فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال سیزدهم، شماره ۴۸، پاییز ۹۸

بررسی شاخص‌های کیفیت منابع آب زیرزمینی در اقلیم سرد و خشک

یحیی چوپان[۱] و سمیه امامی[۲*]

۱-دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشجوی دکتری سازه های آبی گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز.**somayehemami70@gmail.com**

چکیده

استفاده بی‌رویه از منابع آبی موجود و خشکسالی‌های پی در پی در سالیان اخیر موجب شده است تا منابع آب آبیاری نه تنها از نظر کمی، بلکه از نظر کیفی نیز به‌شدت دچار تغییرات نامطلوب گردند. کیفیت آب از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده به‌منظور کاربرد آن در مصارف مختلف آب به‌شمار می‌رود. لذا مدیریت و پایش کیفیت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است. در این تحقیق به بررسی کیفیت منابع آب موجود در منطقه سیوکی شهرستان تربت‌حیدریه با توجه به آنالیز شیمیایی منابع آبی مورد استفاده در بخش کشاورزی شامل پساب کارخانه قند، پساب تصفیه‌شده فاضلاب شهری، قنات و چاه (تعداد ۱۰ حلقه چاه با کاربری کشاورزی) طی دوره آماری ۹۲-۱۳۸۸ و دیاگرام ویلکاکس، شاخص نفوذپذیری (I)، نسبت جذبی سدیم (SAR)، درصد سدیم و کلر و دیگر آنیون‌ها و کاتیون‌ها پرداخته شد. نتایج حاصل نشان داد که مقدار شوری پساب در حدود ۲۰۰۰۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر می‌باشد که در کلاس شوری زیاد (C4) قرار گرفت. بر طبق نمودار ویلکاکس و SAR، اکثر نمونه ها در کلاس C_4S_1 و در رده آب‌های متوسط قرار گرفتند. براساس نتایج، تمامی منابع آبی منطقه مورد مطالعه، اعم از متعارف و نامتعارف برای کشاورزی مناسب می‌باشند، ولی برای پساب تصفیه‌خانه می‌بایست تدابیر بیش‌تری در خصوص کشاورزی و کشت محصولات انجام شود.

واژگان کلیدی: مصارف کشاورزی، کیفیت آب، آنالیز شیمیایی، قنات، پساب.

مقدمه

منابع آب زیرزمینی در کشور ایران از مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب به‌شمار می‌آیند. تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب هم‌اکنون خطری بزرگ در راه توسعه‌ی کشاورزی کشور به‌ویژه در اراضی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. کیفیت آب زیرزمینی همچون آب سطحی همواره در حال تغییر است، اما این تغییرات نسبت به آب‌های سطحی بسیار کندتر صورت می‌گیرد. مصرف رو به رشد آب در تمامی عرصه‌های مصرف اعم از شرب، صنعت و کشاورزی پیامدهای تغییر و کاهش کیفیت را به دنبال دارد. زباله ها، فاضلاب‌ها، پساب‌ها، مواد شوینده، سموم دفع آفات و کودهای شیمیایی از آلاینده‌های مهم آب و خاک به‌شمار می روند. بر اساس آمار و ارقام موجود میانگین سالانه حجم بارندگی ایران حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود که از این مقدار، ۳۱۰ میلیارد مترمکعب در مناطق کوهستانی با مساحتی حدود ۸۷۰ هزار کیلومتر مربع و ۹۰ میلیارد مترمکعب دیگر در مناطق دشتی به وسعت ۷۷۸ کیلومتر مربع می‌بارد. از مقدار فوق حدود ۲۹۴ میلیارد مترمکعب به‌صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شود و از ۱۱۶ میلیارد مترمکعب باقی‌مانده حدود ۹۳ میلیارد مترمکعب از طریق منابع سطحی و زیرزمینی بهره‌برداری می‌شود و بقیه صرف تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. از این مقدار حدود ۸۶ میلیارد مترمکعب

