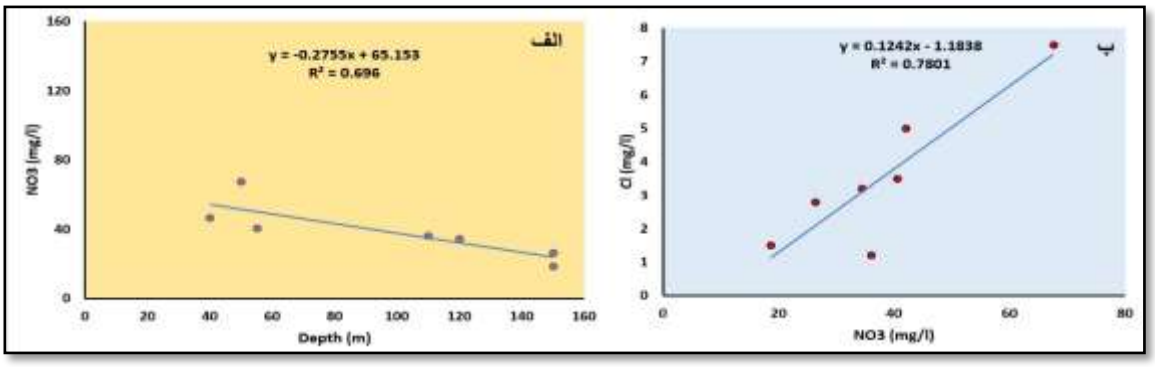
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
NO_3	۰/۸۷۰	۱۲	۰/۰۶۶

سپس برای مقایسه میانگین غلظت نیترات در آب زیرزمینی و استاندارد WHO از آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده گردید. در این آزمون ادعا شد که میزان نیترات چاه‌های منطقه بیشتر از حد استاندارد ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است. از آنجا که سطح معناداری آزمون برابر ۰/۶۹۹ و بیشتر از سطح خطای ۰/۰۵ بدست آمد، بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد، فرض صفر (برابری میانگین) تایید می‌شود (جدول ۳). به عبارت دیگر آلودگی نیترات در چاه‌ها وجود دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت نیترات با حد استاندارد در آب با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه ای

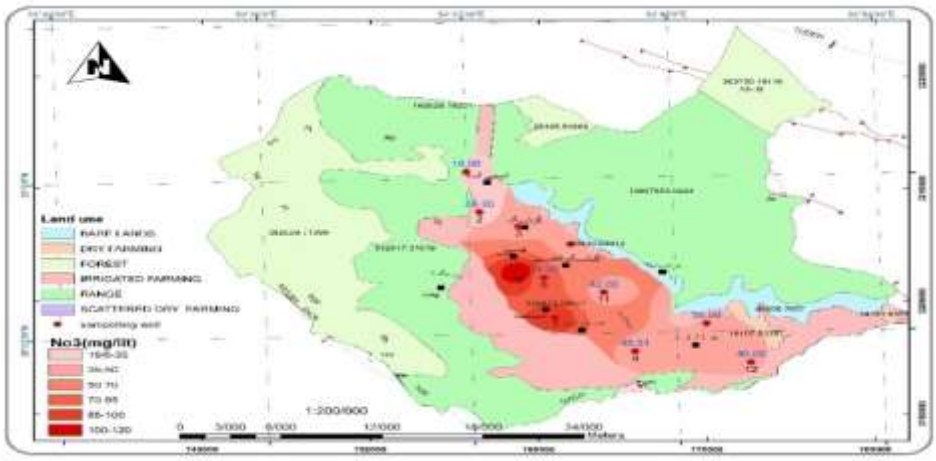
	حد استاندارد = ۵۰ میلی گرم بر لیتر					
	t	df	Sig. (2-tailed)	اختلاف میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪	
					حد پایین	حد بالا
نیترات آب	۰/۳۹۷	۱۱	۰/۶۹۹	۳/۴۶۳۳۳	-۱۵/۷۲۷۱	۲۲/۶۵۳۸

