

## ارزیابی کیفیت آب چاه‌های گازدار برای مصارف کشاورزی در

### منطقه همه‌کسی استان همدان

منوچهر امیری<sup>۱</sup>\*

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. [amiran1342@gmail.com](mailto:amiran1342@gmail.com)

#### چکیده

ترکیب شیمیایی آب آبیاری نقش مهمی در میزان عملکرد گیاهان زراعی و حفظ یا تخریب ساختمان خاک ایفا می‌نماید و مورد توجه برنامه‌ریزان بخش کشاورزی می‌باشد. با عنایت به مزه ترش و سوزنده آب برخی از چاه‌های کشاورزی در اطراف روستای همه‌کسی در استان همدان، تصور می‌شود که ترکیب آب آن‌ها نامتعارف بوده و برای ساختمان خاک و رشد گیاهان زیان‌آور است. لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت آب چاه‌های مذکور و شناسایی روند تغییر ترکیب آن‌ها انجام گردید. در این پژوهش، تعداد شش حلقه چاه آب‌گازدار شناسایی و مقدار شوری آب آن‌ها، ۱۵ مرتبه در طی سه سال (هر سال پنج بار) اندازه‌گیری گردید و روند تغییر هدایت الکتریکی آن‌ها توسط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از هر چاه یک نمونه آب برداشت شد و برای تعیین مقادیر هدایت الکتریکی، کاتیون‌ها و آنیون‌ها مورد تجزیه قرار گرفت و شاخص‌های شیمیایی آن محاسبه و به کمک معیارها و دیاگرام‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کلسیم و بی‌کربنات، بیشترین سهم یونی را در این آب‌ها دارا بوده و آب چاه‌های مذکور جزو آب‌های نامتعارف و نوع بی‌کربنات کلسیم- منیزیم محسوب می‌شود. شوری آب این چاه‌ها زیاد (از ۲/۹۶ تا ۶/۰۷ دسی‌زیمنس بر متر) بوده و بعد از اصلاح نسبت جذب سدیم، در کلاس آب‌های خیلی شور و سدیک (C4S4) قرار گرفت. با عنایت به شوری زیاد آب، بافت ریزدانه‌ی خاک و نبود آب کافی برای شستشو، انتظار می‌رود که سیستم خاک منطقه در اثر آبیاری با این آب در ناحیه ریشه‌ی گیاه به‌شدت شور شده و در نتیجه، عملکرد گیاهان و به‌خصوص گیاهان چند ساله کاهش یابد. ولی بررسی آماری تغییرات هدایت الکتریکی آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی نشان داد که مقدار شوری آب آن‌ها به‌طور معنی‌داری با گذشت زمان کاهش یافته که در نتیجه، کیفیت آب چاه‌های گازدار منطقه‌ی همه‌کسی از نظر آبیاری با گذشت زمان بهبود حاصل می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آب نامتعارف، آبیاری، چاه آب گازدار، همدان

<sup>۱</sup>- آدرس نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری

\*- دریافت: فروردین ۱۳۹۷ و پذیرش: آبان ۱۳۹۷

مقدمه

آب‌زیرزمینی منبع ارزشمندی از آب با کیفیت است که برای مصارف انسانی، کشاورزی و حفظ محیط زیست دارای اهمیت زیادی در سطح جهان است. هر چند آب در هنگام عبور از لایه‌های زمین زلال، بی‌رنگ و عاری از طیف میکروبی می‌گردد و به حداقل تصفیه نیاز دارد (بایبکر و همکاران، ۲۰۰۷) ولی گاهی اوقات، انحلال‌های طبیعی و یا فرآیندهای نامتعارف (همچون ورود محلول‌ها و گازهای وابسته به فعالیت‌های درونی زمین) موجب افزایش شوری و غلظت برخی از عناصر در آنها می‌گردد که توسط انسان قابل کنترل نمی‌باشد (ساستری، ۱۹۹۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت دی‌اکسیدکربن محلول در آب‌های طبیعی با منشاء جوی، اندک بوده و به ندرت به بیش از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد، ولی اگر آب‌های زیرزمینی تحت تاثیر فعالیت‌های گرمابی (گازی، آبکی و گرم) با منشاء درونی زمین (ماگمایی) قرار گیرد، میزان دی‌اکسید کربن در آنها حتی می‌تواند به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بالغ گردد (روش‌های استاندارد، ۱۹۹۵).

تسونگایی و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعات خویش در منطقه صفحه فرو رو<sup>۲</sup> فیلیپین گزارش نمودند که در برخی نقاط، آب‌های موجود در رسوبات توسط جریان‌های حرارتی و گرمابی با دمای حدود ۴۰ درجه تحت تاثیر واقع شده و دمای آنها حدود ۱۰ درجه نسبت به آب‌های پیرامون افزایش یافته و میزان گاز CO<sub>2</sub> آنها نیز افزایش یافته است. سیبیت و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعات ژئوترمالی در شمال آلمان اظهار نموده که آب‌های موجود در اعماق رسوبات منطقه، دارای حرارت ۵۵ تا ۹۵ درجه سانتیگراد و حدود سه تا ۱۰ درصد حجمی گاز می‌باشند که بیش از ۵۷ تا ۹۴ درصد آن دی‌اکسید کربن است و در این آب‌ها حدود ۱۱ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر آهن وجود دارد. در چاه‌های آب کشاورزی آلبرتا به‌طور معمول گازهای حل شده متان،

دی‌اکسید کربن، نیتروژن و سولفید هیدروژن گزارش گردیده است (اگری- فکت، ۲۰۰۶). ورود محلول‌های گرمابی به سفره‌های آب‌زیرزمینی موجب افزایش گاز دی‌اکسیدکربن (به‌صورت محلول) و اسیدیته آب می‌گردد که خود سبب انحلال بیشتر در سنگ‌بستر و افزایش غلظت یون‌ها می‌شود. علاوه بر این، کیفیت آب‌های زیرزمینی ممکن است بر اثر عملیات زراعی تغییر یافته و تضعیف گردد (استاماتیس، ۲۰۱۰) و سلامت انسان، رشد گیاهان و ساختمان خاک را تحت تاثیر قرار دهد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۴؛ ناگ و قوش، ۲۰۱۳). هنگامی که مقدار برخی از یون‌ها و ترکیبات شیمیایی در این آب‌ها بیش از حد معینی باشد، با آبیاری بلند مدت، به مرور زمان اراضی و ترکیب خاک تحت تاثیر قرار می‌گیرد و ممکن است که ساختمان و بافت آن تخریب و نابود شود. به همین علت، بررسی و ارزیابی ترکیب و کیفیت ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی جهت بهره‌برداری و حفظ خاک و محیط زیست در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است (ادموندز و همکاران، ۲۰۰۲؛ لاهرمو و بکمن، ۱۹۹۹). کیفیت آب مورد استفاده در آبیاری توسط برخی از شاخص‌های شیمیایی همانند نسبت جذب سدیم<sup>۳</sup>، درصد سدیم، کربنات سدیم باقی‌مانده<sup>۴</sup> و هدایت الکتریکی<sup>۵</sup> آب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (ریچاردز، ۱۹۵۴) و همراه با این شاخص‌ها، پارامترهایی مانند خطر منیزیم<sup>۶</sup>، نسبت کلی<sup>۷</sup>، شاخص نفوذپذیری<sup>۸</sup> و بی‌کربنات سدیم باقی‌مانده<sup>۹</sup> نیز برای طبقه‌بندی و ارزیابی آب‌های زیرزمینی مورد توجه قرار می‌گیرد.

در سالهای اخیر در ایران که یک منطقه نیمه‌خشک و کم باران است، کمیت آب‌های زیرزمینی بر اثر افزایش برداشت‌ها به‌شدت کاهش یافته و کیفیت آنها بر اثر استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی،

<sup>3</sup>. Sodium Absorption Ratio (SAR)

<sup>4</sup>. Residual Sodium Carbonate (RSC)

<sup>5</sup>. Electrical conductivity (Ec)

<sup>6</sup>. Magnesium Hazard (MH)

<sup>7</sup>. Kelly's Ratio (KR)

<sup>8</sup>. Permeability Index (PI)

<sup>9</sup>. Residual Sodium Bicarbonate (RSBC)

<sup>2</sup>. subducted plate

در زیر رسوبات آبدار) به شکل حفرات و مجاری (کارست درونی) شده است. تخلیه سریع آب از این حفرات و مجاری توسط چاه‌های کف‌کنی شده، سبب هجوم آب و رسوبات فوقانی به داخل مجاری و حفرات مذکور و در نتیجه، عدم پایداری لایه فوقانی و وقوع فروچاله‌ها در منطقه گردیده است همچنین بالا بودن مقادیر اسیدیت، شوری و یون آهن فریک در این آب‌ها عامل خوردگی تجهیزات درون چاهی در منطقه می‌باشد (امیری، ۱۳۸۳؛ امیری و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجایی که مقدار دی‌اکسیدکربن موجود در این آب‌ها خیلی بیشتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است (امیری، ۱۳۸۴)، نتیجه‌گیری شده که آب‌های منطقه تحت تاثیر فعالیت محلول‌های گرم اکتیو و گازدار درونی قرار گرفته که منشاء آنها وابسته به فعالیت‌های ماگمایی و سیالات گویشته‌ای به‌دام افتاده در پوسته زمین است (امیری و همکاران، ۲۰۱۶؛ امیری و همکاران، ۲۰۱۷).

با توجه به خوردگی تجهیزات درون چاهی و وجود جوشش گاز در آب چاه‌های پیرامون روستای همه‌کسی از یک سو و گله‌مندی کشاورزان از کاهش عملکرد محصولات و سفت شدن لایه سطحی خاک از سوی دیگر، تصور می‌رود که کیفیت و ترکیب آب این چاه‌ها تا اندازه‌ای غیرمتعارف بوده و مصرف آنها موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی و افزایش شوری خاک می‌گردد. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای بر روی کیفیت این آب‌ها در ارتباط با آبیاری انجام نشده است، لذا این پژوهش با هدف فهم و شناسایی کیفیت آب چاه‌های گازدار منطقه و روند تغییرات در آنها، با اندازه‌گیری کاتیون‌ها، آنیون‌ها و EC آب چاه‌ها انجام گردیده و مسلم است که نتایج و داده‌های به‌دست آمده از این بررسی به عنوان پایه‌ای برای برنامه‌ریزی جهت ادامه‌ی استفاده از آب آن‌ها در کشاورزی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