جهت مصارف کشاورزی و نزدیک به ۷ میلیارد مترمکعب آن به مصارف شرب و صنعت اختصاص می‌یابد. از آن-جایی که متوسط حجم کل آب سالانه کشور رقمی ثابت است، تقاضا برای آب به‌علت رشد نسبتا بالای جمعیت، توسعه کشاورزی، شهرنشینی و صنعت در سال‌های اخیر متوسط سرانه آب قابل تجدید کشور را تقلیل داده است (خسروشاهی، ۲۰۰۶). در اکثر مناطق جهان، قسمت اعظم منابع آب شیرین به تأمین نیازهای شرب، بهداشت و صنعت اختصاص داده می‌شود. این امر باعث کمبود آب جهت آبیاری اراضی کشاورزی شده است. محققین و برنامه‌ریزان پیوسته درحال بررسی و یافتن منابع آبی هستند که بتواند ضمن جایگزینی از لحاظ اقتصادی قابل استفاده و در توسعه هرچه بیش‌تر کشورها موثر باشد. در چنین شرایطی، استفاده از منابع آبی پساب فاضلاب‌های شهری، قنات و چاه‌ها برای مقاصد مختلف و به‌خصوص کشاورزی به‌عنوان راه‌حلی مؤثر مورد توجه متخصصان مربوطه قرار گرفته است (کاوامورا، ۲۰۰۰ و بوژن، ۱۹۸۱). هرچند پساب تصفیه‌شده در مقایسه با حجم آب آبیاری مورد نیاز، میزان ناچیزی را شامل می‌شود، اما بهره‌برداری از همین مقدار، باعث می‌شود آب‌های با کیفیت بالاتر را بتوان در مصارف مهم‌تری به‌کار برد. مقدار نیترات منابع آب زیرزمینی (چاه‌ها) را به عوامل محیطی مختلفی مانند شرایط هیدروژئولوژی، بافت خاک و میزان بارندگی ارتباط داده‌اند. از عوامل مهم دیگری که با مقدار نیترات آبهای زیرزمینی ارتباط دارد می‌توان فعالیت‌های انسانی (کشاورزی)، موقعیت مکانی، نوع، عمق و سن چاه را نام برد (راتکووین و همکاران، ۲۰۰۵). طی تحقیقی (هوبن و همکاران ،۲۰۰۹)، کیفیت آب زیرزمینی حوضه آبریز کابل واقع در افغانستان را در دوره آماری ۲۰۰۵-۲۰۰۱ بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد که واکنش آب زیرزمینی با سنگ‌های کربناته و نفوذ اسید ناشی از فرآیندهای شیمیایی موجب افزایش سختی آب زیرزمینی در این ناحیه شده است. (کتاتا و همکاران ،۲۰۱۱)، کیفیت آب زیرزمینی آبخوان عمیق گابسواقع در جنوب شرق تونس و عوامل مؤثر بر آن را با استفاده از تحلیل جامع متغیرهای فیزیکی و شیمیایی، سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری بررسی نمودند. ایشان از نمونه‌های آب نه چاه گمانه به‌عنوان نماینده آبخوان در طول دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۵ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در طی دوره مورد نظر شوری و غلظت عناصر اصلی در طول زمان تغییر کمی نموده و روند کاهشی در جهت جریان آب زیرزمینی است. (دانشور وثوقی و همکاران ،۲۰۱۳)، روند تغییرات متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل واقع در شمال-غرب ایران را با استفاده از روش نامتغیری من کندال اصلاح شده و تخمین‌گر شیب سن بررسی نمودند. نتایج نشان داد که روندهای شدیدا مثبتی در غلظت‌های عناصر کیفی آب زیرزمینی در کل دشت وجود دارد. (بامداد ماچیانی و همکاران ،۲۰۱۴)، به ارزیابی کیفی آب زیرزمینی استان گیلان در چهار منطقه لاهیجان، آستانه، تالش و فومنات جهت مصارف کشاورزی پرداختند و از LSI به-منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی این منطقه استفاده کردند. مطابق این شاخص، آب‌های زیرزمینی منطقه روند خاصی نداشته و بعضی از سال‌ها رسوبگذار و برخی از سال‌ها تمایل به رسوب نداشته‌اند. (سربازی و اسماعیلی ،۲۰۱۴)، کیفیت آب زیرزمینی دشت نیشابور برای مصارف کشاورزی را در طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۱ ارزیابی کردند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که عناصر سدیم، کلر و سولفات بیش‌ترین مقدار را در بین کاتیون و آنیون‌ها دارند که به‌تدریج باعث کاهش کیفیت آب می‌شود. (همایون‌زاده و همکاران،۲۰۱۶)، در بررسی کیفیت آب مخازن چاه نیمه زابل از نقطه نظر شرب و کشاورزی، به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب آن‌ها بر اساس دیاگرام ویلکاکس در طبقه متوسط و مطابق دیاگرام شولر در طبقه قابل‌قبول قرار دارد. نتایج مطالعات (رضایی و بابایی ،۱۳۹۲)، نشان داد کیفیت بالای پساب خروجی منطقه تربت‌حیدیه و مقایسه آن با استاندارد آبیاری جهت مصارف کشاورزی، انگیزه استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب را در آبیاری گیاهان مورد توجه قرار داده است. (نخعی و ودیعتی ،۱۳۹۲)، در

