



Evaluating the Quality of Groundwater and its Suitability for Irrigation in Misan Governorate Southern Iraq

Bashar Jabbar Al-Sabah¹, and Ali Jaseb Badr Al-Duraie²

¹College of Agriculture - Misan University – Iraq

²Ministry of Agriculture, Directorate of Agriculture, Misan

*Corresponding author e-mail: dr.basharalsabah@gmail.com, zainchasib55@gmail.com

Abstract:

This study was conducted to evaluate the quality of groundwater in Misan governorate by selecting 15 distributed wells in different areas (Ali Al-Gharbi, Ali Al-Sharqi, Al-Tayeb, Al-Musharrah, Governorate center, Al-Battira, Al-Maymouna and Al-Uzair). The physical and chemical properties of water samples were estimated, such as (pH, EC, T.H, Calcium, magnesium, sodium, potassium, chloride, sulfate, and bicarbonate). The results were showed variations in the concentrations of ions depending on their locations. Some evidences were used to evaluate the quality of water for irrigation, and it was found that 73.33% of the water samples are within the C₄S₁ class, which is very high in salinity and not suitable for irrigation according to the SAR standard. The values of % Na were ranged between (26.22-71.04) % and that 33.33% of the water samples were good and suitable for irrigation according to this standard, while 26.66% of the water samples are suitable for irrigation according to the P.S standard. As for the RSC and PI evidences, all water samples are suitable for irrigation. When using the Kelly index, it was found that all water samples are suitable for irrigation except for sites 7 and 14 (Al-Musharrah and Al-Uzair), in addition, 60% of the water samples are suitable for irrigation according to the MAR standard.

Keywords: Water quality assessment, ground water, irrigation, Misan Governorate.

تقييم جودة المياه الجوفية ومدى صلاحيتها للري في محافظة ميسان جنوب العراق

بشار جبار جمعه الصباح¹ و علي جاسب بدر الدريعي²

¹جامعة ميسان- كلية العلوم

²وزارة الزراعة، مديرية زراعة محافظة ميسان

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة لتقييم نوعية المياه الجوفية في محافظة ميسان من خلال اختيار 15 بئراً موزعة على مناطق مختلفة (علي الغربي، علي الشرقي، الطيب، المشرح، مركز المحافظة، البتيرة، الميمونة، العزيز). قدرت الخصائص الكيميائية لعينات المياه مثل (pH, EC, T.H, وايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلورايد والكبريتات والبيكاربونات). بينت النتائج وجود تغيرات في تراكيز الأيونات باختلاف مواقعها، استخدمت بعض الأدلة في تقييم نوعية المياه للري فقد وجد أن 73.33% من عينات المياه وقعت ضمن الصنف C₄S₁ وهي عالية الملوحة جداً وغير مناسبة للري وفقاً إلى معيار SAR، تراوحت قيم %Na بين (26.02 - 71.04) % وأن 33.33% من عينات المياه هي جيدة وصالحة للري وفق هذا المعيار، في حين أن 26.66% من عينات المياه هي صالحة للري وفق معيار P.S، أما بالنسبة إلى دليل RSC و PI فإن جميع عينات المياه صالحة

للري, وعند استخدام دليل كيلي وجد أن جميع عينات المياه مناسبة للري عدا الموقعين 7 و 14 (المشراح والعزير). كما أن 60% من عينات المياه صالحة للري وفق معيار MAR.

الكلمات المفتاحية: تقييم جودة المياه, المياه الجوفية, صلاحية الري, محافظة ميسان.

المقدمة

تعد الموارد المائية من الموارد الطبيعية الهامة مما جعلها العنصر المحدد لاستغلال الأراضي الزراعية علماً أن العراق يقع ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة وبسبب محدودية المياه الصالحة للري والحاجة إلى التوسع الزراعي وسد النقص في الطلب على الغذاء أصبحت دراسة الموارد المائية في الوقت الحاضر لها أهمية خاصة. والمياه الجوفية هي إحدى الموارد المائية التي يمكن الاعتماد عليها في الأغراض الزراعية والاستخدامات الأخرى بعد تقييمها وفق معايير وأسس تلائم تلك الأغراض.

أتجه كثير من الناس في العراق إلى حفر الآبار من أجل الزراعة وتربية الحيوانات أو لأغراض الشرب كما هو الحال في المزارع المنتشرة في الصحراء الغربية حيث تسود زراعة الخضروات (ياسين وآخرون, 1998) وتقدر كمية المياه الجوفية المستخدمة في مجالات الري والاستخدامات الأخرى بحدود 2.4 مليار متر مكعب سنوياً (الجواهري والشمري, 2009). بدأ الاهتمام بتجديد مدى صلاحية هذه المياه للري منذ أن لجأ الإنسان إلى استخدام مصادر جديدة للري مثل المياه الجوفية ومياه البزل ومياه الصرف الصحي (خليل, 1998). يعتمد تقييم نوعية مياه الري على ثلاثة عوامل رئيسية كيميائية وفيزيائية وإحيائية حيث تختلف مياه الري من حيث محتواها الملحي وتركيبها الأيوني بصورة كبيرة وينتج عن ذلك تباين في نوعيتها حيث تعتمد على نوع وكمية الأملاح الذائبة والنااتجة من إذابة أو تجوية الصخور مثل الجبس والكلس والتي تنتقل بدورها مع مياه الري (Ayers and Westcot, 1985). وبالإمكان أن تلعب المياه الجوفية في العراق دوراً مهماً في تطوير المناطق الزراعية حيث أن ما نسبته 25% فقط من الأراضي الزراعية تسقى بالمياه السطحية ونسبة 75% الباقية من الأراضي الزراعية يمكن أن تطورها المياه الجوفية (وزارة الموارد المائية تقرير فني, 2006).