غلظت نیترات معمولا در بالای سطح ایستابی بیشتر بوده و به‌دلیل فرآیند انتشار، با افزایش عمق و حرکت به طرف مناطق پایین دست جریان اختلاط و رقیق شدن با آب‌های کم نیترات، غلظت آن کاهش می‌یابد (۱۲، ۲۵). این رابطه معکوس نیترات با عمق، در مورد نمونه‌های آب مطالعه شده مشاهده شد (شکل ۷-الف). به منظور ردیابی منشا آلودگی نیترات از نسبت NO_3^-/Cl^- استفاده شد (۲۶). بر اساس این رویکرد مقادیر بالای کلر و نسبت NO_3^-/Cl^- کم حاصل تاثیر فاضلاب و پسماندهای آلی مانند کود حیوانی است. در حالیکه تاثیر کودهای شیمیایی معمولاً با مقدار کلر کم و نسبت NO_3^-/Cl^- بالا مشخص می‌شود. با توجه به پایین بودن میزان کلر در نمونه‌های آب مطالعه شده و بالا بودن نسبت NO_3^-/Cl^- می‌توان نتیجه گرفت که نیترات موجود در آب زیرزمینی منطقه عمدتا حاصل به‌کارگیری کودهای شیمیایی است. همچنین همبستگی بین یون‌های نیترات و کلرید (شکل ۷-ب) با مقدار ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۳۵+ احتمال آلودگی ناشی از فاضلاب را نشان می‌دهد (۲۷). با این حال، باید توجه داشت که تک تک چاه‌های مجزا ممکن است منشا آلودگی متفاوتی داشته باشند اما در کنار سایر داده‌ها رابطه کلی متفاوتی نشان دهند (۲۸).



شکل ۷- الف) رابطه عمق چاه با غلظت نیترات آب؛ ب) رابطه یونهای نیترات و کلر در نمونه‌های آب

تلفیق نقشه کاربری اراضی با نقشه پهنه‌بندی نیترات تهیه شده نشان می‌دهد که کشاورزی در آلایندگی آب‌های زیرزمینی منطقه به نیترات تاثیر دارد (شکل ۸). کمترین و بیشترین مقدار نیترات اندازه‌گیری شده به‌ترتیب در چاه شماره ۶ (فیروزمرد) به میزان ۱۱۹/۲۹ میلی‌گرم در لیتر و چاه شماره ۱ (اکبرآباد) به میزان ۱۸/۶۶ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. در نواحی بالا دست به‌دلیل دانه ریز شدن مواد آبخوان و تراکم کمتر منازل مسکونی، میزان نیترات کاهش یافته است. افزایش نیترات آب در مناطق خیرآباد، فیروزمرد و دستجه به‌خوبی منعکس کننده تاثیر همزمان مصرف کودهای شیمیایی و فاضلابهای شهری است. جمعیت متمرکز و نفوذپذیری خوب آبرفت از مواردی هستند که آلودگی آب زیرزمینی را در منطقه تحت تاثیر قرار داده‌اند. بافت دانه درشت و نفوذپذیری خوب خاک باعث افزایش آب‌شویی نیترات می‌شود (۲۹). تعداد زیاد چاهک‌های جذبی، نبود عایق‌بندی مناسب، سبب نفوذ آلاینده‌ها به‌درون آب زیرزمینی در محیطهای شهری می‌شود. بر اساس نقشه پهنه‌بندی نیترات منطقه (شکل ۸) غلظت نیترات در حدود ۵۸ درصد نمونه‌های مطالعه شده بین ۵۰-۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که با توجه به موقعیت این چاهها و قرار گرفتن در بین زمین‌های کشاورزی و نیز فقدان جدار سیمانی در آنها دلیل افزایش نیترات در این چاه‌ها را می‌توان ورود کودهای نیتراته به چاه توسط آب آبیاری در نظر گرفت. حدود ۳۰ درصد از نمونه‌ها یعنی چاه‌های شماره ۵، ۶، ۷ و ۸ غلظت نیترات بیش از حد مجاز نشان می‌دهند. با توجه به موقعیت این چاه‌ها در قسمت خروجی شهر و گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی، افزایش نیترات دراین محدوده را به دلیل اثر تلفیقی نفوذ فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های کشاورزی می‌توان در نظر گرفت.