ازیابی کیفیت آب قنات جهت استفاده از آن در شرب و کشاورزی گزارش کردند که از ۲۳ قنات مورد مطالعه، ۷۸ درصد نمونه‌ها در رده مطلوب، ۱۷ درصد در رده قابل‌قبول و یک نمونه نیز در رده غیر قابل‌قبول قرار داشت. (رحیمی و همکاران ،۱۳۹۵)، کیفیت آب زیرزمینی آبخوان اردبیل را از نظر شرب و کشاورزی مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند کیفیت آب زیرزمینی این آبخوان بر مبنای شاخص کیفی آب (WOI) در وضعیت مطلوب قرار دارد و بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد ملی ایران (ISIRI) درصد چاه‌ها دارای مقادیر نیترات بالاتر از حد مجاز در فصل تر می‌باشند. (دین‌پژوه و همکاران ،۱۳۹۳)، روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت شبستر–صوفیان را با استفاده از اطلاعات ۱۸ حلقه چاه عمیق و چهار رشته قنات در دوره آماری ۹۰–۱۳۷۷ مورد تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که در دوره پرآب کیفیت آب زیرزمینی رو به بهبود و در دوره کم‌آب رو به نزول است. در حال حاضر استفاده از آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، نظر به این‌که آب‌های سطحی به دلیل خشکسالی‌های پی در پی در دسترس نبوده و به تنهایی قادر به پاسخگویی نیازهای بخش‌های مختلف نمی‌باشد، افزایش یافته است. منطقه تربت‌حیدریه از جمله مناطق مهم کشاورزی کشور به‌شمار می‌آید که در اقلیم سرد و خشک قرار دارد و به دلیل محدودیت منابع آب در این منطقه، استفاده از آب‌های نامتعارف نظیر پساب‌های شهری و صنعتی، قنات‌ها و نیز آب چاه‌ها جهت مصارف کشاورزی در این منطقه افزایش فراوانی داشته است. لذا هدف از این تحقیق، بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه تربت‌حیدریه برای مصارف کشاورزی با توجه به آنالیز شیمیایی منابع آبی مورد استفاده می‌باشد.

منطقه موردمطالعه

شهرستان تربت‌حیدریه در جنوب‌غربی مشهد بر روی مدار ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). وضعیت اقلیمی این ایستگاه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم خشک سرد و بر اساس طبقه‌بندی دکتر کریمی دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد. متوسط بارش سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۲۱ درجه می‌باشد. بر اساس داده‌های هواشناسی آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی شهرستان تربت حیدریه، متوسط درجه حرارت روزانه در ایستگاه تربت حیدریه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر دما به ترتیب برابر ۲۴/۶- و ۴۰/۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۴۵٪، متوسط بارش سالانه ۲۵۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالیانه ۱۱۴۳/۱۳ میلی‌متر می‌باشد

منابع آبی مورد استفاده در منطقه سیوکی تربت‌حیدریه شامل آب چاه طی دوره آماری ۹۲–۱۳۸۸، پساب کارخانه قند، فاضلاب تصفیه‌شده شهری و قنات می‌باشد (شکل ۱) در این تحقیق نمونه-برداری در محدوده منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۲ از قنات و ۱۰ چاه با کاربری کشاورزی، پساب کارخانه قند و فاضلاب تصفیه‌شده شهری انجام شد. جهت به‌دست آوردن کاتیون‌ها (کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم) و آنیون‌های (کربنات، بی‌کربنات، کلر، سولفات، شوری و اسیدیته) پساب از روش و دستگاه‌های آزمایشگاهی استفاده شده است. شوری با استفاده از دستگاه EC متر مدل ۶۶۴ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و اسیدیته توسط دستگاه pH متر مدل ۲۶۲ اندازه‌گیری گردید. نسبت جذب سدیم توسط روش استات سدیم به‌دست آمد. برای تعیین کلسیم و منیزیم از روش تراسیون با EDTA (اتیلن دی آمین تترا استات) با غلظت ۰/۰۲ مولار و سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتو متر با محلول‌های استاندارد مورد استفاده قرار گرفتند. جهت محاسبه میزان کلر روش تراسیون با اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال در حضور معرف فنل فتالین، سولفات روش توربیدو متری، کربنات و بی‌کربنات روش تراسیون با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال در حضور معرف متیل اورانژ استفاده شدند.