ولهذا يمكن القول أن استثمار المياه الجوفية في مناطق شرق وشمال شرق محافظة ميسان يعد من أهم ركائز حصول التنمية الزراعية فيها بسبب ثبات هذه المياه وإمكانية الاعتماد عليها في الاستثمار الزراعي لا سيما وأن المنطقة تحظى بكميات متفاوتة من الأمطار, فضلاً عن أن الموارد المائية السطحية لمنطقة الدراسة تتمثل بنهري الطيب والدويريج والتي تنسم تصاريهما بالتدبذ الشديد من سنة لأخرى ومن موسم لآخر فضلاً عن نوعيتها الرديئة التي قد لا تصلح لري بعض المحاصيل الزراعية (سعد وكاظم, 2021). لذلك كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم نوعية مياه الآبار الجوفية في محافظة ميسان وإمكانية الاستفادة منها في ري المحاصيل الزراعية.

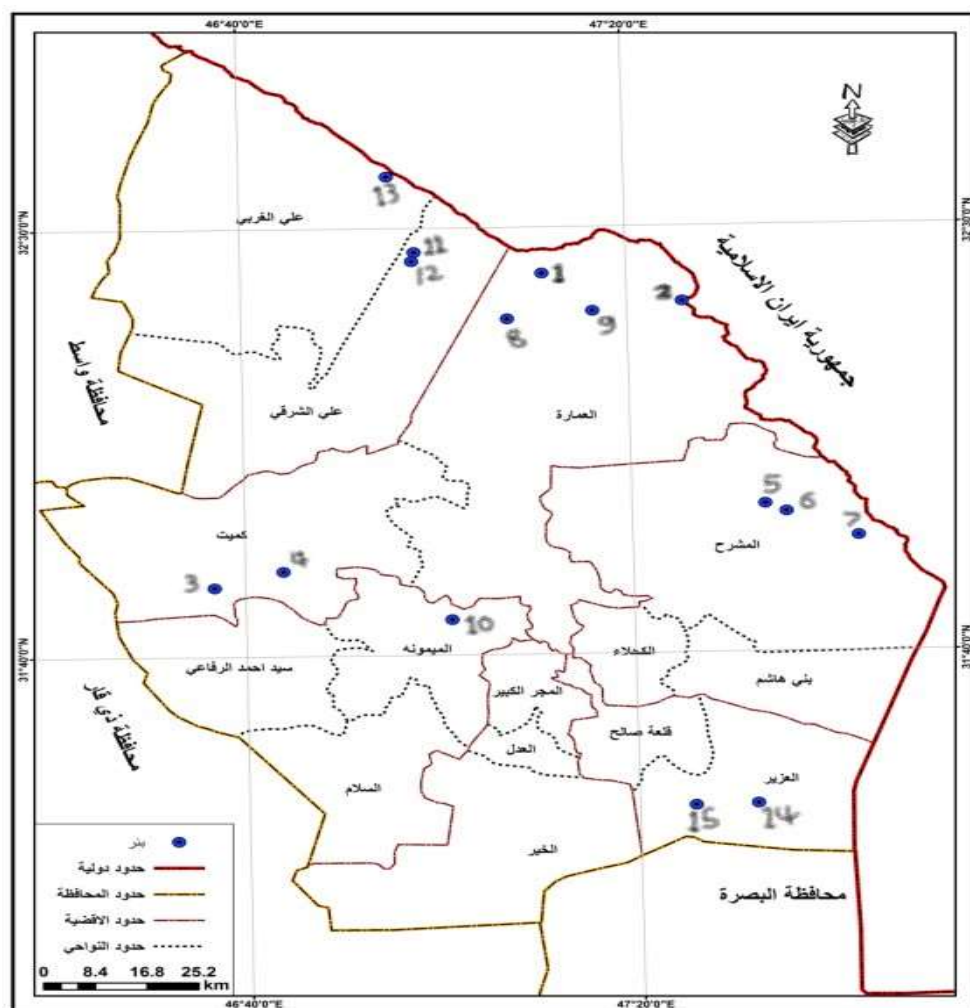
مواد وطرائق العمل Materials and Methods

منطقة الدراسة Study Area

تضمنت الدراسة الحالية اختيار 15 بئراً موزعة على بعض مناطق شرق وشمال شرق محافظة ميسان وهي (علي الغربي, علي الشرقي, الطيب, المشراح, مركز المحافظة, البتيرة, الميمونة, العزير) (شكل 1), لغرض تقييم نوعية مياه هذه الآبار وتحديد صلاحيتها لأغراض الري. تعد معظم هذه الآبار عميقة باستثناء ثلاثة آبار منها هي في مواقع (البتيرة, الميمونة, العزير) وهي من نوع الآبار السطحية Surface wells لعدم تجاوز أعماقها 20م (الحمداني, 2018). تم تثبيت إحداثيات مواقع الآبار المدروسة باستخدام نظام تحديد المواقع (GPS) Global Positioning System (جدول 1).

