Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۹ شماره ۲صفحه‌های ۱۸۵ تا ۱۹۸ / سال ۱۳۹۸

تعیین کیفیت آب چاه‌های کشاورزی دشت سراب جهت استفاده در سیستم‌های آبیاری تحت فشار

مهناز تلسچی امیرخیزی[۱]، رضا دلیرحسن نیا[۲]*، پرویز حقیقت جو[۳]، ابوالفضل مجنونی هریس[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۵

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل
۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳-استادیار گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: dalir@tabrizu.ac.ir

چکیده

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باعث آسیب شدید به آبخوان‌ها شده و دشت‌های کشور به دلیل این وضعیت با پدیده نشست مواجه هستند. در این راستا پیرو تشویق دولت با ارایه کمک‌های مالی بلاعوض، کشاورزان زیادی داوطلب اجرای سیستم‌های تحت فشار هستند. لذا شناخت مناسب کمی و کیفی منابع آبی برای داشتن کشاورزی پایدار ضروری است. در این مطالعه به بررسی کیفیت آب تعداد ۱۰۳ چاه عمیق کشاورزی منطقه سراب که مالکان آنها متقاضی اجرای سیستم تحت فشار هستند، پرداخته شد. برای تعیین وضعیت کیفی آب این چاه‌ها علاوه بر عوامل شیمیایی، از شاخص‌هایی نظیر نسبت جذب منیزیم (MAR)، شاخص نفوذپذیری (PI)، پتانسیل شوری (PS)، نسبت کلایز (KR)، نسبت جذب سدیم (SAR) و نسبت سدیم محلول (SSP) استفاده گردید. مقادیر EC، SAR، MAR، PS و شاخص کلراید حاکی از کاسته شدن کیفیت آب از شرق به غرب و از جنوب به شمال دشت می‌باشد. حدود ۵۰ درصد آب چاه‌ها در کلاس C_3S_1 قرار داشته و متوسط شاخص کلایز چاه‌ها در وضعیت مناسب برابر ۰/٤٦ تعیین شد. جز یک چاه با SAR برابر ۱۵/۵۲ آب بقیه دارای مقادیر کمتر از ۱۵ بودند و آب غیرقلیایی داشتند. فقط ۱۷ درصد آب چاه‌ها دارای SSP بالای ٤۰ درصد بوده و از نظر این شاخص مناسب نبودند. بیشتر نمونه‌ها از نظر MAR کمتر از حد مجاز استاندارد ۵۰ درصد هستند. در نهایت در شرایط مطالعه حاضر برای پایاب ۹۰ درصد چاه‌ها اجرای سیستم آبیاری بارانی و تیپ در حدود ۱۰ درصد بقیه کاربرد هیدروفلوم توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آب آبیاری، ارزیابی، عوامل شیمیایی

www.SID.ir

Archive of SID

Determining Water Quality of Agricultural Wells for Use in Pressurized Irrigation Systems of Sarab Plain, Iran

M Taleschi Amirkhizi[1], R Delirhasannia[2*], P Haghighatjou[3], A Majnooni Heris[2]

Received: August 23, 2017 Accepted: December 16, 2018
[1]M.Sc. Graduated of Irri. and Drain. Engr., Faculty of Soil and Water., Univ. of Zabol, Zabol, Iran
[2]Assoc. Prof. Dept. of Water Engr., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran
[3]Assist. Prof. Dept. of Water Engr., Faculty of Water and Soil., Univ. of Zabol, Zabol, Iran
*Corresponding Author, Email: dalir@tabrizu.ac.ir

Abstract

Extraordinary withdrawal of groundwater resources has caused severe damages to aquifers, and the country's plains are facing subsidence due to this situation. In this regard, following the encouragement of the government by offering financial supports, many of farmers have volunteered to run pressurized irrigation systems. Therefore, gathering proper quantitative and qualitative data of water resources is necessary for sustainable agriculture. In this study, water quality of 103 agricultural wells in Sarab plain, which owners are applying for the operation of pressurized irrigation system, was investigated. To determine the water quality conditions of these wells, the magnesium absorption ratio (MAR), permeability index (PI), salinity potential (PS), Kelley's Ratio (KR), sodium absorption ratio (SAR) and soluble sodium percentage (SSP) indices were evaluated along with some other chemical parameters in the studied plain. The EC, SAR, MAR, PS and chloride indices indicated a decline in water quality from east to west and from south to north of plain. Approximately, water in 50% of wells were in the C3S1 class and the average KR of all wells were in a suitable condition with the value of 0.46. Except for one case with the value of 15.52, the remaining wells water had non-alkaline water with the SAR values less than 15. Only 17% of wells water had SSP values over 40% and they were not suitable based on this indicator. Most of the samples were located below the standard limit of 50% for MAR. Finally, in this study condition the application of sprinkler and tape irrigation systems for 90% of wells is recommended and for 10% of the rest of wells gated the pipes irrigation system may be adapted.

Keywords: Groundwater, Irrigation water, Evaluation, Chemical parameters

مقدمه

آب عامل و محرک اصلی کشاورزی است، به همین دلیل در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران کشت آبی جزو اصلی‌ترین عامل‌های تولید مواد غذایی محسوب می‌گردد. محدودیت منابع آبی کشور، تغییر اقلیم، خشکسالی، خشک شدن پهنه‌های آبی، تخلیه آب زیرزمینی، فرو نشست زمین و تخریب آبخوان‌ها و افت کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث شده است که راهکارهای مختلف جهت کنترل کیفی و کمی منابع آب سطحی و زیرزمینی سرلوحه بسیاری از پژوهش‌های علمی قرار گیرد. بی‌تردید تمام آب‌هایی که جهت آبیاری به کار می‌روند دارای نمک‌های محلولی هستند که نوع و مقدار نمک موجود در آنها به منشاء و مسیری بستگی دارد که قبل از رسیدن به مقصد پیموده شده است (خالدی و همکاران ۱۳۹۶). در اراضی که آب‌های زیرزمینی منبع اصلی آب کشاورزی است، در صورتی که برداشت از آبخوان‌ها به خوبی مدیریت شود، این منابع می‌توانند تضمین کننده کشاورزی پایدار باشند. اما در دهه‌های اخیر با برداشت بیش از حد از این منابع، تعادل اکثر منابع آب زیرزمینی بهم خورده و برداشت از آنها در بسیاری از دشت‌ها، بحرانی و یا حتی ممنوع شده است. استفاده بی‌رویه از

