



تقييم جودة المياه الجوفية ومدى ملائمتها لأغراض الري بمنطقة السواوة - سرت - ليبيا: دراسة حالة

مصطفى علي بن زقطة^{1*}، جلال أحمد القاضي²، أحمد إبراهيم خماج³، عبدالله محمد بالحاج⁴
¹قسم هندسة وعلوم البيئة، الأكاديمية الليبية للدراسات العليا فرع مصراتة، ليبيا
²مركز البحوث الزراعية، ليبيا
³قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا
⁴قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة سرت، سرت، ليبيا

Assessment of Groundwater Quality and its Suitability for Irrigation Purposes in Sawawa Region - Sirte - Libya: A Case Study

Mostafa Ali Benzaghta^{1*}, Jalal Ahmed Elgadi², Ahmed Ibrahim Khmaj³, Abdula Mohamed
Belhaj⁴

¹Department of Environmental Engineering and Sciences, Libyan Academy, Misurata
Branch, Libya

²Agricultural Research Center, Libya

³Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya

⁴Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Sirte University, Sirte, Libya

*Corresponding author

benzaghta@bs.lam.edu.ly

*المؤلف المراسل

تاريخ النشر: 2025-08-28

تاريخ القبول: 2025-08-22

تاريخ الاستلام: 2025-06-28

المخلص

نفذت هذه الدراسة بهدف تقييم جودة المياه لأغراض الري في عدد من آبار منطقة السواوة بمدينة سرت الليبية. تم تجميع عينات مياه من 20 بئراً خلال أربعة مواسم. أجريت على العينات التحاليل المعملية اللازمة لتحديد خواصها الفيزيوكيميائية ومقارنة النتائج بالمواصفات المعتمدة لمياه الري وفقاً لتصنيف معمل الملوحة الأمريكي (USSL) وتصنيف (FAO). أظهرت النتائج حسب تقييم (USSL) أن أغلب الآبار تقع تحت الفئة C4-S2 وتليها الفئة C4-S1 حيث تراوحت قيم التوصيل الكهربائي (EC) بين 1854 ($\mu S/cm$) في البئر W19 في الربيع و 4300 ($\mu S/cm$) في البئر W15 في الشتاء. تراوحت قيم (SAR) بين 6.0 في البئر W9 في الربيع، و 22.0 في نفس البئر في الشتاء. كذلك أظهرت النتائج وفقاً لتقييم FAO أن قيم الأملاح الدائبة الكلية (TDS) تراوحت بين 1238 و 9004 (mg/l) وتركيز أيونات كل من الصوديوم (2047-313) والكلوريد (4153-136) والبيكربونات (417-40) النترات (72-2.30) وقيم pH بين 6.86 و 8.16. عليه فإن أغلب الآبار اجتازت الحدود المثلى لتصنيف FAO، ماعدا الرقم الهيدروجيني كان في الحدود الطبيعية. خلصت هذه الدراسة إلى أن أغلب الآبار المدروسة غير ملائمة للري في الظروف الاعتيادية وينبغي اتباع أساليب وتقنيات معينة لاستغلاله، من أهمها إضافة مخصبات مناسبة لغسيل الأملاح واتباع أسلوب الري التناوبي مع مياه عذبة كلما أمكن مع اختيار المحاصيل المتحملة للملوحة والصوديوم وتفاذي استخدامها في الأراضي الثقيلة سيئة الصرف.

الكلمات المفتاحية: تصنيف مياه الري، جودة المياه، سرت، السواوة، المياه الجوفية.

Abstract

This study was conducted to assess the water quality for irrigation purposes in several wells located in the Sawawa area of Sirte city, Libya. Water samples were collected from 20 wells over four seasons.

