مجله کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱، سال ۱۳۸۲، صص ٥٤-٤٣

بررسی آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی حاشیه رودخانه زاینده‌رود

علی جعفری ملک آبادی *، سید فرهاد موسوی **، مجید افیونی ***
و اردشیر خسروی ****

چکیده

بـرای بررسی آلودگی نیترات و تغییرات آن در آب‌های زیرزمینی مناطق کشاورزی، صنعتی و شهری حاشـیه رودخانه زاینده‌رود از آب ۱۰۰ حلقه چاه آب دایر در منطقه با فواصل زمانی یک ماه نمونه‌برداری شـد. میانگین تغییرات غلظت ازت نیتراتی در آب چاه‌های منطقه بین ۱/۲ تا ۲۵/۷ میلی‌گرم در لیتر (معادل ٥/٤ تـا ۱۱۵/٦ میلـی‌گرم در لیتر نیترات) و میانگین آن در کل منطقه ۹/٦ میلی‌گرم در لیتر بود که کمتر از حـد اسـتاندارد (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) است. بیشترین غلظت ازت نیتراتی برابر با ۷۰/۸ میلی‌گرم در لیتر و مربوط به اراضی ترکمان‌آباد واقع در ناحیه بین فلاورجان و اصفهان بود. باوجود تغییرات غلظت نیترات در آب‌هـای زیرزمینـی در طـول مسـیر، یـک روند افزایشی از باغبادران تا ورزنه دیده می‌شود که علت آن گستردگی زمین‌های کشاورزی و آلودگی تدریجی زاینده‌رود درنتیجه ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی می‌باشد. میانگین ازت نیتراتی در ٤۱ درصد از کل چاه‌های موردمطالعه حاشیه زاینده‌رود بیشتر از حـد استاندارد برای آب آشامیدنی بود. در مناطق کشاورزی و شهری اطراف زاینده‌رود، میانگین غلظت ازت نیتراتی به‌ترتیب ۱۰ و ۷/٦ میلی‌گرم در لیتر بود.

واژه‌هـای کلـیدی: آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی، ازت نیتراتی، استاندارد آب آشامیدنی، محیط زیست

* - کارشناس ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان - ایران
** - استاد گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان - ایران (مسوؤل مکاتبات)
*** - دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان - ایران
**** - کارشناس محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان - ایران

مقدمه

در چند دهه اخیر آلودگی نیترات یکی از مهمترین مسایل مورد بحث در کشاورزی پایدار و محیط زیست بوده است. نیترات عمده‌ترین ترکیب شیمیایی ازت است که به‌صورت طبیعی یا در اثر استفاده از کودهای شیمیایی و آلی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی وارد محیط زیست می‌شود.

به‌دلیل زیاد بودن قابلیت حل نیترات در آب، به‌راحتی بر اثر بارندگی یا آبیاری از خاک شسته شده و به آب‌های سطحی و یا زیرزمینی منتقل می‌شود. ورود ازت و فسفات‌ها به منابع آب باعث پدیده غنی شدن[1] و درنتیجه رشد بی‌رویه گیاهان آبزی و به‌دنبال آن کمبود اکسیژن و مرگ موجودات آبزی می‌شود. با ایجاد این پدیده در خلیج چساپیک در پنسیلوانیای آمریکا، بررسی‌ها نشان داد که منشأ اصلی ازت ورودی به خلیج، زهکشی زمین‌های کشاورزی در حوزه آبخیز آن است (۱۲). در یک مطالعه درمورد انتقال مواد شیمیایی کشاورزی به آب‌های سطحی و زیرزمینی در یک حوزه آبخیز در ایندیانای مرکزی آمریکا، مشخص شد که جریان زهکش مزارع کشاورزی دارای غلظت‌های زیاد ازت نیتراتی (درحدود ۲۳ میلی‌گرم در لیتر) است که ناشی از زیاد بودن غلظت نیترات در خاک و آب زیرزمینی کم‌عمق در زیر مزارع بود (۸).

در بررسی اجرای طرح‌های آب و فاضلاب بر کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد مشخص شد که دفع ۸۰ درصد آب مصرفی این شهر از طریق چاه‌های جذبی باعث آلودگی منابع آب زیرزمینی منطقه می‌شود و غلظت نیترات در برخی چاه‌ها از حد مجاز ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر است (۲). درصورت ادامه این روند، پیش‌بینی می‌شود که سطح آب زیرزمینی شهر مشهد در سال ۱۳۸۵ (نسبت به سال ۱۳۷۲) حدود ۱۹ متر بالاتر برود و غلظت نیترات آن به‌طور متوسط ۵/۵ میلی‌گرم در لیتر افزایش یابد (۲).