جمع العينات Samples Collection

جمعت العينات المائية من الآبار شهرياً ابتداءً من شهر أيلول 2021 إلى شهر آب 2022. أخذت العينات بعد تشغيل المضخة لعدة دقائق لإجراء القياسات الكيميائية للمياه مثل (الأس الهيدروجيني pH, الإيصالية الكهربائية EC (Electrical Conductivity), الأملاح الذائبة الكلية TDS (Total Dissolved Solids), الكالسيوم Ca+2, المغنيسيوم Mg+2, الصوديوم Na+, البوتاسيوم K+, الكلوريد Cl-, الكبريتات SO4-2 والبيكاربونات HCO3-). استخدمت لجمع العينات قناني من البولي أثيلين النظيفة والمغسولة بماء العينة عدة مرات قبل ملئها وحسب الطريقة الموصوفة في (APHA, 2017).



(شكل 1) مواقع آبار المياه الجوفية في محافظة ميسان

جدول (1) الموقع الجغرافي لآبار المياه الجوفية وأعماقها وأماكن تواجدها

رقم البئر	المنطقة	خطوط الطول (N)	دوائر العرض (E)	العمق (متر)
1	البثيرة	46 43 47.5	31 50 10.5	9
2	البثيرة	46 36 40.3	31 48 7.5	24
3	الطيب	47 25 59.6	32 21 7.4	94
4	الطيب	47 16 25	32 20 4	70
5	المشراح	47 35 43	31 56 20	75
6	المشراح	47 33 43.2	31 57 25	75
7	المشراح	47 43 29.2	31 54 0.1	90
8	مركز المحافظة	47 7 39.7"	32 19 15.5"	55
9	مركز المحافظة	47 11 2.5"	32 24 46.3"	55
10	الميمونة	47 1 16.2	31 44 22.6	18
11	علي الشرقي	46 57 53.2	32 27 17	45
12	علي الشرقي	46 57 56.8	32 26 50.7	45
13	علي الغربي	46 55 23.4	32 36 5.6	100
14	العزيز	47 31 52.4	31 22 21.5	18
15	العزيز	47 25 45.8	31 22 10.7	20

حساب معايير الري Calculation Irrigation Parameters

1- نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) Sodium Adsorption Ratio

حسبت بتطبيق المعادلة الآتية (Tomaz *et al.*, 2020). تركيز الايونات بوحدة (meq l^{-1}).

$$\text{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

2- النسبة المئوية للصوديوم (%Na) Sodium Percentage

حسبت بتطبيق المعادلة الآتية (Esmeray and Gökcekli , 2020).

$$\%Na = \frac{Na}{Na + K + Mg + Ca} \times 100$$

3- الملوحة الكامنة (P.S) Potential Salinity

حسبت بتطبيق المعادلة الآتية (Ememu and Nwankwoala , 2018).

$$P. S = Cl + \frac{1}{2} SO_4$$

4- كاربونات الصوديوم المتبقية (RSC) Residual Sodium Carbonate

حسبت وفق المعادلة التالية (Yasmin *et al.*, 2019).

$$\text{RSC meq. l}^{-1} = [(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})]$$

5- دليل النفاذية (PI) Permeability Index

حسب دليل النفاذية وفق العلاقة التالية (Barik and Pattanayak , 2019), تركيز الايونات بوحدة (meq l^{-1}).

$$\text{PI} = \frac{(\text{Na}^+ + \sqrt{\text{HCO}_3^-})}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+} \times 100$$

6- دليل كيلي (KI) Kelly's Index

حسب دليل كيلي بتطبيق المعادلة الآتية (Balamurugan *et al.*, 2020), تركيز الايونات بوحدة (meq l^{-1}).

$$\text{KI} = \frac{Na}{Ca+Mg}$$

7- نسبة امتزاز المغنيسيوم (MAR) Magnesium Adsorption Ratio

حسبت بتطبيق المعادلة الآتية (Gonzalez-Acevedo *et al.*, 2016), تركيز الايونات بوحدة (meq l^{-1}).

$$\text{MAR} = \frac{Mg \times 100}{Ca + Mg}$$

النتائج والمناقشة Results and Discussion

الأس الهيدروجيني pH

بين النتائج الموضحة في الجدول (2) أن قيم الأس الهيدروجيني لعينات مياه الآبار الجوفية قد تراوحت بين 7.1 إلى 7.7 وبمتوسط قدره 7.27, ولها تأثير كبير في التوازن الكيميائي والبيولوجي للنظم البيئية المائية Aquatic Ecosystems, إذ تلعب دوراً مهماً في معظم التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المياه (المشهداني, 2019). وعند مقارنة هذه النتائج مع المحددات القياسية المعتمدة عالمياً نجد أن عينات المياه جميعها صالحة للري وفقاً إلى هذا المعيار بحسب التصنيف المقترح من قبل (Nag and Das, 2014; FAO, 1985).

الإيصالية الكهربائية والأملاح الذائبة الكلية EC & TDS

تعد الإيصالية الكهربائية مقياساً لتركيز الأيونات الذائبة في الماء, كما تعد دليلاً لمحتوى المياه من المواد الصلبة الذائبة TDS, إذ تبين النتائج الموضحة في الجدول (2) أن قيم الإيصالية الكهربائية لعينات مياه الآبار في منطقة الدراسة قد تراوحت بين 0.7 في البئر رقم 7 (مركز المحافظة) إلى 35.5 ديسيمنز.م⁻¹ في البئر رقم 14 (المشراح) وبمتوسط قدره 7.6 ديسيمنز.م⁻¹ وهي عموماً مياه عالية الملوحة وفقاً لتصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (USDA, 1954), حيث تقع بين الصنف C3 وC4 (جدول 3) أي بين (المشكوك في استخدامها والشديدة الملوحة جداً) حسب تصنيف منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 1985) وهذه تسبب مشكلة متزايدة في حال استعمالها للري وتتفق هذه النتائج مع الزيادة النسبية للأيونات الذائبة في المياه التي اتخذت الترتيب التالي (Abdel-Fattah and Helmy, 2015): $SO_4^{2-} > Na^+ > Cl^- > HCO_3^- > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^+$ وهذه الاختلافات في قيم الإيصالية الكهربائية تعود بالدرجة الأساسية إلى الاختلاف في طبيعة التركيب الجيولوجي لمناطق الدراسة, إذ تلعب الظروف الجيولوجية والطبوغرافية دوراً مهماً في تغير قيم الملوحة (Al-Sudani, 2019).