www.SID.ir

Archive of SID

منابع آب زیرزمینی در کشاورزی با کاهش سریع کمیت و کیفیت آب ارتباط مستقیم دارد (گونزالز دوگو و همکاران ۲۰۱۰). تنزیل کیفیت آب آبخوان‌ها که بر اثر مدیریت غلط بهره برداری از آب زیرزمینی رخ می‌دهد، مقدمه‌ای بر تخریب منابع آب و سایر منابع چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم خواهد بود. برداشت آب از آبخوان‌ها و افت سطح آب آنها باعث افزایش املاح موجود در آنها خواهد شد (فروزانی و کرمی ۲۰۱۱). در مناطق خشک و نیمه‌خشک که وابستگی به این منابع بیشتر است اثر تخریبی به علت ضعف طبیعی در منابع آب و خاک شدت بیشتری خواهد داشت. لذا ضرورت مطالعه و بررسی کیفیت آن در این مناطق می‌تواند به مدیریت صحیح استفاده از منابع آبی کمک نماید. استفاده از آب‌های دارای کیفیت پایین سبب کاهش کمیت و کیفیت محصول نیز می‌گردد (لیچفوز۲۰۱۰). شوری آب آبیاری و یا اضافه شدن فلزات سنگین به خاک از طریق آن بر غلظت محلول؛ خاک و جذب گیاه مؤثرند (بارتلز و سانکار ۲۰۰۵، صلاح و بارینگتون ۲۰۰۶). از طرفی، آب شور موجب دهیدراسیون سلولی گیاه می‌شود که از طریق خروج آب درون سلولی موجب کاهش حجم واکوئل و سیتوسل می‌گردد. همچنین فرآیندهای متابولیکی نظیر کاهش فتوسنتز، کاهش رشد، کاهش جوانه‌زنی، سوختگی برگ، کمبود منیزیم و کلسیم در گیاه و تولید هورمون آبسیزیک اسید از پاسخ های اولیه گیاه به؛ آب شوری می‌باشند (صلاح و بارینگتون ۲۰۰۶). به دلیل اهمیت مسئله کیفیت آب مطالعات جدید زیادی در این خصوص انجام گرفته است. عباس نیا و همکاران (۲۰۱۸) در چابهار سیستان بلوچستان به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با هدف کاربرد در آبیاری پرداختند. سلیمانی و همکاران (۲۰۱۸) در کرمانشاه، جامپانی و همکاران (۲۰۱۸) در حیدرآباد هند و ودیعتی و نخعی (۱۳۹٤) در استان تهران به ارزیابی کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده در سیستم آبیاری پرداختند. کرمی (۱۳۸۹) با استفاده از آمار ده ساله ٤٥ چاه مشاهداتی و روش کریجینگ به بررسی روند تغییرات زمانی سه شاخص EC[1]، کلر و SAR[2] در آب‌های زیرزمینی دشت سراب پرداخت. اصغری مقدم و ودیعتی (۱۳۹۵) با استفاده از روش انتروپی وزن‌دار، ۱۲ پارامتر مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی شامل بی‌کربنات، سولفات، کلراید، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، لیتیم، فلوراید، نیترات، سیلیس و هدایت الکتریکی را برای دشت سراب بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد، کلرور دارای بالاترین نرخ تأثیرگذاری بر کیفیت آب زیرزمینی آبخوان‌های دشت سراب بوده است. بدون شک شهرستان سراب یکی از قطب‌های کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی محسوب می‌گردد، اما به دلیل کمبود بارندگی و قرار گرفتن در منطقه نیمه خشک، آبیاری یک اصل مهم در کشاورزی این منطقه محسوب می‌شود. همچنین محدود بودن منابع آب سطحی و افزایش بیش از حد سطح زیرکشت محصولاتی نظیر علوفه‌جات، لوبیا و سیب‌زمینی، باعث شده است که بهره برداری از منابع آب زیرزمینی روند رو به رشدی داشته باشد. به دنبال افزایش برداشت از آبخوان‌ها کیفیت و کمیت آب آنها هم کاهش خواهد یافت. در برخی مناطق شهرستان هم کیفیت آب‌های زیرزمینی به دلیل ماهیت زمین شناسی این مناطق شور و کم کیفیت هستند. لیکن کیفیت پایین این آب‌ها، برخی تنش‌ها و محدودیت‌ها را برای محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند. در نتیجه باید در مدیریت این آب‌ها نهایت دقت را مبذول داشت. یکی از راه‌های استفاده مؤثر از این آب‌ها شناخت کیفیت آنها در رابطه با آبیاری و بررسی تناسب آنها با انواع خاک‌ها و محصولات کشاورزی است. برای هر برنامه‌ریزی صحیح و دقیق در درجه اول نیاز به اطلاعات دقیق می‌باشد. با شناخت ویژگی‌های کیفی این آب‌ها می‌توان به-

[1] -Electrical conductivity
[2] -Sodium adsorption ratio

www.SID.ir

Archive of SID

طور بهینه از آن‌ها در آبیاری اراضی استفاده کرد. دشت سراب به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و استقرار در دامنه جنوبی توده آتشفشانی سبلان و دامنه شمالی بزقوش در شمال‌غرب کشور دارای مخازن غنی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. بنابر اطلاعات دریافتی از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی دشت سراب دارای ۸۸۳ چاه مجاز با برداشت ۱۰۱ میلیون متر مکعب درسال می باشد که نزدیک ۸۶ میلیون مترمکعب آن برای مصارف کشاورزی بوده و این چاه‌ها دارای اضافه برداشتی معادل ۱۵ میلیون مترمکعب در سال می‌باشند. در سال‌های اخیر به دلیل اقدامات حمایتی دولت در خصوص ارائه کمک‌های بلاعوض برای اجرای سیستم‌های تحت فشار متقاضیان زیادی برای تغییر سیستم آبیاری اراضی خود اقدام کرده‌اند و خواستار دریافت مجوزهای لازم برای انجام این کار می‌باشند. از جمله ضروریات استفاده از یارانه دولتی، عدم محدودیت کیفیت آب می‌باشد. لذا در این مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت سراب برای استفاده در سیستم‌های آبیاری مدرن نظیر بارانی و موضعی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این خصوص علاوه بر عناصر شیمیایی مختلف کیفی، شاخص‌های دیگری نظیر SAR، SSP[3]، MAR[4]، PI[5]، RSBC[6]، EC، KR[7] و PS[8] بررسی شده‌اند.

مواد و روش‌ها

دشت سراب با مختصات جغرافیایی ´٤٤ °٣٧ تا ´١٢ °٣٨ عرض شمالی و ´٥٤ °٤٧ تا ´١٥ °٤٧ طول شرقی در شرق استان آذربایجان‌شرقی و در دامنه جنوبی کوه آتشفشانی سبلان و دامنه‌ی شمالی رشته-کوه بزقوش قرار گرفته است. ارتفاع متوسط این شهرستان از سطح دریا ١٦٥٠ متر است و مساحت آن ٦/٧ درصد کل مساحت استان را تشکیل می دهد. سراب یکی از قطب‌های کشاورزی و دامداری استان آذربایجان‌شرقی می‌باشد. نوع اقلیم دشت بر اساس روش آمبرژه، نیمه‌خشک سرد برآورد شده است. از نظر تکتونیکی، دشت سراب یک چاله است که در اثر حرکت نسبی گسل‌هایی که در این منطقه در راستای شرقی- غربی قرار دارند به وجود آمده است. منابع آب سطحی دشت را بیوک‌چای، تاجیارچای، رازلیق‌چای، وانق‌چای تشکیل می‌دهند که از ارتفاعات اطراف سرچشمه می‌گیرند و بعد از روستای اندرآب بهم پیوسته و با نام آجی‌چای از شرق به غرب جریان یافته و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزند. این شهرستان دارای چهار سفره آب زیرزمینی شامل آبخوان سراب، اسب‌فروشان، دوزدوزان و مهربان می‌باشد. در شکل ۱ نشست زمین در روی آبخوان مهربان در منطقه خاکی واقع در شمال‌غرب شهرستان نشان داده شده است.

شکل ۱- نشست زمین در شمال‌غرب دشت سراب در روستای خاکی.

به منظور بررسی هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی دشت سراب نمونه‌های آب از ١٠٦ چاه کشاورزی که اغلب بر روی چهار آبخوان موجود قرار داشتند، در خرداد ١٣٩٥ تهیه شدند.