غلظت زیاد نیترات در خاک و آب آبیاری باعث تجمع نیترات در گیاه می‌شود که می‌تواند برای انسان و دام خطرناک باشد. ورود نیترات زیاد از طریق آب و غذا به بدن انسان و دام باعث اختلال در انتقال اکسیژن به‌وسیله خون (بیماری مت‌هموگلوبینمیا [2]) و سرطان‌های دستگاه گوارش می‌شود (٤ و ۱۰). همچنین، استفاده از آب‌های آلوده به نیترات در صنایع باعث صدمات زیاد به وسایل و دستگاه‌های صنعتی می‌شود (۱).

زاینده‌رود بزرگترین رودخانه فلات مرکزی ایران و شریان حیاتی استان اصفهان است و لذا مناطق اطراف آن از قطب‌های بزرگ کشاورزی و صنعتی به‌شمار می‌رود. به‌علت خشکسالی در چند سال اخیر، استفاده از آب‌های زیرزمینی برای کشاورزی، صنعت و تأمین آب شرب شهرها و روستاها در این ناحیه اهمیت یافته است. به‌خاطر وسعت زیاد مناطق کشاورزی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی (مخصوصاً کودهای ازته) و سایر منابع آلوده‌کننده (نظیر فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی در منطقه)، استفاده زیاد از

---

۱ - Eutrophication

۲ - Methemoglobinemia

آب‌های زیرزمینی برای مصارف مختلف و اثر این منابع بر کیفیت آب زاینده‌رود، بررسی آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی مهم و موردنیاز می‌باشد.

در یک مطالعه درمورد آلودگی آب‌های زیرزمینی حاشیه زاینده‌رود مشخص شد که ازت نیتراتی در دو چاه از کل ۲٤ چاه نمونه‌برداری شده درحد ۱٦/۲ و ۲۹/۷ میلی‌گرم در لیتر است و بیشتر از بقیه چاه‌ها می‌باشد (۷). منابع اصلی آلودگی آب‌های زیرزمینی حاشیه زاینده‌رود، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و شهری به زاینده‌رود و مصرف زیاد آب، کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات در مناطق کشاورزی اطراف رودخانه تشخیص داده شد. در مطالعه تغییرات کمی و کیفی آب زهکش‌های ورودی به رودخانه زاینده‌رود و اثر آنها بر کیفیت آب این رودخانه، معلوم شد که زه‌آب‌های کشاورزی از عوامل مهم آلودگی زاینده‌رود و آب‌های زیرزمینی این منطقه است (٦). میانگین سالانه غلظت ازت نیتراتی در سه زهکش اصلی ذوب آهن، رودشت و سگزی به‌ترتیب ٤/٤۹، ۳/۹۲ و ٤/۱۸ میلی‌گرم در لیتر بوده و در طول سال ۱۳۷۷ حدود ۵۰/۳، ۸/۳ و ٤۲/۲ تن ازت از این سه زهکش وارد زاینده‌رود شده است.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات مکانی و زمانی آلودگی ازت نیتراتی در آب‌های زیرزمینی حاشیه رودخانه زاینده‌رود و ارزیابی نقش کشاورزی و منابع دیگر در ایجاد این آلودگی است.

مواد و روشها

رودخانه زاینده‌رود بزرگترین رودخانه فلات مرکزی ایران و شریان حیاتی استان اصفهان است. منطقه مورد مطالعه شامل نواحی اطراف رودخانه زاینده‌رود است و از شهر باغبادران (محل ورود زاینده‌رود به استان اصفهان) شروع و در شهرهای مدیسه، بیستجان، زرین‌شهر، میناداشت، کلیشاد، درچه، اصفهان، اشکاوند، راشنان، حیدرآباد، ایچی، هرمدان، شریف‌آباد تا شهر ورزنه (در نزدیکی باتلاق گاوخونی) ادامه دارد (شکل ۱).

این منطقه شامل مزارع و دشت‌های وسیع کشاورزی حاصل از رسوبات رودخانه زاینده‌رود می‌باشد که در اطراف آن و در یک مسیر حدود ۲۰۰ کیلومتری قرار دارد. عمق آب‌های زیرزمینی در این منطقه برحسب میزان فاصله از رودخانه دو متر و یا بیشتر می‌باشد. کشاورزی در منطقه حاشیه زاینده‌رود سابقه طولانی داشته و به‌دلیل مصرف زیاد آب، کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات، امکان آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی آن زیاد است. در بیشتر نواحی این منطقه، کود ازت‌دار به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده می‌شود (۳). آب موردنیاز برای مصارف شهری، صنعت و کشاورزی در این منطقه از آب‌های سطحی (عمدتاً زاینده‌رود) و زیرزمینی تأمین می‌شود. آب‌های زیرزمینی مجاور زاینده‌رود به‌طور مستقیم تحت تأثیر آب زاینده‌رود بوده و غیر از عوامل فرعی و کم اهمیت در هر ناحیه، این رودخانه عامل اصلی تغذیه سفره آب زیرزمینی می‌باشد.

