مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
تصدر عن جامعة بني وليد – ليبيا
Website: https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index
المجلد التاسع، العدد الثالث الصفحات (390-404) 2024م

تقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الري الزراعي لبعض آبار منطقة العامرة بمدينة سرت – ليبيا

أ. محمد حسن اطبيقة
قسم التربة و المياه ، كلية الزراعة ، جامعة سرت، ليبيا.
moha.hossan@su.edu.ly

Evaluation of the groundwater quality for agricultural irrigation purposes of some wells Al-Amra region in Sirte city – Libya

Mohammed Hasan Atbeeqah
Soil and Water Department, College of Agriculture, Sirte University, Libya.

تاريخ الاستلام:27-07-2024 تاريخ القبول: 15-08-2024 تاريخ النشر : 04-09-2024

الملخص:

أجريت هذه الدراسة بداية من شهر ديسمبر سنة 2023 إلى غاية شهر فبراير سنة 2024 لتقييم جودة وصلاحية مياه بعض الآبار السطحية في منطقة العامرة شمال ليبيا، التي تقع شرق مدينة سرت بمسافة 60 كيلومتر، لاستخدامها في أغراض الري. تضمنت الدراسة قياسات فيزيائية وتحاليل كيميائية لعشرة آبار تم اختيارها عشوائيًا في منطقة الدراسة، بهدف تقييم جودة المياه المستخدمة في الري ومقارنتها بالمعايير القياسية العالمية. شملت القياسات ما يلي: قياس الموصلية الكهربائية (EC)، و الأس الهيدروجيني (pH)، و تراكيز الأملاح الكلية الذائبة (TDS) و الأيونات الموجبة (Na^+, Mg^{++}, Ca^{++}, K^+) و الأيونات السالبة (So_4^{--}, Cl^-, HCo_3^-) بالإضافة إلى تقدير بعض المؤشرات المحسوبة نظرياً و المستخدمة في تقييم مياه الري مثل:- (SAR, AdjSAR, RSC, JR, Mg.R%). من خلال النتائج المتحصل عليها و مقارنة ذلك بالمعايير القياسية صنفت مياه هذه الآبار على أنها عالية الملوحة (C_3) ومنخفضة الصودية (S_1)، ويوصى باستخدامها مع المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية مع اتباع أسلوب جيد لإدارة المياه.

الكلمات الدالة: مياه الري – الملوحة – أبار – الصودية – الأس الهيدروجيني.

Abstract

A study was conducted from December 2023 until February 2024 to evaluate the quality and suitability of water from some surface wells in the Al-Amra region in northern Libya, which is located 60 kilometers east of the city of Sirte, for use for irrigation purposes. Physical measurements and chemical analyzes were conducted for 10 randomly selected wells in the study area in order to evaluate the quality of water used for irrigation and compare it with international standard standards.

These measurements included an electrical conductivity (EC) meter and the hydrogen exponent (pH), and total dissolved salt concentrations (TDS) and positive ions (Na^{+}, Mg^{++}, Ca^{++}, K^{+}) and negative ions (So_4^{--}, Cl^{-}, HCo_3^{-}) in addition to appreciation some indicators theoretically calculated and used in evaluating irrigation water, such as: (SAR, AdjSAR, RSC, JR, Mg.R%). Data obtained concludes that and compare this with international standards the water of these wells was classified as highly salinity ($\mathbf{C_3}$) and low in sodium ($\mathbf{S_1}$) and it is recommended for use with crops with high salt tolerance with followers good technique to water management.

Keywords: Irrigation water, salinity, wells, sodicity, and pH

المقدمة:

إن نعمة المياه على البشر من النعم الجليلة التي أنعمها الله على خلقه. تتواجد المياه في صورتها السطحية مثل البحيرات والأنهار والأودية أو المخزونة تحت سطح الأرض في مكامن، وتسمى بالمياه الجوفية. تتشكل المياه الجوفية في خزانات حرة (unconfined aquifer) أو مقيدة (confined aquifer) وتمثل مصدرًا أساسيًا لمياه الشرب والأغراض الزراعية والصناعية. تشكل المياه الجوفية العذبة في العالم نسبة 0.6 % من المجموع الكلي للمياه على الكرة الأرضية (السلاوي، 1986).

تعتبر ليبيا من البلاد الصحراوية ذات المناخ الجاف والمتميز بنقص حاد في المياه السطحية، ومن ثم تصبح المياه الجوفية موردًا هامًا للغاية لتلبية الاحتياجات الاقتصادية والزراعية من المياه. يُعتقد أن تكون المياه الجوفية أنظف بكثير نسبيًا وخالية من التلوث مقارنة بالمياه السطحية. تلوث المياه هو تدهور نوعية المياه بسبب دخول مادة غريبة أو مواد غريبة تحد من استخدامها وقد يؤدي إلى إلحاق أضرار بالكائنات الحية (سالم، القصبي، 2015).

المياه الجوفية واحدة من المصادر المهمة التي يلجأ إليها الإنسان للاستفادة منها لأغراض الشرب والزراعة والصناعة. ولأنها تحت الأرض، فإن تلوثها يصعب اكتشافه أو السيطرة عليه، وتحتاج إلى كلفة عالية نسبيًا لمعالجتها. في الفترة الأخيرة، سبب التطور والثورة الصناعية وتأثير الفعاليات البشرية تلوث المياه الجوفية بصورة كبيرة (سلوى، 2017).

دراسة نوعية مياه الري أصبحت من أهم المواضيع البحثية التي تم التركيز عليها في كثير من دول العالم. إن أهم المواصفات النوعية لمياه الري هي ما أشار إليه قسم الزراعة الأمريكي (USDA) في دليله لعام 1954 (1954، Richards)، بأن أهم الخواص المحددة لنوعية مياه الري هي قيمة التوصيل الكهربائي (EC) ونسبة الصوديوم المدمص (SAR) وتركيز البورون (B) والبيكربونات (HCO_3^{-}). أما تصنيف منظمة الغذاء والزراعة التابعة للأمم المتحدة (FAO) فقد اعتمدوا قيمة التوصيل الكهربائي (EC) لتأثيرها المباشر في نمو النبات، ونسبة الصوديوم المدمص لتأثيره في نفاذية التربة، بالإضافة إلى تركيز كل من الكلور والبورون والصوديوم باعتبارها قد تشكل خطرًا على النبات. كما تم الاعتماد على تراكيز ثانوية أخرى مثل النترات والبيكربونات ودرجة تفاعل الماء.