#### مواد و روش‌ها

#### موقعیت و وضعیت چاه‌های گازدار

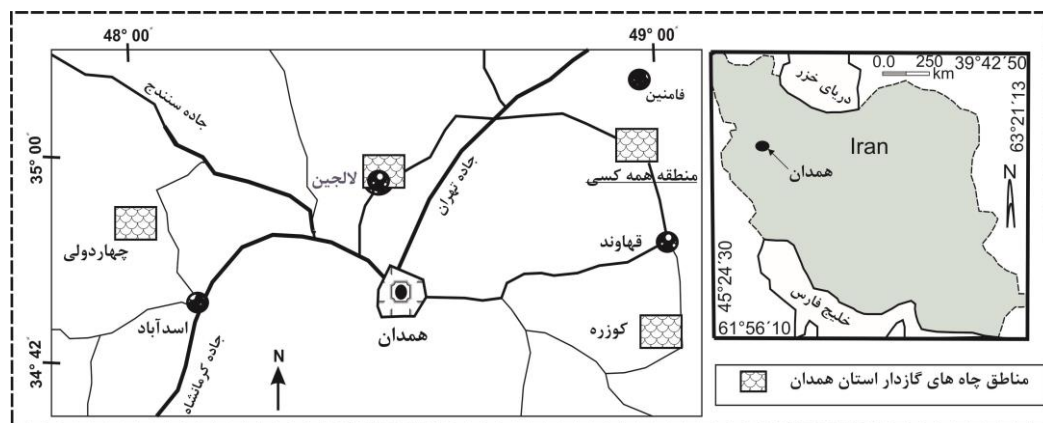
موادشوینده و فعالیت‌های صنعتی به مخاطره افتاده است. همچنین در برخی نقاط بر اثر عوامل طبیعی، آب‌های زیرزمینی گازدار، بدمزه، گس و شور گردیده و مشکلاتی را از نظر عملکرد محصولات و خوردگی تجهیزات (پوسیده شدن تجهیزات در اثر واکنش با محیط پیرامون در طی زمان نسبتاً طولانی) به‌وجود آورده است. اصغری مقدم (۱۳۸۱) با نمونه‌برداری و آنالیز آب ۳۴ حلقه از چاه‌های آب کشاورزی منطقه آذرشهر، اظهار نموده که پارامترهای دی‌اکسید کربن محلول در آب، استفاده از توری با منافذ نامناسب و شوری آب از عوامل خوردگی تجهیزات چاه‌های منطقه می‌باشد. ستوده و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه آب شرب روستای عمان در شمال شرق شهر دمق، بیان داشتند که آب این چاه به‌دلیل وجود گاز CO<sub>2</sub> در فواصل زمانی منظم فوران می‌کند و ترکیب آن از نظر کشاورزی در کلاس آب‌های شور و قابل استفاده (C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>) قرار می‌گیرد. عسگری کیا (۱۳۷۸) با آنالیز شیمیایی دو نمونه آب از چاه‌های گازدار در منطقه قهاوند، به وجود گاز CO<sub>2</sub> اشاره نموده و وضعیت رسوب‌گذاری آن‌ها را روی لوله‌های فولادی مورد بحث قرار داده است. جلالی (۱۳۸۰) با آنالیز ۳۱۳ نمونه آب در سه بخش فامنین، قهاوند و بخش مرکزی همدان و محاسبه پارامترهایی چون SAR و ESP، کیفیت آب‌های منطقه را در کاربرد کشاورزی مورد بررسی قرار داده و اظهار نموده که میزان املاح موجود در این آب‌ها زیاد می‌باشد. امیری (۱۳۷۴) با مطالعه توده‌های معدنی آلموقلاق در مجاورت مناطق فوق‌الذکر و بررسی‌های ژئوتکنیک تشکیلات مجاور، نتیجه‌گیری نموده که محلول‌های فلئوردار و حاوی مقادیر عظیمی از سولفات، آهن و دی‌اکسید کربن، به صورت فازهای گازی و آبکی‌داغ به سازندهای منطقه وارد شده و تغییرات ترکیبی زیادی را در آب، خاک و سنگ منطقه به وجود آورده است.

در منطقه همه‌کسی در استان همدان (شکل ۱)

بر اثر عوامل طبیعی، آب‌های زیرزمینی گازدار، بدمزه و گس گردیده که موجب انحلال سنگ‌بستر آهکی (موجود

ها پس از عبور از لایه رسوبی وارد سنگ بستری از جنس آهک شده که دارای حفرات و مجاری آبدار است که منبع تغذیه آب چاه‌های گازدار منطقه محسوب می‌شود. حفرات و مجاری مذکور در بخش‌های حاشیه‌ای و حتی فوقانی با رسوبات سفره آبدار دشت کبودراهنگ-فامنین در ارتباط بوده و بنابراین با استخراج آب از این حفرات و مجاری، آب موجود در رسوبات حتی به همراه رسوبات دانه‌ریز به سمت مجاری و حفرات حرکت می‌نمایند که وقوع فروچاله‌های متعدد در منطقه نمودی از این ساز و کار می‌باشد. عمق سطح آب در چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی بیشتر از ۷۰ متر می‌باشد و در سال‌های اخیر چندین متر افزایش یافته است.

در چهار منطقه از استان همدان (چهاردولی، لالچین، اطراف روستای همه‌کسی و اطراف روستای کوزره) آب تعدادی از چاه‌های کشاورزی با رنگی مایل به قرمز، دارای جوششی از گاز بوده و به چاه‌های گازدار معروف گردیده‌اند. چاه‌های گازدار منطقه‌ی مورد بررسی در جنوب شهر فامنین (اطراف روستای همه‌کسی) و در محدوده جغرافیایی از  $35^{\circ}00'$  تا  $35^{\circ}04'$  عرض شمالی و از  $48^{\circ}54'$  تا  $49^{\circ}00'$  طول شرقی جای گرفته‌اند (شکل ۱). در این پژوهش، با کمک عملیات صحرایی و پرسش از روستائیان، شش حلقه چاه‌گازدار شناسایی و مشخصات ظاهری آب، مدت زمان خوردگی تجهیزات و مشخصات آنها (توسط G.P.S برداشت گردید (جدول ۱). این چاه-



شکل ۱- مناطق دارای چاه‌های آب‌گازدار و محل اجرای پژوهش (منطقه همه‌کسی) در استان همدان

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و مشخصات (عمق چاه، رنگ آب و زمان خوردگی) چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی

| نام صاحب چاه    | علامت اختصاری | مختصات جغرافیایی (U.T.M) |           | عمق چاه (متر) | مدت زمان خوردگی | وضعیت آب               |
|-----------------|---------------|--------------------------|-----------|---------------|-----------------|------------------------|
|                 |               | طول شرقی                 | عرض شمالی |               |                 |                        |
| اسمعی قره‌گوزلو | WSG           | ۳۸۷۶۶۴۵                  | ۳۱۲۹۸۷    | ۱۳۰           | هر ۲۴ ماه       | جوشش گاز با رنگ شیری   |
| ورثه‌ی آقاجانی  | WVA           | ۳۸۷۷۹۹۳                  | ۳۱۴۴۴۶    | ۱۰۸           | هر ۴ ماه        | جوشش گاز با رنگ نارنجی |
| عزت اله خلج     | WVK           | ۳۸۷۹۰۵۲                  | ۳۱۳۷۰۱    | ۱۹۰           | هر ۴ ماه        | جوشش گاز با رنگ زرد    |
| یداله قشلاقی    | WYG           | ۳۸۷۹۷۳۹                  | ۳۱۳۹۲۸    | ۱۸۵           | هر ۴ ماه        | جوشش گاز- ترش و گس     |
| مقصودعلی امیری  | WMA           | ۳۸۷۹۳۸۳                  | ۳۱۴۰۸۶    | ۱۰۰           | هر ۱۲ ماه       | جوشش گاز با رنگ شیری   |
| محمد طاهری      | WMT           | ۳۸۷۹۷۴۵                  | ۳۱۳۶۶۷    | ۱۶۰           | هر ۶ ماه        | جوشش گاز با رنگ شیری   |

اندازه‌گیری گردید. این دستگاه هدایت الکتریکی را تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و با دقت  $\pm 0.5\%$  سنجش می‌نماید. در این پژوهش مقدار هدایت الکتریکی آب چاه‌های گازدار در طی سه سال (از ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶) و هر سال در پنج نوبت در ماه‌های فعالیت چاه‌ها (خرداد تا مهر ماه)

#### اندازه‌گیری‌های صحرایی

جهت بررسی روند تغییرات شوری آب چاه-های گازدار، میزان هدایت الکتریکی آب آنها توسط یک دستگاه سنجنده قابل حمل (مدل SENSO DIRECT CON200) متعلق به شرکت لویبوند از کشور آلمان،

هایی با هدایت الکتریکی (EC) کمتر و یا مساوی ۰/۷۱۷۵ دسی‌زیمنس بر متر از رابطه ۱ و برای آب‌هایی با EC بین ۰/۷۱۷۵ تا ۱۱۱/۹۰۰ دسی‌زیمنس بر متر از رابطه ۲ و با دقت زیاد برآورد می‌گردد (کمیاسوفت، ۲۰۱۷). در این بررسی با توجه به مقادیر EC اندازه‌گیری شده، مقدار TDS از رابطه ۲ محاسبه و برآورد گردید.

$$TDS_{mg/L(ppm)} = 0.00000003351240016EC^3 + 0.000049948901244919EC^2 + 0.500944688449521EC - 0.00823364899058809 \quad (1)$$

$$TDS_{mg/L(ppm)} = -0.000000000005886729EC^3 + 0.000001573823009374EC^2 + 0.564100864596031EC - 2.0598990943585 \quad (2)$$

نسبت جذب سدیم آب آبیاری به کمک رابطه ۳ که توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده (ریچاردز، ۱۹۵۴) تعریف و ارائه شده است برآورد گردید که در این رابطه مقدار هر یون بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر می‌باشد.

$$SAR_{iw} = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (3)$$

رودس (۱۹۷۲) بیان داشت که SAR تصحیح شده یا نهایی محلول در خاک  $(SAR_{adj})^{10}$  که فرض شده با ESP خاک برابر است و این فرض چندان غیر واقعی نیست، به‌وسیله رابطه ۴ محاسبه و برآورد می‌گردد. مقادیر  $SAR_{adj}$  برای آب چاه‌های منطقه از رابطه فوق محاسبه گردید که مقادیر آن در جدول ۴ آمده است.

$$ESP = SAR_{adj} = SAR_{iw} [1 + (8.4 - pH_c)] \quad (4)$$

سدیم محلول در آب آبیاری علاوه بر تاثیر مستقیم بر فعل و انفعالات شیمیایی گیاه، ساختمان خاک را تخریب و فشرده نموده (راجو، ۲۰۰۶) و نفوذپذیری خاک و رشد گیاه را کاهش می‌دهد (راجو و همکاران، ۲۰۰۹؛ واسانتاویگار و همکاران، ۲۰۱۰). درصد سدیم محلول (Na%) که توسط رابطه ۵ (تاد، ۱۹۸۰) محاسبه می‌گردد معیاری برای سنجش میزان این خطر تلقی می‌شود. بر طبق طبقه‌بندی ایتون (۱۹۵۰) و اظهارات

اندازه‌گیری گردید. قبل از اندازه‌گیری، دستگاه مذکور به کمک محلول استاندارد (مربوط به کارخانه‌ی سازنده) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد واسنجی گردید.

### نمونه‌برداری و آزمایش‌های آزمایشگاهی

جهت انجام آزمایش‌های هیدروشیمی، از هر چاه یک نمونه آب (جمعاً شش نمونه) در تیر ماه ۱۳۹۶ برداشت گردید. برای تهیه هر نمونه، ابتدا چاه آب مورد نظر حداقل به مدت ۲۰ دقیقه پمپاژ و بطری‌های نمونه‌برداری چندین بار با آب چاه شسته شد و بعد از نمونه‌گیری، تمامی نمونه‌ها سریعاً به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس مقدار یون‌های اصلی و هدایت الکتریکی (EC) به روش‌های استاندارد در آب و فاضلاب (رایس و همکاران، ۲۰۱۲) اندازه‌گیری شد. در این سنجش‌ها، مقادیر هدایت الکتریکی به کمک هدایت‌سنج الکتریکی، سولفات به روش کلریمتری، نترات و نیتريت توسط اسپکتروفوتومتر و مقادیر سدیم و پتاسیم توسط فلیم‌فوتومتر تعیین گردید. همچنین مقادیر کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و کلراید به روش حجم‌سنجی اندازه‌گیری شدند.

### محاسبه پارامترها و شاخص‌ها

جهت بررسی و ارزیابی کیفیت آب چاه‌های گازدار و اثر احتمالی آنها بر ساختمان خاک و رشد گیاهان زراعی منطقه، ابتدا مقادیر کل نمک‌های محلول و سپس شاخص‌های نسبت جذب سدیم، درصد سدیم محلول، کربنات سدیم باقی‌مانده، بی‌کربنات سدیم باقی‌مانده، شاخص نفوذپذیری، نسبت جذب منیزیم، نسبت کلی و سایر پارامترها به شرح زیر محاسبه و برآورد گردید.