شکل ۱ - موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان

تعداد ۱۰۰ حلقه چاه دایر آب به‌منظور نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی انتخاب شد. عمق این چاه‌ها بین هفت تا ۱۴۰ متر و سطح آب زیرزمینی بین پنج تا ۱۲۰ متر بود. سطح آب اکثر چاه‌ها کمتر از ۲۰ متر بود. به‌علت وسعت منطقه، تاحد امکان سعی شد که چاه‌های موردنظر سرتاسر منطقه را پوشش داده و همیشه فعال باشند. موقعیت چاه‌ها به‌صورت کامل یادداشت و طول و عرض جغرافیایی آنها توسط GPS تعیین و ثبت گردید. فعالیت‌های انجام شده در مناطق نمونه‌برداری اعم از کشاورزی، صنعتی و شهری، و نیز نوع مصرف آب چاه‌ها تعیین شد.

نمونه‌برداری از این چاه‌ها در دی ماه ۱۳۷۹ شروع شد. همچنین برای بررسی روند تغییرات آلودگی نیترات، نمونه‌برداری در پنج مرحله با فواصل زمانی یک ماه تا اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۰ ادامه یافت. نمونه‌ها پس از برداشت در ظروف پلاستیکی یک لیتری به آزمایشگاه منتقل و بلافاصله یون نیترات در آنها توسط الکترود انتخابگر یونی [1] جنوی مدل ۳۳۱۰ اندازه‌گیری شد. این الکترود قادر به اندازه‌گیری نیترات در دامنه ۷×۱۰^{-۶} تا یک مولار (۰/۴۳ تا $۶/۲ \times ۱۰^{۴}$ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد.

۱ - Ion selector electrode

نتایج و بحث

منطقه موردمطالعه از محل ورود رودخانه زاینده‌رود به استان اصفهان (یعنی بخش باغبادران) شروع و تا ورزنه در کنار باتلاق گاوخونی ادامه دارد. قسمت غربی این منطقه، از باغبادران تا نواحی اطراف زرین‌شهر، بسیار باریک و شامل اراضی زراعی کوچک و باغ‌هایی است که در دره زاینده‌رود قرار دارند. ولی از اطراف زرین‌شهر تا ورزنه شامل زمین‌های وسیع کشاورزی (لنجان، مبارکه، فلاورجان، اصفهان، برآآن و رودشت) است که مراکز اصلی کشاورزی در استان می‌باشند.

چاه‌های مورد مطالعه به‌ترتیب شماره از بخش باغبادران تا ورزنه و در زمین‌های کشاورزی و شهری اطراف زاینده‌رود انتخاب شدند. تغییرات غلظت ازت نیتراتی در این منطقه در جدول یک ارایه شده است. دامنه میانگین غلظت ازت نیتراتی در آب چاه‌های این منطقه از ۱/۲ (در باغبادران) تا ۲۵/۷ (در فلاورجان) و میانگین آن در کل منطقه ۹/۶ میلی‌گرم در لیتر بود. آب چاه‌هایی که ازت نیتراتی آنها کمتر از حد استاندارد اعلام شده توسط سازمان جهانی بهداشت و اداره حفاظت محیط زیست آمریکا (یعنی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) باشد برای آشامیدن مناسب است (۱۳).

البته یک روند افزایشی در میزان نیترات در آب‌های زیرزمینی این منطقه (از چاه شماره یک تا ۱۰۰) مشاهده می‌شود. در غرب این منطقه (باغبادران تا زرین‌شهر) فعالیت کشاورزی و مصرف کود کم بوده و به‌علت عرض کم این ناحیه آب‌های زیرزمینی بیشتر تحت تأثیر آب زاینده‌رود است. همچنین به طرف نواحی

جدول ۱ - غلظت ازت نیتراتی در آب چاه‌های حاشیه رودخانه زاینده‌رود (دی ۱۳۷۹ تا اردیبهشت ۱۳۸۰)

شماره چاه	غلظت ازت نیتراتی (میلی‌گرم در لیتر)				
	نوبت ۱ (دی ۱۳۷۹)	نوبت ۲ (بهمن ۱۳۷۹)	نوبت ۳ (اسفند ۱۳۷۹)	نوبت ٤ (فروردین ۱۳۸۰)	نوبت ٥ (اردیبهشت ۱۳۸۰)
۱	۱/۲۳	۱/٤٥	۲/۳٦	۲/۷۸	۲/٥٥
۲	۰/۷٤	۰/۹۸	۰/۸٤	۲/۰۷	۱/٤۸
۳	۷/۷۳	٥/٤۲	۱۱/٦	۷/۲۷	۲/۸٥
٤	۱/٥۱	۱/۹۳	۱۱/۹	۸/۰	۳/۷۲
٥	۰/۸۲	۱/۰٥	۲/٤۱	۲/۳۲	۲/٦۳
٦	۰/٦۲	۰/۷٤	٥/٤۲	٤/۹۲	۱/۸٦
۷	٥/۸	٤/۳۸	۱۳/۲	۳/۱۹	۲/۱٦
۸	٦/٤٤	۳/٥٥	۱۰/۱	۱۱/٥	۲/۰۲
۹	۸/۲۱	۱٥/۹	۱٥/۱	۱۷/۷	۱/٤۷
۱۰	۲/٥۲	۲/۷	۱/۳۸	۱۰/۳	۱۰/۳
۱۱	۳/۳۹	۱/۳٥	۱/۱٦	٦/۷۲	۹/۲۲
۱۲	۷/۲۸	٦/٥۷	۰/٤۹	۱۲/۲	٤/۳۲
۱۳	٤/۳۳	٤/۹٥	٥/٦۱	۱٥/۲	۳/۱۳