نمونه‌برداری از چاه‌هایی صورت گرفت که جهت اجرای آبیاری تحت فشار در پایاب آنها بایستی تعیین کیفیت می‌شدند. در شکل ۲ موقعیت آبخوان‌ها و چاه-های مورد مطالعه نشان داده شده است. نمونـه‌ها در همکاری مدیریت جهاد کشاورزی سراب تهیه و به

[3] -Soluble-sodium percentage
[4] -Magnesium adsorption ratio
[5]-Permeability index
[6]-Residual sodium carbonate
[7] -Kelley's Ratio
[8] -Potential salinity

www.SID.ir

Archive of SID

منظور آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه تخصصی آب و خاک شهرستان بستان آباد منتقل گردیدند. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل مقادیر کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+})، سدیم (Na^{+})، آهن(Fe^{+})، بر(B^{+})، کربنات (CO_3)، بی کربنات (HCO_3^{-})، سولفات (SO_4^{-2})، کلراید(Cl^{-})، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، بودند.

در این پژوهش از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۲ استفاده شد. این نرم‌افزار قابلیت‌های برجسته زیادی جهت عملیات درون‌یابی مانند امکان انجام تحلیل‌های زمین‌آماری در حد نرم‌افزارهای تخصصی، امکان انجام ارزیابی متقاطع در نرم‌افزار و در نتیجه امکان انجام کلیه عملیات درون‌یابی تا مرحله ارایه نقشه نهایی را دارد. محمدی قلعه نی و همکاران (۱۳۹۰) و دبیری و همکاران (۱۳۹٦) بترتیب در ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی دشت‌های ساوه-اراک و سنگان-خواف نیز از نرم افزار مذکور استفاده کردند. در نرم‌افزار ArcGIS دو Extension با عناوین «تحلیل‌گر زمین‌آماری» و «تحلیلگر مکانی» وجود دارد که به‌نوعی می‌توان تحلیل‌گر زمین‌آماری را مکمل تحلیلگر مکانی دانست. علاوه بر نرمال کردن داده‌ها با استفاده از لگاریتم‌گیری درمحیط ARCGIS، برای بررسی بیشتر از Trend Analysis و آماره‌هایی نظیر چولگی، کشیدگی، میانگین و میانه نیز استفاده شد. علاوه بر بررسی وضعیت پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده به منظور ارزیابی کیفیت آب کشاورزی از پارامترها و شاخص‌های خطر شوری و قلیائیت، نظیر نسبت جذب سدیم (SAR)، شاخص نفوذپذیری (PI)، نسبت جذب منیزیم (MAR) و نسبت کلایز (KR) آب‌های زیرزمینی و در نهایت شاخص پتانسیل شوری (PS) آب، جهت مصارف کشاورزی استفاده شدند. روابط شاخص‌های فوق بهمراه منابع آنها و استانداردهای این شاخص‌ها در می‌گردد. بنابراین با این وضعیت تغذیه و تخلیه تغییرات چشمگیر کیفی آب زیرزمینی در منطقه مورد انتظار می-باشد.

جدول ۱ ارائه شده است (سلیمانی و همکاران ۲۰۱۸ و آیرز و وسکات ۱۹۹٤). برای ترسیم نقشه‌های هم ارزش شاخص ها و عناصر مورد بررسی از دو روش کریجینگ معمولی و IDW به دلیل داشتن خطای جذر میانگین مربعات پایین استفاده گردید. مرآتی و همکاران (۱۳۹٦) نیز از همین روش‌ها جهت پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی حوضه سلیمان‌شاه کرمانشاه استفاده نمودند.

نتایج و بحث

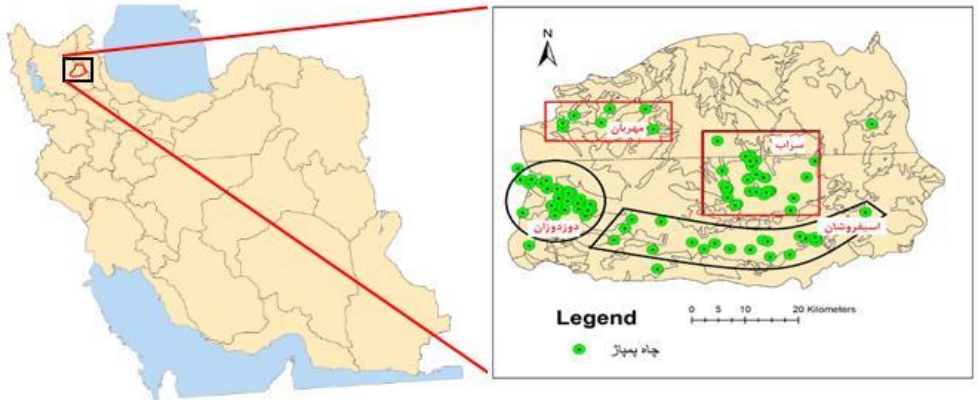
تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دشت سراب مربوط به تغذیه دشت، ناشی از نزولات جوی، جریان‌های زیرزمینی، سیلاب‌ها و آب‌های برگشتی کشاورزی بوده که سبب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی می‌شود و تخلیه آب زیرزمینی دشت به دلیل بهره‌برداری از چاه‌ها، تخلیه قنوات و چشمه‌هاست که سبب پایین رفتن سطح آب زیرزمینی در آبخوان خصوصیات آماری آب چاه‌های مورد استفاده به همراه دامنه استاندارد آنها برای آب آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است.

بررسی نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که میانگین نمونه‌ها همه در دامنه معمول و استاندارد قرار دارند. علی‌رغم قرار گرفتن میانگین نمونه‌ها در دامنه استاندارد مقادیر حداکثر عواملی نظیر EC، pH، TDS، HCO_3، Mg و CL نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه مناطقی وجود دارد که مناسب برای آب آبیاری نیست. این مشکل در حداقل‌ها هم قابل مشاهده است.

با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و تغذیه آبخوان از سازندهای سخت سبلان و بزقوش می‌توان انتظار داشت که غلظت یون بی‌کربنات در آب زیرزمینی افزایش یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- موقعیت جغرافیایی چاه‌های پمپاژ و حدود آبخوان‌های منطقه مورد مطالعه.

جدول ۱- مقایسه بیشینه مجاز غلظت عناصر در آب آبیاری.

شاخص	محدوده استاندارد در آب	روابط	منبع
EC	۰ تا ۳۰۰۰ ($\mu mohs\ cm^{-1}$)	-	یوسفی و نجفی ۲۰۱۷
PS	($mmol\ l^{-1}$)	$PS = CL^{-} + \frac{1}{2}SO_4^{2-}$	دلگادو و همکاران ۲۰۱۰
SAR	۰ تا ۱۵ ($meq\ l^{-1})^{0.5}$	$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$	ریچارد ۱۹۵٤
MAR	۵۰>	$MAR = \frac{Mg}{Ca + Mg} \times 100$	جوشی و همکاران ۲۰۰۹
SSP	٤۰> ($meq\ l^{-1}$)	$SSP = \frac{Na}{Ca + Mg + Na} \times 100$	سلیمانی و همکاران ۲۰۱۸
RSBC	۲/۵ تا ۱/۲۵ ($meq\ l^{-1}$)	$RSBC = HCO_3^{-} - Ca^{+2}$	گوپتا و گوپتا ۱۹۷۸
PI	۰/۱۹ تا ۷/۱۵	$PI = \frac{Na + \sqrt{HCO_3 \times 100}}{Ca + Mg + Na}$	سوبا ۲۰۰٦
KR	۰ تا ۱	$KR = \frac{Na}{Ca + Mg}$	ابیفونا و شریف ۲۰۱۰

زیاد بودن هدایت الکتریکی و کل املاح جامد هم ناشی از وجود سازندهای نمکی و مارن در مرکز و غرب شهرستان است.

هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی آب آبیاری یا عصاره اشباع خاک، شاخصی برای نشان دادن مقدار املاح معدنی محلول در محیط خاک است. به طوری‌که کیفیت و تقسیم‌بندی آب و خاک از نظر شوری از روی آن

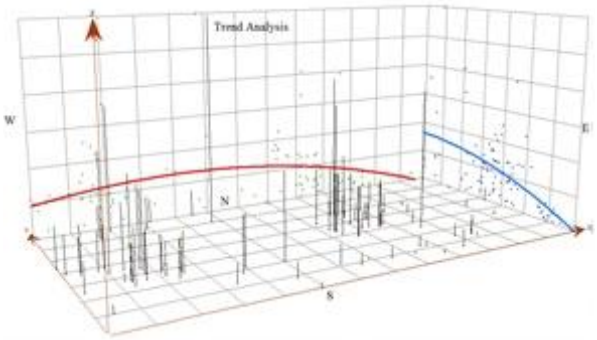
www.SID.ir

Archive of SID

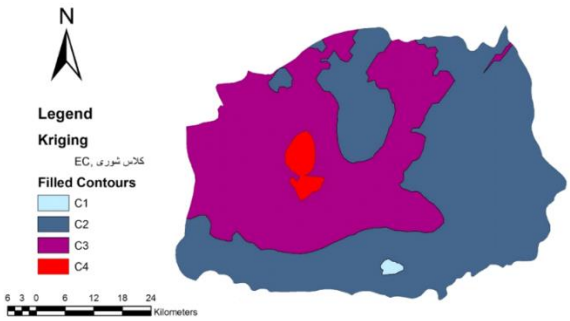
صورت می‌گیرد. بنابراین در تمام مطالعات و بررسی-های مربوط به شوری آب و خاک، اندازه‌گیری EC مطرح است. هدایت الکتریکی آب‌های زیر زمینی منطقه مورد مطالعه در محدوده ۵۴۴۰ –۱۳۰ میکروموس بر سانتی‌متر قرار دارد. میانگین EC برابر ۱۰۲۸/۲۹ و میانه آن برابر ۸۷۵ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. طبقه‌بندی آب چاه‌های کشاورزی دشت سراب بر اساس نظر پارک (۲۰۰۵) نشان داد که تعداد ۸ چاه از ۱۰۶ چاه دارای شوری آب کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر بودند. تعداد ۴۰ چاه دارای شوری بین ۲۵۰ تا ۷۵۰ که شامل ۳۸ درصد داده‌ها و تعداد ۴۷ چاه در محدوده ۷۵۰ تا ۲۰۰۰ با ۴۴ درصد و تعداد ۶ عدد چاه مورد مطالعه دارای شوری در محدوده ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ بودند. تنها ۵ چاه و یا ۴/۷ درصد از آب چاه-های مورد بررسی در کلاس ۵ بوده و دارای هدایت الکتریکی بالای ۳۰۰۰ میکروموس موس بر سانتی‌متر بودند. لذا با توجه به شرایط موجود آب ۱۰ درصد چاههای مورد مطالعه در کلاس شوری ۴ و ۵ قرار دارند و مناسب برای سیستم تحت فشار و تیپ نیستند. در آنها استفاده از آبیاری کم فشار با استفاده از هیدروفلوم قابل توصیه است. آنالیز آماری داده‌های هدایت الکتریکی نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال نیستند. توزیع اولیه داده‌های هدایت الکتریکی دارای چولگی ۲/۲۷ و کشیدگی ۱۰/۰۲ و توزیع نرمال شده آنها دارای چولگی ۰/۰۳– و کشیدگی ۲/۶۴ بودند. غیر نرمال بودن هدایت الکتریکی با گزارش تقی زاده و همکاران (۲۰۰۸) برای دشت رفسنجان و محمدی و همکاران (۱۳۹۰) برای دشت قزوین مطابقت دارد. در شکل ۳ تحلیل روند داده‌های هدایت الکتریکی در جهات مختلف نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود، در شهرستان سراب در کل از غرب

جدول ۲- خصوصیات آماری آب چاه‌های مورد استفاده به همراه استاندارد آنها.

پارامتر	EC	pH	TDS	HCO3	Ca2+	Mg2+	Na+	Fe+	Cl-	SO4	B-
	mmoh cm^{-1}	–	$mg.l^{-1}$	meq.l^{-1}							
بیشینه	۵۴۴۰	۸/۹۸	۳۵۱۰	۱۲/۴	۱۴/۸	۹/۲	۳۹/۹	۰/۳۵	۳۰/۸	۱۹/۵	۰/۴۳
کمینه	۱۳۰	۵/۵۵	۸۰	۰/۶	۰/۶	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۲	۰/۲	۰/۰۶
میانگین	۱۰۲۸/۲۹	۷/۲	۶۶۴/۰۷	۳/۹۳	۴/۷۴	۲/۱۹	۳/۴۹	۰/۱۰	۳/۲۸	۳/۳۶	۰/۱۹
انحراف معیار	۸۴۲/۴۲	۰/۴۸	۵۵۱/۱۳	۱/۷۷	۲/۹۶	۱/۶۱	۵/۴	۰/۰۴	۴/۳۲	۳/۳۱	۰/۰۶
دامنه استاندارد (آیزر وسکات ۱۹۹۴)	۳۰۰۰–۰	۸–۶/۵	۲۰۰۰–۰	۱۰–۰	۲۰–۰	۵–۰	۴۰–۰	–	۳۰–۰	۲۰–۰	<2



شکل۳- تحلیل روند داده‌های هدایت الکتریکی در سه بعد x، y و z.



شکل ۴- نقشه هم‌ارزش هدایت الکتریکی دشت سراب بر اساس دیاگرام ویلکاکس.

www.SID.ir

Archive of SID

به شرق مقادیر شوری روند کاهشی دارد. از طرف شمال به جنوب نیز روند کاهشی است. مقادیر هدایت الکتریکی در روی محور z هم بصورت خطوط ستونی نشان داده شده است.

نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی آب چاه‌های مورد مطالعه بر اساس دیاگرام ویلکاکس[1] در شکل ٤ نشان داده شده است. به‌طورکلی هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی از حواشی غربی دشت به سمت ناحیه شرقی دشت و از شمال به جنوب دشت کاهش می‌یابد. البته کیفیت مناسب آب مناطق جنوبی و شرقی به دلیل وجود عمده سنگ‌های تشکیل‌دهنده این قسمت هاست چراکه آن مناطق دارای سنگ‌هایی با سن ائوسن از جنس آندزیت، لاتیت، ایگنیمبریت و بازالت هستند، که آب‌های موجود در اینگونه شرایط عمدتاً شیرین هستند. در مناطق مرکزی و غربی جنس آبخوان‌ها به طور عمده از نهشته‌های کواترنری شامل پادگانه‌های آبرفتی، مخروط افکنه‌ها، نهشته‌های رودخانه‌ای و غیره می‌باشند که علاوه بر سازندهای نمکی بر کیفیت آب منطقه تأثیر گذاشته اند. این افزایش املاح و تغییر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به دلیل تماس با سنگ‌های رسوبی میوسن و گنبدهای نمکی متشکل از مارن‌های سبز خاکستری و قرمز گچ دار و نمک دار است که در بخش مرکزی دشت مشاهده می شود. کرمی (۱۳۹۰) غرب و مرکز دشت سراب را از نظر کیفیت نامناسب تر از بخش شرقی و کوهستانی آن گزارش کرده است و نتایج این تحقیق در این قسمت با تحقیق ایشان و تحقیق اصغری مقدم و ودیعتی (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