أما قيم الأملاح الذائبة الكلية TDS فقد تراوحت بين 500 ملغم لتر⁻¹ في البئر رقم 7 (المشراح) وبين 22720 ملغم لتر⁻¹ في البئر رقم 14 (العزير) وبمتوسط قدره 4953.73 ملغم لتر⁻¹ وقد يرجع الارتفاع في قيم EC في بعض الآبار بسبب زيادة تراكيز الأيونات الذائبة في مياه الآبار. كما أن عمليات التحلل والذوبان للمركبات الموجودة في الطبقة الجيولوجية التي تمر من خلالها المياه مثل كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ التي تتحول إلى بيكاربونات الكالسيوم الذائبة في الماء $Ca(HCO_3)_2$ مما يزيد من قيم التوصيل الكهربائي وبالتالي زيادة قيم الـ TDS (Chegbeleh et al., 2020).

جدول (2) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات مياه الآبار الجوفية قيد الدراسة

Well No.	pH	E.C dSm ₁ ⁻	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	T.H
			mg.l ⁻¹								
1	7.2	1.5	1080	88	67	78	5	169	47	360	494.7
2	7.3	2.4	1110	92	71	86	9	178	56	371	521.1
3	7.2	2.4	1700	175	102	208	7.1	480	271	398	855.7
4	7.7	5.1	3860	381	138	530	80	550	481	1179	1518.3
5	7.2	5.5	3570	320	145	518	101	587	491	1230	1394.5
6	7.2	6.4	4150	350	171	589	100	604	506	1525	1576.1
7	7.5	0.7	500	100	39	199	11	201	135	260	409.9
8	7.2	6.5	4166	402	244	472	129	666	532	1582	2005.4
9	7.2	6.4	4110	398	248	467	128	663	500	1562	2011.8
10	7.2	20.2	13100	910	660	2220	330	990	710	3200	4981
11	7.1	3.9	3040	340	105	498	65	499	440	312	1280.5
12	7.2	3.7	2360	300	88	349	33	401	398	307	1110.8
13	7.6	1.1	700	109	41	202	15	212	144	288	440.6
14	7.2	35.5	22720	960	690	5500	770	1003	760	662	5229
15	7.1	12.7	8140	612	305	900	220	830	116	2467	2780.5
Min.	7.1	0.7	500	88	39	78	5	169	47	260	494.7
Max.	7.7	35.5	22720	960	690	5500	770	1003	760	3200	5229
Mean	7.27	7.6	4953.7	369.1	207.6	854.4	133.54	535.5	372.4	1046.86	1773.99

العسرة الكلية (T.H) Total Hardness

يوضح الجدول (2) أن قيم العسرة الكلية لمياه الآبار قيد الدراسة قد تراوحت بين 494.7 ملغم لتر⁻¹ في البئر رقم 1 (البثيرة) وأعلى قيمة 5229 ملغم لتر⁻¹ في البئر رقم 14 (العزير) وبمتوسط قدره 1773.99 ملغم لتر⁻¹ ويعود السبب الرئيسي للعسرة الكلية في أغلب المياه إلى وجود أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم فضلاً عن أيونات المنغنيز والحديد ولكن بتركيز قليلة جداً (Verma *et al.*, 2018 ; Kumar *et al.*, 2015), إذ يعتمد تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه الجوفية إلى طبيعة الصخور الجيولوجية للأرض التي تجري فيها أو من خلالها المياه (Etikala *et al.*, 2020), ويعود سبب ارتفاع قيم العسرة الكلية في مياه الآبار لمنطقة الدراسة إلى زيادة عمليات الانحلال Dissolution لصخور الجبس والانهايدرايت والحجر الجيري limestone الحاوي على الكالسايت والدولومايت الموجودة في الطبقات الجيولوجية للمنطقة (Bouderbala, 2017) فضلاً عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المياه وتكوين الحوامض التي بدورها تتفاعل مع مركبات الكربونات ومن ثم تحويلها إلى أملاح البيكاربونات الذائبة مما يؤدي إلى زيادة تركيزها في الماء (Ishaku *et al.*, 2017 ; Zhou *et al.*, 2020).

معايير تقييم نوعية المياه

نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) Sodium Adsorption Ratio

يعد هذا المعيار أو النظام من أكثر النظم استعمالاً في العالم حيث يأخذ هذا النظام بنظر الاعتبار المؤشرين الأساسيين في تقييم مياه الري وهما التركيز الكلي للأملاح معبراً عنها بالتوصيل الكهربائي (EC) التي تؤثر في قدرة النبات على امتصاص الماء، ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) الذي يؤثر في المحاصيل الحساسة بسبب السمية النوعية للأيون، إذ يعتبر أيون الصوديوم من أهم العناصر المحددة لصلاحية مياه الري وذلك لتأثيره المباشر في الخواص الطبيعية للتربة وكذلك تأثيره في بعض النباتات الحساسة (جدول 3).