Laboratory analyses were performed to determine the physiochemical properties of the samples, and the results were compared with the approved standards for irrigation water according to the United States Salinity Laboratory (USSL) and the Food and Agriculture Organization (FAO) classifications. The results, based on the USSL classification, indicated that most wells fall under the C4-S2 category, followed by C4-S1. The electrical conductivity (EC) values ranged from 1854 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in well W19 during spring to 14,300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in well W15 during winter. The sodium adsorption ratio (SAR) values ranged from 6.0 in well W9 during spring to 22.0 in the same well during winter. According to the FAO classification, total dissolved solids (TDS) values ranged between 1238 and 9004 ppm, with concentrations of sodium (313–2047 mg/L), chloride (136–4153 mg/L), bicarbonate (40–417 mg/L), nitrate (2.30–72 mg/L), and pH levels between 6.86 and 8.16. While most wells exceeded the optimal FAO limits, pH values remained within the normal range. The study concluded that the majority of the investigated wells are unsuitable for irrigation under normal conditions. Specific management practices are recommended, such as applying appropriate leaching requirements, adopting rotational irrigation with freshwater when possible, selecting salt- and sodium-tolerant crops, and avoiding the use of these waters in heavy, poorly drained soils.

Keywords: Groundwater, Irrigation Water Classification, Sawawa, Sirte, Water Quality.

مقدمة:

تعد المياه من أهم العوامل المحددة للحياة على كوكب الأرض، فبدونها لا يمكن أن تقوم الحياة لجميع الكائنات الحية، وقد تأسست وازدهرت أغلب الحضارات الإنسانية على مر العصور بالقرب من مصادر المياه. تقدر الزيادة السنوية في استخدامات المياه عالمياً خلال الأربعين سنة الماضية بنسبة 1 % سنوياً، وتغطي المياه الجوفية نصف المياه المستخدمة عالمياً للأغراض المنزلية وحوالي 25 % لأغراض الري الزراعي (Koncagül & Connor, 2023). تعرف المياه الجوفية على أنها تلك المياه الموجودة في التكوينات الجيولوجية المشبعة من رمل وحصى وداخل شقوق وفجوات الصخور الأرضية ويطلق على هذه الطبقات المشبعة مصطلح الطبقات الحاملة للمياه (Aquifers) وهي تشكل حوالي 4% من مياه الدورة الهيدرولوجية (Burmester, 1988).

تقع ليبيا ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تستقبل 95 % من مساحتها هطولات أقل من 100 مم في السنة، وهي تعتمد بشكل كبير على المياه الجوفية كمصدر أساسي حيث تشكل ما نسبته 98 % من المصادر المائية للبلاد (Brika, 2018). يتوقع أن يصل إجمالي الاحتياج للموارد المائية سنة 2025 في ليبيا 8965 مليون م³ منها 6640 مليون م³ للاستخدامات الزراعية و 1759 مليون م³ للأغراض المنزلية بينما لقطاع الصناعة 566 مليون م³ ويتوقع أن يكون العجز حوالي 6031 مليون م³ (نصر، 2017).

تعتبر جودة مياه الري العامل المحدد لاستغلالها زراعياً، وتتأثر إنتاجية أغلب المحاصيل الزراعية سلباً مع زيادة تركيز الأملاح الذائبة في مياه الري، علاوة على ما يسببه استخدام مياه متدنية الجودة من تراكم للأملاح بالتربة وانخفاض إنتاجيتها (Ayers & Westcot, 1985), (Tura, & Tolossa, 2020). وتعد الملوحة من أكثر الاجهادات البيئية التي تؤثر سلباً على الإنتاج الزراعي خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة (Yigini et al., 2013). تبلغ المساحة الكلية للأراضي المتأثرة بالأملاح في العالم حوالي مليار هكتار (Omuto et al., 2020). كما أن الري بمياه ذات تركيزات عالية من الأملاح الذائبة يؤدي إلى تملح التربة وتدهورها وتدني إنتاجيتها، وعلى وجه الخصوص في المناطق الجافة وشبه الجافة مما يستوجب المراقبة الدورية لجودة مياه الري واتخاذ التدابير اللازمة لحسن إدارتها (Lapworth et al., 2022).