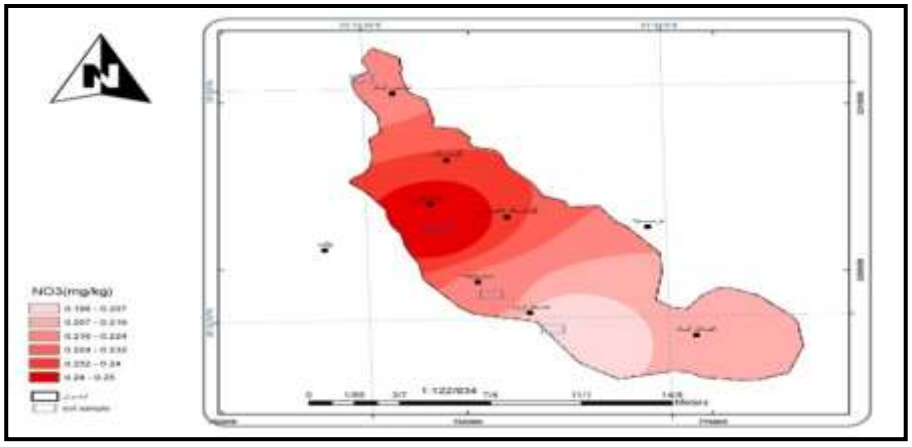
شکل ۸- نقشه تلفیق کاربری اراضی و هم غلظت نیترات آب دشت فسا

بررسی آلایندگی نیترات در خاک منطقه

چهار نمونه خاک مرکب از منطقه مطالعاتی برداشت و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۴). نمونه‌های خاک شماره ۱ (منطقه اکبرآباد) و شماره ۲ (منطقه فیروزمرد) به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی را نشان می‌دهند که هر دو از حد مجاز کمتر است و بنابراین، برای رویش گیاهان مناسب می‌باشد. میانگین pH خاک‌های منطقه حدود ۸ بوده و ماهیت قلیایی دارند. میزان مواد آلی نیز در خاک مناطق اکبرآباد و دستجه دارای بیشترین مقدار است. در بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بارزتر می‌باشد (۳۰). نیتروژن در رشد سریع گیاه، تشکیل بافت‌های ترد و آبدار در گیاه، افزایش مقاومت در برابر امراض، در ساختمان پروتئین و کلروفیل و نیز مشارکت موثر در تنظیم توازن اسمزی گیاه نقش دارد و لذا یک عنصر مغذی ضروری و پرمصرف برای رشد گیاه است (۳۱). پتاسیم در شدت بخشیدن به ساخت و تحرک کربوهیدرات‌ها، ضخیم شدن دیواره سلولی گیاه و مقاوم شدن در برابر امراض نقش دارد و در حاصل‌خیزی آن موثر است. در خاک‌های با پتاسیم کمتر از ۲۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک، باید از کود پتاسیم استفاده کرد. فسفر در ساختمان سلولی نقش قابل ملاحظه‌ای دارد و به‌منزله منبع انرژی عمومی در کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخل سلول‌های زنده ایفای نقش می‌کند (۳۲). در خاک‌های دارای فسفر بیش از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، باید از مصرف کودهای فسفری پرهیز شود (۳۳). میانگین نیتروژن در خاک‌های منطقه ۰/۱۵ ppm و میانگین پتاسیم ۳۲۹ ppm می‌باشد. لذا به خاک‌های شماره ۲ (فیروزامرد) و شماره ۴ (صحارود) می‌بایست کود پتاسیم اضافه نمود. از لحاظ میزان فسفر، خاک شماره ۱ (منطقه اکبرآباد) و شماره ۳ (منطقه دستجه) دارای فسفر قابل جذب به‌میزان ۲۶/۸ و ۲۹/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم هستند که چون این مقدار، بیش از ۲۰میلی‌گرم در کیلوگرم است، باید از مصرف کودهای فسفری پرهیز نمود. حداکثر میزان نیترات در نمونه خاک شماره ۲ به میزان ۰/۲۵ و حداقل آن در نمونه خاک شماره ۴ به میزان ۰/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم می باشد (شکل ۹).