شکل ۱- مکان ماهواره‌ای تصفیه‌خانه فاضلاب شهری و کارخانه قند تربت حیدریه (محل عبور پساب)

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی آب چاه در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۲

نوع آزمایش	واحد اندازه گیری	نتایج سال ۱۳۹۲	نتایج سال ۱۳۸۸
هدایت الکتریکی	dS/m	۲۵۰۰	۱۲۳۰
اسیدیته	–	۶/۸	۷/۳
نسبت جذب سدیم	–	۱۳/۰۲	۵/۷۵
کلسیم	meq/lit	۱/۲	۱/۳
منیزیم	meq/lit	۲/۸	۳/۵
سدیم	meq/lit	۱۸/۴	۸/۹
بی کربنات	meq/lit	۳/۴	۲/۱
کلر	meq/lit	۱۰/۵	۴/۷
سولفات	meq/lit	۱۰/۸	۶/۹

جدول ۲- آنالیز شیمیایی پساب کارخانه قند

نوع آزمایش	واحد اندازه گیری	نتایج آبالیز پساب
هدایت الکتریکی	mmhos/cm	۲۰۰۰۰
اسیدیته		۱۲/۱
نسبت جذب سدیم	-	۸/۴۲
کلسیم	meq/litt	۵۸
منیزیم	meq/litt	۶۲
سدیم	meq/litt	۶۲/۵
کربنات	meq/lit	۱/۵
بی کربنات	meq/lit	۸/۵
کلر	meq/lit	۵۷
سولفات	meq/lit	۱۲۰/۴

جدول ۳- آنالیز شیمیایی فاضلاب تصفیه‌شده شهری

متغیرها	واحد اندازه گیری	نتایج آنالیز
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی BOD	mg/lit	۳۶/۷
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی COD	mg/lit	۶۷
کل مواد جامد معلق TSS	mg/lit	۳۳
اکسیژن محلول DO	mg/lit	۲/۵
اسیدیته	-	۸/۴
شوری	ds/m	۱/۹
ازت آمونیاکی	meq/lit	۰/۰۳۶
پتاسیم	meq/lit	۰/۵۱
سدیم	meq/lit	۹/۵
کلسیم	meq/lit	۳/۷
منیزیم	meq/lit	۲/۲
سولفات	meq/lit	۱/۵
بی کربنات	meq/lit	۷/۶

جدول ۴- آنالیز شیمیایی قنات سیوکی

نوع آزمایش	واحد اندازه گیری	نتایج آزمایش
هدایت الکتریکی	ms/cm	۲/۵۷
اسیدیته	-	۸/۷
کدورت	NTU	۲
کل جامدات معلق	mg/lit	۸/۵
کل جامدات محلول	mg/lit	۲۴۲۰
سختی کل	mg/lit	۵۶۶
کلر	mg/lit	۳۹۵
سولفات	mg/lit	۶۸
فسفات	mg/lit	۰/۰۳

بحث و نتایج

کیفیت منابع آب زیرزمینی از نظر مصارف کشاورزی

نسبت جذب سدیم (SAR)

نسبت جذبی سدیم، معیاری جهت محاسبه خطر شوری و قلیائیت برای محصولات کشاورزی بوده و از مهم‌ترین عوامل در تعیین خصوصیات کیفی آب برای مصارف کشاورزی می‌باشد که با استفاده از رابطه (۱)، قابل محاسبه است (گوتام و همکاران، ۲۰۱۵):

(۱)

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\left(\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}\right)}$$

که در آن، Ca^{2+}، Mg^{2+} و Na^{+} به‌ترتیب غلظت یون‌های منیزیم، کلسیم و سدیم بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر می‌باشد.SAR از فاکتورهای تعیین‌کننده کیفیت آب برای مصارف کشاورزی می‌باشد که به ۴ کلاس S_1 (خطرات سدیمی شدن کم با مقادیر ۱۰>)، S_2 (خطرات سدیمی شدن با مقادیر بین ۲۰-۱۰)، S_3 (خطرات سدیمی شدن زیاد با مقادیر بین ۲۸-۲۰) و S_4 (خطرات سدیمی شدن بسیار زیاد با مقادیر ۲۸<) تقسیم‌بندی می‌شود (۷). براساس این طبقه‌بندی آب چاه‌های منطقه با مقدار ۱۳/۰۴ و ۵/۷۵ طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۸ بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱ در کلاس‌های S_2 و S_1 قرار می‌گیرند و خاک‌هایی که تحت تأثیر آبیاری با این‌گونه آب‌ها می‌باشند، معمولا زهکشی می‌شوند. پساب و فاضلاب تصفیه‌شده شهری با مقدار ۸/۴۲ در کلاس S_1 (خطرات سدیمی شدن کم) قرار داشته و جهت استفاده در مصارف کشاورزی مطابق استاندارد FAO (۱۹۸۹)، بدون مشکل می‌باشند (جدول ۵). اوساتی و نحوی‌نیا (۱۳۹۵) و رحیمی و همکاران (۱۳۹۵)، به‌ترتیب با بررسی میزان SAR در منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند و آبخوان استان اردبیل، گزارش کردند که که مقادیر بالای این متغیر در بیش‌تر نقاط عامل محدودکننده برای آبیاری مزارع و باغات می‌باشد.