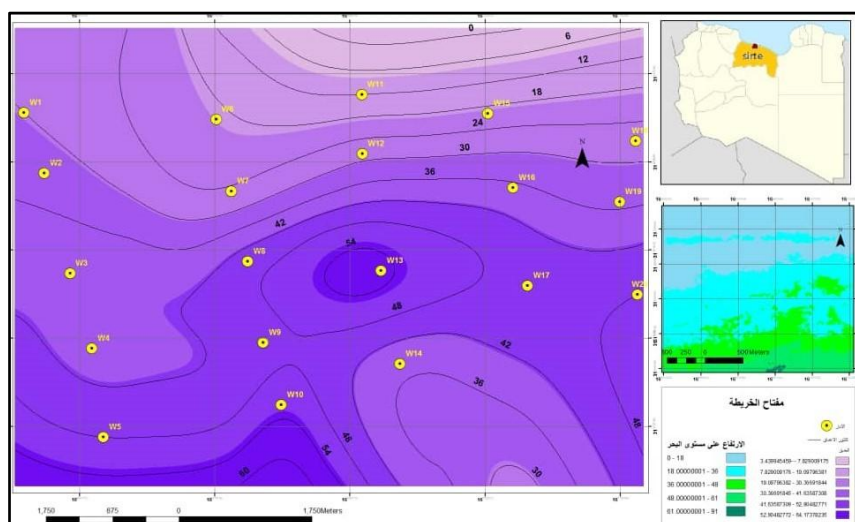
تعتمد جودة المياه الجوفية على عدد من العمليات الطبيعية من أهمها: التركيب الكيميائي للتربة والصخور التي تتدفق خلالها المياه وطبيعة التفاعلات الجيوكيميائية، ومدى ذوبانية الأملاح بالإضافة إلى الأنشطة البشرية مثل إضافة الأسمدة والمبيدات لغرض زيادة الإنتاج الزراعي دون فهم جيد للخصائص الكيميائية للتربة (Ayers & Westcot, 1985), (Ghazaryan, 2020). تعتبر منطقة السواوة أحد المناطق الزراعية الهامة بوسط ليبيا حيث تعرف باسم مشروع المزارع الصغيرة والتي تمثل أحد المشاريع التابعة لجهاز استثمار مياه النهر الصناعي بالمنطقة الوسطى. تعاني هذه المنطقة من نقص في إمدادات المياه مما اضطر المزارعون لحفر الآبار لتغطية العجز دون معرفة مدى ملائمة هذه المياه للاستخدام الزراعي ومدى تأثير نوعية هذه المياه على الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة وكذلك عدم درابتهم بنوع المحاصيل التي تتناسب مع نوعية المياه الجوفية المتوفرة لديهم. وبالتالي فإن هذه الدراسة تهدف إلى تقييم جودة المياه المستخرجة من بعض الآبار في منطقة السواوة ببلدية سرت وتحديد مدى ملائمتها لأغراض الري الزراعي خلال المواسم المختلفة.

المواد وطرائق البحث

أولاً: وصف منطقة الدراسة

تمت الدراسة على الآبار الواقعة جغرافياً شرق مدينة سرت بحوالي 20 كم بين دائرتي عرض (31° 12' 36") و (31° 10' 12") شمالاً وخطي طول (16° 43' 12") و (16° 38' 52") شرقاً على امتداد الشريط الساحلي لسهل

خليج سرت و ترتفع عن مستوى سطح البحر بـ 100 متر تقريباً. أما من الناحية الهيدرولوجية فتقع منطقة الدراسة في حوض الحمادة الحمراء الذي يشمل المساحة الممتدة بين السفوح الشمالية للجبل الغربي من نالوت إلى الخمس، ومنها على طول الساحل إلى سرت ثم يمتد حتى بن جواد. أهم الخزانات الرئيسية بالحوض هي: خزان الحقب الرابع الأيوسين (الخزان الضحل) - خزان الحقب الكريتاسي الأعلى (يعرف باسم تكوين مزدة تغرنة) - خزان الكريتاسي الأسفل (تكوين ككلة). تغطي المنطقة مساحة 3500 هكتار تقريباً، كما هو موضح بالشكل (1). تقع المنطقة ضمن المناخ الجاف وشبه الجاف لمناخ البحر المتوسط، مع هطول أمطار سنوية غير منتظمة بمعدلات سنوية تبلغ 150 مم، بينما معدلات التبخر تصل إلى 3834 مم/سنة (Benzaghta, 2014). فيما يخص الأنشطة الزراعية يمارس سكان منطقة الدراسة النشاط الزراعي بمختلف أنواعه اعتماداً على استغلال المياه الجوفية بشكل أساسي.