ادامه جدول ۱

شماره چاه	غلظت ازت نیتراتی (میلی‌گرم در لیتر) نوبت ۱ (دی ۱۳۷۹)	نوبت ۲ (بهمن ۱۳۷۹)	نوبت ۳ (اسفند ۱۳۷۹)	نوبت ٤ (فروردین ۱۳۸۰)	نوبت ۵ (اردیبهشت ۱۳۸۰)
١٤	۰/۸٦	۱/۳٦	۰/٤٤	۳/۹۸	۷/۸۹
۱۵	۰/۸۳	۱/٤٤	۱/۱۱	۱۱/۹	۷/۸٤
١٦	۱/۰۵	۷/۸۵	۱۲/٤	١٦/۱	۲/۸۷
۱۷	۱۰/٤	۹/۱۲	۱۳/۹	۱۷/۰	۲۰/۱
۱۸	۵/۱۲	۱٤/۷	۵/۲	۱۰/۲	۱۱/۳
۱۹	۳/۸۳	۱۰/٤	۱۲/۷	۱۰/۳	۹/۵٤
۲۰	۲/۹۸	۹/۰۲	۷/۰۵	۱۲/۳	۱۰/۲
۲۱	۵/۵۹	٤/۱۵	۱۱/۰	۱۲/۳	۱٤/۳
۲۲	۵/٦٦	۹/۰	۱۱/۲	۱٤/۹	١٦/۰
۲۳	۸/۸۳	۱۱/۰	۱۱/۲	٦/۰۱	۱۸/۳
۲٤	٤/٦	۵/۰	۵/۲٤	۸/٤	۱٤/۲
۲۵	۳/۷۷	۲/۵	۰/۸٤	۱۵/۷	۳۱/٦
۲٦	۳/۹۲	٦/٤۳	۱/۹٤	۱٤/۱	٤۵/۳
۲۷	۷/٤۱	۱۲/۰	۱۵/۳	۱۲/۵	۲۷/۹
۲۸	۳/٦	۱۳/۰	۲۲/٤	٤/۷۱	٤٦/۹
۲۹	۳/۵۱	۱/۳٦	۲۰/۳	۸/۸٦	۷/۷۱
۳۰	۲/٤۸	۱۲/۰	۲۱/٦	۲۳/۵	۱۱/٤
۳۱	۹/۷۲	۱۳/۳	۲۱/٤	۳۰/٤	۱٤/٤
۳۲	۸/۲۷	۱۳/۳	۱۱/۹	۱۱/۲	۱۲/۳
۳۳	۱۵/۳	۹/۰	۲/٤۲	۱۱/۳	۱۳/۰
۳٤	۱۲/٤	۱۰/٦	۷/۸۲	۳۰/۸	۱۷/۲
۳۵	۲/۸٤	۱۲/۰	۲۰/۹	۲۵/٤	۵/۹٦
۳٦	۵/۷۱	۹/۳۹	۲/۸۷	۳٤/٤	۹/۱۷
۳۷	٦/۷۲	٤/۸۵	۳/۲۵	۲٦/۷	۵/٦۵
۳۸	۷/۷۵	٤/۸	۱/۷٤	۱۷/۰	۱۱/۱
۳۹	۷/۵۱	۱۰/۰	۰/۹٦	١٦/۳	۱۰/۲
٤۰	۳/۸۷	۸/۹۲	۱۲/۱	٦/۷۹	١٦/۰
٤۱	۲/۸۷	٦/۹۵	١٦/۵	۱۱/٤	۳/۵٦
٤۲	۲/۵۵	۹/٦۳	۱۱/۳	۱۱/۳	۸/۳
٤۳	۲/٤	۷/٦۱	۸/۲	٤/۵۸	۵/۰٦
٤٤	۲/۱۷	۸/۷۷	٤۰/۰	۷۰/۸	٦/۸۳
٤۵	۷/٦۲	۸/۵۵	٤/۸۷	۵/۰۸	۵/۰۲
٤٦	۰/۲۳	۱/۰۲	۳/۰	٤/۹٤	۲۰/٦
٤۷	۱/۰۸	۰/۹۱	۰/٤۹	٦/۷	۲٦/۰
٤۸	۲/۷۵	۲۹/۸	۱۷/۰	۳/۷۱	۸/٦٤
٤۹	۲٤/۵	۳۷/۵	۲۲/۲	۵/۱	۵/۸۸
۵۰	٦/۹۳	۱۰/۹	۹/۲۸	٦/۳٦	٦/۳۲