پتانسیل شوری (PS) و کلرید (Cl)

کلاس‌بندی آب آبیاری بر اساس غلظت کلرید به دلیل حساسیت خاص برخی از گیاهان این یون ضرورت دارد. بررسی نتایج آنالیز بدست آمده نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌های منطقه بجز یک مورد غلظتی کمتر از حد استاندارد دارند. غلظت کلراید در محدوده ۰/۲ تا ۳۰/۸ میلی اکی والانت بر لیتر تغییر می‌کند و متوسط آن برای دشت سراب برابر ۳/۲۸ و میانه آن برابر ۲/٤ میلی اکی والانت بر لیتر می‌باشد. کلراید از غرب به شرق و از شمال به جنوب روندی کاهشی داشت. بر اساس طبقه‌بندی شوری قوش و شارما (۲۰۰٦) ۷۰ درصد آب‌های موجود در چاه‌های مورد مطالعه از این نظر مشکلی ندارند و تنها ۱ درصد آن وضعیت نامناسب دارند و استفاده از این ۱ درصد در سیستم‌های بارانی به دلیل پخش آب روی برگ‌ها توصیه نمی‌گردد.

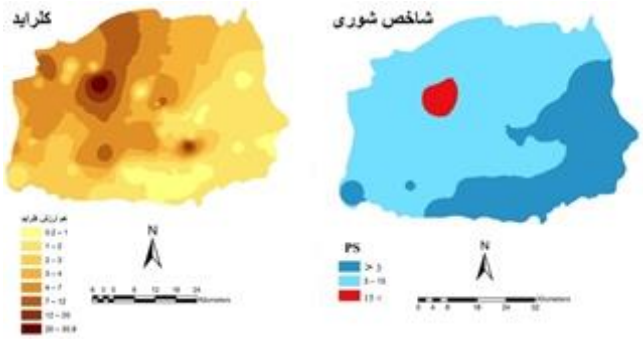
شاخص PS اثر غلظت بالای نمک را در رابطه با کلر و سولفات نشان می‌دهد و با کاهش رطوبت خاک افزایش می‌یابد. بر اساس این شاخص آب در سه کلاس خوب (PS کمتر از ۳ میلی مول بر لیتر)، متوسط (PS ۳ الی ۱۵میلی مول بر لیتر) و غیرقابل استفاده PS بیشتر از ۱۵ میلی مول بر لیتر) تقسیم بندی می‌شود. بر اساس این شاخص غالب چاه‌ها در دامنه متوسط تا خوب بوده و تنها ٤ درصد از این نظر در سیستم‌های مدرن آبیاری مشکل خواهند داشت. در شکل ٥ تغییرات مکانی پتانسیل شوری و شاخص کلراید برای دشت سراب ارایه شده است. کاهش کیفیت آب از نظر شوری از شرق به غرب با این شاخص هم مشخص است. پوراکبر و همکاران (۱۳۹٤) بالا بودن املاح آب شرب غرب شهرستان سراب را مورد توجه قرار دادند. بر اساس نتیجه پهنه‌بندی تغییرات کلراید نیز از شرق به غرب و از جنوب به شمال افزایشی می‌باشد.

بررسی داده‌های کیفی چاه‌ها نشان داد که مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین برای سدیم بترتیب برابر ۰/۱۵، ۳۹/۹ و ۳/٤۹ برای منیزیم برابر ۰/۲، ۹/۲ و ۲/۱۹ و برای کلسیم برابر ۰/٦، ۱٤/۸ و ٤/۷٤ میلی‌اکی والانت بر لیتر می‌باشد.

[1] -Wilcox

www.SID.ir

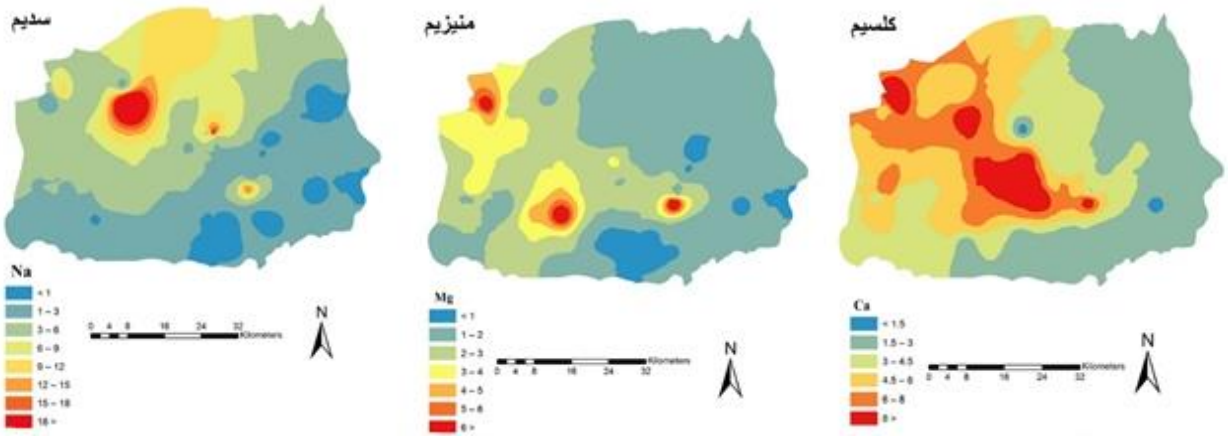
Archive of SID



شکل ۵- تغییرات مکانی کلراید و شاخص پتانسیل شوری در دشت سراب.

سدیم (Na^{+})، منیزیم(Mg^{2+}) و کلسیم (Ca^{2+})

همچنین تحلیل آماری عناصر فوق نشان داد که هر سه مورد دارای توزیع غیر نرمال هستند. مقادیر چولگی، کشیدگی و میانه برای سدیم بترتیب برابر ٤/٣٥، ٢٥/١٤ و ١/٧٥ و برای منیزیم بترتیب برابر ١/٩٥، ٧/٨٧ و ٢ و برای کلسیم ١/٠٦٧، ٣/٤٩ و ٤ می‌باشد. مقادیر چولگی و کشیدگی پس از نرمال کردن داده‌ها برای سدیم بترتیب برابر ٠/٠٣٨ و ٢/٧٧ و برای منیزیم بترتیب برابر ٠/٢٥- و ٣/٥٥ و برای کلسیم بترتیب برابر ٠/٢٤- و ٢/٨٦ حاصل شد. در شکل ٦ نقشه‌های هم ارزش سدیم، منیزیم و کلسیم برای منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل ۶- نقشه هم ارزش سدیم، کلسیم و منیزیم در دشت سراب.

بی‌کربنات(HCO_3) و سولفات (SO_4)

بی کربنات پارامتری است که به دلیل رسوب کلسیم و به مقدار کمتری رسوب منیزیم در خاک و آب مهم است. چراکه رسوب آنها باعث افزایش SAR و تشدید مشکل سدیم خواهد شد. در آب‌های زیرزمینی مقادیر کربنات (CO_3) و بی کربنات(HCO_3) در تعادل هستند. ولی به محض خروج آب از زیرزمین کربنات متصاعد می‌شود. بررسی داده‌های چاه‌های مورد مطالعه نشان داد که مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین برای بی‌کربنات بترتیب برابر ٠/٦، ١٢/٤٠ و ٣/٩٣ برای سولفات بترتیب برابر ٠/٢، ١٩/٥ و ٣/٣٦ میلی‌اکی والانت بر لیتر می‌باشد. همچنین تحلیل آماری عناصر فوق نشان داد که هر دو آنیون دارای توزیع غیر نرمال هستند.