پارامتر کل نمک‌های محلول در آب (TDS)، شامل کلیه یون‌ها، مولکول‌ها و ذرات معلق است که از یک صافی با منافذ ۱/۵ میکرو متر عبور می‌کنند (همیلتون و ژانگ، ۱۹۷۲) و مقدار آن در تمامی مناطق برای آب-

<sup>10</sup>. Adjusted Sodium Adsorption Ratio ( $SAR_{adj}$ )

شده است (رابطه ۸) برآورد نمود (باور و همکاران، ۱۹۶۵).

$$SI = pH_a - pH_c \quad (8)$$

در این فرمول  $pH_a$  اسیدیته واقعی آب و  $pH_c$  اسیدیته تئوری آب است که مقدار آن بستگی به ضریب ثابت یونیزاسیون دوم اسید کربنیک، غلظت کلسیم و منیزیم، غلظت کربنات و بی‌کربنات و ضریب حلالیت کربنات کلسیم داشته و از طریق محاسبه و طی مراحل که شرح آن در مراجع علمی آمده است (غلامعلی‌زاده آهنگر، ۱۳۸۶) برآورد می‌گردد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عموماً وقتی که مقدار  $pH_c$  کمتر از ۷/۵۹ است، مقدار شاخص اشباع مثبت بوده و آب تمایل به ترسیب کربنات کلسیم را دارد و وقتی که مقدار  $pH_c$  بیشتر از ۸/۵۶ است، مقدار شاخص اشباع منفی بوده و آب تمایل به انحلال کربنات کلسیم و کاهش خطر سدیم را دارد. باور و ماسلند (۱۹۶۳) شاخص ترسیب را ۸/۴ در نظر گرفته و رابطه شاخص اشباع را به صورت  $SI = 8.4 - pH_c$  ارائه نموده‌اند که مقادیر شاخص اشباع آب نمونه‌های تهیه شده، توسط آن برآورد و محاسبه گردیده است (جدول ۴).

سدیم بر اثر تبادل یونی جایگزین کلسیم و منیزیم در خاکهای رسی می‌گردد و مقدار نفوذپذیری را کاهش می‌دهد میزان اثر سدیم بر کاهش نفوذپذیری با شاخص نفوذپذیری (IP) سنجش می‌شود که وابسته به میزان شوری آب است. این شاخص توسط رابطه ۹ (دونین، ۱۹۶۲) محاسبه شده که در آن مقدار هر یون بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

$$PI = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \times 100 \quad (9)$$

با افزایش مقدار منیزیم، کیفیت و ساختمان خاک تخریب می‌گردد و عملکرد محصولات زراعی کاهش می‌یابد (کمار و همکاران، ۲۰۰۷). میزان اثر این عنصر با اندیس خطر منیزیم (MH) یا نسبت جذب منیزیم (MAR) سنجش می‌شود که توسط رابطه ۱۰ (زابولکس و داراب، ۱۹۶۴) محاسبه می‌گردد و در آن، مقدار هر یون بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است.

حکیم و همکاران (۲۰۰۹)، کاربرد آبهای با بیش از ۶۰ درصد سدیم محلول ممکن است که سبب تجمع سدیم و بدتر شدن ساختمان خاک از نظر نفوذ و هوادهی شود.

$$\% Na = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \times 100 \quad (5)$$

در این رابطه مقدار یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند.

کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC) و بی‌کربنات سدیم باقی‌مانده (RSBC) که به ترتیب توسط روابط ۶ (ایتون، ۱۹۵۰) و ۷ (گوپتا و گوپتا، ۱۹۸۷) برآورد شده‌اند، از دیگر پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت آب در آبیاری است. وقتی که مجموع کربنات و بی‌کربنات آب بیشتر از مجموع یونهای کلسیم و منیزیم باشد، آب آبیاری حاوی کربنات سدیم بوده و مواد آلی خاک تخریب می‌گردد (راقونات، ۱۹۸۷). برطبق نظر آزمایشگاه شوری ایالات متحده (ویلکوکس، ۱۹۵۵)، آبهای با RSC بیشتر از ۲/۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر برای آبیاری نامناسب و آبهای با RSC کمتر از ۱/۲۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر برای آبیاری مناسب می‌باشند. همچنین آبهای با RSBC کمتر از پنج میلی‌اکی‌والان بر لیتر برای رشد گیاهان زراعی رضایت‌بخش و با RSBC بیشتر از پنج میلی‌اکی‌والان بر لیتر برای رشد گیاهان زراعی مضر می‌باشند (گوپتا و گوپتا، ۱۹۸۷)

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (6)$$

$$RSBC = HCO_3^- - Ca^{2+} \quad (7)$$

در این روابط مقدار تمامی یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است.

تمایل آب‌های منطقه برای ترسیب کربنات کلسیم در سیستم باز آبیاری (سیستم با توانایی تبادل ماده از جمله خروج گاز دی‌اکسید کربن) را می‌توان به کمک شاخص اشباع (SI) لانجلیر (۱۹۳۶) که برای سیستم بسته (عدم توانایی خروج و رهایی گاز دی‌اکسیدکربن) ارائه

*Statistics → Explore* است. با اجرای این دستورالعمل بر روی داده‌ها، وضعیت نرمالیتة داده‌های هر سطح متغیر به کمک آماره‌های کولموگروف اسیمرنوف و شاپیرو ویلک با سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد بررسی قرارگرفت پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها، با کمک یک دستور العمل آماری برای هر سطح، متغیر استاندارد ساخته شد و سپس جهت تشخیص مقادیر داده‌های پرت، آنالیز اکتشافی بر روی سطوح متغیر استاندارد انجام گردید و با استفاده از نمودارهای *Box Plot* / این مقادیر شناسایی و تشخیص داده شد و آنگاه مقادیر پرت در صفحه داده‌ها نامعتبر (*Missing*) گردید. پس از تصحیح داده‌ها (حذف مقادیر پرت) جهت تعیین وجود تفاوت در میانگین هدایت الکتریکی، آنالیز واریانس تکرار مشاهدات بر روی داده‌ها با دستور العمل *Analyze → General linear → Repeated measures* انجام گردید.

در این آنالیزها از آنجایی که علاوه بر نرمال بودن داده‌ها، همسان بودن کواریانس داده‌ها نیز از پیش شرط اساسی آنالیز است، لذا این شرط توسط آزمون کرویت ماخلی<sup>۱۱</sup> مورد بررسی قرار گرفت. در مواردی که فرضیه همسانی کواریانس توسط مقدار *P* در این آزمون رد نگردد (مقدار  $P < 0/05$ )، برای تشخیص تفاوت بین میانگین‌ها، مستقیماً از آماره *F* استفاده می‌شود و در مواردیکه فرض کرویت داده‌ها بر اساس آزمون ماخلی رد گردد، برای تشخیص معنی‌داری تفاوت بین میانگین داده‌ها از آماره‌های تصحیح شده و به‌ویژه آماره *Huynh-feldt Epsilon* استفاده می‌شود.

$$MH = MAR = \frac{Mg^{2+}}{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} \times 100 \quad (10)$$

مقدار سدیم در مقابل مقادیر کلسیم و منیزیم دارای اهمیت زیادی در ارزیابی آب آبیاری است و به نسبت کلی (KR) معروف بوده که به‌کمک رابطه ۱۱ (کلی، ۱۹۴۰) برآورد می‌گردد. اگر مقدار این شاخص در آب کمتر از یک باشد، برای آبیاری از نظر منیزیم مناسب است. در این رابطه، مقدار هر یون بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است.

$$KR = \frac{Na}{Ca + Mg} \quad (11)$$

### تجزیه و تحلیل آماری

تغییرات زمانی شوری (هدایت الکتریکی) آب چاه‌های‌گازدار (به‌عنوان متغیر وابسته) به‌کمک نرم افزار SPSS (افشانی و همکاران، ۱۳۸۴؛ زرگر، ۱۳۸۴) مورد بررسی قرار گرفت. برای تنظیم داده‌ها در نرم افزار SPSS جهت سنجش تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در هر چاه، مقادیر این پارامتر در هر سال در یک ستون به‌عنوان یک سطح از متغیر هدایت الکتریکی (پنج مورد در هر سطح) در صفحه داده‌ها درج گردید و با توجه به طول مدت اندازه‌گیری‌ها (سه سال)، سه سطح از متغیر وابسته (هدایت الکتریکی) در سه ستون جای داده شد. برای تنظیم داده‌ها جهت سنجش تغییرات زمانی هدایت الکتریکی آب در کل منطقه، میانگین هدایت الکتریکی تمام چاه‌ها در هر نوبت از اندازه‌گیری به‌عنوان یک مشاهده (مورد) در نظر گرفته شد و سه ستون به‌عنوان سه سطح از متغیر هدایت الکتریکی چاه‌ها (باتعداد موارد معادل نوبت‌های اندازه‌گیری در هر سال) تشکیل گردید (جدول ۲). پس از تنظیم داده‌ها به‌شکل سه سطح از متغیر وابسته، از آنجایی‌که شرط اولیه استفاده از داده‌ها برای بررسی‌های آماری پارامتریک، فرض نرمال بودن داده‌هاست، لذا برای بررسی وضعیت نرمالیتة داده‌ها از آنالیز اکتشافی استفاده شد که دستورالعمل اجرای آن به‌طور خلاصه به‌صورت *Analyze → Descriptive*

<sup>11</sup> . Mauchly Sphericity

جدول ۲- طرح چینش و تنظیم میانگین هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) آب چاه‌های گازدار منطقه

| سال سوم | سال دوم | سال اول | میانگین نوبت‌ها    |
|---------|---------|---------|--------------------|
| ۳/۷۹۳   | ۳/۸۳۷   | ۳/۸۹۰   | میانگین نوبت اول   |
| ۳/۸۱۱   | ۳/۸۵۰   | ۳/۹۰۲   | میانگین نوبت دوم   |
| ۳/۸۹۸   | ۳/۸۹۰   | ۳/۹۵۵   | میانگین نوبت سوم   |
| ۳/۹۳۸   | ۳/۹۳۲   | ۳/۹۷۲   | میانگین نوبت چهارم |
| ۳/۹۵۰   | ۳/۹۷۲   | ۳/۹۷۰   | میانگین نوبت پنجم  |

مقاله محاسبه و برآورد گردید (جدول ۲) و به کمک مقادیر به دست آمده، کیفیت آب چاه‌های گازدار منطقه از نظر آبیاری بر مبنای معیارهای علمی به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

با استفاده از نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه-های آب (جدول ۳)، مقادیر شاخص‌ها و پارامترهای مختلف با استفاده از روابط و روش‌های ذکر شده در این

جدول ۳- مقادیر یون‌های اصلی و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده از آب شش حلقه چاه گازدار

| میانگین حسابی | چاه محمد طاهری | چاه مقصود علی امیری | چاه یداله قشلاقی | چاه ورثه خلج | چاه ورثه آقاجانی | چاه اسمعیلی قره‌گوزلو | واحد اندازه‌گیری       | یون‌ها و پارامترها |
|---------------|----------------|---------------------|------------------|--------------|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| ۲۲/۴۸         | ۲۲/۳۵          | ۲۳/۱۷               | ۱۸/۱۸            | ۲۹/۲۵        | ۲۵/۷۲            | ۱۶/۲۲                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | کلسیم              |
| ۷/۶۲          | ۶/۳۹           | ۲/۵۱                | ۷/۹۲             | ۱۹/۴۶        | ۲/۷۲             | ۶/۷۱                  | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | منیزیم             |
| ۱۸/۳۱         | ۱۷/۳۹          | ۱۹/۵۷               | ۱۹/۵۷            | ۱۹/۵۷        | ۱۸/۲۶            | ۱۴/۹۱                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | سدیم               |
| ۰/۴۸          | ۰/۰۹           | ۰/۰۹                | ۰/۱              | ۰/۷۹         | ۰/۰۹             | ۰/۰۹                  | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | پتاسیم             |
| ۴۸/۷۹         | ۴۶/۲۲          | ۴۵/۲۳               | ۴۵/۷۷            | ۶۹/۰۷        | ۴۶/۷۹            | ۳۷/۹۳                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | جمع کاتیون‌ها      |
| ۲۹/۷۳         | ۲۶/۸۹          | ۲۵/۸۰               | ۲۶/۲۵            | ۳۹/۹۴        | ۲۹/۵۲            | ۱۹/۱۹                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | بی‌کربنات          |
| ۶/۶۴          | ۶/۴۱           | ۷/۱۳                | ۷/۵۴             | ۴/۱۵         | ۸/۸۱             | ۵/۸۰                  | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | سولفات             |
| ۹/۲۹          | ۷/۴۷           | ۷/۳۵                | ۶/۶۶             | ۱۹/۵۸        | ۱/۸۵             | ۷/۸۲                  | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | کلراید             |
| ۰/۲۳          | ۰/۴۹           | ۰/۴۲                | ۰/۳۷             | ≤۰/۰۱        | ۰/۲۶             | ۰/۵۵                  | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | نیترات             |
| ۰/۰۰۱         | ۰۰۰۰           | ۰/۰۰۱               | ۰/۰۰۱            | ۰/۰۰۱        | ۰/۰۰۱            | ۰/۰۰۱                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | نیتريت             |
| ۴۵/۸۹         | ۴۱/۲۶          | ۴۰/۷۰               | ۴۰/۷۲            | ۷۳/۶۷        | ۴۰/۴۴            | ۳۳/۳۱                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | جمع آنیون‌ها       |
| ۳/۷۷۵         | ۳/۴۴۰          | ۳/۴۲۰               | ۳/۳۶۰            | ۶/۰۷۰        | ۳/۴۰۰            | ۲/۹۶۰                 | دسی‌زیمنس بر متر       | هدایت الکتریکی     |