جدول ۴- نتایج حاصل از سنجش‌های شیمیایی خاک دشت فسا

نمونه خاک	محل	(ds/m) Ec	pH	(ppm) کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	نیترات
S_1	اکبرآباد	۱/۹۴	۷/۹۶	۱/۵۶	۰/۱۶	۲۶/۸	۴۸۴/۴۴	۰/۲۲
S_2	فیروزامرد	۱/۳۲	۸/۱	۱/۲۴	۰/۱۲	۹/۸	۱۶۲/۹۶	۰/۲۵
S_3	دستجه	۱/۸۵	۸/۰۷	۱/۵۶	۰/۱۶	۲۹/۲	۴۵۳/۳۳	۰/۲۲
S_4	صحارود	۱/۵۹	۸/۲۲	۱/۴۶	۰/۱۵	۱۹	۲۱۴/۸۱	۰/۱۹۶



شکل ۹- پراکندگی نیترات در خاک منطقه فسا، بهار ۹۳

برای بررسی آلودگی نیترات خاک، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون شاپیرو-ویلک، به کمک آزمون تی تک‌نمونه‌ای میانگین نیترات خاک با حد بحرانی ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مقایسه شد (۳۴). در این آزمون که ادعا بر آلوده بودن خاک است، سطح معناداری برابر صفر می‌باشد که کمتر از سطح خطای ۰/۰۵ است (جدول ۵). بنابر این، فرض صفر رد می‌شود و به‌عبارتی، خاک آلودگی نیترات نشان نمی‌دهد.

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت نیترات با حد بحرانی در خاک با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه ای

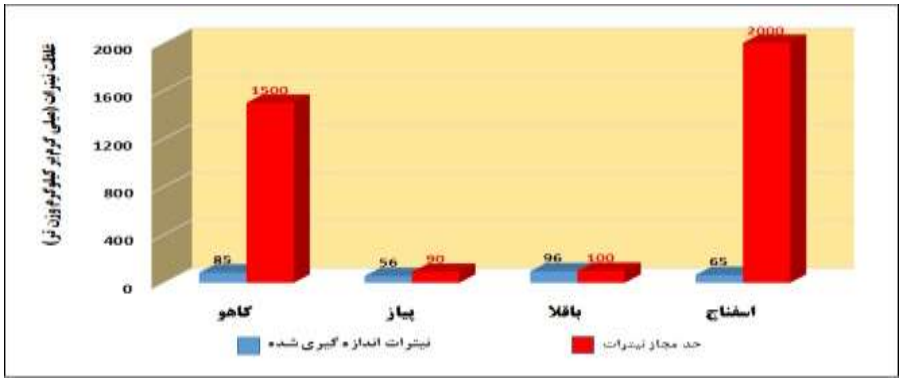
	حد بحرانی=۲۰ میلی گرم در کیلوگرم					
	t	df	Sig. (2-tailed)	اختلاف میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪	
					حد پایین	حد بالا
نیترات خاک	-۱۷۸۸/۸۲۹	۳	۰/۰۰۰	-۱۹/۷۷۸۵۰۰	-۱۹/۸۱۳۶۹	-۱۹/۷۴۳۳۱

بررسی آلایندگی نیترات در گیاهان منطقه مورد مطالعه

مقدار نیترات یکی از موارد مهم در تعیین کیفیت سبزیجات است. تجمع نیترات در اندام‌های گیاهی می‌تواند تاثیر نامطلوبی درسلامتی انسان داشته باشد (۳۵). حدود ۸۰ درصد از نیتراتی که وارد بدن انسان می‌شود از طریق مصرف سبزیها و میوه‌ها است (۳۶). سبزیجات جزء مهمی از رژیم غذایی خانوار ایرانی بوده و سهم آن در سبد غذایی کشور حدود۲۰ درصد است (۱۵). پژوهشها نشان داده معمولا سبزیجاتی که از ریشه، ساقه، برگ و غده آنها استفاده می‌شود، میزان تجمع نیترات بیشتری نسبت به محصولاتی دارند که میوه آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۷). به‌طور مثال تربچه، کرفس، اسفناج، کاهو و کلم از جمله سبزی‌هایی هستند که تجمع نیتراتی در آنها به بیش از ۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه می‌رسد. به‌منظور بررسی میزان نیترات در گیاهان منطقه، چهار نمونه گیاه از سه نوع میوه‌ای (باقلا)، برگی (کاهو و اسفناج) و غده‌ای (پیاز) انتخاب و به‌طور همزمان با نمونه-برداری از خاک و آب منطقه، نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال گردید (جدول ۶). نتایج نشان داد میزان نیترات در گیاهان انتخابی دشت فسا نسبت به مقادیر استاندارد (۳۸) در محدوده مجاز قرار دارد (شکل ۱۰). می‌توان گفت بخش عمده نیترات طی فرایند آب‌شویی از دسترس گیاهان خارج و وارد آب شده است. لذا مقدار نیترات در این گیاهان از حد مجاز کمتر بوده و آلودگی نشان نمی‌دهند. در بین گیاهان انتخابی غلظت نیترات در باقلا ۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و نزدیک به حد مجاز نیترات (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. لذا در مصرف این گیاه باید محتاطانه عمل نمود. در واقع گیاه میوه-ای باقلا بیشتر از گیاهان برگی کاهو و اسفناج نیترات را در خود جمع کرده است. در بین گیاهان برگی نیز، میزان نیترات در کاهو بیشتر از اسفناج و در گیاه غده‌ای پیاز کمتر از گیاهان برگی و میوه‌ای می‌باشد. مصرف زیاد کودهای نیتراته در منطقه دستجه توسط کشاورزان باعث ورود نیترات به گیاهان و آب این منطقه شده است.