ادامه جدول ۱

شماره چاه	غلظت ازت نیتراتی (میلی‌گرم در لیتر)				
	نوبت ۱ (دی ۱۳۷۹)	نوبت ۲ (بهمن ۱۳۷۹)	نوبت ۳ (اسفند ۱۳۷۹)	نوبت ٤ (فروردین ۱۳۸۰)	نوبت ٥ (اردیبهشت ۱۳۸۰)
٥١	٤/٨٧	٧/٦٩	١٤/٨	٧/٨٣	٦/٣٦
٥٢	٠/٨٩	١/٤٧	١٥/٥	١٢/٢	١/٣٩
٥٣	٠/٢٣	٠/٤٧	١٩/٢	٠/٩٨	٤/١٨
٥٤	٢/٨٦	٥/٣٢	٦/٦٢	٣/٢٥	١/٠١
٥٥	٣/٤٣	٤/٩٥	٨/٠	١٠/١	٤/١٩
٥٦	٤/٥٩	٥/٨٣	٧/٩٩	٦/٩	١٤/٨
٥٧	١٨/١	٧/٣٢	٣/١٢	٢/٧	١٩/٣
٥٨	٩/٣٩	١٠/٦	٢٢/٢	٨/٥١	٥/١١
٥٩	١٠/٨	١٠/٠	١٣/٠	٨/٨١	١/٨٥
٦٠	٢١/٢	٢٠/٩	١٣/١	١٠/٠	١٢/٧
٦١	١٣/٨	١١/٥	٢٤/٨	١٠/٤	٨/١٣
٦٢	١٢/٦	١٠/٦	٨/٣١	١٥/٨	١٦/٤
٦٣	٨/١٥	٤/٤٨	٢/٦٦	١٥/٨	٢٠/٩
٦٤	٧/٣٩	٧/٤٨	١٤/٤	١٦/٧	٢٢/١
٦٥	٨/٢٩	٧/٨٨	٨/٤١	٩/٧٦	٤/٣٢
٦٦	٣/٩	٥/٣٢	٦/٠	٦/٠	١٣/١
٦٧	٣/٢٣	٣/١٤	١٦/٠	١٢/٥	٢٤/٠
٦٨	٣/٧٥	٤/٧	٨/٠	١٠/١	٢١/٧
٦٩	٣/٤٢	٣/٩٥	١٠/٠	١٥/٤	٢٠/٣
٧٠	٣/١٨	٤/٦٩	١٣/٩	٥/٨٤	٣٢/٩
٧١	٢/٦٩	٤/٤٧	٦/٠	٦/٢٥	٢٨/٩
٧٢	٥/٩٦	١/٩١	٥/٠	٦/٧٦	١١/١
٧٣	٢/٦٣	١/٦٦	٩/٩٢	٦/٠٣	١١/٥
٧٤	٥/٥٦	١/٨٤	١٨/٩	١١/٣	١٣/٢
٧٥	٢/٧٨	٥/٠٣	٥/٧٥	٩/٨٧	١٣/٣
٧٦	٣/٥٢	٥/٥٨	٣/٢	١٠/٨	٩/٧٤
٧٧	٢/٤٩	٧/٣٩	٧/٠٦	١٠/٦	٢٠/١
٧٨	٣/٤٢	٤/٣٩	٢٠/٩	١١/٤	٢٣/٠
٧٩	٣/٠٥	٤/٣٩	٦/٠	٦/٦٩	٢٠/٣
٨٠	٩/٤٢	٢٠/٨	١٨/٠	١٣/٠	١٢/٣
٨١	٣/٥٢	٩/٤٥	٣٨/١	١٨/٨	٣٧/٢