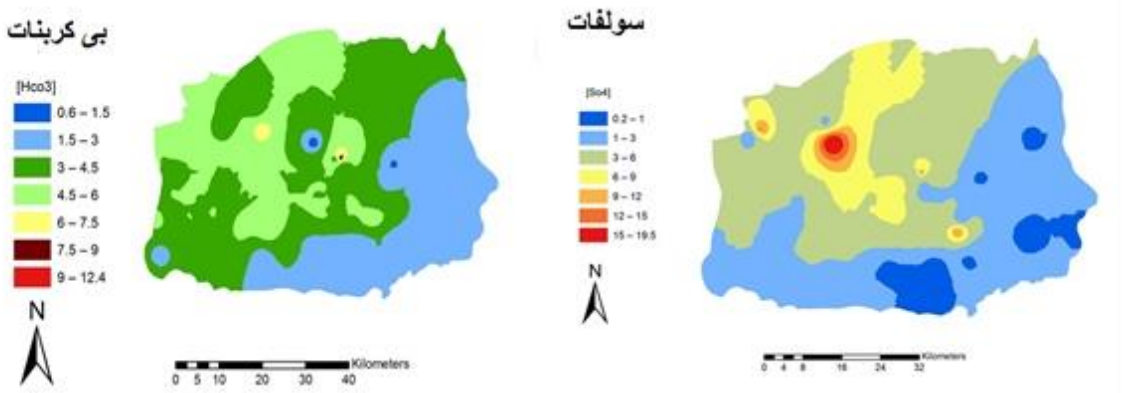
مقادیر چولگی و کشیدگی پس از نرمال کردن داده-ها بترتیب برای بی‌کربنات برابر ٠/٦٣- و ٣/٩٩ و بترتیب برای سولفات برابر ٠/٢١- و ٢/٤١ حاصل شد. در شکل ٧ نقشه‌های هم ارزش بی‌کربنات و سولفات برای دشت سراب به‌روش کریجینگ معمولی ترسیم و ارائه شده است.

www.SID.ir

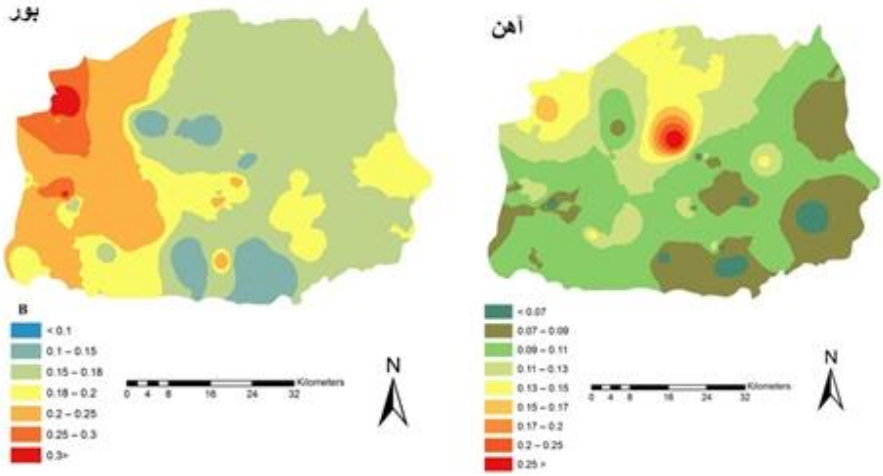
Archive of SID

آهن (Fe) و بور (B)

مطالعات زیادی در مورد اثرات عناصر کم مصرف مانند آهن و بور در آب آبیاری انجام نشده است. ولی زیاد بودن این دو باعث مسمومیت گیاه خواهد شد. بور بصورت آزاد در طبیعت یافت نمی‌شود و بصورت نمک‌های برات کلسیم یا برات سدیم یافت می‌شود(غلامعلی زاده آهنگر ۱۳۸۱). بررسی داده‌های چاه‌های مورد مطالعه نشان داد که مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین برای آهن بترتیب برابر ۰/۰۳، ۰/۳۵ و ۰/۰۹۹ برای بور بترتیب برابر ۰/۰۶، ۰/۴۳ و ۰/۱۹ میلی‌اکی والانت بر لیتر می‌باشد. همچنین تحلیل آماری عناصر فوق نشان داد که آهن و بور هر دو دارای توزیع نرمال بودند. در شکل ۸ نقشه‌های هم ارزش بور و آهن برای دشت سراب ارائه شده است.



شکل ۷- نقشه هم ارزش سولفات و بی کربنات در دشت سراب.



شکل ۸- نقشه هم ارزش آهن و بور در دشت سراب.

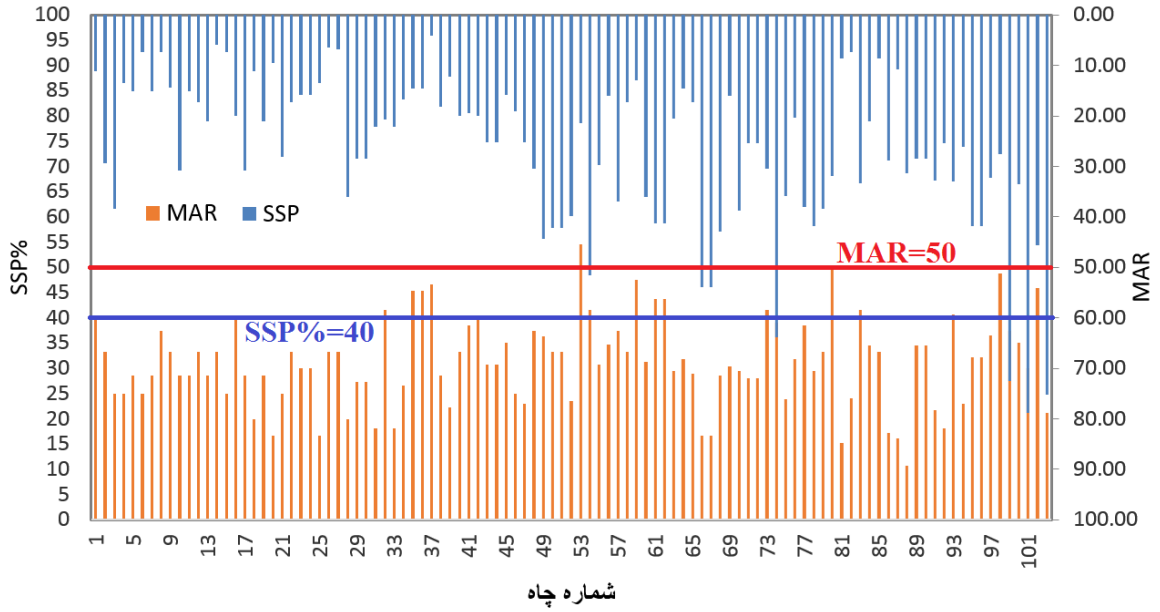
نسبت جذب سدیم (SAR)، نسبت سدیم محلول (SSP) و نسبت جذب منیزیم (MAR)