شوری

آب چاه براساس نتایج ارائه شده در جدول (۱)، فاضلاب تصفیه‌شده شهری و قنات بر اساس جداول ۳ و ۴ در کلاس C_1 یا شوری کم‌تر از ۲۵۰ میکرو موس بر سانتی-متر و مناسب برای کشاورزی قرار گرفته‌اند.

جدول ۵- حدود تعیین‌شده متغیرهای ورودی ارزیابی کشاورزی بر اساس استاندارد FAO (۱۹۸۹)

متغیر	مطلوب	حداکثر قابل قبول
سدیم	۵۰	۳۰۰
کلرور	۱۰۰	۳۰۰
بی‌کربنات	۲۰۰	۵۰۰
سولفات	۲۰۰	۵۰۰
کل مواد جامد محلول	۵۰۰	۲۰۰۰
نسبت جذب سدیم	۴۰	۶۰
درصد سدیم انحلالی	۳۰	۶۰

(تمامی واحدها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند به‌جز نسبت جذب سدیم و درصد سدیم انحلالی)

هم‌چنین پساب مطابق جدول ۲ با شوری ۲۰۰۰۰ میلی موس بر سانتی‌متر در کلاس شوری زیاد و کلاس C_4 قرار گرفته است. لاله‌زاری و انصاری، (۱۳۹۳) و رحیمی و همکاران، (۱۳۹۵) به‌ترتیب با بررسی آبخوان شمال استان خوزستان و اردبیل، به این نتیجه دست یافتند که در تمامی محدوده مطالعاتی شوری در بازه C_2 تا C_4 قرار می‌گیرد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

اسیدیته (pH): مقدار اسیدیته معمول برای آب‌های آبیاری در دامنه بین ۸/۴– ۶/۵ می‌باشد. این شاخص به‌ندرت به‌تنهایی می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. اسیدیته، برای آب چاه و پساب طی دوره آماری ۹۲-۱۳۸۸ به‌ترتیب برابر با ۷/۳-۶/۸ و ۱۲/۱ به‌دست آمد. دلیل بالا بودن مقدار اسیدیته در پساب، به‌خاطر فرآیند شستشو چغندرقند با آهک در مراحل مختلف می‌باشد که بر اساس تحقیقات صورت گرفته برای افزایش مقدار اسیدیته کاهش محصول مورد توجه قرار می‌گیرد (آدامز،

۱۹۹۹). میزان اسیدیته برای فاضلاب تصفیه‌شده شهری ۸/۴ حاصل شد که در محدوده مجاز قرار داشته و مشکلی برای کشاورزی ندارد.

کلسیم: کلسیم اغلب به‌صورت کربنات، بی‌کربنات و سولفات دیده می‌شود. حد مجاز کلسیم برای آب ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشدکه در تمام منابع آبی مورد مطالعه در تحقیق حاضر (مطابق نتایج ارائه شده در جداول ۱ تا ۴) در حد استاندارد آبیاری می‌باشد و برای استفاده در مصارف کشاورزی مانعی ندارد.

منیزیم: منیزیم یکی از عناصر معمولی آب است که نمک‌های قابل حل را تشکیل می‌دهد. منیزیم در آب هم سختی کربناتی و هم سختی بی‌کربناتی ایجاد می‌کند. حد مجاز منیزیم برای آب ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب منیزیم می‌باشد که با به نتایج ارائه شده در جداول ۱ تا ۴، در تمامی منابع آبی تحت بررسی در تحقیق حاضر، مقداری متعادل دارند.

سدیم: عنصر سدیم علاوه بر این‌که یکی از عناصر فراوان در طبیعت می‌باشد، به علت حلالیت زیاد آن در بیش‌تر منابع آب یافت می‌شود. حد آستانه برای سدیم به آنیون‌های آن بستگی دارد و حد مجاز سدیم به‌صورت کلرید سدیم برای آب ۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۱۳۸ میلی‌گرم بر لیتر برحسب یون کلر می‌باشد. هم‌چنین حد مجاز سدیم به‌صورت سولفات سدیم برای آب ۳۲۸ میلی‌گرم بر حسب سدیم می‌باشد. بر اساس نتایج حاصله، مقدار سدیم (۸/۹-۶۵/۲ میلی-گرم بر لیتر) در تمامی منابع آبی منطقه مورد مطالعه مناسب و قابل قبول مشاهده شد. گوتام و همکاران (۲۰۱۵)، درصد سدیم در دشت چاتانگپور کشور هندوستان را در بازه ۴۴/۶-۳/۵ به دست آوردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

یون کلر: یون کلر حاصل از ترکیب کلر با سایر عناصر، به‌صورت طبیعی در تمام آب‌ها یافت می‌شود. حد مجاز کلرید برای آب ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مقدار کلر موجود در آب آبیاری در صورت استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی بسیار مهم می‌باشد و چنان‌چه مقدار آن بیش از حد مجاز باشد، استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی منطقی نیست. نتایج نشان داد در تحقیق حاضر، میزان کلر در آب قنات با مقدار ۳۹۵ میلی‌گرم بر لیتر و در آب چاه در محدوده ۱۰/۵-۴/۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در حد مجاز قرار داشته و از نظر آبیاری مشکلی برای محصولات کشاورزی ایجاد نمی‌کند.