لبيان الاستفادة من المياه الجوفية "الآبار" المستخدمة للري في منطقة الدراسة، كان الهدف من البحث هو تقييم نوعية وجودة مياه الآبار من خلال دراسة خواصها الكيميائية ومدى صلاحيتها للري مقارنة بالمعايير القياسية المعمول بها عالميًا.

الدراسات السابقة

أشارت (**El-Dars, F. M. ،2005**) في دراسة لها إلى أن الأنشطة الزراعية كان لها تأثير أكبر على جودة المياه في المواقع القريبة من الأراضي الزراعية مما تسبب في زيادة إجمالية في محتوى المواد الصلبة الذائبة والتوصيل الكهربائي.

أشار (**Al-Badaii, F., Shuhaimi-Othman, M., and Gasim, M. B ،2013**) في دراسة لهم إلى أن تدهور جودة المياه في النهر كان مرتبطًا بالأنشطة الصناعية والزراعية وتربية الماشية والتآكل. لذلك، يمكن استخدام مياه النهر للري بحذر ولكن هناك حاجة إلى معالجة مكثفة قبل استخدامها للأغراض المنزلية.

وكذلك أشار (**Dimple, D., Rajput, J., Al-Ansari, N., and Elbeltagi, A ،2022**) إلى أن نماذج التعلم الآلي هي أدوات فعالة للتنبؤ بشكل موثوق بجودة المياه الجوفية باستخدام معايير جودة المياه العامة التي يمكن الحصول عليها مباشرة على أساس دوري. قد يساعد تقييم مؤشرات جودة المياه أيضًا في استنباط استراتيجيات مثالية لاستخدام المياه ذات الجودة الرديئة جنبًا إلى جنب مع موارد المياه العذبة في المناطق المحدودة المياه.

أشارت (**Hamza, N. H ،2012**) إلى أن عينات المياه التي تندرج ضمن فئة S_1 -C_3 تكون عالية الملوحة و منخفضة الصودية، والتي يمكن استخدامها للري في جميع أنواع التربة تقريبًا مع الحد الأدنى من خطر الصوديوم المتبادل.

أشار (**Barik, R., and Pattanayak, S. K. ،2019**) في دراسة لهما إلى أن التركيبة الصخرية تتحكم في كيمياء المياه الجوفية بمنطقة الدراسة و التي كانت متوسطة الملوحة و منخفضة الصودية، و مع ندرة المياه السطحية في المنطقة، يمكن استخدام المياه الجوفية في بعض مواقع المدينة لاستدامة المساحات الخضراء.

وجد (**Fuentes-Rivas, R. M., Santacruz-De León, G., Ramos-Leal, J. A., and ،2023 Morán-Ramírez, J.**.) في دراسة لهم أن العمليات الرئيسية التي تؤثر على التركيب الكيميائي للمياه في طبقة المياه الجوفية الضحلة في منطقة الدراسة وتتحكم فيه هي التجوية السيليكاتية والتجوية الألبيتية والتبادل الأيوني العكسي.

منطقة البحث

أجريت الدراسة على مجموعة من الآبار الجوفية تقع في منطقة العامرة شرق مدينة سرت بمسافة 60 كيلومتر. هذه المنطقة تقع بين خطي طول "17.09°" و "17.14°" شرقاً، ودائرتي عرض "31.01°" و "31.05°" شمالاً. يحدها من الشمال البحر الأبيض المتوسط ومن الجنوب الصحراء. ترتفع هذه المنطقة عن سطح البحر بمعدل يتراوح بين 20 و25 متراً، ومناخها يتبع مناخ البحر المتوسط، حيث ترتفع الحرارة في فصل الصيف و تعتدل خلال فصلي الربيع و الخريف و تنخفض في فصل الشتاء، و يبلغ متوسط درجات الحرارة حوالي "26"م^0، و معدل سقوط الأمطار حوالي "182.2"ملم في السنة.

مواد و طرائق البحث

تم اختيار عشرة مواقع مختلفة للدراسة. تم جمع عينات مياه الري من 10 آبار موزعة على هذه المواقع. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد مواقع هذه الآبار وأعماقها كما هو موضح في الجدول (1).

جدول رقم (1) الموقع الجغرافي لآبار منطقة العامرة.

رقم البئر	عمق البئر بالمتر	خط الطول	خط العرض
Well 1	**40**	17°12′36″E	″N08′0531°
Well 2	**70**	17°11′52″E	31°03′40″N
Well 3	**88**	17°09′.45″E	31°01′.53″N
Well 4	**44**	17°13′25″E	31°04′15″N
Well 5	**74**	17°11′20″E	31°03′05″N
Well 6	**50**	17°13′53″E	31°03′46″N
Well 7	**65**	17°12′.54″E	31°03′.41″N

أخذت العينة من البئر بعد تشغيل المضخة 15 دقيقة وذلك للتخلص من الماء الراكد الموجود في الأنابيب ثم جمعت العينات في قناني زجاجية ذات سعة 1 لتر. بعد جمع عينات المياه و نقلها للمختبر و حفظها في الثلاجة عند درجة حرارة 4.0 مْ. ولمعرفة جودة هذه المياه أجريت العديد من التحاليل الكيميائية المستخدمة في تقييم جودة مياه الري و شملت تقدير درجة الاس الهيدروجيني و درجة التوصيل الكهربائي و الايونات الذائبة منها الصوديوم و البوتاسيوم و الكالسيوم و الماغنيسيوم و الكلوريد و الكربونات و البيكربونات و الكبريتات. و ذلك باستخدام الطرق القياسية المستخدمة تقدير هذه القياسات حسب ما ورد عن **(Hesse, 1971)**.