جدول ۴- مقادیر پارامترهای محاسبه شده و مورد نیاز جهت ارزیابی کیفیت آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی

| میانگین حسابی | چاه محمد طاهری | چاه مقصود علی امیری | چاه یداله قشلاقی | چاه ورثه خلج | چاه ورثه آقاجانی | چاه اسمعیلی قره‌گوزلو | واحد اندازه‌گیری       | * شاخص‌ها          |
|---------------|----------------|---------------------|------------------|--------------|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| ۲۱۱۵          | ۱۹۲۷           | ۱۹۱۵                | ۱۸۸۱             | ۳۴۴۹         | ۱۹۰۴             | ۱۶۱۵                  | میلی‌گرم بر لیتر       | TDS                |
| ۲۳/۵۲         | ۲۲/۲۳          | ۹/۷۷                | ۳۰/۳۵            | ۳۹/۹۵        | ۹/۵۶             | ۲۹/۲۷                 | درصد                   | MH                 |
| ۴۸/۵۹         | ۴۸/۹۴          | ۴۷/۵۴               | ۵۴/۰۷            | ۳۹/۰۱        | ۵۰/۷۴            | ۵۱/۲۲                 | درصد                   | IP                 |
| ۳۹/۰۸         | ۳۸/۸۹          | ۴۴/۳۶               | ۴۲/۹۸            | ۲۹/۴۸        | ۳۹/۲۲            | ۳۹/۵۵                 | درصد                   | Na%                |
| ۵/۸۴          | ۵/۸۷           | ۵/۹۳                | ۵/۹۴             | ۵/۴۱         | ۵/۸۲             | ۶/۰۸                  | بدون واحد              | pH <sub>c</sub>    |
| ۲/۵۶          | ۲/۵۳           | ۲/۴۷                | ۲/۴۶             | ۲/۹۹         | ۲/۵۸             | ۲/۳۲                  | بدون واحد              | SI                 |
| -۰/۵          | -۱/۸۵          | ۰/۱۲                | ۰/۱۵             | ۱/۲۳         | ۱/۰۸             | -۳/۷۴                 | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | RSC                |
| ۷/۰۹          | ۴/۵۴           | ۲/۶۳                | ۸/۰۷             | ۲۰/۶۹        | ۳/۸              | ۲/۹۷                  | میلی‌اکی‌والان بر لیتر | RSBC               |
| ۴/۷۸          | ۴/۵۹           | ۵/۴۶                | ۵/۴۲             | ۳/۹۷         | ۴/۸۴             | ۴/۴۰                  | نسبت                   | SAR                |
| ۱۶/۹۵         | ۱۶/۲۰          | ۱۸/۹۵               | ۱۸/۷۵            | ۱۵/۸۴        | ۱۷/۳۳            | ۱۴/۶۱                 | نسبت                   | SAR <sub>adj</sub> |
| ۰/۶۳۶         | ۰/۶۰۵          | ۰/۷۶۲               | ۰/۷۵۷            | ۰/۴۰۲        | ۰/۶۴۲            | ۰/۶۵۰                 | نسبت                   | KR                 |

\*TDS، کل نمک‌های محلول؛ MH، خطر منیزیم؛ IP، شاخص نفوذپذیری؛ Na%، درصد سدیم؛ pH<sub>c</sub>، اسیدیته تئوری؛ SI، اندیس اشباع؛ RSC، کربنات سدیم باقی‌مانده؛ RSBC، بی‌کربنات سدیم باقی‌مانده؛ SAR، نسبت جذب سدیم؛ SAR<sub>adj</sub>، نسبت جذب سدیم اصلاح شده؛ KR، نسبت کلی



کولابی (تالاب‌های حاشیه دریا با تبخیر زیاد یا سدهای ساحلی) دارد. عموماً آبهای با EC کمتر از ۰/۲۵ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان آب‌های با کیفیت خوب و آب‌های با EC بیشتر از ۰/۷۵ دسی زیمنس بر متر به‌عنوان آب‌های با کیفیت بد در نظر گرفته می‌شوند (آقازاده و مقدم، ۲۰۱۰). بر اساس این معیار، آب‌های گازدار منطقه‌ی همه‌کسی برای آبیاری دارای کیفیت بد بوده و بر اساس معیارهای آزمایشگاه شوری ایالت متحده آمریکا (ریچاردز، ۱۹۵۴) و فائو (آیز و همکاران، ۱۹۸۵) دارای شوری زیاد و برای آبیاری نامناسب و دارای محدودیت در استفاده هستند (جدول ۵).

مقدار سدیم و شوری آب، دو پارامتر بسیار مهم و تعیین کننده در ارزیابی کیفیت آب آبیاری هستند. تعیین خطر شوری آب با استفاده از هدایت الکتریکی یکی از بهترین و موثرترین راهنماها در تعیین کیفیت آب کشاورزی است (احمد و همکاران، ۲۰۱۵). هدایت الکتریکی زیاد در آب آبیاری، توانایی گیاه در رقابت با یونها برای جذب آب را کاهش می‌دهد و در نتیجه، آب کمتری در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. آب چاه‌های گازدار منطقه با داشتن هدایت-الکتریکی ۲/۹۶ تا ۶/۰۷ دسی زیمنس بر متر (میانگین ۳/۷۵۵ دسی زیمنس بر متر) دارای شوری زیاد بوده که حکایت از انحلال و واکنش سنگ مخزن با آب زیرزمینی و یا فرآیند تبخیر در محیط

جدول ۵- وضعیت آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی در طبقه‌بندی‌های آب برای مصارف کشاورزی

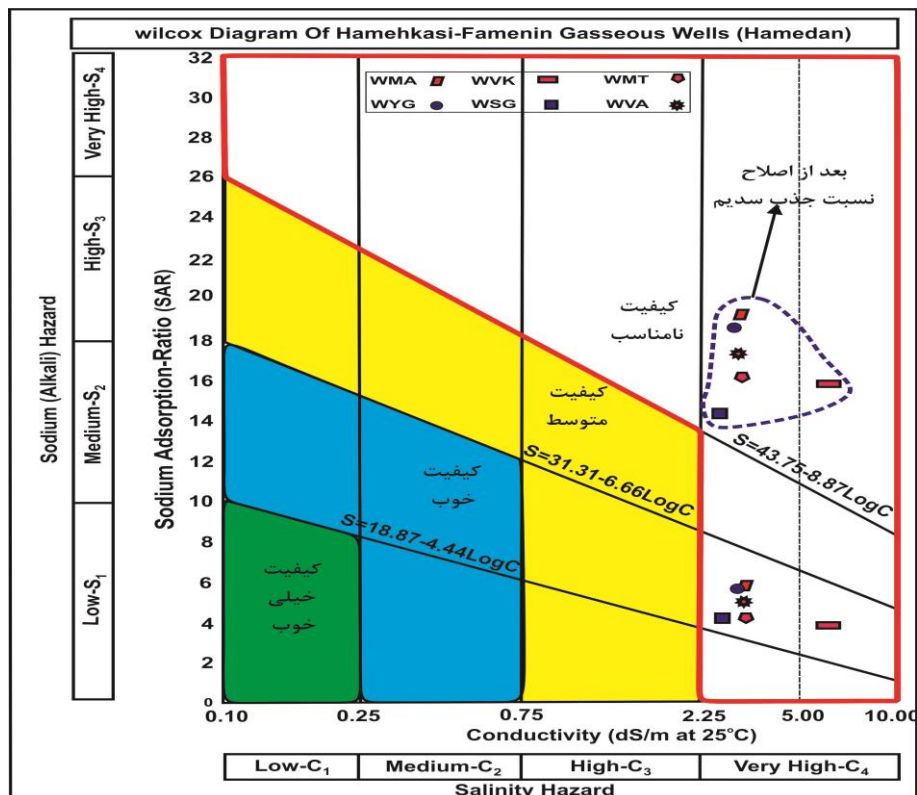
| پارامتر   | بازه یا محدوده                             | کلاس یا طبقه   | *نمونه‌های منطقه       |
|---|--|--|------------------------|
| هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) بر اساس آزمایشگاه شوری ایالات متحده (ریچاردز، ۱۹۵۴) | < ۰/۲۵<br>۰/۲۵-۰/۷۵<br>۰/۷۵-۲/۲۵<br>> ۲/۲۵ | عالی - بدون خطر شوری<br>خوب - خطر شوری کم<br>مشکوک - خطر شوری متوسط<br>نامناسب - خطر شوری زیاد | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) بر اساس آیز و همکاران (۱۹۸۵)                        | < ۰/۷<br>۰/۷-۳<br>> ۳                      | بدون محدودیت در استفاده<br>با محدودیت کم تا متوسط<br>محدودیت شدید در استفاده                   | VA, YG, MA, MT, VK     |
| درصد سدیم بر اساس ایتون (۱۹۵۰)  | > ۶۰<br>< ۶۰                               | نا امن<br>بی خطر   | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| نسبت جذب سدیم بر اساس آزمایشگاه شوری ایالات متحده (ریچاردز، ۱۹۵۴)                     | < ۱۰<br>۱۰-۱۸<br>۱۹-۲۶<br>> ۲۶             | عالی<br>خوب<br>مشکوک<br>نامناسب  | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| خطر کرنات سدیم باقیمانده (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) بر اساس ویلکوکس (۱۹۵۵)              | < ۱/۲۵<br>۱/۲۵-۲/۵<br>> ۲/۵                | بی‌خطر<br>قابل تحمل<br>نامناسب   | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| شاخص نفوذپذیری بر اساس دونین (۱۹۶۴) و راقونات (۱۹۸۷)                                  | کلاس I<br>کلاس II<br>کلاس III              | عالی (نفوذپذیری بیشتر از ۷۵٪)<br>خوب (نفوذپذیری ۲۵٪ تا ۷۵٪)<br>نامناسب (نفوذپذیری حداکثر ۲۵٪)  | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| شاخص کلی بر اساس کلی (۱۹۴۰)   | < ۱<br>> ۱                                 | بدون خطر قلیایی<br>با خطر قلیایی   | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| درصد نسبت منیزیم بر اساس لوید و هیت‌کت (۱۹۸۵)   | < ۵۰<br>> ۵۰                               | مناسب برای آبیاری<br>نامناسب برای آبیاری   | SG, VA, YG, MA, MT, VK |
| درصد خطر منیزیم بر اساس زابولکس و داراب (۱۹۶۴)  | < ۵۰٪<br>۵۰٪-۶۵٪<br>> ۶۵٪                  | مناسب برای آبیاری<br>مرزی (قابل تحمل)<br>نامناسب برای آبیاری                                   | SG, VA, YG, MA, MT, VK |

\*اختصارات همانند جدول ۱

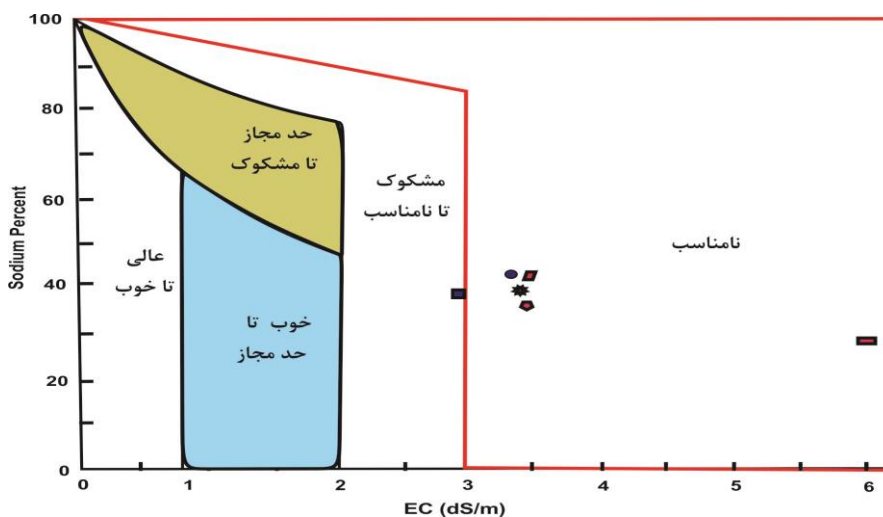
نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی آب ترسیم گردیده است (شکل ۲). آب تمامی چاه‌های گازدار منطقه-ی همه‌کسی در کلاس  $C_4S_2$  و در زمره آب‌های نامناسب برای آبیاری قرار می‌گیرد.