ادامه جدول ۱

شماره چاه	غلظت ازت نیتراتی (میلی‌گرم در لیتر)				
	نوبت ۱ (دی ۱۳۷۹)	نوبت ۲ (بهمن ۱۳۷۹)	نوبت ۳ (اسفند ۱۳۷۹)	نوبت ٤ (فروردین ۱۳۸۰)	نوبت ٥ (اردیبهشت ۱۳۸۰)
۸۲	٦/٥١	۳/٦۹	۱۱/۱	۱٦/۱	۳۷/۹
۸۳	۳/۷٥	٤/۸۹	۱۰/۰	۱۳/٦	۲٦/۹
۸٤	۹/٤٦	۱۱/۱	۱۲/۱	۸/۰٥	۳۳/٦
۸٥	۹/۰۳	٦/۳	۸/۰	۱۰/۰	۲٤/٥
۸٦	٤/٦۳	٦/۳	۱۳/۲	۱۰/۹	۲۰/۸
۸۷	۷/۷٤	۱۲/۰	۱۲/۳	۱۰/٤	۲٦/۰
۸۸	٦/٥۱	۸/۰	۷/۸٦	.۱۱/۸	۳٦/۹
۸۹	۱٥/۲	۱۲/۰	۸/٥۳	٥/٦	۱٤/۱
۹۰	٤/۸۳	٦/۰	٥/٥٤	۹/۹۳	۱۱/۸
۹۱	۳/٥	٥/۰	٥/۰٦	۷/۰٤	۲۰/۲
۹۲	۳/۰	٦/۰	۸/٥۷	۸/۳٥	۱۲/٦
۹۳	٦/۳	٥/۰	۳/۲۹	٥/۳۲	۱۳/۲
۹٤	۳/۰۸	٤/۰	۳/۸	۷/٦٥	۲۰/۸
۹٥	۲/۸۳	۸/۰	۸/۰	۷/۱۸	۸/٦۷
۹٦	۱/۳۹	٤/۳۷	٤/۸۱	٦/۸۸	۸/۰
۹۷	٤/۰۲	۸/۰	۹/۹٥	۳/۷۸	۱٤/۸
۹۸	۲/۸۱	۳/٦۹	۱۱/۱	٥/۳۹	۱۸/٥
۹۹	۱۰/۱	٦/۲۲	۱۸/٥	۳/۷۸	۱۳/٦
۱۰۰	٤/۰۲	۱۱/۸	۰/۸٥	٦/۰	۹/۰

شـرقی‌تـر، فاضـلاب‌هـای کشـاورزی، شـهری و صـنعتی به‌طور مستقیم به زاینده‌رود وارد می‌شوند و یا به‌صورت غیرمستقیم بر کیفیت آب زاینده‌رود و نـیز آب‌هـای زیرزمینی اثر دارند (٦ و ۷). چون در ایـن مـنطقه عـامل اصـلی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینـی رودخانـه زایـنده‌رود است، لذا با آلوده شـدن آن در طول مسیر و تأثیر آن بر کیفیت سفره آب زیرزمینـی، غلظـت نیـترات در مـناطق پاییـن دسـت (شـرقی) بیشتر از مناطق بالادست (غربی) رودخانـه مـی‌باشد. آلوده شدن زاینده‌رود در طول مسـیر آن در مطالعـات مخـتلف (مانـند ٥ و ٦) گـزارش شـده است. غلظت ازت نیتراتی در ناحیه بالادست، عموماً کمتر از ۱۰ بوده و میانگین آن در ایـن ناحیه کمتر از پنج میلی‌گرم در لیتر است ولی در نواحـی پاییـن‌دسـت افـزایش می‌یابد. به‌عنوان مـثال، میانگین غلظت ازت نیتراتی چاه‌های شماره ۲٥ تـا ۲۸ در زمیـن‌هـای زراعی جعفرآباد (منطقه فلاورجـان) معادل ۱٤/٦ و در چاه‌های شماره ۲۹

تـا ۳٦ در اراضـی گارياخان فلاورجان-برابر ۱۳/۸ میلی‌گرم در لیتر بود.

بیشـترین غلظت ازت نیتراتی در چاه شماره ٤٤ در اراضـی تـرکمان‌آبـاد واقـع در ناحـیه بیـن فلاورجـان و اصفهان و برابر با ۷۰/۸ میلی‌گرم در لیـتر تعییـن شـد. همچنیـن، در مـنطقه کـبوترآباد (چاه‌های ۷۰ و ۷۱)، غلظت ازت نیتراتی تا ۲۸/۹ و ۳۲/۹ میلـی‌گـرم در لیـتر بود. در اراضی پیله‌وران، زیـار و رودشت (چاه‌های ۸۲، ۸٤ و ۸۸)، میانگین غلظت ازت نیتراتی ۳۷/۹، ۳۳/٦ و ۳٦/۹ میلی‌گرم در لیـتر بـود. در قسـمت‌های پایین‌دست رودخانه زاینده‌رود، به‌دلیل شور بودن آب و نامناسب بودن خـاک (شـور و قلیا)، فعالیت‌های کشاورزی کمتر اسـت و ایـن امـر مـی‌تواند دلیل کم بودن غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این ناحیه باشد.