جدول (3) تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي لنوعية مياه الري اعتماداً على

خطر الملوحة والصوديوم (Richards, 1954)

نوعية المياه	الصنف	القيمة
الإيصالية الكهربائية (EC dSm ⁻¹)		
قليلة الملوحة	C1	0.250 – 0.100
متوسطة الملوحة	C2	0.750 – 0.250
عالية الملوحة	C3	2.250 – 0.750
ملوحة عالية جداً	C4	2.250 <
نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)		
قليل الضرر	S1	10 – 0
متوسط	S2	18 – 10
شديد الضرر	S3	26 – 18
شديد جداً	S4	26 <

يبين الجدول (4) قيم الـ SAR لمياه الآبار حيث تراوحت بين 1.07 (البئر 1) و 23.28 (البئر 14) وقد شكلت العينات ما مقداره 73.33% ضمن الصنف C₄S₁ (جدول 5) وهي عالية الملوحة جداً وغير مناسبة للري واستخدامها يؤدي إلى تدهور التربة وانخفاض إنتاجيتها. وأن 13.33% من العينات وقعت ضمن الصنف C₃S₁ وهي مشكوك في استخدامها، بينما 6.66% من العينات وقعت ضمن الصنف C₄S₃ وهي غير ملائمة لري المحاصيل بمختلف أنواعها (بئر 14). وقد أنفرد البئر (7) بنفس النسبة (6.66%) وهي تعتبر مياه ذات نوعية جيدة وصالحة للري في جميع أنواع الأتربة تقريباً (جدول 6)، وقد تعود هذه الاختلافات في قيم SAR إلى الاختلاف في طبيعة الطبقات الجيولوجية التي تمر بها المياه (غزال وحديد, 2011).

جدول (4) المعايير المستخدمة في تقييم جودة مياه الآبار الجوفية

Wells No.	SAR	%Na	P.S	RSC	PI	KI	MR
1	1.07	26.02	8.51	-9.21	31.86	0.339	55.91
2	1.15	27.41	8.87	-9.59	32.91	0.355	56.23
3	2.18	34.83	17.66	-12.81	42.37	0.524	49.27
4	4.17	45.09	27.77	-22.67	48.21	0.754	37.64
5	4.25	47.19	29.34	-20.04	50.09	0.802	43.01
6	4.54	47.00	32.89	-23.46	49.65	0.806	44.88
7	3.01	51.97	8.36	-6.04	59.94	1.048	39.39
8	3.23	37.07	35.23	-31.71	38.50	0.507	50.28
9	3.19	36.76	34.94	-32.37	38.05	0.500	50.93
10	9.63	51.09	61.21	-88.87	50.72	0.960	54.72
11	4.27	47.51	17.30	-18.54	51.32	0.840	33.98
12	3.21	41.75	14.48	-15.81	47.25	0.679	32.82
13	2.95	50.83	8.97	-6.50	58.44	0.990	38.48
14	23.28	71.04	35.14	-93.05	70.40	2.266	54.50
15	5.23	44.42	49.07	-54.11	42.56	0.698	45.36

جدول (5) تصنيف نوعية مياه الآبار الجوفية وفقاً إلى قيم SAR و EC

No. of Wells	EC $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$	SAR	التصنيف
1	1500	1.07	C3S1
2	2400	1.15	C4S1
3	2400	2.18	C4S1
4	5100	4.17	C4S1
5	5500	4.25	C4S1
6	6400	4.54	C4S1
7	700	3.01	C2S1
8	6500	3.23	C4S1
9	6400	3.19	C4S1
10	20200	9.63	C4S1
11	3900	4.27	C4S1
12	3700	3.21	C4S1
13	1100	2.95	C3S1
14	35500	23.28	C4S3
15	12700	5.23	C4S1

النسبة المئوية للصوديوم (%Na Sodium percentage)

تعد أحد مؤشرات أضرار أيونات الصوديوم في التربة والنباتات المروية في مياه الري، التي تعتمد على تراكيز أيونات الصوديوم مقارنة مع مجموع تراكيز الأيونات الموجبة. تراوحت قيم النسبة المئوية للصوديوم بين 26.02-71.04% (جدول 4) وكانت أدنى القيم في مياه البئر 1 وأعلىها في مياه البئر 14، حيث وجد أن 33.33% من عينات المياه هي جيدة وصالحة للري وفق هذا المعيار وهذه العينات تمثلت بالآبار (1,2,3,8,9) في حين أن أغلب العينات هي مسموح في استخدامها وهذه تشكل ما نسبته 60% من مجموع العينات، في حين عينة واحدة فقط مشكوك في استخدامها شكلت نسبة 6.66% تمثلت في البئر 14 (جدول 6)، وقد يعزى سبب انخفاض معظم القيم إلى ارتفاع تراكيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم بالمقارنة مع تراكيز أيونات الصوديوم بسبب طبيعة التركيب الجيولوجي لمنطقة الدراسة، حيث يمكن استخدام معظم هذه المياه في ري المحاصيل الزراعية حيث لا توجد مشكلة لنفاذية التربة بسبب ادمصاص نسبة عالية من أيونات الصوديوم بواسطة جزيئات الطين و حدوث عمليات التبادل الكاتيوني مع ايون الكالسيوم (Chitsazan et al., 2019).