شكل (1): الموقع الجغرافي وآبار منطقة الدراسة

يعود تكون أقرب خزان ماء جوفي في منطقة الدراسة إلى العصر الميوسين، ويتكون من الحجر الجيري، ونتيجة لذلك كانت إنتاجيته للمياه محدودة جداً (الهيئة العامة للمياه، 2006) تتعدد الطبقات الحاوية للمياه الجوفية بمنطقة الدراسة، لتشكل خزانات جوفية رئيسية تعد المصدر الأساسي الذي أعتمد عليه في توفير المياه الجوفية لمختلف الاستخدامات وتستخرج مياهها بواسطة الآبار. وتجدر الإشارة إلى وجود خزانين للمياه الجوفية عمق الأول يتراوح ما بين (1200-1500 متر) والخزان الآخر يقع على عمق (1700-2500 متر) وإنتاجيته غزيرة ويحتوي على تراكيز من الأملاح (1500-1700) جزء من المليون (المخرم، 2013).

ثانياً: التحاليل المعملية

تم تجميع عينات المياه من (20) بئراً خلال عام 2019 في أربعة فصول (الربيع، والصيف، والخريف، والشتاء). تم تقسيم منطقة الآبار إلى خمسة حقول موزعة بنمط طولي تمتد من الشمال إلى الجنوب وبعرض 1.5 كم، بحيث يحتوي كل حقل على عدد من الآبار يتراوح بين 3 إلى 5 آبار، والمسافة بين الآبار في الحقل الواحد حوالي (1) كم، تراوحت أعماق تلك الآبار من 12 إلى 55 متر والجدول (1) يوضح ذلك. تم تحديد مواقع الآبار باستخدام جهاز تحديد المواقع Global Positioning System (GPS) نوع (GARMIN Etrex 10).

جدول (1): بيانات الآبار بمنطقة الدراسة

خط العرض	خط الطول	العمق الكلي للبئر (متر)	عمق الماء (متر)	رمز البئر
31°12'28.60"	16°38'51.10"	30	10	W1
31°12'2.80"	16°38'59.77"	33	12	W2
31°11'20.07"	16°39'10.83"	40	15	W3
31°10'47.97"	16°39'20.17"	40	10	W4
31°10'9.99"	16°39'25.00"	48	5	W5
31°12'25.72"	16°40'13.21"	19	11	W6
31°11'55.12"	16°40'19.76"	25	10	W7
31°11'25.05"	16°40'26.68"	45	8	W8
31°10'50.35"	16°40'33.31"	46	15	W9
31°10'23.85"	16°40'40.98"	52	5	W10
31°12'36.40"	16°41'15.40"	12	7	W11

31°12'11.11"	16°41'15.61"	28	8	W12
31°11'21.09"	16°41'23.60"	55	15	W13
31°10'41.40"	16°41'31.76"	38	9	W14
31°12'28.16"	16°42'9.24"	20	3	W15
31°11'56.52"	16°42'19.92"	37	8.5	W16
31°11'14.77"	16°42'26.16"	46	10	W17
31°12'16.54"	16°43'12.42"	27	5	W18
31°11'50.49"	16°43'5.52"	35	6	W19
31°11'10.96"	16°43'13.05"	48	10	W20

تم أخذ عينات مياه الآبار في قناني بولي إيثيلين سعة لتر بعد مرور خمسة دقائق من الضخ بعد غسلها ومجانستها بماء البئر. تم أجريت الاختبارات المعملية وفق الطرق القياسية الأمريكية المعتمدة عالمياً لتحليل المياه (APHA, 2017)، كما تم إجراء التحاليل المعملية في مختبر المدينة لتحليل التربة والمياه بمدينة طرابلس. تم قياس درجة التوصيل الكهربائي (EC)، درجة التفاعل (pH)، وتقدير تركيز الايونات الذائبة الموجبة والسالبة لكل من: الصوديوم (Na^+)، البوتاسيوم (K^+)، الكالسيوم (Ca^{+2})، الماغنيسيوم (Mg^{+2}) والكلوريد (Cl^-)، الكربونات (CO_3^{2-})، البيكربونات (HCO_3^-)، والكبريتات (SO_4^{2-}) وحساب الأملاح الكلية الذائبة (TDS). كما تم حساب نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) لعينات المياه وفقاً للمعادلة (1) (Ayers and Westcot, 1985).