كذلك تم استخدام المؤشرات الحسابية المستخدمة في تقييم جودة المياه للري و التي شملت نسبة الصوديوم المدمص SAR و ذلك باستخدام المعادلة الواردة عن **(Richards, 1954)**.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{+2}+Mg^{+2}}{2}}} \qquad (1)$$

ونسبة الصوديوم الذائب حسب ما ورد عن **(Todd, 1980)**. كما في المعادلة

$$SSP = \frac{Na^{+}}{Ca^{+2}+Mg^{+2}+Na^{+}+K^{+}} \text{ X } 100 \qquad (2)$$

ونسبة الماغنيسيوم كما في المعادلة حسب ما ورد عن **(Raghunath, 1987)**.

$$Mg(\%) = \frac{Mg^{+2}}{Ca^{+2}+Mg^{+2}} \text{ X } 100 \qquad (3)$$

كذلك تم تقدير كربونات الصوديوم المتبقية RSC باستخدام معادلة **(Eaton, 1950)**.

$$RSC = (CO^{-2}_{3} + HCO^{-}_{3}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \text{ meq / l} \qquad (4)$$

بالإضافة إلى تقدير نسبة جونز حسب المعادلة كما ورد عن **(عبدالعزيز، عبد الرزاق مصباح، عبد السلام و ناصر مولود، 2020)**.

$$JR = \left(\frac{Na^{+}}{Cl-}\right) \qquad (5)$$

تصميم التجربة و التحليل الإحصائي

نفذت التجربة باستخدام التصميم العشوائي التام بثلاث مكررات، و أجريت عمليات التحليل الإحصائي لكافة الصفات التي شملتها الدراسة بعد جدولتها إحصائياً باستخدام برنامج Gnestat. 7 ، و المقارنة بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي "LSD" عند مستوى معنوية 5%. (**Gomez و Gomez، 1984**).

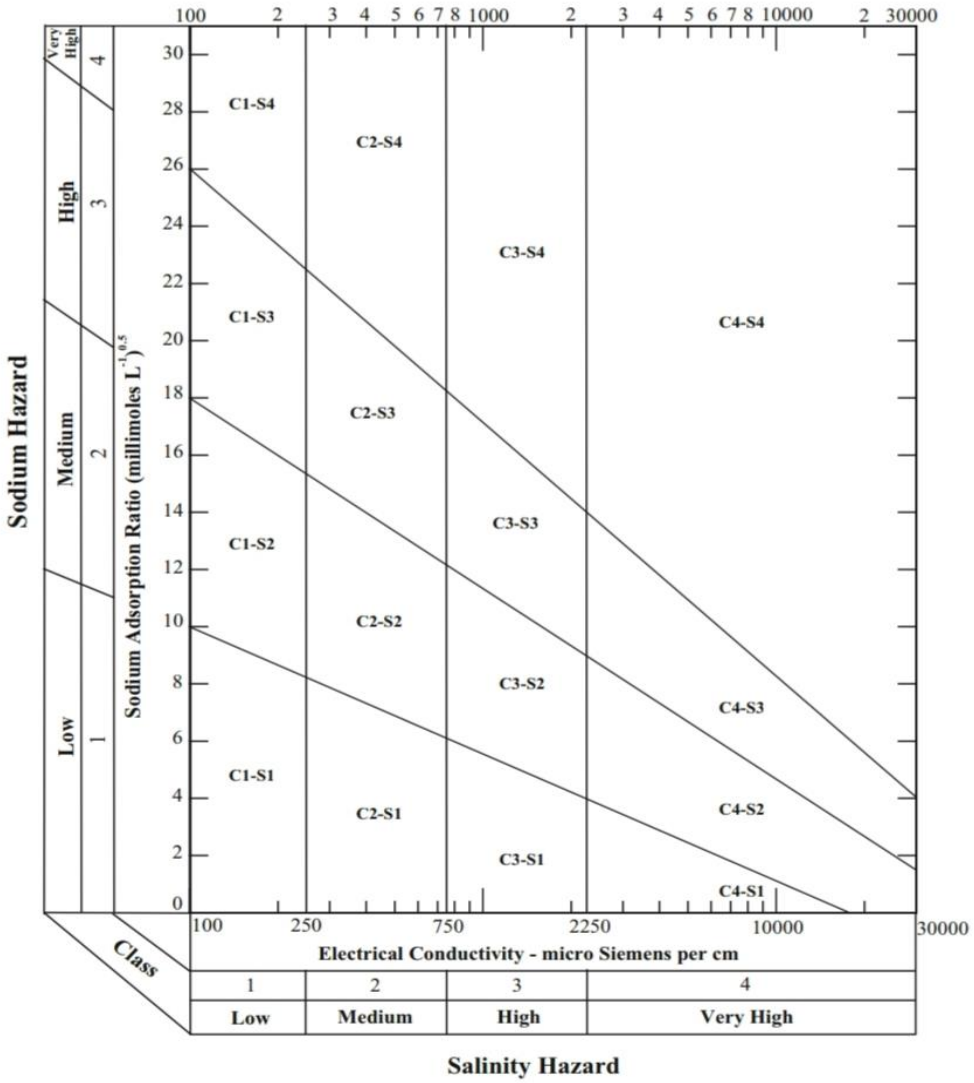

Fig. 5.1 Diagram for the classification of irrigation waters (USSL Staff 1954; modified by Shahid and Mahmoudi 2014)

الشكل (1):- مخطط مختبر الملوحة الأمريكي لتصنيف مياه الري- تبعا للتركيز الكلي للأملاح "EC" و نسبة الصوديوم المدمص "SAR" (**Richards, 1954**).

جدول (2):- تقييم معمل الملوحة الأمريكي لمياه الري على أساس قيمة SAR (**Richards, 1954**).

صنف الماء	SAR	المواصفات
قليل الصوديوم	0<SAR<10	S_1 يمكن استخدامه للري على معظم الأراضي مع ملاحظة ظهور قليل من مستويات الصوديوم الضارة.
متوسط الصوديوم	10<SAR<18	S_2 من المحتمل أن يسبب خطورة للصوديوم في الأراضي الناعمة حيث تكون ظروف قليلة من الغسل و يمكن استخدامه في الأراضي الخشنة القوام ذات النفاذية العالية.
عالي الصوديوم	18<SAR<26	S_3 ربما تنتج عنه خطورة الصوديوم و يحتاج إلى إدارة تربة خاصة (صرف جيد. غسيل على استخدام مصلحات كيماوية جبس زراعي).
عالي الصوديوم جداً	26<SAR	S_4 عادة ما يكون غير صالح لأغراض الري.

جدول(3):- تصنيف حدود ملحية مياه الري (EC_{iw}) بوحدة ديسيمنز/متر (**Richards,1954**).

تصنيف "Ussl" Richards,1954		
التصنيف	**المدى dS/m**	**الدرجة**
منخفضة	اقل من 0.25	**C_1**
متوسطة	0.75 – 0.25	**C_2**
عالية	2.25 – 0.75	**C_3**
عالية جدا	اكبر من 2.25	**C_4**

جدول (4):- نظام الفاو لتقييم جودة المياه للري (**Ayers و Westcot ،FAO, 1985**).