درصد سدیم ( $Na\%$ ) که یکی دیگر از پارامتر-های ارزیابی خطر سدیم در آب آبیاری است در تمامی نمونه‌های آنالیز شده، کمتر از ۶۰ درصد بود (جدول ۴) و بر مبنای معیارهای ارائه شده توسط ایتون (۱۹۵۰) این آب‌ها از نظر میزان سدیم مشکلی ندارند (جدول ۵). البته متذکر می‌گردد که کیفیت آب در ارتباط تنگاتنگ بین سدیم و شوری تعیین می‌شود (ویلکوکس، ۱۹۴۸) و درصد سدیم نمونه‌ها در مقابل EC آنها در دیاگرام ویلکوکس (۱۹۴۸) نشان می‌دهد که آب چاه اسمعی قره‌گوزلو در کلاس آب‌های مشکوک تا نامناسب و آب بقیه چاه‌ها در کلاس نامناسب قرار می‌گیرد (شکل ۳) که با نتیجه حاصل از شوری در مقابل نسبت جذب سدیم (شکل ۲) همخوانی دارد.

خطر سدیم توسط پارامتر مهمی به نام نسبت جذب سدیم (SAR) قابل ارزیابی است، زیرا این پارامتر میزان خطر آلكالی-سدیم را برای محصولات زراعی نشان می‌دهد (سابرامانی و همکاران، ۲۰۰۵). میزان نسبت جذب سدیم در آب به درجه واکنش‌های تبادل کاتیونی در خاک اشاره داشته و مقدار زیاد آن بر مقدار زیاد Na در خاک دلالت دارد که از طریق آب و فرآیند تبادل یونی می‌تواند جایگزین کاتیون‌های  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$  خاک گردد. مقادیر نسبت جذب سدیم در آب چاه‌های گازدار منطقه از ۳/۳۹ تا ۴/۹۶ متغیر می‌باشد و بر مبنای معیارهای ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده آمریکا (ریچاردز، ۱۹۵۴) در زمره آب‌های با کیفیت عالی از نظر نسبت جذب سدیم قرار می‌گیرند (جدول ۵). میزان خطر سدیم و قابلیت استفاده از آب‌های با نسبت جذب سدیم کم، به میزان شوری آب (EC) بستگی دارد (ویلکوکس، ۱۹۵۸). در دیاگرام آزمایشگاه شوری ایالات متحده (ریچاردز، ۱۹۵۴) که بر اساس



شکل ۲- رتبه‌بندی آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی بر مبنای شوری و نسبت جذب سدیم اصلاح شده ( $SAR_{adj}$ ) و اصلاح نشده (SAR) در دیاگرام آزمایشگاه شوری ایالات متحده (ریچاردز، ۱۹۵۴). اختصارات همانند جدول ۱



شکل ۳- موقعیت نمونه‌های آب متعلق به چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی در دیاگرام ویلکوکس (۱۹۴۸).  
علائم همانند شکل ۲ و اختصارات همانند جدول ۱

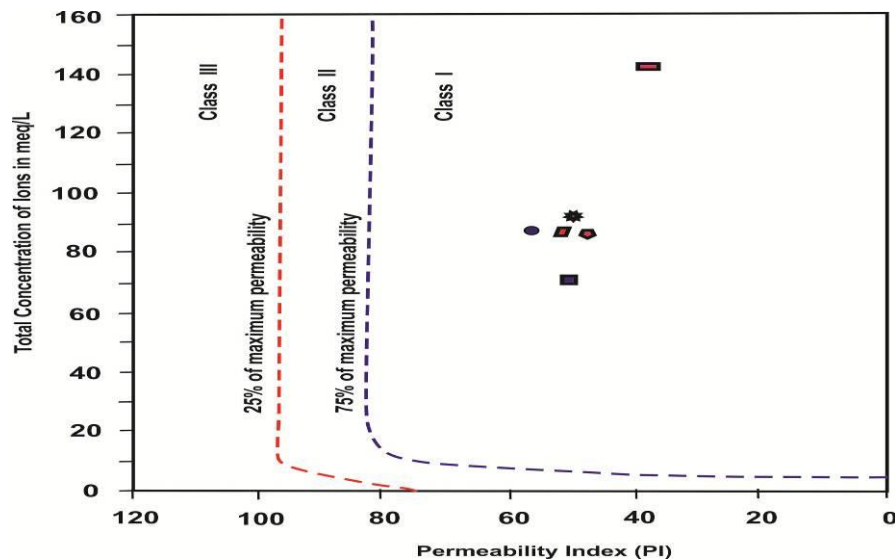
(غلامعلی‌زاده آهنگر، ۱۳۸۶). مقادیر  $SAR_{adj}$  برای نمونه‌های متعلق به آب چاه‌های گازدار منطقه با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شده (جدول ۴) و موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام نسبت جذب سدیم اصلاح‌شده در مقابل هدایت الکتریکی (شکل ۲) ارائه گردیده است. در این شکل، آب تمامی چاه‌ها در نامناسب‌ترین کلاس ( $C4S4$ ) قرار گرفته که هم شور بوده و هم حاوی سدیم زیاد می‌باشند. بنابراین با توجه به نفوذپذیری کم خاک‌های منطقه (مارنی-رسی)، فقدان زهکش مناسب، نبود آب کافی جهت آبیویی، نبود مواد آلی و نبود گچ و مواد اصلاح‌کننده، مصرف این آب‌ها تحت شرایط فعلی حاکم بر منطقه، حتی برای گیاهان بسیار مقاوم به شوری همچون جو، چغندرقد و ذرت خوشه‌ای به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد. به عقیده سیدیکو و همکاران (۲۰۰۵) و راجو و همکاران (۲۰۰۹)، ترسیب یا عدم ترسیب کربنات‌ها از آب در ارزیابی کیفیت آب کشاورزی مهم است. تاثیر خطر ناشی از ترسیب کربنات بر روی کیفیت آب برای اهداف کشاورزی را می‌توان توسط پارامترهای کربنات سدیم باقی‌مانده ( $RSC$ ) و بی-کربنات سدیم باقیمانده ( $RSBC$ ) مورد ارزیابی قرار داد (ایتون، ۱۹۵۰؛ گوپتا و گوپتا، ۱۹۸۷). آب‌های با مقادیر زیاد از کربنات سدیم باقی‌مانده و بی‌کربنات سدیم باقیمانده سبب انحلال مواد آلی خاک می‌گردند که به صورت لکه-های سیاه در سطح خاک خشک شده نمایان می‌شوند.

وجود ته‌نشین‌های سفید بر روی جدار کانال‌های آب و بر روی برگ بوته‌های زراعی در منطقه‌ی همه‌کسی، نشانه‌ای از تمایل آب چاه‌های گازدار برای ترسیب کربنات کلسیم است و در واقع، آب زیرزمینی مقداری از کربنات کلسیم و منیزیم سنگ مخزن را در خود حل نموده و وقتی به سطح زمین می‌رسد، در اثر کاهش فشار و فرار گاز دی‌اکسید کربن، مقداری از کربنات کلسیم محلول در آب را ته‌نشین می‌نماید که این ته‌نشینی سبب کاهش مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم و افزایش میزان نسبی سدیم در آب می‌گردد. میزان تمایل آب‌های منطقه برای ترسیب کربنات کلسیم را می‌توان به کمک اسیدیته تئوری آب ( $pH_c$ ) و یا شاخص اشباع ( $SI$ ) لانجلیر (۱۹۳۶) برآورد نمود (باور و همکاران، ۱۹۶۵). میانگین مقادیر اسیدیته تئوری و اندیس اشباع آب چاه-های گازدار منطقه (جدول ۴) به ترتیب کمتر از ۷/۵۹ و مثبت بوده و نشان می‌دهند که آب تمامی چاه‌های گازدار منطقه تمایل به ترسیب کربنات کلسیم را دارا می‌باشند. از آنجایی که با ترسیب کربنات کلسیم، مقدار یون‌های کلسیم در آب‌های منطقه کاهش و نسبت سدیم افزایش می‌یابد، لذا مقدار  $SAR$  نهایی محلول خاک ( $SAR_{adj}$ ) که آنرا تقریباً مساوی با مقدار سدیم قابل تبادل به‌وجود آمده در خاک ( $ESP$ ) در نظر می‌گیرند با  $SAR$  آب آبیاری ( $SAR_{iw}$ ) برابر نبوده و مقدار آن افزایش نشان می‌دهد

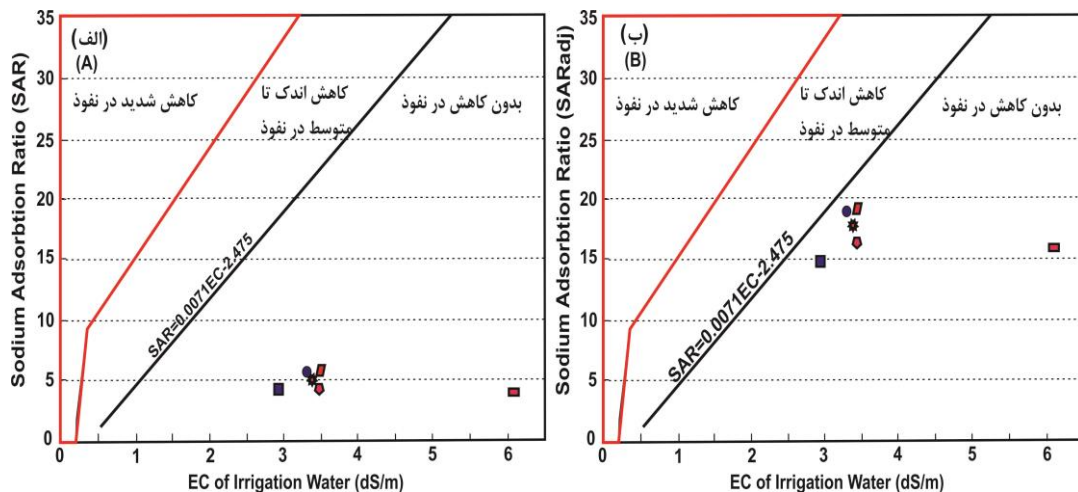
سديم قرار می‌گیرند که سبب کاهش نفوذپذیری خاک و کاهش نفوذ آب به‌داخل خاک نمی‌گردند. هنگامی که EC در مقابل نسبت جذب سديم اصلاح شده ( $SAR_{adj}$ ) ترسیم می‌گردد (شکل ۵-ب)، با وجود آنکه مقدار نسبت جذب سديم افزایش می‌یابد، باز هم اثر سديم موجود در آب آبیاری بر کاهش نفوذپذیری خاک اندک بوده و کاهش چشمگیری در میزان نفوذ آب به‌داخل خاک به وجود نمی‌آید. اثر اندک افزایش سديم بر کاهش نفوذپذیری خاک در منطقه ناشی از زیاد بودن شوری آب چاه‌ها است (هانسون و همکاران، ۱۹۹۹). به هر حال با توجه به اینکه نمونه‌ها در شکل ۵-ب نزدیک به خط جدا کننده محدوده‌ی بدون کاهش در نفوذپذیری از محدوده با کاهش اندک تا متوسط در نفوذ قرار گرفته‌اند، بنابراین در هنگام بارندگی‌های طولانی و یا آبیاری غرقابی بلند مدت، مقدار شوری تا حدی کاهش می‌یابد ولی میزان سديم خاک بر اثر خاصیت بافری خاک، کاهش چشمگیری نشان نمی‌دهد (نسیم و همکاران، ۲۰۱۰؛ نیشانتینی و همکاران، ۲۰۱۰)؛ بنابراین محل نمونه‌ها در شکل ۵-ب به‌صورت افقی به سمت چپ جابجا شده و مقدار نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد و ساختمان خاک تا حدودی تخریب یافته و سفت و سخت می‌گردد. البته با توجه به اینکه میزان  $SAR_{adj}$  آب چاه‌های گازدار منطقه بیشتر از پنج است، بنابراین طبق نظر دفتر برنامه‌ریزی کیفیت آب یا WQP (۲۰۱۱) شستشو توسط بارندگی و یا توسط آب اضافی در آبیاری می‌تواند سبب کاهش چشم‌گیر در مقدار EC و کاهش ناچیز در مقدار SAR گردد که این عمل سبب نابودی دانه‌های پایدار و کاهش نفوذپذیری خاک در لایه‌های سطحی می‌گردد. تجارب صحرايي در منطقه، موضوع فوق را در اراضی تحت آبیاری با آب برخی از چاه‌های گازدار تأیید می‌نماید که در آنها لایه سطحی خاک بر اثر بارندگیها و آبیاری‌های طولانی تا حدودی تخریب، سفت و سخت گردیده که شدیداً سبب کاهش عملکرد محصولات زراعی (حتی یونجه و جو) نیز گردیده است.