جدول ۶- نتایج آنالیز نیترات در گیاهان انتخابی دشت فسا

شماره نمونه	X	Y	محل	گیاه تجزیه شده	NO_3 (mg/kg)	حد مجاز نیترات (۳۸)
P1	۷۵۸۸۵۲	۳۲۰۲۵۴۴	فیروزامرد	کاهو	۸۵	۱۵۰۰
P2	۷۶۰۳۲۱	۳۲۰۲۰۸۰	خیرآباد	پیاز	۵۶	۹۰
P3	۷۶۰۹۷۰	۳۱۹۸۵۳۰	دستجه	باقلا	۹۶	۱۰۰
P4	۷۶۳۴۸۰	۳۱۹۶۴۶۷	صحرارود	اسفناج	۶۵	۲۰۰۰



شکل ۱۰- میزان نیترات اندازه گیری شده در گیاهان انتخابی دشت فسا و مقایسه با مقادیر مجاز نیترات (۳۷)

بحث و نتیجه گیری

همبستگی آماری داده‌های شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی و خاک با نرم افزار SPSS 19 محاسبه شده است (جداول ۴ و ۵). در نمونه‌های آب، یون نیترات هیچ رابطه معنی‌داری با سایر یون‌ها نشان نمی‌دهد (جدول ۷). بالا بودن نیترات و عدم منشأ لیتولوژیکی آن، حاکی از وجود منشأ انسانی مانند اثر کودهای شیمیایی و یا نفوذ فاضلاب‌های شهری بر غلظت این یون می-باشد (۸، ۳۸). میزان نیتروژن در خاک‌های زراعی، تا حد زیادی، به میزان مواد آلی موجود در آنها وابسته است (۴۰) که وجود ضریب همبستگی بالا بین کربن آلی (O.C)، نیتروژن و پتاسیم در نمونه‌های خاک مورد مطالعه موید این نکته است (جدول ۸). همچنین مواد آلی خاک، فسفر و پتاسیم همبستگی مثبت با میزان شوری (هدایت الکتریکی) خاک دارند. افزایش شوری خاک باعث کاهش تغییر و تبدیل بیوشیمیایی نیتروژن خاک می‌شود (۴۱). با کاهش کربن آلی خاک احتمال از دست رفتن عناصر غذایی بواسطه آب‌شویی و رواناب بیشتر خواهد بود (۴۲). نیترات در نمونه‌های خاک مورد مطالعه نیز هیچ رابطه معنی‌داری با سایر عناصر خاک ندارد که علت آن می‌تواند ناشی از تحرک یونها و عواملی مانند کوددهی و آبیاری باشد (۴۳).

جدول ۷- ماتریس همبستگی نیترات آب با سایر پارامترهای آب منطقه فسا

	EC	T.D.S	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	K	TH
NO_3	۰/۳۰۶	۰/۲۸۱	-۰/۳۱۶	۰/۵۲۹	۰/۳۴۷	۰/۰۸۴	۰/۴۶۹	۰/۳۶۳	-۰/۱۶۲	۰/۳۲۴	۰/۴۳۳

جدول ۸- ماتریس همبستگی پارامترهای خاک منطقه فسا. همبستگی‌های معنی دار پررنگ نشان داده شده است.