میانگیـن غلظـت ازت نیتراتـی درحدود ۵۹ درصـد از کـل چـاه‌های مورد مطالعه کمتر از ۱۰، ۳۹ درصـد ۱۰ تـا ۲۰ و دو درصـد ۲۰ تـا ۳۰ میلـی‌گـرم در لیـتر بـود. پس میانگین غلظت ازت نیتراتـی ٤۱ درصد کل چاه‌های این منطقه بیشتر از حـد اسـتاندارد اسـت. البـته در چـند سـال اخـیر (۸۰-۱۳۷۷) اسـتان اصفهان دچار خشکسالی بوده و مـیزان نـزولات جـوی بسـیار کـم و تغذیـه سـفره‌هـای آب زیرزمینـی از طریق زاینده‌رود کم شـده اسـت. ایـن امـر مـی‌توانـد سـبب کـاهش فعالیـت‌هـای کشاورزی وکاهش آب‌شویی نیترات و درنتـیجه کـاهش انـتقال نیـترات بـه آب‌هـای زیرزمینـی شـده باشد. در یک تحقیق در مورد اثر تغیـیرات آب و هوایـی طـی ۱۱ سـال بـر غلظت نیترات در ایالت آیوای آمریکا نتیجه گرفته شد که در دوران خشکسـالی یـا کـاهش بارندگـی، میزان نیـترات در خـاک زیاد می‌شود که علت آن کاهش انـتقال نیترات، عدم جذب نیترات توسط گیاهان و پاییـن رفتن سطح آب‌های زیرزمینی می‌باشد (۹). همچنیـن در دوران خشکسـالی بـر اثـر استفاده از آب‌هـای زیرزمینـی، به‌عنوان تنها منبع آب آبیاری، و اسـتفاده بـی‌رویـه از کودهـای شیمیایی، مجدداً نیـترات از خاک شسته شده و روند افزایش انتقال نیترات به آب‌های زیرزمینی ادامه می‌یابد.

تغیـیرات غلظـت ازت نیتراتـی در آب‌هـای زیرزمینـی مـنطقه حاشـیه زایـنده رود درطـی پنج نوبـت نمونـه‌بـرداری رونـد افزایشـی دارد. البـته تغیـیرات غلظـت نیـترات در چـاه‌هـای مخـتلف، مـتفاوت بـود ولـی بـه‌طور کلی روند افزایشی به خوبـی مشـخص است. برای مثال، در اکثر چاه‌ها، بیشـترین غلظـت انـدازه‌گـیری شـده ازت نیتراتی مـربوط بـه مـراحل چهـار و پـنج در فصـل بهـار مـی‌باشـد. این امر می‌تواند مربوط به شروع فصل کشت و دادن کود و درنتیجه شستشو و آب‌شویی نیترات و انتقال به آب‌های زیرزمینی کم عمق این منطقه باشد.

میانگیـن کـل غلظـت ازت نیتراتـی در نوبـت‌هـای زمانـی یک تا پنج به‌ترتیب ۵/٦، ۷/٤، ۱۰/۱، ۱۱/۱ و ۱۳/۹ میلـی‌گـرم در لیـتر بـود کـه مقدار آن در سه نوبت آخر بیشتر از حد استاندارد اسـت. همچنیـن درطـی ایـن پـنج نوبـت زمانـی انـدازه‌گـیری، غلظت نیترات به‌ترتیب در ۱۱، ۲۵، ٤٦، ۵۱ و ۵۹ درصـد از کـل چـاه‌ها بیشتر از حد استاندارد بود.

آلودگی نیترات در مناطق شهری، صنعتی و کشاورزی اطراف زاینده‌رود

در این تحقیق، اثر فعالیت‌های مختلف بر آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی نیز بررسی شد. البته در منطقه موردمطالعه هنوز مناطق شهری، صنعتی و کشاورزی کاملاً از هم تفکیک نشده است و بیشتر مناطق شهری و صنعتی در داخل یا مجاورت زمین‌های کشاورزی قرار دارند. در این منطقه، تعداد واحدهای صنعتی زیاد نیست و صنایع موجود نیز آب مورداحتیاج خود را از چاه‌هایی که در کنار زاینده‌رود حفر شده‌اند تأمین می‌کنند. به‌همین دلیل، فقط مناطق شهری و کشاورزی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

در چاه‌های مناطق شهری حاشیه زاینده‌رود (۱۷ مورد از کل ۱۰۰ چاه)، میانگین غلظت ازت نیتراتی ۷/٦ میلی‌گرم در لیتر بود که کمتر از حد استاندارد است. در این مناطق، میانگین غلظت ازت نیتراتی ۱۸ درصد از چاه‌ها بیش از حد استاندارد برای آب آشامیدن بود. میانگین غلظت ازت نیتراتی در چاه‌های موجود در مناطق شهری درطی نوبت‌های یک تا پنج نمونه‌برداری به‌ترتیب ٤/۳، ۷/۸، ۹/۲، ۷/۳ و ۹/٦ میلی‌گرم در لیتر بود که در کلیه موارد کمتر از حد استاندارد می‌باشد. در این مناطق، میانگین غلظت نیترات نسبت به زمان روند افزایشی دارد. مطالعه طولانی‌تر این پارامتر، چگونگی تغییر زمانی آن را بهتر مشخص می‌کند.