مقادیر پارامتر RSC در تمامی چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی کمتر از ۱/۲۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر است که برای آبیاری مناسب بوده و مشکلی ایجاد نمی‌نماید. همچنین مقدار RSBC در چهار نمونه کمتر از پنج میلی-اکی‌والان بر لیتر و در دو نمونه (چاه یداله قشلاقی و چاه ورثه خلج) بیشتر از پنج میلی‌اکی‌والان بر لیتر است که طبق نظر گوپتا و گوپتا (۱۹۸۷) برای آبیاری و رشد گیاهان زراعی به‌ترتیب رضایت‌بخش و مضر می‌باشد.

وقتی مقدار سديم در آب آبیاری زیاد باشد، سديم بر اثر تبادل یونی جایگزین کلسیم و منیزیم در خاک‌های رسی می‌گردد که با پراکنده نمودن ذرات رس، سبب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود و در دوره مرطوب، گردش هوا و آب در داخل خاک کم می‌گردد و وقتی که این خاک‌ها خشک شوند سخت و سفت می‌گردند (کولینز و جنکینس، ۱۹۹۶). میزان اثر سديم بر کاهش نفوذپذیری خاک با شاخص نفوذپذیری (PI) سنجش می‌شود. شاخص نفوذپذیری آب چاه‌های گازدار منطقه از ۳۹/۰۱ تا ۵۴/۰۷ درصد در تغییر بود (جدول ۴) که در طبقه‌بندی‌های دونین (۱۹۶۴) و راقونات (۱۹۸۷) دارای نفوذپذیری بین ۲۵ تا ۷۵ درصد از بیشترین نفوذ ممکنه بوده و در کلاس آب‌های خوب قرار می‌گیرند (جدول ۵). از آنجایی که میزان اثر سديم بر کاهش نفوذپذیری وابسته به میزان شوری آب است، لذا نمونه‌های منطقه در دیاگرام دومینکو و شوارتز (۱۹۹۰) پیاده‌سازی گردیدند (شکل ۴) که همه آنها در کلاس I (با قدرت نفوذ بیش از ۷۵٪ بیشترین نفوذ) قرار می‌گیرند که از نظر نفوذپذیری در حالت عادی مشکلی را ایجاد نمی‌نمایند. علاوه بر این، خطر تأثیر سديم موجود در آب آبیاری بر روی نفوذپذیری خاک توسط فعل و انفعالات شیمیایی SAR-EC و به‌کمک دیاگرام آیرز و همکاران (۱۹۸۵) و یا هانسون و همکاران (۱۹۹۹) نیز ارزیابی می‌گردد. در دیاگرام شکل ۵-الف که بر اساس SAR اصلاح نشده آب آبیاری ترسیم گردیده است، تمامی نمونه‌های منطقه در محدوده‌ای از شوری و نسبت جذب



شکل ۴- موقعیت نمونه‌های آب متعلق به چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی در چارت دومینیکو و سوارتز (۱۹۹۰) بر اساس شاخص نفوذپذیری (PI) و هدایت الکتریکی (EC). علائم همانند شکل ۲ و اختصارات همانند جدول ۱



شکل ۵- موقعیت آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی در دیاگرام هانسون و همکاران (۱۹۹۹). الف) EC در مقابل SAR اصلاح نشده. ب) EC در مقابل SAR اصلاح شده. علائم همانند شکل ۲ و اختصارات همانند جدول ۱

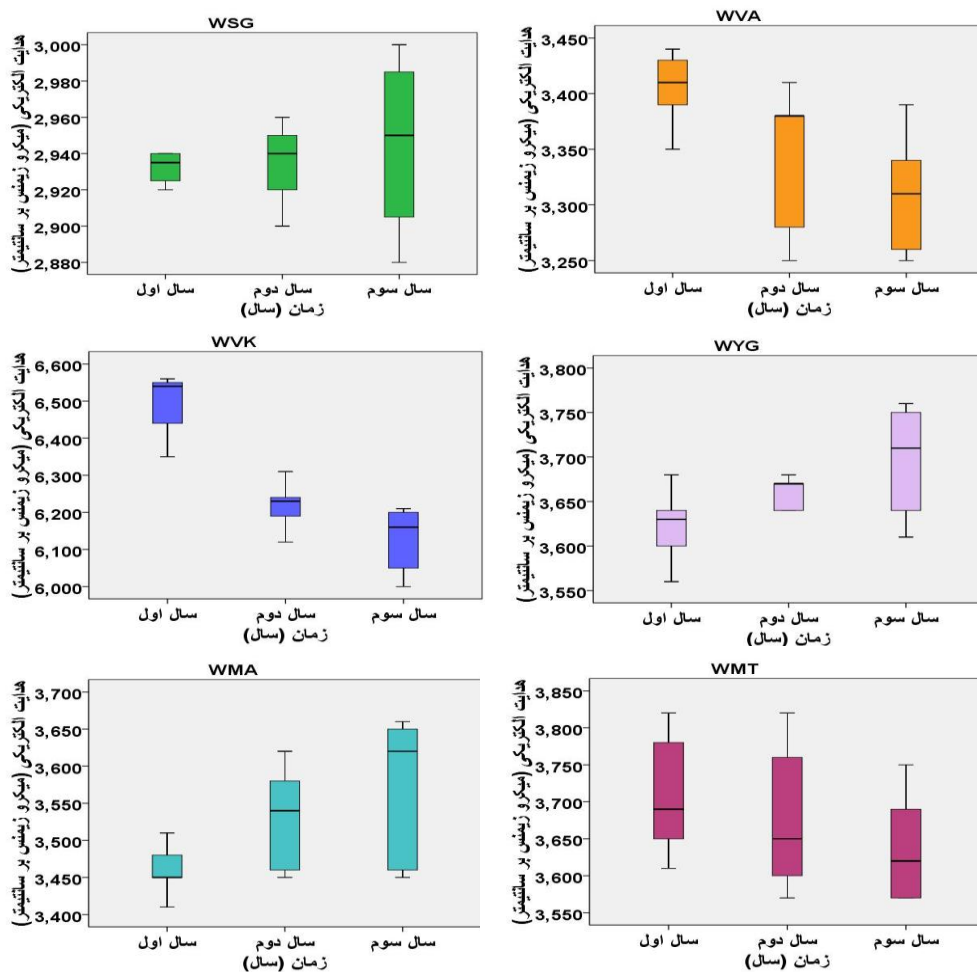
منیزیم و کلسیم در خاک رفتار همسانی نداشته و با افزایش مقدار منیزیم، کیفیت و ساختمان خاک تخریب می‌گردد و به ویژه اگر آب تا حدی سدیمی و شور باشد، محصولات زراعی کاهش می‌یابد (کمار و همکاران، ۲۰۰۷). تحقیقات نشان داده است که اگر دو نوع آب دارای SAR مساوی باشند، آبی که نسبت منیزیم به کلسیم آن بیشتر است باعث بالا رفتن ESP خاک به مقدار بیشتر می‌شود (رحمان و رول، ۱۹۷۹). از آنجایی که مقدار نسبت منیزیم به کلسیم در آب چاه‌های منطقه کمتر از ۰/۵

شاخص کلی یا نسبت کلی (KI) از شاخص-هایی است که برای ارزیابی کیفیت آب برای اهداف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این شاخص به مقدار سدیم در مقابل کلسیم و منیزیم توجه می‌شود (کلی، ۱۹۴۰). مقدار شاخص کلی در آب چاه‌های گازدار منطقه کمتر از یک است و از ۰/۴۰۲ تا ۰/۷۶۲ (میانگین ۰/۶۳۶) در تغییر است که بر مبنای طبقه‌بندی کلی (جدول ۵)، آب چاه‌های گازدار منطقه از نظر سدیم مشکلی ایجاد نمی‌نمایند.

است (به جزء چاه ورثه خلیج)، لذا بر اساس نظر لوید و هیت‌کت (۱۹۸۵)، آب چاه‌های منطقه از نظر مقدار منیزیم چندان مشکلی نداشته و سبب قلبایی شدن خاک و کاهش محصولات زراعی نمی‌گردد (جدول ۵). پالیوال (۱۹۷۲) اندیس خطر منیزیم را برای ارزیابی آب آبیاری معرفی نمود. میانگین پارامتر مذکور در آب چاه‌های گازدار منطقه مورد مطالعه حدود ۲۳/۵۲ درصد است که از ۹/۵۶ تا ۳۹/۹۵ درصد در تغییر است و بر مبنای طبقه‌بندی زابولکس و داراب (۱۹۶۴) برای آبیاری زراعی مشکلی ایجاد نمی‌نماید (جدول ۵).

بررسی آماری روند تغییرات شوری آب (هدایت الکتریکی) به‌صورت ماهیانه و سالیانه در شش چاه‌گازدار از منطقه همه‌کسی نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی آب در هر سال عموماً دارای نوسان نسبتاً زیادی می‌باشد (شکل ۶)؛ که این نوسان می‌تواند در اثر ورود آب‌های سطحی به سفره آب موجود در سیستم درز و شکاف سنگ بستر و یا تفاوت در میزان انحلال ناشی از تغییرات موضعی ترکیب و اسیدیته آب باشد. علاوه بر نوسانات ماهیانه، عموماً تغییرات به‌صورت سالیانه نیز وجود دارد، به‌طوری‌که در چاه‌های اسمعی قره‌گوزلو، یداله قشلاقی و مقصودعلی امیری، روند تغییرات شوری به‌صورت صعودی و در چاه‌های ورثه آقاجانی، ورثه خلیج و محمد طاهری به‌صورت نزولی است (شکل ۶). این تفاوت روند در تغییرات شوری، حکایت از تفاوت در میزان ارتباط مجاری تغذیه کننده آب چاه‌ها با حفرات و مجاری مجاور و تفاوت در میزان ورود محلول‌های گرمابی به مجاری مجاور دارد و تصور می‌رود که مجاری

تغذیه کننده در چاه‌هایی که روند صعودی دارند هنوز درگیر دریافت پالس‌هایی از محلولهای ممزوج با سیالات گرمابی و با شوری متفاوت می‌باشند. بررسی جدول (۶) نشان می‌دهد که تغییرات هدایت الکتریکی آب در چاه‌هایی که روند صعودی نشان می‌دهند، با سطح اطمینان ۹۵ درصد (سطح معنی‌داری پنج درصد) عموماً معنی‌دار نمی‌باشد (به جزء یک مورد)، ولی تغییرات هدایت الکتریکی در چاه‌هایی که روند نزولی دارند معنی‌دار است. علاوه بر این، روند تغییرات میانگین شوری در شش چاه‌گازدار به‌صورت دسته‌جمعی (شکل ۷) نزولی و معنی‌دار است (جدول ۶) و با گذشت زمان، میزان شوری آب در چاه‌ها کاهش می‌یابد. این روند، خلاف روند مورد انتظار برای آب‌ها زیرزمینی در شرایط معمول است. روند نزولی مشاهده شده، ناشی از شوری زیاد حاصل از فعالیت سیالات گرمابی و محیط اسیدی ایجاد شده توسط آنها در زمان‌های گذشته است (امیری و همکاران، ۱۳۹۶). به تدریج که این آب‌ها استخراج می‌شوند و آب سطحی و یا آب از سفره آبرفتی مجاور (دشت آبرفتی کبودرآهنگ-فامنین) به آب‌زیرزمینی منطقه همه‌کسی (آب موجود در حفرات، مجاری و سیستم درز و شکاف سنگ بستر) اضافه و وارد می‌شود، مقدار شوری آب کاهش و کیفیت شیمیایی آب بهبود می‌یابد که البته این روند نزولی تا زمانی ادامه می‌یابد که محلول‌های ناهنجار (سیالات گازدار) وارد شده به آب موجود در سیستم درز و شکاف سنگ بستر به اتمام برسند و از آن زمان به بعد، میزان شوری آب، روند صعودی و معمول خود را همانند سایر آب‌های زیرزمینی بدست می‌آورد.