سولفات: سولفات اغلب 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 در صورتی که با کاتیون‌های منیزیم و سدیم همراه باشد به‌شدت ملین است. مقدار سولفات در منابع آبی مورد بررسی در تحقیق حاضر به ترتیب با مقادیر ۶۸ (آب چاه) ۱/۵ (فاضلاب تصفیه‌شده شهری)، ۱۲۰/۴ (پساب کارخانه قند) و ۶/۹ (آب چاه) مشاهده شد که بر اساس استاندارد (۱۹۸۹) FAO، در حد مطلوب مصارف کشاورزی قرار دارد.

کربنات: مقدار حد مطلوب کربنات برای آب‌های سطحی کم‌تر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای آب‌های خیلی عمیق ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته می‌شود که در این تحقیق، میزان کربنات پساب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) در حد مطلوب قرار دارد. یون‌هایی همانند کربنات، قادرند با تشکیل رسوب کربنات کلسیم، سرعت خورندگی را کاهش دهند. با توجه به این‌که در این منطقه، مقادیر کربنات در حد کم می‌باشد، خورنده بودن نسبی آب‌های زیرزمینی این محدوده را تأیید می‌کند. در تحقیقات مشابهی، حسین‌سربازی و اسماعیلی، (۲۰۱۴)

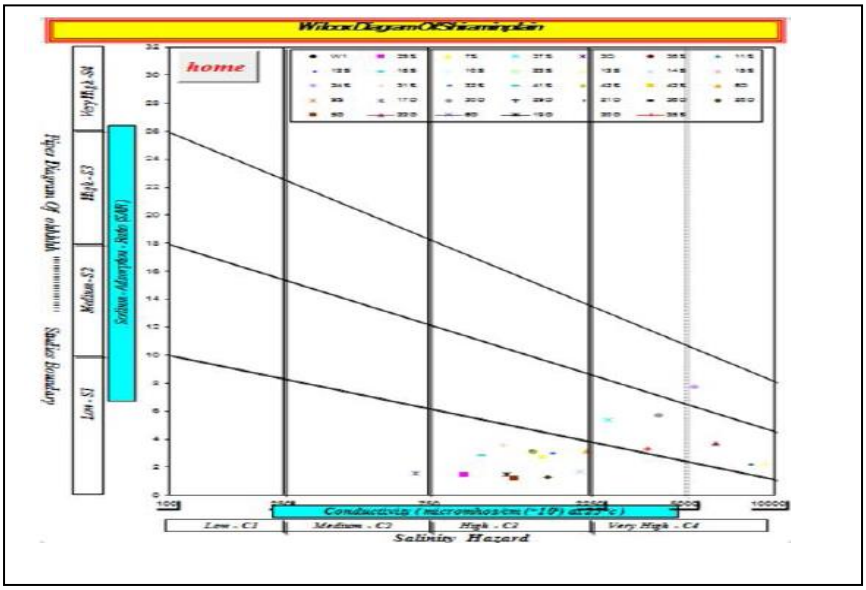
و رحیمی و همکاران، (۱۳۹۵)، به این نتیجه رسیدند که آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت نیشابور و استان‌های اردبیل دارای کربنات بسیار ناچیزی می‌باشند که بیانگر خورنده بودن آب‌های زیرزمینی این آبخوان می‌باشد که تا حدودی با نتایج تحقیق حاضر نیز هم‌خوانی دارد.

نتایج حاصل از آنالیز نمودار ویلکاکس

مطابق این بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب حوضه جهت مصارف کشاورزی دارای تغییرات وسیعی بوده و در کلاس‌های مختلف قرار می‌گیرند. جهت بررسی نسبی تغییرات کلاس منابع آب حوضه درصد قرارگیری نمونه‌ها در هر یک از کلاس‌های دیاگرام ویلکاکس محاسبه گردیده که نتایج آن در جدول ۶ و شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۶، اکثر نمونه ها در کلاس C_4S_1 و در رده آب‌های متوسط قرار می‌گیرند. این بدان معناست که این نمونه‌ها جهت مصارف کشاورزی مناسب می‌باشند.