Potential Irrigation Problem				**Units**	**Degree of Restriction on Use**		
					Non	**Slight to Moderate**	**Severe**
Salinity (affects crop water Availability)							
	EC			dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
	(or)						
	TDS			mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration (affects infiltration rate of water inter into the soil Evaluate using EC_w and SAR together)							
SAR	=0-3	And EC_W	=		<0.2	0.7-0.2	>0.7
	=3-6		=		<0.3	1.2-0.3	>1.2

	=6-12		=		<0.5	1.9-0.5	>1.9
	=12-20		=		<1.3	2.9-1.3	>2.9
	=20-40		=		<2.9	5.0-2.9	>5.0
Specific Ion Toxicity (affects sensitive crops)							
Sodium (Na)							
Surface irrigation				SAR	<3	3-9	>9
Sprinkler irrigation				meq/l	<3	>3	
Chloride (Cl)							
Surface irrigation				meq/l	<4	4-10	>10
Sprinkler irrigation				meq/l	<3	>3	
Boron (B)				mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Miscellaneous Effects (affects sensitive crops)							
Nitrogen (NO_3-N)				mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO_3)							
(overhead sprinkling only)				meq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH					**Normal Range 6.5-8.4**		

النتائج والمناقشة

أفادت القياسات الكيميائية و المؤشرات الحسابية لعينات المياه بشكل عام أن مياه الآبار متباينة القيم كما هو موضح في الجداول (5،6).

الجدول (5) الخصائص الكيميائية لمياه الآبار بمنطقة العامرة.

رقم البئر	pH	EC	TDS	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCo_3^{-}	So_4^{-2}
		ds/m	mg/l	meq/l						
1	7.27	2.78	1907.2	5.8	5.7	15.8	0.28	17.87	5.08	4.83
2	7.18	2.07	1388.8	5.27	4.83	10.34	0.16	11.32	4.58	4.44
3	7.19	1.82	1164.8	5.14	4.42	8.47	0.11	8.69	4.28	4.22
4	7.25	2.63	1811.2	5.71	5.6	14.6	0.26	16.47	4.93	4.72
5	7.18	1.95	1248	5.21	4.46	9.56	0.14	9.94	4.39	4.29
6	7.21	2.28	1587.2	5.46	5.07	11.96	0.23	13.38	4.73	4.64
7	7.23	2.22	1548.8	5.35	5.02	11.54	0.21	12.82	4.7	4.61
8	7.17	1.98	1267.2	5.23	4.55	9.82	0.13	10.35	4.46	4.33
9	7.24	2.47	1708.8	5.65	5.41	13.27	0.24	14.94	4.85	4.69
10	7.19	2.13	1427.2	5.31	4.95	10.79	0.17	11.85	4.61	4.47
Min	7.17	1.82	1164.8	5.14	4.42	8.47	0.11	8.69	4.28	4.22
Max	7.27	2.78	1907.2	5.8	5.7	15.8	0.28	17.87	5.08	4.83
AVER	7.21	2.233	1505.9	5.41	5.00	11.61	0.19	12.76	4.66	4.52

الجدول (6):- المؤشرات الحسابية لجودة مياه الآبار بمنطقة العامرة.

رقم البئر	SAR	Adj SAR	R.S.C	SSP	JR	Mg.R
				(%)		(%)
1	6.58	16.47	-6.42	57.87	0.8841	49.56
2	4.60	11.04	-5.52	50.58	0.9134	47.82
3	3.87	8.91	-5.28	46.97	0.9746	46.23
4	6.13	15.34	-6.38	56.34	0.8864	49.51
5	4.34	9.99	-5.28	49.71	0.9617	46.12203
6	5.21	12.50	-5.8	53.17	0.8938	48.14
7	5.06	12.16	-5.67	52.67	0.9001	48.40
8	4.44	10.21	-5.32	50.10	0.9487	46.52
9	5.64	13.54	-6.21	54.54	0.8882	48.91
10	4.76	11.43	-5.65	51.25	0.9105	48.24
Min	3.87	8.91	-6.42	46.97	0.8841	46.12
Max	6.58	16.47	-5.28	57.87	0.9746	49.56
AVER	5.06	12.16	-5.753	52.32	0.9162	47.94

و لتوضيح هذا التباين فقد تم مناقشة النتائج على النحو التالي:-

الأس الهيدروجيني للمياه pH_{iw}

أوضحت النتائج في **الجدول (5)**، أن قيم الأس الهيدروجيني (pH_{iw}) للمياه تتراوح بين (7.17-7.27)، بمتوسط عام (7.21)، مما يصنف المياه كقلوية خفيفة. القيم تتوافق مع المدى المقبول المعتمد من قبل منظمة الأغذية والزراعة و الذي أشار له **Westcot, Ayers، (1985)** و **منظمة الأغذية و الزراعة FAO**، "6.5-8.5". تلك القيم تشير إلى وجود كميات مناسبة من الكربونات الذائبة كبيكربونات "HCO_3^-" مما يجعل المياه آمنة للاستخدام في الري دون أن تسبب مشاكل للنباتات أو التربة.

التوصيل الكهربائي (EC)

تبيّن من **الجدول (5)** أن قيم التوصيل الكهربائي لمياه الآبار (EC_{iw}) في المنطقة تتراوح بين (1.82- 2.78) ديسيمنز/م، مع متوسط عام (2.233) ديسيمنز/م. بناءً على هذه القيم، يمكن اعتبار جودة المياه جيدة وفقًا لتصنيف"**FAO, 1994**" الذي يعتبر المياه ذات حدود ملحية جيدة للري عندما تكون قيمة التوصيل الكهربائي في المدى "0.7 – 3.0 " ديسيمنز/م. من جهة أخرى، وفقًا لتصنيف **معهد الملوحة الأمريكي "Richards, 1954"** يُعتبر التوصيل الكهربائي مرتفعًا عندما يكون في المدى "0.75 – 2.25 " ديسيمنز/م. بالنظر إلى ذلك، يجب اتخاذ احتياطات في استخدام هذه المياه في الري، وينبغي تبني استراتيجيات فعّالة لإدارتها بشكل مستدام. و بالرجوع إلى