	EC	PH	O.C	N	P	K	NO_3
EC	۱						
pH	-۰/۵۸۷	۱					
O.C	**۰/۹۶۶**	-۰/۳۵۷	۱				
N	۰/۹۴۹	-۰/۳۰۱	**۰/۹۹۸**	۱			
P	**۰/۹۷۰**	-۰/۴۵۹	**۰/۹۷۶**	**۰/۹۶۱**	۱		
K	**۰/۹۶۰**	-۰/۷۴۸	۰/۸۷۱	۰/۸۳۸	۰/۹۳۳	۱	
NO_3	-۰/۴۶۵	-۰/۳۹۶	-۰/۶۵۶	-۰/۷۰۵	-۰/۴۹۸	-۰/۲۰۶	۱

به‌عنوان نتیجه کلی می‌توان گفت آب زیرزمینی منطقه دارای آلودگی نیترات است که منشا انسان‌زاد دارد و عمدتا ناشی از کودهای شیمیایی است. همچنین افزایش نیترات آب در بخشهای خروجی دشت فسا که تراکم منازل مسکونی بیشتر است می‌تواند علاوه بر اثر فعالیت‌های کشاورزی، نشانه تاثیر نفوذ فاضلاب‌های شهری باشد که البته برای قضاوت صحیح‌تر در این خصوص، اندازه‌گیری پارامترهای کیفی فاضلاب نیز ضروری است. فقدان آلودگی نمونه‌های خاک به نیترات، احتمال آب‌شویی نیترات از لایه‌های بالایی خاک را نشان می‌دهد. میزان نیترات چهار نوع گیاه انتخابی دشت فسا (کاهو، باقلا، پیاز و اسفناج) در محدوده مجاز قرار دارد. در عین حال، غلظت نیترات در باقلا نزدیک به حد مجاز بوده و لذا در مصرف آن باید محتاطانه عمل نمود. در مجموع، آلودگی نیترات آب زیرزمینی منطقه منجر به آلودگی خاک و گیاهان زراعی نشده و بنابراین وارد چرخه غذایی نشده است اما حضور نیترات در نمونه های آب، لزوم به‌کارگیری اصولی کودهای شیمیایی و نیز پایش مداوم نیترات در آب، خاک و گیاهان زراعی را روشن می‌سازد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان که انجام این پژوهش را امکان‌پذیر نمودند و نیز سازمان آب منطقه‌ای فارس- مرکز مطالعات شرق فارس، برای همکاری در ارائه آمار و اطلاعات اقلیمی منطقه ابراز می‌نمایند.

منابع

1- Hammer, M.J., 2000. Water and Wastewater Technologies, 2nded, John Wiley and Sons, NewYork, 137-157

2- WHO, 2008. World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality. second addendum, Vol. 1, Recommendations. 3th edition. ISBN 978 92 4 154760

3- Jia, H., Howard, K. and Qian, H., 2020. Use of multiple isotopic and chemical tracers to identify sources of nitrate in shallow groundwaters along the northern slope of the Qinling Mountains, China. Applied geochemistry, 113:104512

۴- هفت برادران، شیرین، محمد جعفر ملکوتی، امیرحسین خوشگفتار منش. بررسی خطرپذیری نیترات در اندامهای خوراکی برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان. تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۶ ، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

۵- شیرانی، زهرا، مجید عباس پور، امیرحسین جاوید، لعبت تقوی. ارزیابی منابع آلودگی آبهای زیرزمینی در محیط شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۴ شهرداری تهران). فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۴، بهار ۱۳۹۲

۶- غلامزاده، فیروزه و زهره موسوی نسب. ارزیابی کیفیت آب زیر زمینی دشت فسا_استان فارس با نگرشی بر آلودگی نیترات. دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران، ۱۳۹۳ همدان، ایران

۷- سیلسپور، محسن. مطالعه غلظت نیترات در سبزیهای برگی دشت ورامین و ارزیابی ریسک خطرپذیری آن برای انسان. تغذیه گیاهان باغی، دوره ۳، شماره ۱، ۱۳۹۹: ۶۹-۸۶