جدول (6) التصانيف العالمية لمياه الري (Nag and Das,2014 ; Moghimi, 2016)

الصنف Class	المدى Range	الصفات Parameters
Excellent (C1)	أقل > 250	EC $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ (Todd and Mays,2005)
Good (C2)	750 - 250	
Doubtful (C3)	2250 - 750	
Unsuitable (C4)	5000 - 2250	
Good (S1)	10 - 0	SAR (Richards, 1954)
Suitable (S2)	18 - 10	
Doubtful (S3)	26 - 18	
Unsuitable (S4)	26 <	
Excellent	20 >	% Na (Gungor and Arslan,2016)
Good	40 - 20	
Permissible	60 - 40	
Doubtful	80 - 60	
Unsuitable	80 <	
Suitable	1.25 >	RSC meq.l^{-1} (Richards, 1954)
Marginally	2.25 - 1.25	
Unsuitable	2.25 <	
Good	25 >	PI
Suitable	75 - 25	
Poor	75 <	
Suitable	1.0 >	KI (Kelly, 1940)
Unsuitable	1.0 <	
Suitable	50 >	MAR
Unsuitable	50 <	
Suitable	10 >	PS
Unsuitable	10 <	

الملوحة الكامنة (P.S) Potential Salinity

بينت النتائج الموضحة في الجدول (4) تذبذب قيم الملوحة الكامنة لعينات المياه حيث تراوحت بين 8.36 مليمكافئ/لتر-1 في البئر (7) إلى 61.21 مليمكافئ/لتر-1 في البئر (10) , من هذه النتائج يتضح أن أربعة آبار فقط كانت قيمة الملوحة الكامنة لمياهها أقل من 10 (جدول 6) وهي تشكل نسبة 26.66% من عينات مياه الآبار وهي صالحة للري وهذه الآبار هي (13, 7, 2, 1) , في حين أن نوعية مياه بقية الآبار فهي غير صالحة للري وفق هذا المعيار الذي يمثل صفة مهمة لتحديد تأثير أيونات الكبريتات والكلوريدات في مياه الري على التربة والنباتات المروية (Shafiullah and Al-Ruwaih, 2020) فالتركيز المرتفعة لها دور بارز في تملح التربة والذي ينعكس سلباً على نوعية وكمية الإنتاج النباتي (Islam et al., 2020).

كاربونات الصوديوم المتبقية (RSC) Residual Sodium Carbonate

بعد هذا المعيار مؤشراً مهماً لتحديد خطورة أيونات الصوديوم والكاربونات والبيكاربونات في المياه لأغراض الري , فالتركيز المرتفعة تؤدي إلى إحداث حروق في أوراق النباتات ويقلل من إنتاجيتها حيث تعمل على ترسيب أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم من محلول التربة مما يؤدي إلى سيادة أيونات الصوديوم ذات التأثير المهم على بناء التربة (Ahmad et al., 2020). تشير النتائج الموضحة في الجدول (3) إلى أن قيم كاربونات الصوديوم المتبقية في مياه الآبار قيد الدراسة قد تراوحت بين (-6.04) في البئر 7 إلى (-93.05) مليمكافئ/لتر-1 في البئر 14, حيث يلاحظ أن قيم RSC لجميع العينات هي أقل من 1.25 (جدول 6) , ويعزى انخفاض القيم إلى زيادة تركيز أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم بصورة أعلى من تركيز أيونات الكاربونات والبيكاربونات وبالتالي يؤدي إلى عدم سيادة أيونات الصوديوم في محلول التربة, وهذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه قبلان (2018) في دراسته لمياه آبار

بعض أحياء الجانب الأيسر من مدينة الموصل التي كانت جميعها سالبة إذ تراوحت بين (-1) و (-80) ملليمكافئ لتر⁻¹. وعند مقارنة هذه النتائج مع المحددات القياسية المعتمدة عالمياً نجد أن عينات المياه جميعها صالحة للري وفقاً إلى هذا المعيار بحسب التصنيف المقترح من قبل (Nag and Das, 2014).

دليل النفاذية (PI) Permeability Index

تبين النتائج الموضحة في الجدول (4) أن قيم دليل النفاذية لمياه الآبار الجوفية قد تراوحت بين 31.86 (البئر 1) و 70.40 (البئر 14)، حيث يشير الـ PI إلى معدل ملائمة المياه للري، ويعتمد على التأثيرات المتداخلة لأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبيكاربونات، وتتأثر نفاذية التربة بشكل كبير عند زيادة تراكيز هذه الأيونات نتيجة الاستخدام المتكرر لمياه الري إذ تقلل من تغلغل المياه بطبقات التربة وتسبب الإضرار بنمو النباتات (Verma et al., 2020). وعند مقارنة النتائج بالتصنيف العالمية المعتمدة (جدول 6) نجد أن جميع عينات المياه هي ذات نوعية جيدة وصالحة للري (Nag and Das, 2014).

دليل كيلي (KI) Kelly Index

تشير النتائج المبينة في الجدول (4) إلى أن قيم دليل كيلي قد تراوحت بين 0.339 و 2.266 وكانت أدنى قيمة في البئر 1 وأعلى قيمة في البئر 14، وقد يعود سبب ارتفاع بعض القيم نتيجة لزيادة تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم بالمقارنة مع أيون الصوديوم وبذلك تعد هذه المياه مناسبة للري حسب التصنيف العالمية المعتمدة (جدول 6)، عدا العينتين (7، 14) التي تجاوزت قيمتها (1).