الجدول (6)، و بالنظر إلى قيم نسبة جونز "JR" و تستخدم هذه النسبة للتمييز بين تداخل مياه البحر و غيرها من مصادر المياه المالحة و ذلك من خلال معرفة قيمتها، كلما كانت قيمة أقل من (0.86) يدل ذلك على أن الأملاح الموجودة في مياه الآبار مصدرها البحر و إذا كانت أكبر من (0.86) ذلك يدل على أن مصدر الأملاح التكوين الجيولوجي أو غيره من المصادر الأخرى. **(عبدالعزيز، عبد الرزاق مصباح، عبد السلام و ناصر مولود، 2020).** و بالنظر إلى **الجدول (6)** لمياه الآبار نجد أن قيمة JR كانت في المدى (0.88–0.97) بمتوسط عام (0.91) و ذلك يعني أنها أكبر من (0.86)، مما يدل على عدم حدوث تداخل لمياه البحر مع المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

الكاتيونات Cations

أوضحت النتائج في **الجدول (5)**، أن محتوى مياه الآبار من الكالسيوم الذائب يتراوح في المدى "5.14 – 5.8" مليمكافئ/لتر، و بمتوسط عام "5.41" مليمكافئ/لتر و هذا يعني أنه يتوافق مع المدى الطبيعي لتركيز الكالسيوم في مياه الري، والذي يتراوح عادةً بين "0–20" مليمكافئ/لتر، كما أشار له **Westcot, Ayers، (1994)**. تبيّن أن مياه الآبار التي تم ذكرها تحتوي على تركيز مناسب من الماغنيسيوم للاستخدام في الري، والذي يتراوح في معظم الحالات بين "4.42–5.7" مليمكافئ/لتر، مع متوسط يبلغ حوالي "5.00" مليمكافئ/لتر. هذا التركيز يدخل ضمن المدى الموصي به لتركيز الماغنيسيوم في مياه الري، حسب دراسات سابقة مثل تلك التي أشارت إليها كتب **Ogunfowokan و آخرون، (2013) نقلاً عن Kashuta, Shahinasi، (2008)**. مع ذلك، يمكن أن تكون بعض المياه في الآبار قد تحتوي على تركيزات أعلى من "0–5" مليمكافئ/لتر. يمكن أن يكون هذا بسبب عوامل مثل التداخل مع مياه البحر، التي تحتوي عادة على تركيزات عالية من أيونات الماغنيسيوم، أو قد يكون بسبب التكوين الجيولوجي المحلي والصخور الموجودة فيها هذه المياه.

أوضحت النتائج المدونة في **الجدول (5)**، أن محتوى مياه الآبار من البوتاسيوم الذائب أن قيم تركيز البوتاسيوم الذائب كان في المدى "0.11–0.28" مليمكافئ/لتر، مع متوسط عام يبلغ "0.19" مليمكافئ/لتر. و قد أشارت **منظمة الأغذية و الزراعة (FAO, 2006)**، أن المدى الطبيعي المسموح به للبوتاسيوم الذائب في المياه يكون في المدى "0–20" مليمكافئ/لتر.

تبين أن تركيز الصوديوم في مياه الآبار الذي تمت دراسته يتراوح بين "8.47–15.8" مليمكافئ/لتر، مع متوسط عام يبلغ "11.61" مليمكافئ/لتر. وبالنظر إلى المدى الطبيعي لأيونات الصوديوم في مياه الري حسب دراسة **Westcot, Ayers، (1994)**، والذي يقع بين "0–40" مليمكافئ/لتر. يمكن اعتبار أن هذه المياه تتوافق مع المدى المقبول لتركيز الصوديوم، خاصةً إذا أخذنا بنظر الاعتبار المتوسط العام لتركيز الصوديوم البالغ "11.61" مليمكافئ/لتر. الزيادة في تركيز الصوديوم قد تعزى إلى عوامل عدة مثل التداخل مع مياه البحر في المناطق غير المرتفعة عن سطح البحر، أو تكوينات جيولوجية خاصة بالصخور الموجودة في المنطقة.

الأنيونات Anions

أوضحت النتائج المدونة في **الجدول (5)** أن تركيز أيونات الكلوريد الذائب في مياه الآبار كان في المدى (8.69–17.87) مليمكافئ/لتر، مع متوسط عام يبلغ (12.76) مليمكافئ/لتر. يُظهر ذلك أن مياه الآبار تحتوي على تركيز مقبول من الكلوريد الذائب ولم تتجاوز المدى المسموح به لمياه الري، وفقًا لتقرير **منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2006)** التي تحدد المدى المسموح به لتركيز أيونات الكلوريد بين "0–30" مليمكافئ/لتر. قد يكون الارتفاع في

تركيز أيونات الكلوريد الذائب فوق الحد المسموح به في مياه الري ناتجًا عن تسرب مياه البحر أو ارتفاع درجات الحرارة وعمليات البخر.

و كذلك نلاحظ أن تركيز أيون الكبريتات الذائبة في مياه الآبار يقع في المدى "4.22–4.83" مليمكافئ/لتر بمتوسط عام "4.52" مليمكافئ/لتر، و بالرجوع إلى ما ورد عن **منظمة الأغذية و الزراعة (FAO, 2006)** و التي ذكرت أن المدى الطبيعي لتركيز أيون الكبريتات الذائب في مياه الري في المعدل (0–20) مليمكافئ/لتر، و بالتالي فإن مياه هذه الآبار لم تتجاوز المدى المسموح به من أيون الكبريتات في مياه الري. **(درياق، 2017).**

أوضحت النتائج في **الجدول (5)**، أن تركيز أيون البيكربونات الذائب في مياه الآبار في المدى "4.28–5.08" مليمكافئ/لتر بمتوسط عام "4.66" مليمكافئ/لتر. هذه القيم تدخل ضمن المدى الطبيعي المعتاد لتركيز أيونات البيكربونات في مياه الري، والذي يتراوح عادةً بين "0–10" مليمكافئ/لتر، كما يُشير إليه العديد من الدراسات مثل دراسات **(Kashuta, Shahinasi، 2008) و (Harivandi, 1992).**

المؤشرات الحسابية لجودة مياه الآبار.