۸- فاریابی، محمد. تاثیر فعالیتهای کشاورزی بر غلظت نیترات آب زیرزمینی دشت جیرفت. همایش ملی کشاورزی و سلامت، ۱۳۹۹

9- Jalali, M., 2011. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. Environmental Earth sciences, 62:907–913

10- Ramaroson, V., Randriantsivery, J., Rajaobelison, J., Lahimamy, F., Rakotomalala. Ch., Rajaobelison, J., Razafitsalama, F., Rasolofonirina, M.,

2020. Nitrate contamination of groundwater in Ambohidrapeto–narivo-Madagascar using hydrochemistry and multivariate analysis. Applied Water Science, 10:178

۱۱- مظفری زاده، جابر و زهرا سجادی. بررسی آلودگی شیمیایی آب زیرزمینی دشت برازجان. دوماهنامه طبّ جنوب، پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر ، سال هفدهم، شماره ۵ ، آذر و دی ۱۳۹۳: ۷۳۹-۷۲۹

۱۲- کلانتری، نصرالله، علاهن شیخ زاده، هادی محمدی. بررسی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان گتوند با تأکید بر غلظت نیترات. تحقیقات منابع آب ایران، سال هفدهم، شماره ۱، ۱۴۰۰: ۲۲۸-۲۳۸

۱۳- محمودی نژاد، یحیی، عزت الله رئیسی اردکانی. منشا زمین‌زاد نیترات در آبخوان سرپنیران، استان فارس. سی‌امین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۱۳۹۰

۱۴- جلینی، محمد، فاطمه دوستی. بررسی میزان تجمع نیترات در محصول سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی، سازمان حفاظت محیط زیست فصلنامه علمی محیط زیست ، شماره ۵۰ ، ۱۳۹۰، ۷۱-۶۲

۱۵- فاطمی قمشه، اکرم، ساره نظامی. بررسی وضعیت نیترات در برخی سبزیجات جمع آوری شده از بازارهای تره‌بار شهر کرمانشاه. مجله سلامت و محیط زیست، دوره سیزدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۹، ۸۶-۷۷

۱۶- شریعت پناهی، سیده نگین، مهران هودجی، مجتبی محمودی، رضا علیزاده نوائی، ملیحه طالبی اتوئی. بررسی وضعیت نیترات در آب آشامیدنی و سبزیجات در شهرستانهای سوادکوه و سیمرغ و ارتباط آن با شیوع سرطانهای گوارشی. محیط شناسی، دوره ۴۷ ،شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰، ۹۵۳ - ۹۴۱

۱۷- شرکت سهامی آب منطقه ای فارس. گزارش تمدید ممنوعیت محدوده مطالعاتی فسا، ۱۳۹۲

۱۸- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دستورالعمل نمونه‌برداری آب. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، نشریه شماره ۲۷۴، ۱۳۸۱

۱۹- سازمان ملی استاندارد ایران. دستگاه اندازه‌گیری مقادیر میکروی نیتروژن به روش کجلدال- ویژگیها. دستورالعمل ۱۸۰۲۱، ۱۳۹۱

۲۰- یونسی، حجت اله، حسن ترابی پوده، بابک شاهی نژاد، آزاده ارشیا، حافظ میرزاپور. تحلیل روند و پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از TFPW-MK وGIS (مطالعه موردی: آبخوان نجف‌آباد). نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره ۳، بهار ۱۳۹۹

21- Rashid, A., Farooqi, A., Gao, X., Zahir, S., Noor, S., Khattak, J.A., 2020. Geochemical modeling, source apportionment, health risk exposure and control of higher fluoride in groundwater of sub-district Dargai, Pakistan. Chemosphere, 243:125409

22- WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendations. Vol 1, Geneva, Switzerland, p. 1308

23- Hounslow, A.W., 1995. Water Quality Data: analysis and interpretation, CRC Press, 397

24- Kenney, D.R., 1989. Sources of Nitrate to ground water. Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology, 21:23-34

25- Kehew, A.E., Straw, W.T., Steinmann, W.K., Barrese, P.G., Passarella, G., Peng, W., 1996. Ground-water quality and flow in a shallow glaciofluvial aquifer impacted by agricultural

contamination. Ground Water, 34(3):491–500

26- Anornu, G., Gibrilla, A., Adomako, D., 2017. Tracking nitrate sources in groundwater and associated health risk for rural communities in the White Volta River basin of Ghana using isotopic approach ($\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$ NO^3 and 3H), Science of The Total Environment, 603-604:687-698