در گذشته کیفیت آب تنها بر پایه سدیم سنجیده می‌شد. واقعیت این است که سدیم تاثیر منفی زیادی روی خاک و رشد گیاه دارد. یکی از روش‌های مشخص کردن خطر سدیم استفاده از نسبت جذب سدیم می باشد. این روش توسط آزمایشگاه شوری آمریکا ارایه شده است. بررسی نتایج حاصل نشان داد که مقادیر چولگی و کشیدگی توزیع آماری طبیعی داده‌های نسبت جذب سدیم بترتیب برابر ٤/١٤ و ٢٢/٣١ جذر میلی اکی-والانت بر لیتر می‌باشد. پس از نرمال کردن این مقادیر به ۰/۱۷ و ۳/۲۱ کاهش یافتند. غیر نرمال بودن SAR در تحقیقات تقی زاده و همکاران (۲۰۰۸) و محمدی و

www.SID.ir

Archive of SID

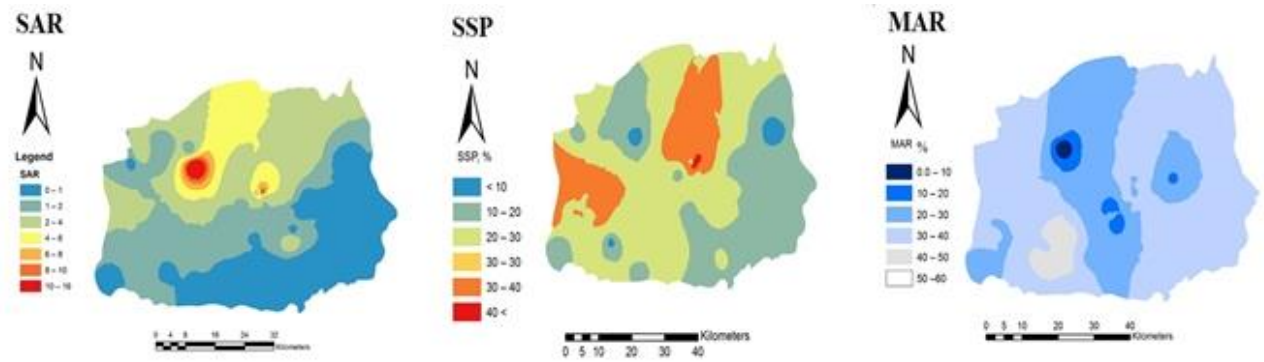
همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط نسبت جذب سدیم در دشت سراب بترتیب برابر ۱۵/۵۲، ۰/۱٤ و ۱/۷٤ می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که جز در یک مورد آب بقیه چاه‌ها دارای SAR کمتر از ۱۵ بودند و همه در محدوده مناسب از این نظر قرار داشتند. کرمی (۱۳۹۰) تغییرات SAR آب شرب سراب را از غرب به شرق برای سال ۱۳۷۸ افزایشی گزارش کرد. نسبت SSP یا درصد سدیم محلول در آب با داشتن غلظت عناصر کلسیم، سدیم و منیزیم محاسبه شده است. SSP پارامتر مهمی برای مطالعه خطر شوری است. درصد بالای سدیم محلول ممکن است رشد گیاه را متوقف کند و نفوذپذیری خاک را کاهش دهد. مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط نسبت سدیم محلول در دشت سراب بترتیب برابر ۷۸/۸٤، ۳/٦۸ و ۲٦/۵۹ محاسبه گردید. مقادیر این شاخص در چاه‌های مورد مطالعه در شکل ۹ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که حدود ۱۷ درصد آب چاه‌ها دارای SSP بالای ٤۰ درصد بودند. بررسی تغییرات مکانی این شاخص هم نشان داد که از شرق به غرب و از جنوب دشت به شمال مقدار آن افزایشی است. نمودار ستونی شاخص MAR آب چاه‌های منطقه در شکل ۹ آورده شده است. حد مجاز این پارامتر در آب آبیاری ۵۰ درصد است (آیرز و وستکات ۱۹۹٤). بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه از نظر میزان جذب منیزیم کمتر از حد مجاز استاندارد ۵۰ درصد هستند. ولی در برخی از چاه‌ها این مقدار به ٦۰ درصد و در یک مورد به ۸۰ درصد هم رسیده است. بررسی پهنه‌بندی این شاخص در شکل ۱۰ نشان داد که بدترین شرایط را از این نظر آب‌های زیرزمینی منطقه جنوب غربی شهرستان دارد. منیزیم بیشتر در آب همچنان که باعث شور شدن آب می‌شود کاهش محصولات را سبب می‌شود (جوشی و همکاران ۲۰۰۹).



شکل ۹ – نمودار ستونی شاخص MAR و SSP آب چاه‌های منطقه.

www.SID.ir

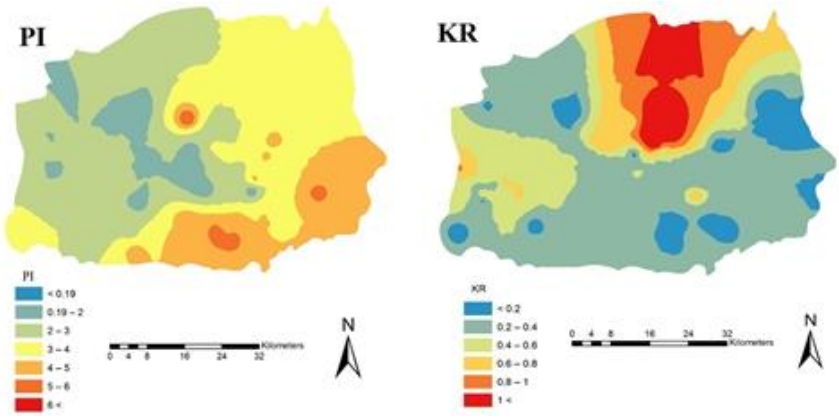
Archive of SID



شکل ۱۰- نقشه هم ارزش مقادیر SAR، MAR و SSP.

شاخص کلایز (Kr) و نفوذپذیری (PI)

مقدار متوسط نسبت کلایز آب چاه‌های مورد مطالعه برابر ۰/٤٦ تعیین شد و بصورت کلی از نظر این شاخص وضعیت مطلوب می‌باشد چراکه ابیفونا و شریف (۲۰۱۰) حد مجاز این مؤلفه در آب آبیاری را حداکثر یک گزارش کرده‌اند. اگر این نسبت بیشتر از یک باشد، یعنی مقدار سدیم از دو عنصر دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم بیشتر است و در دراز مدت به نفوذپذیری خاک آسیب خواهد زد. بررسی تغییرات مکانی شاخص کلایز در شکل ۱۱ نشان داد که قسمت مرکز تا شمال دشت مطلوب برای آبیاری نبوده و نفوذپذیری خاک آسیب دیده است. این آسیب برای اجرای سیستم‌های تحت فشار محدودیت ایجاد می‌نماید. برای بررسی نفوذپذیری شاخص دیگری که تعداد عوامل زیادتری را نسبت به نسبت کلایز در نظر می‌گیرد با عنوان شاخص نفوذپذیری (PI) استفاده شد. البته این شاخص از استفاده طولانی مدت آب آبیاری تأثیر می‌پذیرد. بر اساس گزارش آبیفونا و شریف (۲۰۱۰) دامنه مناسب شاخص نفوذپذیری از ۰/۱۹ الی ۷/۱۵ می‌باشد. در شکل ۱۱ نقشه هم ارزش شاخص‌های PI و KR در گستره دشت سراب ارائه شده است. بررسی تغییرات مکانی PI نشان داد که آب‌های زیرزمینی دشت از این نظر مشکلی



شکل ۱۱ - نقشه هم ارزش مقادیرKR و PI.