میانگین غلظت ازت نیتراتی در آب‌های زیرزمینی نواحی کشاورزی که بیشتر وسعت منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند، معادل ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود که برابر با حد استاندارد برای آب آشامیدنی می‌باشد. البته در این مناطق از کل چاه‌های مورد مطالعه (۸۳ حلقه)، غلظت نیترات ٤٦ درصد آن‌ها بیش از حد استاندارد بود. بیشترین مقدار میانگین غلظت ازت نیتراتی در منطقه زاینده‌رود (۲۵/۷ میلی‌گرم در لیتر) و مربوط به زمین‌های کشاورزی غرب شهر اصفهان بود. لازم به‌ذکر است که مناطق وسیعی در حاشیه زاینده‌رود، شالیزار برنج است. احیای نیترات در شرایط اشباع و تبدیل آن به گاز ازت باعث کاهش نیترات می‌شود. در یک بررسی مشخص شد که در آبیاری غرقابی کل تلفات نیترات از طریق نیترات‌زدایی چهار برابر آبیاری بارانی است و دلیل آن نامطلوب بودن شرایط فیزیکی و رطوبتی خاک در آبیاری غرقابی می‌باشد (۱۱).

غلظت ازت نیتراتی در آب‌های زیرزمینی مناطق کشاورزی اطراف زاینده‌رود درطی نوبت‌های یک تا پنج به‌ترتیب ۵/۸، ۷/۳، ۱۰/۳، ۱۱/۸ و ۱٤/۸ میلی‌گرم در لیتر بود. این روند کاملاً افزایشی است و در سه نوبت آخر نیز بیش از حد استاندارد می‌باشد.

در یک مطالعه، برای بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی در حاشیه رودخانه زاینده‌رود در سال‌های ۱۳۷٤ و ۱۳۷۵، بیشترین مقدار نیترات ۲۹/۷ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (۷). باتوجه به مطالعه حاضر، مشاهده می‌شود که درطی این چند سال غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این منطقه به مقدار زیاد افزایش یافته است. در زمان انجام تحقیق حاضر، بیشترین غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این منطقه

۱۱٤ میلی‌گرم در لیتر (۲۵/۷ میلی‌گرم در لیتر ازت نیتراتی) بود. همچنین میانگین غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این منطقه ٤۲/۵ میلی‌گرم در لیتر بود. ولی در یک مطالعه دیگر این مقدار ۲/٤۵ میلی‌گرم در لیتر بوده است (۷). پس اگر این روند افزایش ادامه داشته باشد، آلودگی ازت خطر بسیار بزرگی برای کیفیت آب‌های زیرزمینی حاشیه زاینده‌رود و یا فاجعه‌ای زیست محیطی بوده و باید با یک برنامه همگانی و با مطالعه، مدیریت صحیح و آموزش کشاورزان از بروز آن جلوگیری کرد.

منابع مورد استفاده

۱ - پیرنیا، س. خ.، میراب‌زاده م. و کشاورز، ع. ۱۳۷۳. آلودگی منابع آب و توسعه کشاورزی پایدار. اولین کنگره سیاست‌گذاری امور زیربنایی در بخش کشاورزی، تهران، ۲۸-۲٦ شهریور، صفحات ۲٦۵-۲۵۵.

۲ - جوشش، ج. ۱۳۷٤. بررسی اثرات اجرای طرح‌های آب و فاضلاب بر کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳ - خاتون‌آبادی، س. ا. ۱۳۷۹. بررسی عوامل مؤثر بر مصرف کودهای ازته در مزارع اختصاصی و چاه‌های آب در بین کشاورزان استان اصفهان. گزارش طرح ملی بررسی آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی استان اصفهان، بخش مطالعات فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۸ صفحه.

٤ - طراوتی، ح. و بهار. ف. ۱۳۷۷. شرایط بحرانی سلامت انسان و محیط زیست. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۵ - کلباسی، م. و موسوی. س. ف. ۱۳۷٤. مطالعه هفت ساله تغییرات ازت معدنی، فسفر، هدایت الکتریکی و pH در آب زاینده‌رود، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، صفحات ٦۸-۵۷.

٦ - کلباسی، م. و موسوی. س. ف. ۱۳۷۹. تغییرات کیفیت زه‌آب زهکش‌های مهم تخلیه شونده به زاینده‌رود و اثر آنها بر این رودخانه در یک دوره یکساله، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ٤(۳): ۲۸-۱۳.

۷ - موسوی، س. ف. ۱۳۷٦. مطالعه آلودگی آب‌های زیرزمینی حاشیه زاینده‌رود. مجله آب و فاضلاب، ۲۱: ۹-٤.

8 . Fenlon JM and Moore RC (1998) Transport of agrichemicals to ground and surface water in a small central Indiana watershed. Environ. Qual. 27: 884-894.

9 . Lucey KJ and Goolsby DA (1993) Effects of climatic variations over 11 years on nitrate-nitrogen concentrations in the Raccoon River. Environ. Qual. 22(1): 38- 46.

10 . Muramoto J (1999) Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in California. Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, University of California, Santa Cruz, CA, USA.

11 . Nelson SD and Terry RE (1996) The effects of soil physical properties and irrigation method on denitrification. Soil Sci. 161(4): 242-249.

12 . Tippie VK (1983) Chesapeake bay: a framework for action. U. S. Environmental Protection Agency, Chesapeake Bay Program, Philadelphia, PA.

13 . USEPA (1990) National pesticide survey phase 1 report. EPA 570/990-015. USEPA, Washington, DC.