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

حيث:

SAR = نسبة ادمصاص الصوديوم
 Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} = الكاتيونات الذائبة المقدرة في عينات المياه (ملليمكافئ/لتر)

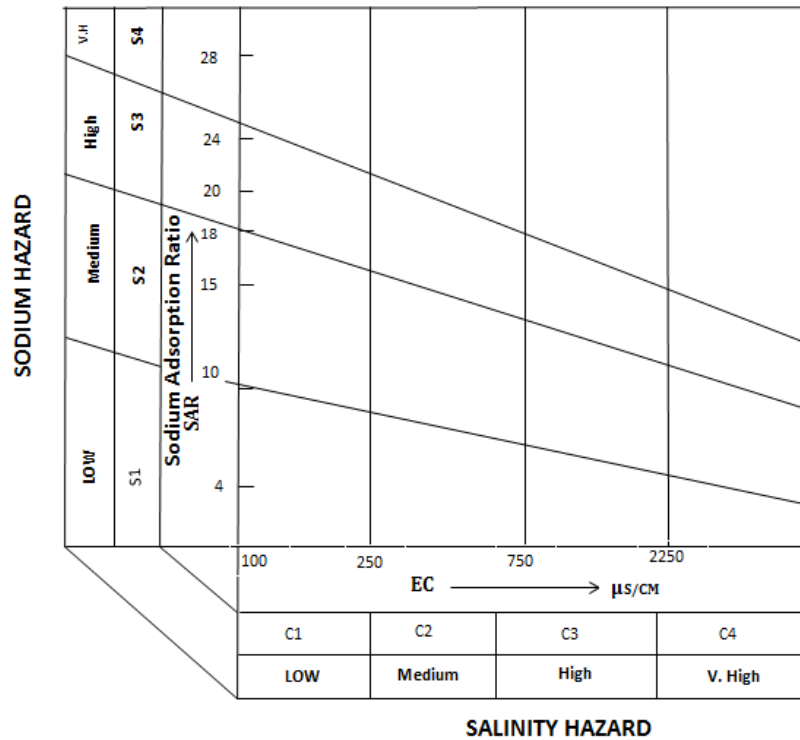
ثالثاً: تصنيف مياه الري

تم تصنيف المياه في هذه الدراسة وفقاً لمعيارين: الأول تصنيف معمل الملوحة الأمريكي US salinity laboratory (USSL) التابع لوزارة الزراعة الأمريكية (Richards, 1954) والآخر تصنيف منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (Ayers and Westcot, 1985). اعتمد التصنيف الأول على مؤشرين أساسيين لتقييم نوعية مياه الري هما: التركيز الكلي للأملاح معبراً عنها بالتوصيل الكهربائي (EC) ونسبة الصوديوم المدمص (SAR) ويضم 16 صنفاً مختلفاً لمياه الري، والشكل (2) يوضح ذلك، بينما اعتمد تصنيف منظمة الأغذية والزراعة (FAO) على أربعة مؤشرات أساسية لتصنيف نوعية مياه الري وهي (الملوحة، والنفذية، والسمية، وتأثيرات عرضية أخرى)، فقد قسمت شدة الخطورة إلى ثلاثة مستويات وهي (لا توجد مشكلة، زيادة في المشكلة، ومشكلة حادة). لتأثيرها على نفاذية التربة (معدل الرش) وتركيز كل من الكلوريد والبورون والصوديوم كتركيزات أيونية ضارة بالإضافة إلى تأثيرات عرضية أخرى كتركيز النترات والبيكربونات ودرجة تفاعل المياه جدول (2) و (3). أن القيم الناتجة من حساب نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) والمتوقع تأثيرها على معدل الرش السابقة تعطي قيماً عالية، وقد اقترح Ayers and Westcot (1985) قيمة جديدة هي نسبة الصوديوم المعدلة والتي يرمز لها (Adj RNa) وتحسب من خلال العلاقة التالية:

$$\text{Adj RNa} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}_x^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \quad (2)$$

حيث:

Adj RNa = تعبر عن نسبة الصوديوم المعدل
 Ca_x = قيمة تركيز الكالسيوم المعدلة بوحدة (ملليمكافئ/لتر) وهي تركيز الكالسيوم في مياه الري معدلاً مضافاً لتركيز الأملاح ونسبة البيكربونات إلى الكالسيوم وضغط ثاني أكسيد الكربون، وتحسب من خلال جداول خاصة وذلك بأخذ قيمة كل من (EC_w) و ($\text{HCO}_3/\text{Ca}^{2+}$) في الاعتبار (Ayers and Westcot, 1985).