نسبة ادمصاص الصوديوم Sodium Adsorption Ratio

تشير النتائج المتحصل عليها في **الجدول (6)** إلى أن قيم "SAR" لهذه الآبار تتراوح بين "3.87–6.58"، مع متوسط عام يبلغ "5.06". وتصنف هذه القيم وفقًا لتقسيم **مختبر وزارة الزراعة الأمريكي (Richards، 1954)** كقيم منخفضة إلى متوسطة. بشكل عام، فإن مياه هذه الآبار تُعتبر جيدة بناءً على معيار "SAR". وتظهر النتائج أيضًا أن جميع قيم SAR للمياه تقل عن "10"، مما يجعلها مياه ممتازة ومنخفضة التأثير على التربة والمحاصيل، وفقًا لدراسة **خليل، (1998).**

كربونات الصوديوم المتبقية "RSC" Residual Sodium carbonate

من خلال النتائج المدونة في **الجدول (6)** فإن قيم كربونات الصوديوم المتبقية "RSC" لمياه الآبار كانت في المدى "6.42– ، 5.28–" و أن قيم كربونات الصوديوم المتبقية لهذه الآبار جميعها كانت ذات قيمة سالبة بمعنى أنها أقل من "1" و من الصفر، و حسب التصنيف الذي يشير بأن المياه يمكن استخدامها للري عندما تكون قيمة كربونات الصوديوم المتبقية "RSC" أقل من "1.5" مليمكافئ/لتر، و بالتالي بناءً على هذا التقييم و هذا المقياس فإنها تعتبر مياه صالحة للري.

النسبة المئوية للصوديوم الذائب SSP

أوضحت النتائج المدونة في **الجدول (6)** أن نسبة تركيز النسبة المئوية للصوديوم الذائب (SSP%) في مياه الآبار كانت في المدى "46.97–57.87%"، مع متوسط عام يبلغ "52.32%". وتظهر هذه القيم أن تركيز الصوديوم الذائب لم يتجاوز "60.00%" مما يعني أنه يمكن استخدام هذه المياه للري دون أي مشاكل أو ضرر كما أشارت دراسة **(MamRasoul, 2000).**

قيم نسبة الصوديوم المعدلة AdjSAR

قسمت مياه الري وفقاً **(Westcot, Ayers، 1994)** على أساس قيم نسبة إدمصاص الصوديوم المعدلة إلى ثلاث رتب: أقل من "6" تعتبر مياه صالحة للري، و عند المدى "6.0–9.0" تعتبر المياه متوسطة الصلاحية، و عندما تكون قيمة نسبة الصوديوم المعدلة أكبر من "9" فإنها تعتبر غير صالحة للاستخدامات الزراعية "الري". أوضحت

النتائج في **الجدول (6)** أن قيم نسبة الصوديوم المعدلة "AdjSAR" لمياه الآبار تتراوح بين"8.91–16.47"، مع متوسط عام "12.16". وفقًا لتصنيف **Westcot, Ayers، (1994)**، فإن قيم نسبة الصوديوم المعدلة "AdjSAR" في هذا المدى تعتبر غير صالحة للري، لأنها تتجاوز قيمة 9. هذا يعني أن هذه المياه تحتوي على مستويات عالية من الصوديوم المعدل الذي قد يكون ضارًا للاستخدامات الزراعية بسبب تأثيره السلبي على التربة والمحاصيل. و كقاعدة عامة، تكون قيمة "AdjSAR" بمياه الري الحاوية على كميات معتبرة من البيكربونات أكبر قيمة من SAR الاعتيادية، نظراً لأن قيمة "AdjSAR" تأخذ بعين الاعتبار احتمالات ترسيب جزء من Mg, Ca في مياه الري، فقد يوصى باستخدامها كدليل على خطورة الصوديوم في مياه الري.

مجموع الأملاح الكلية الذائبة Total Dissolved Salts TDS.

أوضحت النتائج المدونة في **الجدول (5)** أن قيم تركيز الأملاح الذائبة الكلية "T.D.S" في المياه كان ما بين "1164.8 – 1907.2" مجم/لتر، مع متوسط عام يبلغ "1505.9" مجم/لتر. بناءً على هذه القيم، يتضح أن تركيز الأملاح الذائبة الكلية لم يتجاوز الحدود المسموح بها من قبل **منظمة الأغذية و الزراعة "FAO"**، التي تحدد أن الحدود المقبولة لتركيز TDS في مياه الري تتراوح بين"0–2000" مجم/لتر. بناءً على هذه النتائج، يمكن القول إن هذه المياه ملائمة للاستخدام في الري.

خطر الماغنيسيوم Magnesium hazard.

الماغنيسيوم يمكن أن يشكل خطراً على جودة التربة والإنتاج النباتي عندما يتجاوز تركيزه نسبة "60%" في مياه الري. هذا يؤدي إلى جعل التربة قلوية بشكل زائد، مما يؤثر سلباً على نمو النباتات. الدراسات العلمية تشير إلى أن التركيزات التي تتجاوز 50–60% من الماغنيسيوم في مياه الري قد تكون ضارة بالنباتات. **(Kovda, 1973)**. أوضحت النتائج المدونة في **الجدول (6)**، أن نسبة الماغنيسيوم في مياه الآبار تتراوح بين "46.12–49.56" %، مع متوسط عام يبلغ "47.94" %. بناءً على هذه النتائج، يمكن القول أن نسبة تركيز الماغنيسيوم في هذه المياه تتوافق مع الحدود المسموح بها للاستخدام في الري، مما يعني عدم وجود خطورة في استخدام هذه المياه لأغراض الري.

تصنيف جودة مياه الآبار.

بناءً على المعايير القياسية المستخدمة في تقييم جودة المياه الجوفية للري و على النتائج المتحصل عليها لكل من درجة التوصيل الكهربائي (EC_{iw}) و نسبة الصوديوم المدمص (SAR)، لمياه الابار بمنطقة العامرة فإنه يمكن تصنيف مياه الآبار للمنطقة في الرتبة "$\mathbf{C_3–S_1}$" وفق هذا التصنيف تعتبر مياه عالية الملوحة و منخفضة من حيث معدل ادمصاص الصوديوم حسب تصنيف **معمل الملوحة الأمريكي USSL (1954)**، و متوسطة الملوحة حسب **دليل منظمة الزراعة و الغذاء (FAO, 1985)**. و هذه النوعية من المياه يحب أن تستخدم في الترب المتوسطة و الخشنة القوام و ذات الصرف الجيد و مع المحاصيل ذات تحمل عالي للملوحة.