نسبة امتزاز المغنيسيوم (MAR) Magnesium Adsorption Ratio

تبين النتائج الموضحة في الجدول (4) أن قيم MAR لعينات مياه الآبار الجوفية قيد الدراسة قد تراوحت بين (32.82 - 56.23) %، حيث كانت أدناها في البئر 12 وأعلىها في البئر 2 وهي قيم مقارنة للنتائج التي حصل عليها (Al-Saffawi, 2018a) في دراسته للمياه الجوفية في قضاء سنجار إذ تراوحت القيم بين (23-67) %. حيث تعد أيونات المغنيسيوم من المعايير المهمة لتحديد نوعية مياه الري رغم كون أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في حالة توازن State equilibrium في معظم المياه الجوفية. تزداد تراكيز المغنيسيوم بسبب عمليات التبادل مع أيونات الصوديوم في التربة المروية مسببة تشتيت تجمعات التربة وتدمير نفاذيتها وتزداد هذه التأثيرات عند الملوحة العالية كما أن له تأثير ضار على النباتات (Yang et al., 2020). وعند مقارنة هذه النتائج بالتصنيف العالمية تبين أن 9 من عينات مياه الآبار كانت ذات قيم أقل من 50% لذلك فهي تعتبر ملائمة للري وهي تشكل نسبة 60% من مجموع عينات المياه، في حين أن بقية العينات تشكل (40%) هي غير ملائمة للري وفق هذا المعيار (جدول 6).

المصادر

- الجواهري, عمار أحمد عبد الصاحب والشمري, رضا عبد الجبار. 2009. مشكلة المياه في العراق الواقع والحلول المقترحة. مجلة القادسية للقانون والعلوم السياسية. مجلد (2) العدد (1).
- الحمداني, احمد شهاب احمد. 2018. تطبيق WQI لتقييم نوعية مياه بعض أحياء مدينة الموصل. رسالة ماجستير, رسالة ماجستير, كلية التربية للعلوم الصرفة, علوم الحياة, جامعة الموصل- العراق.
- خليل, محمود عبد العزيز إبراهيم. 1998. العلاقات المائية ونظم الري, منشأة المعارف, الإسكندرية, جمهورية مصر العربية.
- سعد, كاظم شنته وكاظم, زينب كامل. 2022. تحليل الخصائص النوعية للمياه الجوفية ودورها في التنمية الزراعية للمنطقة الشرقية من محافظة ميسان. مجلة التربية للعلوم الإنسانية, المجلد (2) العدد (6).
- غزال, إبراهيم خليل وحديد, خزعل احمد. 2011. جيومورفولوجية وهيدروكيميائية المنطقة المحصورة بين جبل بعشيقه وحوض نهر الخوصر. مجلة الانبار للعلوم الصرفة, 20-15: (1)2.
- قيلان, عبد الباري يونس حسين. 2018. تقييم الواقع النوعي لمياه آبار بعض أحياء مدينة الموصل باستخدام موديلات نوعية المياه WQI. رسالة ماجستير, كلية العلوم, جامعة تكريت, العراق.
- المشهداني, محمد حازم صبري. 2019. دراسة الواقع البيئي لمياه نهر الخوصر وتطبيق بعض الموديلات الرياضية. أطروحة دكتوراه, كلية التربية للعلوم الصرفة, جامعة الموصل, العراق.
- ياسين, موسى فتبخان وإبراهيم, علي حسين وعبد, ادهام علي. 1998. استعمال مياه الآبار في منطقة حليوات الصحراوية في الرمادي للزراعة. مجلة البحوث الزراعية. المجلد: (2) العدد (2).

- Abdel-Fattah, M.K. and A.M. Helmy (2015).** Assessment of water quality of wastewaters of Bahr El-Baqar, Belbais and El-Qalyubia drains in East Delta, Egypt for irrigation purposes. Egypt. J. Soil Sci., 55 : 2.
- Ahmad, S., Singh, N., and Mazhar, S. N. (2020).** Hydrochemical characteristics of the groundwater in Trans-Yamuna Alluvial aquifer, Palwal District, Haryana, India. Applied Water Science, 10(2):2-16.
- Al-Saffawi , A. Y. T., and Al-Sardar, N. M. S. (2018a).** Assessment of groundwater quality status by using water quality index in Abu-Jarboaa and Al-Darrawesh Villages, Basiqa district. Iraq. Int. J. of Enhanced Research in Sci., Techn. and Engineering,7(6): 6-12.
- Al-Sudani, H. I. Z. (2019).** Groundwater system of Dibdibba sandstone aquifer in south of Iraq. Applied Water Science, 9(4):1-11. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0952-6>.
- APHA, (American Public Health Association). (2017).** Standard methods for the examination of water and wastewater (23rd ed.). Washington, DC: American Public Health Association.
- Ayers, R. S., and D. W. Westcot. (1985).** Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper. (29 Rev. 1) FAO, Roma-Italy. pp.1-13.pp.2.
- Balamurugan, P., Kumar, P. S., and Shankar, K. (2020).** Dataset on the suitability of groundwater for drinking and irrigation purposes in the Sarabanga River region, Tamil Nadu, India. Data in brief, 29(105255):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105255> 2.
- Barik, R., and Pattanayak, S. K. (2019).** Assessment of groundwater quality for irrigation of green spaces in the Rourkela city of Odisha, India. Groundwater for Sustainable Development, 8(April 2019): 428-438. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.01.005>.
- Bouderbala, A. (2017).** Assessment of water quality index for the groundwater in the upper Cheliff plain, Algeria. Journal of the Geological Society of India, 90(3): 347-356. <https://doi.org/10.1007/s12594-017-0723-7>.
- Chegbeleh, L. P., Akurugu, B. A., and Yidana, S. M. (2020).** Assessment of Groundwater Quality in the Talensi District, Northern Ghana. The Scientific World Journal, 2020(8450860) :1.24. <https://doi.org/10.1155/2020/8450860>.
- Chitsazan, M., Aghazadeh, N., Mirzaee, Y., and Golestan, Y. (2019).** Hydrochemical characteristics and the impact of anthropogenic activity on groundwater quality in suburban area of Urmia city, Iran. Environment, development and sustainability, 21(1):331-351. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0039-1>.
- Etikala, B., Golla, V., Arveti, N., Yenamala, S., Mannala, P., and Kumar, P. K. K. (2020).** Statistical and Analytical Evaluation of Groundwater Quality of Atmakur Area, SPSR Nellore District, Andhra Pradesh, South India. In Emerging Trends in Civil Engineering, 61: 323-333. Springer, Singapore. , https://doi.org/10.1007/978-981-15-1404-3_27.
- FAO (1985). Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture-Soils Bul. 55. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy.
- González-Acevedo, Z. I., Padilla-Reyes, D. A., and Ramos-Leal, J. A. (2016).** Quality assessment of irrigation water related to soil salinization in Tierra Nueva, San Luis Potosí, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 33(3): 271-285. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57248799001>.