شكل (2): مخطط معمل الملوحة الأمريكي لتقييم مياه الري (Richards, 1954)

جدول (2): دليل منظمة الاغذية والزراعة لتقييم مياه الري (Ayers and Westcot, 1985)

درجة القيود على استخدامها في الري			وحدة القياس	احتمالية مشاكل في الري			
شديد	خفيف الى متوسط	لا يوجد		الملوحة (تؤثر على تيسر المياه للمحاصيل)			
>3000	3000-700	700<	ميكروسمينس/سم	EC _w	التوصيل الكهربائي	-	-
2000>	2000-450	450<	(ملجم/ل)	TDS	الأملاح الكلية الذائبة	-	-
-	-	-	-	النفذية (تؤثر على معدل تسرب الماء إلى التربة) استعمال EC _w و SAR معاً			
0.2<	0.7 – 0.2	0.7>	ديسي سمينس / م	EC _w و	-	3-0	معدل SAR
0.3<	1.2 – 0.3	1.2>	-	-	-	6-3	-
0.5<	1.9 – 0.5	1.9>	-	-	-	12-6	-
1.3<	2.9 – 1.3	2.9>	-	-	-	20-12	-
2.9<	5.0 – 2.9	5.0>	-	-	-	40-20	-
-	-	-	-	سمية ايونات (تؤثر على المحاصيل الحساسة)			
-	-	-	-	Na ⁺ الصوديوم			
9 >	3-9	3 <	SAR	ري سطحي			
	>3	3<	ملليمكافى/لتر	ري بالرش			
			ملليمكافى/لتر	الكلوريد Cl ⁻			
10>	4 – 10	4<		ري سطحي			
	3>	3<		ري بالرش			
3.0>	0.7 – 3.0	0.7<	ملجم/ل	B ⁻ البورون			
				تأثيرات متنوعة (تؤثر على المحاصيل الحساسة)			
30>	5 – 30	5<	ملجم/ل	النترات- النتروجين-NO ₃			
8.5>	1.5 – 8.5	1.5<	ملليمكافى/لتر	البكربونات HCO ₃ ⁻ بالرش فقط			
المدى الاعتيادي من 6.5 الى 8.4				الرقم الهيدروجيني pH			

جدول (3): الخصائص الكيميائية لدليل منظمة الاغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985)

عناصر مؤثرة للماء	الوحدة	الرمز	النطاق المعتاد لمياه الري
الملوحة			
التوصيل الكهربائي	ميكروسمينس/سم	EC	3000-0
الأملاح الكلية الذائبة	(ملجم/ل)	TDS	2000-0
الكاتيونات و الأنيونات			
كالسيوم	(ملجم/ل)	Ca ²⁺	408-0
مغنيسيوم	(ملجم/ل)	Mg ²⁺	60.8-0
صوديوم	(ملجم/ل)	Na ⁺	920-0
كربونات	(ملجم/ل)	CO ₃ ⁻²	30-0
بيكربونات	(ملجم/ل)	HCO ₃ ⁻	610-0
كلوريد	(ملجم/ل)	Cl ⁻	1063-0
كبريتات	(ملجم/ل)	SO ₄ ⁻²	960-0
نترات	(ملجم/ل)	NO ₃ -N	10-0
أمونيوم	(ملجم/ل)	NH ₄ -N	5-0
بوتاسيوم	(ملجم/ل)	K ⁺	2-0
بورون	(ملجم/ل)	B ⁻	2-0
pH	14-1.0	pH	8.5-6.0
نسبة الصوديوم المدمص	-	SAR	15-0

رابعاً: النتائج والمناقشة

أجريت التحاليل المعملية على عينات مياه الآبار في منطقة الدراسة لتقدير كلاً من درجة التوصيل الكهربائي (EC) ودرجة التفاعل (pH) والكاتيونات والأيونات الرئيسية الذائبة (Na⁺، Ca²⁺، K⁺، Mg²⁺، Cl⁻، SO₄²⁻، HCO₃⁻، NO₃⁻) والجدول (4) يوضح الإحصاء الوصفي للخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار بمنطقة الدراسة.