شکل ۶- نمودارهای تغییرات ماهیانه و سالیانه هدایت الکتریکی آب در چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی

جدول ۶- وضعیت معنی‌داری تغییرات هدایت الکتریکی آب در طی سه سال در شش چاه گازدار در منطقه همه‌کسی

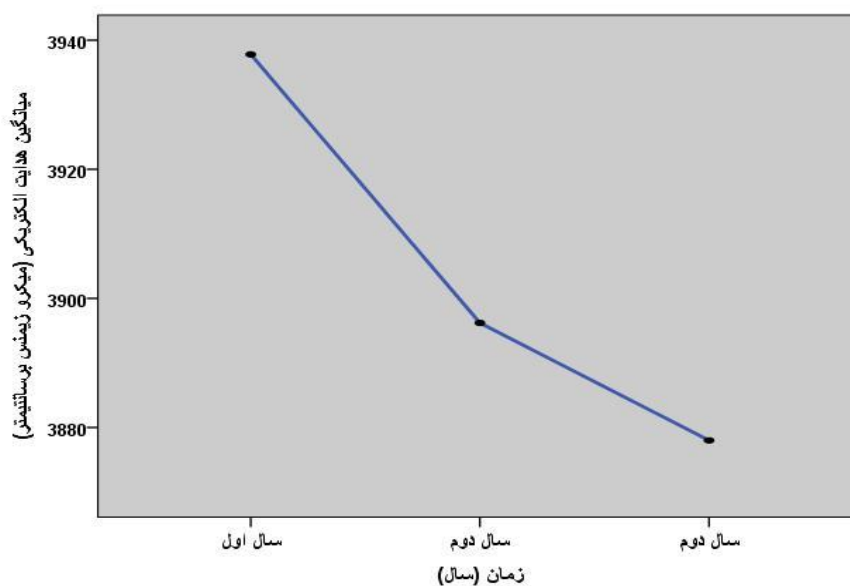
| تفاوت در میانگین‌ها | سطح معنی‌داری (مقدار $p$ ) در آزمون میانگین‌ها |                        |                            |                          | سطح معنی‌داری (مقدار $p$ ) در آزمون کروییت داخلی | صاحب چاه         |
|---------------------|--|------------------------|----------------------------|--------------------------|--|------------------|
|                     | کران پائین <sup>۱۵</sup>                       | هاین فلت <sup>۱۴</sup> | گرمخانه گیزر <sup>۱۳</sup> | فرض کروییت <sup>۱۲</sup> |  |                  |
| بی معنی             | ۰/۶۶۰  | ۰/۷۲۸                  | ۰/۶۸۸                      | ۰/۷۹۷                    | ۰/۲۶۱  | اسمعلی قره گوزلو |
| معنی‌دار            | ۰/۰۹   | ۰/۰۰                   | ۰/۰۱                       | ۰/۰۰                     | ۰/۶۷۴  | ورثه آقاجانی     |
| معنی‌دار            | ۰/۰۰   | ۰/۰۰                   | ۰/۰۰                       | ۰/۰۰                     | ۰/۳۹۰  | ورثه خلج         |
| بی معنی             | ۰/۱۵۰  | ۰/۱۳۱                  | ۰/۱۴۰                      | ۰/۰۹۷                    | ۰/۱۲۹  | یداله قشلاقی     |
| معنی‌دار            | ۱  | ۰/۰۴۸                  | ۰/۰۵۵                      | ۰/۰۴۸                    | ۰/۸۵۵  | مقصودعلی امیری   |
| معنی‌دار            | ۰/۰۴۸  | ۰/۰۳۱                  | ۰/۰۳۹                      | ۰/۰۱۳                    | ۰/۱۳۷  | محمد طاهری       |
| معنی‌دار            | ۰/۰۲۷  | ۰/۰۰۴                  | ۰/۰۰۸                      | ۰/۰۰۴                    | ۰/۷۳۳  | کل چاه‌ها        |

<sup>12</sup>. Sphericity Assumed

<sup>13</sup>. Greenhouse-Geisser

<sup>14</sup>. Huynh-Feldt

<sup>15</sup>. Lower-bound



شکل ۷- تغییرات میانگین سالیانه هدایت الکتریکی آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی

#### نتیجه‌گیری

این پژوهش با استفاده از اندازه‌گیری‌های صحرائی، آزمون‌های آزمایشگاهی، معیارها و استانداردها و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، جهت ارزیابی کیفیت آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی در کشاورزی و روند تغییر کیفی آنها انجام گردید. نتایج نشان داد که شوری (هدایت الکتریکی) آب چاه‌های گازدار منطقه زیاد و با میانگین  $3/775$  دسی‌زیمنس بر متر از  $2/960$  تا  $6/070$  دسی‌زیمنس بر متر در نوسان است. با توجه به اینکه بافت خاک در منطقه ریز و مارنی است و به صورت طبیعی زهکش نمی‌شود، لذا استفاده مستقیم و بدون رعایت ملاحظات لازم (روش فعلی آبیاری) موجب کاهش عملکرد محصولات، به خصوص در برخی از چاه‌ها گردیده است. این امر اولاً ناشی از شور شدن خاک در محل ریشه گیاه است و ثانياً بارندگی‌ها و آبیاری‌های غرقابی طولانی مدت سبب شده تا کاهش چشمگیر در شوری و کاهش اندک در سدیم قشر فوقانی خاک به وجود آید و ساختمان قشر بالایی خاک تخریب و سفت گردد.

بررسی روند تغییرات شوری آب نشان می‌دهد که در طی سه سال، میزان هدایت الکتریکی آب در چاه‌های اسمعیلی قره‌گوزلو، یداله‌قشلاقی و مقصودعلی امیری به ترتیب از مقادیر  $2/932$ ،  $3/622$  و  $3/460$  دسی‌زیمنس بر متر به  $2/945$ ،  $3/694$  و  $3/568$  دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته است. روند تغییر هدایت الکتریکی در چاه‌های ورثه خلج، ورثه آقاجانی و محمد طاهری نزولی بوده است و به ترتیب از  $6/488$ ،  $3/404$  و  $3/71$  دسی‌زیمنس بر متر به  $6/124$ ،  $3/310$  و  $3/640$  دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. میانگین شوری در شش چاه گازدار به صورت دسته‌جمعی از  $3/938$  دسی‌زیمنس بر متر به  $3/878$  دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت که خلاف روند مورد انتظار برای آب‌ها زیرزمینی در شرایط معمول است. این روند ناشی از فعالیت سیالات گرمابی و محیط اسیدی ایجاد شده توسط آنها است و به تدریج که آب‌های آغشته به سیالات گرمابی استخراج شوند، کیفیت آب چاه‌های گازدار منطقه رو به بهبودی می‌نهد که نرخ آن با گذشت زمان کاهش می‌یابد. لذا انتظار می‌رود با گذشت زمان، مشخصات کیفی آب چاه‌ها و خصوصیات آنها به تدریج تغییر روند داده و به روند تغییرات آب‌های زیرزمینی طبیعی نزدیک شود.



شود و در مراحل بعدی رشد گیاه از آب با کیفیت مناسب و شور به طور متناوب و یا به روش اختلاط استفاده شود. همچنین شخم عمیق و افزودن کود حیوانی، پرلیت دانه ریز و گرانول ژیپس به خاک جهت بهبود ساختمان و بافت آن در منطقه توصیه می‌گردد.

استفاده از آب چاه‌های گازدار منطقه همه‌کسی تنها با رعایت ملاحظات خاص قابل توصیه می‌باشد و لذا پیشنهاد می‌گردد که با مجوز وزارت نیرو، چاهی در چند کیلومتری روستای همه‌کسی و در سفره آب شیرین دشت فامنین- کبودآهنگ حفر گردد و آب آن چاه به منطقه همه‌کسی منتقل و از آن در مرحله جوانه‌زنی گیاه استفاده

## فهرست منابع

۱. اصغری مقدم، م. و رجب‌پور، ح. (۱۳۸۱). بررسی تاثیر خواص هیدروشیمیایی آب زیرزمینی بر ساختمان چاه‌های کشاورزی دشت آذرشهر، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، ۲۸ الی ۳۰ بهمن ماه ۱۳۸۱، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران، ص ۳۴۲-۳۴۳.
۲. افشانی، ع.ر.، نوریان، م. و حسینی‌رامشه، ز. ۱۳۸۴. *فرازی بر SPSS14*. تهران، نشر بیشه، ۳۳۰ صفحه.
۳. امیری، م. ۱۳۷۴. مطالعه پترو گرافی، پترو لوزی و مواد معدنی منطقه آلموقلاق ( شمال اسد آباد همدان). پایان نامه کارشناسی ارشد پترو لوزی. دانشگاه تربیت معلم تهران، ۲۳۱ صفحه.
۴. امیری، م. ۱۳۸۳. نشانه‌های فعالیت هیدروترمالی و پنوماتولیتی وسیع در شمال استان همدان. بیست و سومین همایش علوم زمین، ۲۶ تا ۲۸ بهمن ماه ۱۳۸۳، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران.
۵. امیری، م. ۱۳۸۴. ارتباط بین فروچاله های دشت فامنین- کبودآهنگ- قهاوند با سنگ کف منطقه. *فصلنامه علوم زمین*، جلد ۱۵ شماره ۵۸، ص ۱۳۴-۱۴۷.
۶. امیری، م.، اسدیان، ق. و امیری، ع.م. ۱۳۸۸. علل گازدار شدن چاه‌های آب کشاورزی در دشت های شمالی استان همدان و خوردگی تجهیزات آن‌ها. *مجله پژوهش آب ایران*. جلد ۳ شماره ۴، ص ۵۱-۶۲.
۷. امیری، م.، رحیمیان، م.ح. و موسوی، س.ا. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات شوری و کیفیت آب چاه‌های کشاورزی گازدار در منطقه همه‌کسی- فامنین، استان همدان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، کد مصوب ۹۳۱۰۸-۲۳-۶۳-۴، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان.
۸. جلالی، م. ۱۳۸۰. مطالعه کیفیت آب چاه‌های شهرستان همدان. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان همدان. نشریه شماره ۲۷۵، ۱۱۴ صفحه.
۹. زرگر، م. ۱۳۸۴. راهنمای جامع *SPSS13* همراه با تمرینهای علمی و کاربردی، تهران، نشر بهینه، ۵۵۶ صفحه.
۱۰. ستوده، م.، یعقوبی، ب. و عبدالصالحی، س.ا. ۱۳۹۰. علل گازدار شدن و فوران چاه آب واقع در روستای عمان و ارائه راهکارها. پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، کد COI مقاله: CEE05\_116 که با آدرس [https://www.civilica.com/Paper-CEE05-CEE05\\_116.html](https://www.civilica.com/Paper-CEE05-CEE05_116.html) در دسترس است.
۱۱. عسگری کیا، ر. ۱۳۷۸. بررسی علل خورنده بودن آب‌های دشت قهاوند استان همدان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۰۷ صفحه.
۱۲. غلامعلی‌زاده آهنگر، ا. ۱۳۸۶. کیفیت و ارزیابی کیفی آب آبیاری. تهران، نشر علوم کشاورزی، ۱۱۴ صفحه.