ندارند ولی برعکس شاخص‌های قبلی مقادیر این شاخص در بخش جنوبی و جنوب شرقی بیشتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه با هدف بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت سراب برای استفاده در سیستم‌های آبیاری مدرن مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مجموع دشت سراب دارای کیفیت آب مناسبی برای اجرای سیستم‌های تحت فشار می‌باشد با این

www.SID.ir

Archive of SID

وجود از شرق به غرب و از جنوب دشت به شمال مناطقی وجود دارد که مناسب برای آب آبیاری نیستند. کیفیت مناسب آب مناطق جنوبی و شرقی به دلیل وجود عمده سنگ‌های تشکیل‌دهنده این قسمت هاست که آب‌های موجود در اینگونه سنگ‌های آتش‌فشانی عمدتا شیرین هستند. در مناطق مرکزی و غربی جنس آبخوان‌ها بهمراه سازندهای نمکی بر کیفیت آب منطقه تأثیر گذاشته‌اند. آب‌های دشت سراب اغلب از نظر کلراید و شاخص کلایز مشکلی ندارند. جز در یک مورد آب بقیه چاه‌ها دارای SAR کمتر از ۱۵ بودند. بر طبق نتایج حاصل شده از سمت کوهپایه‌ها به سمت مراکز دشت و از سمت جنوب به شمال مقادیر SAR روندی افزایشی دارد. بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه از نظر میزان جذب منیزیم کمتر از حد مجاز استاندارد هستند. بدترین شرایط را از این نظر آب‌های زیرزمینی منطقه جنوب غربی شهرستان دارد. بر اساس دیاگرام ویلکاکس حدود نیمی از نمونه‌ها (با ۴۹/۵۱ درصد) در کلاس C_3S_1، ۷/۷۷ درصد داده‌ها در کلاس C_2S_1، ۳۶/۸۸ درصد در کلاس C_3S_2 ، ۱/۹۵ درصد در کلاس $C4S_1$، ۰/۹۷ درصد در کلاس C_4S_2، ۰/۹۵ در کلاس C_4S_3 و ۰/۹۷ در کلاس C_4S_4 قرار دارد. نتایج این بخش از تحقیق بیانگر این است که اغلب این آب‌ها برای مصارف آبیاری مناسب می‌باشند.

منابع مورد استفاده

Abbasnia A, Radfard M, Mahvi AH, Nabizadeh R, Yousefi M, Soleimani H, and Alimohammadi M, 2018. Groundwater quality assessment for irrigation purposes based on irrigation water quality index and its zoning with GIS in the villages of Chabahar, Sistan and Baluchistan, Iran. Data in Brief 19: 623–631.

Asghari Moghaddam A and Vadiati M, 2016. Groundwater quality ranking of Sarab plain for drinking purpose using entropy method. Water and Soil Science (University of Tabriz) 26(3): 1-13. (in Persian)

Ayers RS and Westcot DW, 1994. Water Quality for Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Publication number 29, Rome, Italy.

Bartels D and Sunkar R, 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 24: 23-58.

Dabiri R, Bakhshi Mazdeh, M and Mollai, H, 2016. Hydrogeochemistry studies and assessment of groundwater quality variations in Sangan-Khaf plain using GQI index. Journal of Water and Soil Science (University of Tabriz) 26(2): 325- 336. (in Persian)

Delgado C, Pacheco J, Cabrera A, Batllori E, Orellana R, Bautista F, 2010. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan, Mexico. Agricultural Water Management 97: 1423–1433.

Forouzani, M and karami E, 2011. Agricultural water poverty index and sustainability. Agronomy for Sustainable Development 31: 415-432.

Gonzalez-Dugo V, Durand JL and Gastal F, 2010. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. Agronomy for Sustainable Development 30: 529-544.

Gosh NG and Sharma KD, 2006. Groundwater Modeling and Management, Capital Publishing, New Delhi, India.

Gupta SK and Gupta IC, 1987. Management of Saline Soils and Water. Oxford and IBH publication, New Delhi, India.

Jampani M, Huelsmann S, RLiedl R, Sonkamble S, Ahmed S, Amerasinghe P, 2018. Spatio-temporal distribution and chemical characterization of groundwater quality of a wastewater irrigated system: A case study. Science of the Total Environment 636: 1089–1098.

Joshi DM, Kumar A and Agrawal N, 2009. Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in Haridwar district. Rasayan Journal of Chemistry 2(2): 285-292.

Karmi F, 2010. Studying salinity changes of groundwater resources in Sarab plain (using qualitative maps and GIS). Journal of Geography and Planning 36(16): 11-123.

www.SID.ir

Archive of SID

Khaledi M, Majnooni A and Fakheri Fard A, 2017. Determination of hydraulic conductivity based on corrected transmissivity and the effect of wells density and excess water harvesting on Shabestar plain aquifer. Hydrogeology Accepted Manuscript, Available Online from 23 October. (in Persian)

Lichtfouse E, 2010. Sustainable Agriculture Reviews 6: Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilization. Springer, Dordrecht, the Netherlands.

Merati, E, Taheri Tizro, A, Parsafar, N, 2017. Qualitative zoning of groundwater resources using geostatistical and GIS Methods (Case Study: Soleymanshah Watershed). Water and Soil Science (University of Tabriz) 27(2): 237- 248. (in Persian)

Mohammadi M, Mohammadi Ghaleni M and Ebrahimi K, 2011. Spatial and temporal variations of groundwater Quality of Qazvin plain. Iran Water Research Journal 5(8): 41-52. (in Persian)

Mohammadi Ghaleni, M, Ebrahimi, K and Araghinejad, Sh, 2011. Groundwater quantity and quality evaluation: A case study for saveh and arak aquifers. Journal of Water and Soil Science (University of Tabriz) 21(2): 91- 108. (in Persian)

Obiefuna GI and Sheriff A, 2010. Assessment of shallow groundwater quality of Pindiga Gombe area, Yola Area, NE, Nigeria for irrigation and domestic purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3(2): 131-141.

Park S, 2005. Regional hydrochemical study on salinization of coastal area of South Korea. Journal of Hydrology 313: 182-194.

Pourakbar M, Mosaferi M, Khatibi M and Moradi A, 2015. Ground water quality assessment from a hydro geochemical view point. A case study of Sarab. Water and Waste Water 26(3): 116-126.

Qolmalizade Ahangar A, 2002. Quality and Evaluation of Irrigation Water. Agricultural Sciences Press, Tehran, Iran. 114 P. (in Persian)

Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook 60. USDA and IBH Publications, New Delhi, India.

Salah SA and Barrington SF, 2006. Effect of soil fertility and transpiration rate young wheat plants (Triticum aestivum) Cd/Zn uptake and yield. Agricultural Water Management 82: 177–192.

Soleimani H, Abbasnia A, Yousefi M, Mohammadi AA and Changani Khorasgani F, 2018. Data on assessment of groundwater quality for drinking and irrigation in rural area Sarpol-e Zahab city, Kermanshah province, Iran. Data in Brief 17: 148–156.

Subba RN, 2006. Groundwater potential index in a crystalline terrain using remote sensing data. Environmental Geology 50: 1067–1076.

Taghizade-Mehrjardi RM, Zareian Mahmodi Sh and Heidari A, 2008. Spatial distribution of groundwater quality with geostatistics (case study: Yazd-Ardakan plain). World Applied Science Journal 4(1): 9-17.

Vadiati, M. and Nakhaei M, 2015. Groundwater quality evaluation of Tehran province for agricultural uses by fuzzy inference model. Journal of Water and Soil Science (University of Tabriz) 25(1): 41- 52. (in Persian)

Yousefi M, Mohammadi AA, Yaser M and Mahvi AH, 2017. Epidemiology of drinking water fluoride and its contribution to fertility, infertility and abortion: an ecological study in West Azerbaijan Province, Poldasht County, Iran. Fluoride 50: 343–353.

www.SID.ir