من خلال النتائج المتحصل عليها يتضح أن قيم الأس الهيدروجيني لمياه الآبار (pH_{iw}) في المنطقة قد تراوحت بين (7.17–7.27)، مع متوسط عام (7.21). و هي قيم مقبولة وتدل على أن المياه قلوية خفيفة، وهو شرط جيد للاستخدام في الري والأغراض الزراعية بشكل عام. يتماشى هذا التصنيف مع المعايير المعتمدة من قبل **Westcot, Ayers، (1985)** و **منظمة الأغذية و الزراعة FAO**، "6.5–8.5". و أن قيم التوصيل الكهربائي لمياه الآبار

(EC_{iw}) في المنطقة قد تراوحت بين (1.82– 2.78) ديسيمنز/م، مع متوسط عام (2.233) ديسيمنز/م. و التي تعتبر مرتفعة حسب تصنيف **معهد الملوحة الأمريكي "Richards, 1954"** الذي اعتبر أن المياه ذات ملوحة مرتفعة عندما تكون درجة التوصيل الكهربائي لها في المدى "0.75 – 2.25" ديسيمنز/م، و بالتالي استخدام المياه ذات ملوحة مرتفعة في الري يتطلب إدارة متقنة للموارد المائية. هذا يشمل تقييم الاحتياجات المائية للمحاصيل بدقة، وتوفير التقنيات المناسبة لتخفيض محتوى الأملاح في التربة إذا لزم الأمر، مثل الري بالتنقيط والتحكم في مستوى المياه الجوفية. وأما بالنسبة لقيمة JR كانت في المدى (0.88–0.97) بمتوسط عام (0.91) و ذلك يعني أنها أكبر من (0.86)، مما يدل على عدم حدوث تداخل لمياه البحر مع المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

و بينت النتائج أن الأيونات الموجبة (الصوديوم، الكالسيوم، الماغنيسيوم و البوتاسيوم) و الأيونات السالبة (الكلوريد، الكبريتات و البيكربونات) كان تركيزها في مياه الري في المدى المقبول حسب ما ورد في **تقرير منظمة الأغذية و الزراعة (FAO, 2006)** و ما أشار له **Westcot, Ayers، (1994)** ربما يعود الارتفاع في تركيزها إلى حدوث تداخل مع مياه البحر أو ربما يعود إلى التكوين الجيولوجي و الصخور الموجودة فيها هذه المياه. و أوضحت النتائج المتحصل عليها أن قيم نسبة ادمصاص الصوديوم "SAR" في مياه الآبار قد تراوحت في المدى "3.87–6.58" بمتوسط عام "5.06"، و بالرجوع إلى تصنيف **Westcot, Ayers، "FAO 1994"**. فإن جميع مياه الآبار ذات قيم SAR أقل من "10" مما يعني أنها تصنف عادةً كمياه ممتازة ومنخفضة الادمصاص للصوديوم، وهذا يجعلها ملائمة جداً للاستخدام في الري بدون أن تسبب ضرراً للمحاصيل أو التربة. أما قيم كربونات الصوديوم المتبقية "RSC" لمياه الآبار كانت في المدى "6.42– ، 5.28–" و أن قيم كربونات الصوديوم المتبقية لهذه الآبار جميعها كانت ذات قيمة سالبة و بالتالي بناءً على هذا التقييم و هذا المقياس فإنها تعتبر مياه صالحة للري. و كذلك بينت النتائج أن النسبة المئوية الصوديوم الذائب (SSP%) نسبة إلى الكاتيونات الأخرى لمياه الآبار كانت في المدى "46.97–57.87%" بمتوسط عام "52.32%"، وهي لم تتجاوز "60.00%" و ذلك يعني أنه يمكن استعمالها للري بدون أي ضرر. و من خلال هذه النتائج نلاحظ أن قيم نسبة الصوديوم المعدلة "AdjSAR" لمياه الآبار كانت في المدى "8.91–16.47" بمتوسط عام "12.16" و بناءً على تصنيف **Westcot, Ayers، (1994)** لتقييم نسبة الصوديوم المعدلة "AdjSAR" فإنها تعتبر مياه غير صالحة للري، لأنها كانت قيمتها أكبر من "9". كذلك من خلال هذه النتائج نلاحظ أن قيم تركيز الأملاح الذائبة الكلية "T.D.S" كانت في المدى "1164.8 – 1907.2" مجم/لتر بمتوسط عام "1505.9" مجم/لتر، و هي لم تتجاوز الحدود المسموح بها لمعايير **منظمة الأغذية و الزراعة "FAO"** لمياه الري و التي أشارت أن الحدود المسموح بها لتركيز الأملاح الكلية الذائبة في المياه المستخدمة للري تكون في المدى "0–2000" مجم/لتر. و بالتالي فإنها بهذه التراكيز تكون صالحة للري. أما قيم النسبة المئوية للماغنيسيوم في مياه الآبار كانت في المدى "46.12–49.56" % بمتوسط عام "47.94" %، و هي تقع في الحدود المسموح بها لنسبة تركيز الماغنيسيوم في المياه "50–60%" و بالتالي فهي صالحة للري.

الاستنتاجات و التوصيات.

أولاً:– الاستنتاجات:–

1– تعتبر مياه الآبار عموماً ذات ملوحة عالية و منخفضة الصوديوم.

2– مياه الآبار خالية من التلوث بالنترات أو البورون.

3- أغلب تراكيز الأيونات كانت في المدى المقبول الموصى به في دليل منظمة الأغذية و الزراعة.

4- إن أغلب المياه في هذه المناطق تعتبر غير صالحة للري من حيث الملوحة و بالتالي تحتاج إلى إدارة جيدة من حيث نظام صرف جيد للتربة و اختيار محاصيل تقاوم الملوحة.

ثانياً:- التوصيات:-

1- اتباع تقنيات ري حديثة يكون بها الري على فترات متقاربة و بكميات بسيطة.

2- زراعة محاصيل تتحمل الملوحة مثل الشعير و زراعة الأشجار مثل النخيل و الزيتون.

3- تحسين الصرف و انشاء مصارف لمنع ارتفاع مستوى الماء الأرضي الذي يسبب تراكم الأملاح.

4- استخدام معدل الغسيل وذلك يعني إضافة ماء أكثر من المطلوب للري لكي يعمل على التخلص من الأملاح.

5- إجراء عمليات الخدمة و الحرث التي تضمن التخلص من الطبقات قليلة النفاذية لضمان حركة الماء خلال قطاع التربة و عدم ارتفاع تركيز محلول التربة.