شاخص نفوذپذیری (I)

نفوذپذیری خاکی که تحت تأثیر آبیاری قرار دارد، در درازمدت تحت تأثیر EC، Na^+ و $HCO3^-$ موجود در آب آبیاری قرار خواهد گرفت (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۶). از ترکیب توأم SAR و EC توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا با کاربرد وسیع برای طبقه‌بندی آبهای آبیاری ارئه شده است (دینپاشو و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۳- نمودار ویلکاس آنالیز شیمیایی منطقه تربت‌حیدریه

جدول ۶- درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در منطقه مورد مطالعه

C4				C3				C2				C1			
S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1
۱۷/۶۵	۲۳/۵۳	۲۰/۵۹	۵/۸۸	۰	۰	۰	۲۹/۴۱	۰	۰	۰	۲/۹۴	۰	۰	۰	۰

شاخص نفوذپذیری (I) مطابق رابطه ۲، قابل محاسبه می‌باشد:

$$I = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \times 100 \qquad (۲)$$

در این رابطه، غلظت عناصر برحسب میلی‌اکی والان بر لیتر می‌باشد. شاخص نفوذپذیری در سه کلاس مناسب، تقریبا مناسب و نامناسب به‌ترتیب با مقادیر ۷۵<، ۷۵-۲۵ و ۲۵> طبقه‌بندی می‌شود (گوتام و همکاران، ۲۰۱۵). در این تحقیق، با توجه به این‌که SAR در کلاس S_1 قرار داشته و دارای مقادیر پایین می‌باشد و شوری در کلاس C_4 قرار داد،درستی نتایج حاصل از شاخص نفوذپذیری را به اثبات می‌رساند. با توجه به نتایج حاصله و در حالت کلی، آب‌های زیرزمینی منطقه تربت‌حیدریه برای کشاورزی مشکلی ندارد، ولی چون اکثرا در گروه متوسط (C_4S_1) قرار دارند، لذا بایستی تمهیدات لازم هم‌چون عدم برداشت بیش از حد مجاز و عدم حفر بی‌رویه چاه-های جدید اعمال گردد. این گروه آب‌ها تنها برای آبیاری زمین‌های درشت‌بافت و یا زمین‌هایی با زهکشی خوب، مناسب می‌باشند. آبیاری با آب شور، نه تنها به گیاه آسیب می‌رساند، بلکه موجب انتقال شوری آب به خاک، پراکنش ذرات خاک و تجمع نمک در پروفیل خاک می‌گردد. لذا، برای آبیاری مناسب و جلوگیری از شور شدن خاک، باید مقدار بیش‌تری آب برای لحاظ کردن جزء آبشویی در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج می‌توان عنوان کرد کیفیت و کمیت آب چاه در منطقه مورد مطالعه در حال تنزل شدید، ولی هم‌چنان قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد. آب قنات منبعی با کیفیت بسیار خوب برای کشاورزی و پساب کارخانه‌قند اگرچه دارای شوری بالا می‌باشد، ولی با داشتن کلسیم و منیزیم بالا و سدیم پایین، در نتیجه نسبت جذب سدیم پایینی داشته و برای کشاورزی مناسب می‌باشد. مطابق شاخص تعیین کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی، کیفیت آب بر اساس دیاگرام ویلکاکس در بازه خوب تا متوسط قرار گرفت. هم‌چنین برای مصارف کشاورزی، می‌توان گفت که مشکل اصلی کیفیت آب آبیاری در این منطقه از شوری آب زیرزمینی نشأت می‌گیرد، لذا بهتر است اراضی کشاورزی به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک، دارای زهکش مناسب بوده و آبشویی گردند. هم‌چنین مقادیر کم کربنات در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بیانگر خورنده بودن نسبی آب‌های زیرزمینی این محدوده است. بر اساس نتایج حاصله، فاضلاب تصفیه-شده شهری نیز برای کشاورزی گیاهان مانند غلات و کیاهان ساقه‌دار مانعی ندارد. در تمامی منابع آبی مورد مطالعه در این تحقیق بر اساس نتایج به‌دست آمده، کاتیون‌ها و آنیون‌ها در حد نرمال و استاندارد می باشند و مانعی برای مصارف کشاورزی ایجاد نمی‌کنند.

منابع

-**Abedi, M., Najafi, P., (2001),** "Use of refined wastewater in agriculture", Publications of Iranian National Irrigation and Drainage Committee.

-**Adams, P., (1999),** "Plant nutrition demystified, Proc. Int. Sym. Growing Media and Hydroponics". Ed. A. P. Papdopoulos. Acta Horticulturae, 48, pp. 341-344.

-**Bagheri, M., (2002),** "Effect of water irrigation salinity on Wheat crop performance", Journal of Water and Soil Sciences, 16(2), pp. 214-222.