13. Aghazadeh, N. and A.A. Mogaddam. 2010. Assessment of Groundwater quality and its Suitability for Drinking and Agricultural Uses in the Oshnavieh Area, Northwest of Iran. *Journal of Environmental Protection*, 1: 30 – 40
14. AGRI-FACTS. 2018. Dissolved gases in well water, Agdex 716(D18), revised July 2006. Available online at: [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex637/\\$file/716d18.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex637/$file/716d18.pdf)? Accessed 27, June 2018.
15. Ahmed, N., Ali, M.A., Rashid, M.K., Noreen, S. and B. Butt. 2015. Irrigation quality of underground water in District Multan. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 31: 211-220.
16. Amiri, M., Ahmadi Khalaji, A., Tahmasbi, Z., Zarei Sahamieh R. and H. Zamanian. 2016. Geothermobarometry of amphiboles in intermediate to basic rocks from the Almogholagh pluton in western Iran. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. 111: 337-350.
17. Amiri, M., Ahmadi Khalaji, A., Tahmasbi, Z., Zarei Sahamieh R. and H. Zamanian, 2017. Geochemistry, petrogenesis, and tectonic setting of the Almogholagh batholith in the Sanandaj Sirjan zone, western Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 134: 113-133.
18. APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition. A.D. Eaton, L.S. Clesceri and A.E. Greenberg, eds. American Public Health Association, Washington, DC.
19. Ayers, R.S., Westcott D.W. and FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, 29 (Rev.1).
20. Babiker I.S., Mohamed, M.A.A. and T. Hiyama. 2007. Assessing groundwater quality using GIS. *Water Resources. Management*, 21: 699–715.
21. Bower, C.A. and M. Maasland. 1963. Sodium hazard of Punjab ground waters Symposium on water logging and salinity in West Pakistan, 49-61.
22. Bower, C.A., Wilcox, L.V., Aikens, G.W., and M.G. Keyes. 1965. An index of the tendency of  $\text{CaCO}_3$  to precipitate from irrigation waters. *Soil Science Society of America, Proceedings*, 29:91-92.
23. Chemiasoft, Online ebook. 2017. Guide To Preparation of Stock Standard Solutions. Available online at: <http://www.chemiasoft.com/chemd/TDS>, Accessed 19, December 2017.
24. Collins, R. and A. Jenkins. 1996. The Impact of Agricultural Land Use on Stream Chemistry in the Middle Hills of the Himalayas, Nepal. *Journal of Hydrology*, 185: 71-86.
25. Domenico P.A. and F.W. Schwartz. 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology*. New York, John Wiley and sons. 410-420.
26. Doneen, L.D. 1962. The influence of crop and soil on percolating waters. California, USA: Proceedings of the Biennial Conference on Ground Water Recharge (1961), 156-163.
27. Doneen, L.D. 1964. Notes on Water Quality in Agriculture published as a Water Science and Engineering Paper 4001, Department of Water Science And Engineering, University of California, Davis, USA.
28. Eaton, F. M. 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 39: 123–133.
29. Edmunds W.M., Carillo-Rivera, J.J. and , A. Cardona 2002. Geochemical evolution of groundwater beneath Mexico City. *Journal of Hydrology*, 258: 1–24.
30. Gupta, S. K. and Gupta, I. C. 1987. *Management of Saline Soils and Water*. Co. New Delhi, India Oxford and IBH Publication, 399 p.
31. Hakim, M.A., Juraimi, A.S., Begum, M., Hasanuzzaman, M., Uddin, M.K., and , M.M. Islam. 2009. Suitability evaluation of groundwater for irrigation, drinking and industrial purposes. *American Journal of Environmental Sciences*, 5: 413–419.
32. Hamilton, D. and H. Zhang. 1972. Solids Content of Wastewater and Manure, Oklahoma Cooperative Extension Service, BAE-1759.

33. Hansson, B.R., Grattan, S.R. and A. Fulton. 1999. Agricultural salinity and drainage. University of California, Davis. Report revised 1999 Edition.
34. Kelley, W.P. 1940. Permissible composition and concentration of irrigated waters. In: Proceedings of the ASCF, 66: 1- 607.
35. Kumar M., Kumari, K., Ramanathan, A.L. and R. Saxena. 2007. A comparative evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purposes in two intensively cultivated districts of Punjab, India, *Environmental Geology*, 53: 553–574.
36. Lahermo, P. and B. Backman. 1999. Nitrates in groundwater in Finland: the most endangering quality problem. *hydrogeology and Land Use Management*, 329–333.
37. Langelier, W.F. 1936. The analytical control of anticorrosion water treatment. *Journal of the American Water Works Association*, 28: 1500-1521.
38. Lloyd, J.W. and J.A. Heathcote. 1985. Natural inorganic hydrochemistry in relation to ground water-an introduction. Clarendon Press, Oxford, 296 p.
39. Nag, S.K. and P. Ghosh. 2013. Variation in Groundwater Levels and Water Quality in Chhatna Block, Bankura District, West Bengal –A GIS Approach. *Journal of the Geological Society of India*, 81: 261-280.
40. Naseem, S., Hamza S. and E. Bashur. 2010. Groundwater Geochemistry of Winder Agricultural Farms, Balochistan Pakistan and Assessment for Irrigation Water Quality. *European Water*, 31: 21-32.
41. Nishanthiny, S.C., Thusshanthi, M., Barathithasan, T. and S. Saravanan. 2010. Irrigation water quality based on hydrochemical analysis, Jaffna, SriLanka. *American-Eurasian journal of agriculture and environmental sciences*, 7: 100-102.
42. Paliwal, K.V. 1972. Irrigation with saline water. New Delhi. IARI. Monogram N. 2, new series, 198 p.
43. Raghunath, I. I. M. 1987. Groundwater. Second edition; Wiley Eastern Ltd., New Delhi, India, 344-369.
44. Raju, N.J. 2006. Hydrogeochemical parameters for assessment of groundwater quality in the upper Gunjanaeru River basin, Cuddapah District, Andhra Pradesh, India. *Environmental Geology*, 6: 1067-1074.
45. Raju, N.J., Ram, P. and S. Dey. 2009. Groundwater Quality in the Lower Varuna River Basin, Varanasi District, Uttar Pradesh, India. *Journal of the Geological Society of India*, 7: 178-192.
46. Rahman W. A. and D.L. Rowell. 1979. The influence of magnesium in saline and sodic soils: A specific effect or a problem of cation exchange? *European Journal of Soil Science*, 30: 535-546.
47. Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D. and L.S. Clesceri (editors). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Publisher: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), 22nd Edition. 1496 p.
48. Rhoades, J.D. 1972. Quality of water for irrigation, *Soil Science*, 113: 277-284.
49. Richards, L. A. (United States Salinity Laboratory Staff). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agricultural Handbook No 60*, United States Department of Agriculture, Washington DC, 160 p.
50. Sastri, J.C.V. 1994. Groundwater Chemical quality in River Basins, Hydrogeochemical Facies and Hydrogeochemical Modeling, Lecture notes- Refresher Course conducted by School of Earth Sciences, Bharathidasan University, Tiruchirapalli, Tamil Nadu, India.
51. Seibt, A., P. Hot., And D.Naumann. 2003. Gas solubility in formation waters of the North German Basin Implication for Geothermal energy recovery. Proceeding, World Geothermal Congress 2003 Kyushu. Tohoku japan. May 28- Jan 10, 2000.
52. Siddiqui, A., Naseem, S. and T. Jalil. 2005. Groundwater Quality Assessment in and around Kalu Khuhar, Super Highway, Sindh, Pakistan. *Journal of Applied Sciences*, 5: 1260-1265.
53. Stamatis, G. 2010. Ground water quality of the Ag. Paraskevi Tempi valley karstic springs application of a tracing test for research of the micro-bial pollution

- (KatoOlympos/NE Thessaly). Bulletin of the Geological Society of Greece, 43: 1868–1877.
54. Subramani, T., Elangoand, L. and S.R. Damodarasamy. 2005. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India. Environmental Geology, 47: 1099–1110.
  55. Szabolcs, I. and C. Darab. 1964. The influence of irrigation water of high sodium carbonate content of soils. In Proceedings of 8th international congress of ISSS, Transaction II, 81–803.
  56. Todd, D.K. 1980. Groundwater Hydrology. 2 Edn, John Wiley and Sons, New York, ISBN-10:0471 08641X, 535 p.
  57. Tsunogai, U., Ishibashi, J., walita, H., Gamo, T., Masuzama, T., Nakatsuka, T., Nojiri, Y., and Nakamura, T. 1996. Fresh water seepage and pore water recycling on the seefloor.
  58. Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Ganthi, R. R., Chidambaram, S., Anandhan, P., vannaan, R., and S. Vasudevan. 2010. Application of Water Quality Index for Groundwater Quality Assessment: Thirumanimuttar Sub-Basin, Tamilnadu, India. Environmental Monitoring and Assessment, 171: 595-609
  59. WQPB, (Prepared by: Water Quality Planning Bureau and Water Quality Standards Section). 2011. A Review of Rationale for EC and SAR Standards. Helena, MT: Montana Department of Environmental Quality.
  60. Wilcox, L.V. 1948. Classification and Use of Irrigation Waters. U.S. Department of Agriculture, Washington DC, 962 p.
  61. Wilcox, L.V. 1955. Classification and use of irrigation water. U.S.Department of Agriculture, Circular No. 969, Washington D.C., U.S.A. 19 p.
  62. Wilcox, L.V. 1958. Inf. Bull 197, USDA, Washington, DC.
  63. WHO (World Health Organization). 2004. Guidelines for Drinking water quality, Geneva, 515 p.

## Assessment of Water Quality of Gaseous Wells and Its Suitability for Agricultural Uses in the Hameh-Kasi Area, Hamedan Province

M. Amiri<sup>1</sup> \*

Assistant Professor of Research: Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran.

amiran1342@gmail.com

### Abstract

Due to the important role of irrigation water chemical composition in the yield of crops and its effects on the soil structure, it has been taken into consideration by the agricultural sector planners. In this regard, the sour and burning taste of water in some agricultural wells around the HamehKasi village in Hamedan province has caused concerns about their water composition and possible detrimental effects on soil structure and plant growth. Therefore, the present study was conducted to evaluate the water quality and the trend of changes in its composition. In this study, 6 gaseous water-wells were identified and their salinity was measured 15 times in three years (5 times each year), and the trend of their electrical conductivity changes was evaluated by SPSS software. Also, from each well, one sample was taken in order to determine the electrical conductivity, cations and anions content, and their chemical indices were calculated and evaluated by means of different criteria and diagrams. The results showed that calcium and bicarbonate ions have the highest concentrations in these waters, and the water of the mentioned wells was considered as unconventional and was Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> type. The water salinity of these wells was high (from 2.96 to 6.07 dS/m), and had very high salinity and sodicity (C4S4) after correction of the sodium adsorption ratio. Due to high salinity of water, fine-textured soil and lack of sufficient water for leaching, it is expected that the soil will be salinized in the root zone by irrigation, and as a result, the yield of plants and especially perennial plants would decrease. However, the statistical analysis of the electric conductivity changes of gaseous water-wells in HamehKasi area indicated that the salinity of their water decreased significantly over time. Consequently, the quality of water in the HamehKasi area in terms of irrigation improved over time.

**Keywords:** Groundwater, Non-conventional water, Irrigation, Gaseous water-well, Hamadan

---

1- Corresponding author: Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Hamedan, Soil Conservation and Watershed Management Research Department.

\*-Received: April 2018 and Accepted: November 2018