قائمة المراجع

1. **الزبيدي**، أحمد حيدر.**(1989)**. ملوحة التربة- الأسس النظرية و التطبيقية- جامعة بغداد- منشورات بيت الحكمة.
2. **السلاوي**، محمود **(1986)**. المياه الجوفية بين النظرية و التطبيق. كلية الزراعة، جامعة طرابلس، ليبيا.
3. **الفقي**، يوسف محمد و صويد، فتحي علي.**(2016)**. المياه الجوفية الضحلة (طبقة حاوية غير محصورة) لبعض آبار مياه منطقة مصراته و مدى ملائمتها للشرب و الري. مجلة علوم البحار و التقنيات البيئية. 2 (2):- 15-33.
4. **خليل**، محمود عبدالعزيز.**(1998)**. العلاقات المائية و نظم الري (الأراضي الرملية - الزراعات المحمية - محاصيل الخضر). منشأة المعارف- الاسكندرية- مصر.
5. **درياق**، جمال سعيد.**(2017)**. تقييم جودة مياه الري لبعض الآبار في بعض مناطق الجبل الأخضر- البيضاء- ليبيا- مجلة الجديد في البحوث الزراعية. 22(3):-130-147.
6. **سالم**، ن. ا. **(2015)**. دراسة عن الجودة الصحية للمياه الجوفية في منطقة طرابلس من ليبيا. (ماجستير). قسم الطب الوقائي، جامعة طرابلس.
7. **سلوى**، هـ. أ. **(2017)**. تقييم المخاطر الصحية ومؤشرات التلوث للمياه الجوفية في منطقة العلم في محافظة صلاح الدين، العراق. مجلة المثنى للهندسة والتكنولوجيا، 5 (2)، 62 - 69.
8. **عبدالعزيز**، عبد الرزاق مصباح و عبد السلام، ناصر مولود.**(2020)**. تقييم الوضع المائي في المنطقة الممتدة من ساحل البحر بمدينة صبراتة إلى منطقة عقار. مجلة الإسكندرية للعلوم الزراعية 65 (1):- 15-27.

References:

Al-Badaii, F., Shuhaimi-Othman, M., and Gasim, M. B. (2013). Water quality assessment of the Semenyih river, Selangor, Malaysia. Journal of chemistry, 2013(1), 871056. https://doi.org/10.1155/2013/871056. ISSN: 2090-9071.

Ayers, R. S and Westcot, D .W.(1985). Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper (29 Rev. t.) FAO. Rome. Italy PP:- 1-13.

Ayers. R. S., and Westcot, D .W.(1994). Water quality for Agriculture. FAO. Irrigation & Drainage paper 29. ReV1.Rome-Italy. 178PP.

Ayers. R. S., and Westcot, D .W.(1994). Water quality for Agriculture. FAO. Irrigation & Drainage paper 29. ReV1.Rome-Italy. 178PP.

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*, 428-438. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.01.005. ISSN: 2352-801X.

Black.C.A.. Evans, D.D. , White , J.L. , Ensminger , L.E. , and Clark. , 1965, Methods of Soil Analysis. part (1) and part (2), Am. Soc. of agron. Wisc. ,U.S.A.

Bohn, L.H., McNeal .L .B. and O' connor ,A.G. (1979). soil Chemistry. Fourth .ed.JohnWiley&Sons ,Inc. New York.

Chapman. H. and Pratt, P., 1961, Methods of Analysis for Soils, plants and waters. Unif. Of calif. U.S.A.

Cheng. K.L., and. B. R.h., 1951. Dettermination of Calcium and Magnesium in Soil and Plant Material. Soil Sci. V (72) PP: 449-453.

Dimple, D., Rajput, J., Al-Ansari, N., and Elbeltagi, A. (2022). Predicting Irrigation Water Quality Indices Based on Data-Driven Algorithms: Case Study in Semiarid Environment. Journal of Chemistry, 2022(1), 4488446. https://doi.org/10.1155/2022/4488446. ISSN: 2090-9071.

Donnen.,L.D.(1964). Notes on water Quality in agriculture. Water Sci&Engin. Paper:- 001 Dept of Water Sci&Engin. Univ of California.

Eaton. F.M.(1950). Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Sci. 69:123-133.

El-Dars, F. M. (2005). Evaluation of groundwater quality within a typical Egyptian village, North of Cairo, Egypt. Annali di Chimica: Journal of Analytical, Environmental and Cultural Heritage Chemistry, 95(5), 357-368.https://doi.org/10.1002/adic.200590040. ISSN: 1612-8877.

FAO.(1994). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. Rome. 174 pp.

FAO.(2006). World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correalation and communication. Rome, FAO.

Fuentes-Rivas, R. M., Santacruz-De León, G., Ramos-Leal, J. A., and Morán-Ramírez, J. (2023). Hydrogeochemical assessment and groundwater quality in a shallow aquifer: a case study of San Luis Potosí Valley, Mexico. *Groundwater for Sustainable Development*, *20*, 100881. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100881. ISSN: 2352-801X.

Gomez, K.A, and Gomez, A.A.(1984). Statistical procedure for agricultural research. John Wiley and Sons. J. Agril. Res. 50(3): 357-364.

Hamza, N. H. (2012). Evaluation of water quality of Diyala River for irrigation purposes. Diyala Journal of Engineering Sciences, 5(2), 82-98. https://www.iasj.net/iasj/download/5ab8b960c5625257. ISSN: 1999-8716.

Harivandi. M. A.(1992). Interpreting Turf grass irrigation water test results. California Unv. Div of agric. & natural resources publication.

Hesse, P.R., 1971, A Text Book of Soil Chemical Analysis. Jhon Me London.

Kovda.,V.A.(1973). Irrigation, Drainage and Salinity. Hutchinson Co. London. England.

MamRasoul,G.A.(2000). Steady water quality and its effect on nutrients availability for Corn in Sulaimania region. Msc. Thesis. Col. Agric. Sulaimania. Unv. PP:- 120.

Ogunfowokan.A.O., Obisanya., J. F, and Ogunkoya O.O.(2013). Salinity and Sodium hazard of three streams of different agricultural land use system in IIe- IBe, Nigeria. Appl. Water. Sci 3: 19-28.

Raghunath. H.M.(1987). Ground water, 2nd Ed. Wiley Eastern Ltd. New Delhi, India, PP. 344-369.

Reitemeier. R.f..1943. Semimicro analysis of saline solution. Indus..and eng. In chemi. Analyt. Ed ... V (15) pp: 393-402, ILLUS.

Richards. L. A.(1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Dept of Agric. Handbook No 60, PP 69-82.

Richards. L. A.(1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Dept of Agric. Handbook No 60, PP 69-82.

Shahinasi. E; and Kashuta, V.(2008). Irrigation Water quality and its effects upon soil. Balwois-Ohrid Republic of Macedonia.

USSL Staff.(1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No 60. Washington DC, USA 160 pp.

Wilcox. L.V.(1955). Classification and use of irrigation waters. USDA, circular 469. Washington, DC.