-**Baozhen, W., (1981),** "The development of ecological wastewater treatment and utilization system (EWTUS) in China", Wat. Sci. Tech, 19, pp. 51-63.

-**Bamdad Machiani, S., Khaledian, M. R., Rezaei, M., Tajdari, Kh., (2014),** "Evaluation of groundwater quality in Gilan province for agricultural and industrial uses", J. Irrigation Drain, 8(2), pp. 246-256.

-**Dinpasho, Y., Fakhari Fard, A., Hassanpoor, A., Beheshtee Vayghan, V., (2014),** "Trend Analysis of Groundwater Quality of Shabestar-

-**Jalali, M., (2011),** "Nitrate Pollution of Ground water in Toyserkan, Western Iran". Environ Earth Sci, 62, pp. 907-913.

-**Ketata, M., Hamzaoui, F., Gueddari, M., Bouhila, -R. Riberio, L., (2011)**," Hydrochemical and statistical study of groundwaters in Gabes-South Deep Aquifer (South-Eastern Tunisia)," Physics and Chemistry of the Earth, 36, pp. 187-196.

-**Leyly, M., Samaie, R., Dehestani, S., (2010).,** "Urban wastewater management", Tehran. Andisheh Rafie Publication, 293 pages.

-**Rutkoviene, V., Kusta, A., Cesoniene, L., (2005),** "Environmental Impact on Nitrate levels in the water of Shallow Well", Polish Journal of Environmental Studies, 14(5), pp. 631-641.

-**Rahimi, M., Besharat, S., Verdinejad, V. R., (2016)**, "Quality evaluation of groundwater resources of Ardabil aquifer for agricultural and drinking uses", Journal of Environment and Water Engineering, 2(4), pp. 360-375.

-**WHO., (1989).**, "Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture,WHO Technical Report Series", Geneva.

Soofian Plain, Irrigation Sciences and Engineering", 38(1), pp. 55-69.

-**Daneshvar Vousoughi, F., Dinpashoh, Y., Alami, M. T. Jhajharia, D., (2013),** "Trend analysis of groundwater using non-parametric methods (Case Study: Ardabil Plain)", Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 27(2), pp. 547-559.

-**FAO., (1989),** "Wastewater quality guidelines for agricultural use", Irrigation and Drainage paper, Health guideline for the use of wastewater.

-**Foster, S. S. D., (2001),** "The interdependence of ground water and Urbanisation in rapidly Developing cities", Journal of Urbon water, 3, pp. 209-215.

-**Gautam, K S., Maharana, Ch., Sharma, D., Singh, A. K., Tripathi, J. K., Kumar, S. S., (2015),** "Evaluation of groundwater quality in the Chotanagpur plateau region of the Subarnarekha river basin, Jharkhand, India", Sustain. Water Qual. Ecol, 6, pp. 57-74.

-**Hassen, I., Hamzaoui-Azaza, F., Bouhlila, R., (2016),** "Application of multivariate statistical analysis and hydrochemical and isotopic investigations for evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agriculture purposes: case of Oum Ali-Thelepte aquifer", central Tunisia, Environ. Monit. Assess, 18(3), pp.1-20.

-**Hassanipak, A., (1999).,** "Geostatistics. First edition. Tehran University Press (1999). "Foster S S D, Morris B L, ChiletonP J. Ground water in Urbon development: A review of Linkage and concerns, IAHS publication; 15(7), pp. 24-26.

Evaluating of Groundwater Resources Criteria in Drought and Cold Climate

Yahya Choopan[1] & Somayeh Emami[2*]

1-PhD student in Irrigation and Drainage, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- PhD student in Water Structures, Department of Water Engineering, University of Tabriz

Abstract

In recent years, the excessive use of existing water resources and subsequent droughts, have led irrigation water resources quantitatively and qualitatively changes. Water quality is one of the most important determinants for its use in various water uses. Therefore water quality management and monitor are important. In this study, the water resources quality of Siuki area of Torbat-Heydarieh city was investigated according to the water resources chemical analysis used in agricultural sector consist of sugar factory wastewater, refined urban wastewater, Qanat and well (a total of 10 wells with crop use) during 2009-2013 years and Wilcox diagram, permeability index (I), SAR, chorine and sodium percentage and other cations and anions were studied. The results showed that the salinity of the wastewater was equal to 20000 mmhos/cm and in the (C4) class. According to the Wilcox and SAR, most of the samples were in C4S1 and in the middle class. Based on the results, all of the water resources, both conventional and unconventional of the studied area are suitable for agricultural uses, but for the plant wastewater, more should be taken for agricultural and crop production.

Keywords: Agricultural Uses, Water Quality, Chemical Analysis, Qanat, Wastewater.