27- Pacheco, H., Marín, L., Cabrera, A., Steinich, B., Escolero, O., 2001. Nitrate temporal and spatial patterns in 12 water-supply wells, Yucatan, Mexico. Environmental Geology, 40 (6):708 –715

28- Alex, R., Kitalika, A., Mogusu, E., Njau, K., 2021. Sources of Nitrate in Ground Water Aquifers of the Semiarid Region of Tanzania Rita. Hindawi Geofluids, Volume 2021, Article ID 6673013, 20 pages

29- Heumesser, C., Wick, K., Schmid, E., 2012. Groundwater nitrate contamination: Factors and indicators. Journal of Environmental Management ,111(3):178- 18

۳۰- سوری، مهشید، محمد جعفری، حسین آذرنیوند، فاطمه شریفانی. بررسی و مقایسه وضعیت عناصر غذایی خاک با تأکید بر N,P,K در اراضی کشاورزی و مرتعی (مطالعه موردی در استان کرمانشاه)، پژوهش و سازندگی، تابستان ۱۳۸۵، دوره ۱۹، شماره ۲ (پی‌آیند ۷۱) در زراعت و باغبانی،۴۱-۵۰

31- Lowenfels, J., 2013. Teaming with Nutrients: The Organic Gardener's Guide to Optimizing Plant Nutrition. Timber Press, USA.

۳۲- جمشیدی، علی. بررسی تاثیرعملیات کشاورزی (کیفیت آب) در تخریب اراضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۸

۳۳- سیلسپور، محسن، ح. ملاحسینی. تولید پایدار، ارتقای عملکرد و بهبود کیفیت با مدیریت مصرف بهینه کود در محصولات سبزی و صیفی. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، نشریه فنی شماره ۴۸۶، ۱۳۸۴، انتشارات سنا، ۳۸ص

۳۴- رحمانی، حمیدرضا. بررسی وضعیت نیترات در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه براآن اصفهان. فصلنامه علوم محیطی،۱۳۸۵، ۳(۱۱)

۳۵- طباطبایی، س ج، محمد جواد نظری دلجو، رسول رستمی، فاطمه آرزمی. ارزیابی غلظت نیترات (NO^3) سبزیهای برگی، غده‌ای و میوه‌ای درشهرستان تبریز، چهارمین کنگره علوم باغبانی ایران، آبان ۱۳۸۴

36- Ghaffari, H.R., Nasseri, S., Yunesian, M., Nabizadeh, R., Pourfarzi, F., Poustchi, H., 2019. Monitoring and exposure assessment of nitrate intake via fruits and vegetables in high and low risk areas for gastric cancer. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 17(1):445-456

37- Prasad, S., Chetty, A.A., 2008. Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. Food Chemistry, 106(2):772-80

۳۸- سازمان ملی استاندارد ایران. مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی. دستورالعمل ۱۶۵۹۶، ۱۳۹۲

39- Esteller, M.V., Andreu, J.M., 2005. Anthropic effects on hydrochemical characteristics of the Valle de Toluca aquifer (central Mexico). Hydrogeology Journal, 13:378–390

۴۰- شهبازی، کریم، حسین بشارتی. بررسی اجمالی وضعیت حاضلخیزی خاکهای کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی، جلد ۱، شماره ۱، ۱۳۹۲

41- Zeng, W.Z., Xu, C., Wu, J.W., Huang, J.S., Ma, T., 2013. Effect of salinity on soil respiration and nitrogen dynamics. Ecological Chemistry and Engeneering 20(3):519-530

42- Bot, A., Benites, J., 2005. The importance of soil organic matter. FAO Soils Bulletin, No.80, Rome, Italy

۴۳- ایوبی،ش ا، سارا محمد زمانی، فرهاد خرمالی.۱۳۸۶، برآورد مقدار ازت کل خاک به کمک مقدار ماده آلی و با استفاده از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و کریجینگ-رگرسیون در بخشی از اراضی زراعی سرخنکلاته استان گلستان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، مهر-آبان ۱۳۸۶، دوره ۱۴، شماره ۴، ۸۷-۷۸