- Gungor, A and Arslan, H. (2016).** Assessment of water quality in drainage of Carsamba plain, Turkey, through water quality index and graphical methods. *Global NEST Journal*, 18(1): 67-78.
- Islam, S., Zaid, A., and Mohammad, F. (2020).** Role of triacontanol in counteracting the ill effects of salinity in plants: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10064-w>.
- Ishaku, J. M., Ankidawa, B. A., and Bello, Y. (2017).** Hydrogeochemistry and Ground Water Quality Index in Hong and Environs, Adamawa State, North Eastern Nigeria. *International Journal of Integrated Engineering*, 9(3): 58-71.
- Kelly, W.P. (1940)** Permissible Composition and Concentration of Irrigated Waters. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 66, 607-613.
- Kumar, S.K., Logeshkumaran, A., Magesh, N.S., Prince, S., Godson, P.S., Chandrasekar, N. (2015).** Hydro- geochemistry and application of water quality index (WQI) for ground water quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*, 5(4): 335–343. <http://doi.10.1007/s13201-014-0196-4>.
- Moghimi, H. (2016).** The Assessment of groundwater resources for irrigation by water quality index (Case study Ghazvin plain, northwest Iran). *Caspian Sea Journal*. 10(4): 538-548.
- Nag, S. K. and Das, S. (2014).** Quality Assessment of groundwater with Special emphasis on irrigation and domestic suitability in Suri I and II Blocks, Birbhum district west Bengal, India. *American Journal of Water Resources*, 2(4): 81-98. <https://doi.org/10.12691/ajwr-2-4-2>.
- Richards, L. A. (1954)** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, U.S. Department of Agriculture, Hand Book 60, p.160. in Moghimi, H. (2016). The Assessment of Groundwater Resources for Irrigation by Water Quality Index , Case study Ghazvin Plain, Northwest Iran. *Caspian Sea J.* 10(4): 538-548.
- Shafiullah, G., and Al-Ruwaih, F. M. (2020).** Spatial-multivariate statistical analyses to assess water quality for irrigation of the central part of Kuwait. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 79(1): 27-37. <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01559-2>.
- Todd, D.K. and Mays, L. (2005).** "Groundwater Hydrology". 3rd. ed., John-Wiley and Sons, Ins. 636.
- Tomaz, A., Palma, P., Fialho, S., Lima, A., Alvarenga, P., Potes, M., and Salgado, R. (2020).** Spatial and temporal dynamics of irrigation water quality under drought conditions in a large reservoir in Southern Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2): 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8048-1>.
- USDA (1954).** Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture. Washington, DC, USA. Washington, DC, USA.
- Verma, D. K., Bhunia, G. S., Shit, P. K., and Tiwari, A. K. (2018).** Assessment of groundwater quality of the central Gangetic plain area of India using geospatial and WQI techniques. *Journal of the Geological Society of India*, 92(6): 743-752. <https://doi.org/10.1007/s12594-018-1097-1>.
- Verma, A., Yadav, B. K., and Singh, N. B. (2020).** Hydrochemical monitoring of groundwater quality for drinking and irrigation use in Rapti Basin. *SN Applied Sciences*, 2(3): 1-15. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2267-5>.

Yang, Q., Li, Z., Xie, C., Liang, J., and Ma, H. (2020). Risk assessment of groundwater hydrochemistry for irrigation suitability in Ordos Basin, China. *Natural Hazards*, 101, 309–325. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3451-4>.

Yasmin, G., D. Islam, M.D.T. Islam, M.D. Shariot-Ullah and Adham A.K.M., (2019). Evaluation of groundwater quality for irrigation and drinking purposes in Barishal district of Bangladesh. *Fundamental and Applied Agriculture.*, 4(1): 632-641. <https://www.researchgate.net/publication/333092092>.

Zhou, Y.; Li, P.; Xue, L.; Dong, Z., and Li, D. (2020). Solute geochemistry and groundwater quality for drinking and irrigation purposes: a case study in Xinle City, North China. *Geochemistry*, 37.(In Press). <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2020.125609>.