جدول (4): ملخص الإحصاء الوصفي للخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار بمنطقة الدراسة

الانحراف المعياري	المتوسط	أكبر قيمة	أقل قيمة	الفصل	العنصر
0.22	7.25	7.87	6.86	الربيع	pH
0.30	7.25	8.01	6.79	الصيف	
0.24	7.41	7.91	7.02	الخريف	
0.28	7.54	8.16	7.13	الشتاء	
0.651	24.2	25	23	الربيع	Temp °C
0.414	24.8	25	24	الصيف	
0.548	24.8	25.5	24	الخريف	
0.658	24.1	25	23	الشتاء	
1807.55	3958.25	6542.00	1248.00	الربيع	TDS (ملجم/ل)
2094.11	4624.75	7410.00	1238.00	الصيف	
2095.13	4801.28	8271.00	1281.00	الخريف	
2450.40	4442.74	9004.00	1266.00	الشتاء	
3012.62	6369.85	10630	1854	الربيع	EC (ميكروسمينس/سم)
3594.356	7298.65	12030	1906	الصيف	
3564.822	7820.444	12980	1867	الخريف	
3900.381	7265.211	14300	1948	الشتاء	
353.38	839.80	1492.00	313.00	الربيع	Na ⁺ (ملجم/ل)
476.78	994.00	1928.00	341.00	الصيف	
447.38	1014.94	1852.00	350.00	الخريف	
549.76	1053.47	2047.00	292.00	الشتاء	
4.15	12.95	22	5.6	الربيع	K ⁺ (ملجم/ل)
5.76	13.83	22	5.6	الصيف	
3.57	14.78	20.4	7.2	الخريف	
22.69	30.47	76	7	الشتاء	
97.04	164.30	360.00	24.00	ربيع	Ca ²⁺ (ملجم/ل)
125.44	183.20	400.00	27.00	صيف	
99.15	195.83	400.00	12.00	خريف	
135.74	190.63	560.00	30.00	شتاء	

الانحراف المعياري	المتوسط	أكبر قيمة	أقل قيمة	الفصل	العنصر
158.11	222.95	595.00	14.00	ربيع	Mg ²⁺ (ملجم/ل)
119.79	205.60	487.00	31.00	صيف	
154.39	276.28	566.00	30.00	خريف	
124.40	196.32	384.00	48.00	شتاء	
946.01	1610.90	3031.00	233.00	ربيع	Cl ⁻ (ملجم/ل)
1296.09	2161.10	3834.00	357.00	صيف	
1331.91	2175.44	4153.00	136.00	خريف	
925.35	1426.00	3124.00	195.00	شتاء	
236.85	676.85	1113	277	ربيع	SO ₄ ²⁻ (ملجم/ل)
207.15	396.25	960	125	صيف	
784.91	640.56	3479	140	خريف	
652.81	1412.11	2507	474	شتاء	
66.81	213.7	417	144	ربيع	HCO ₃ ⁻ (ملجم/ل)
54.20	143.95	292	40	صيف	
79.86	172.56	329	43	خريف	
47.61	153.42	312	105	شتاء	
10.44	21.79	44	2.3	ربيع	NO ₃ ⁻ (ملجم/ل)
21.11	22.33	72	2.5	صيف	
8.64	11.13	27.6	2.18	خريف	
9.85	17.95	39	3	شتاء	

تقييم مياه الري بمنطقة الدراسة وفقاً لنظام معمل الملوحة الأمريكي

أظهرت النتائج المتحصل عليها من خلال توقيع قيم EC و SAR لمياه الآبار موضوع الدراسة على مخطط تصنيف مياه الري وفقاً لنظام معمل الملوحة الأمريكي جدول (2) وشكل (3) للفصول الأربعة:

أ. فصل الربيع:

أظهرت نتائج تمثيل قيم EC و SAR جدول (5) لعينات مياه الآبار المدروسة الموضحة في شكل (4) (أ) على مخطط تصنيف مياه الري، أن مياه الآبار في منطقة الدراسة لفصل الربيع كان أغلبها (معدا W10 و W19) تحت تصنيف C4-S1 و C4-S2، بمعنى أنها مياه ذات ملوحة عالية جداً و قليلة إلى متوسطة الصوديوم ولا تصلح من حيث الملوحة للري في الظروف العادية إلا في التربة ذات الصرف الجيد والنفاذية العالية مع ضرورة إضافة كميات من المياه كافية لغسيل الأملاح واختيار المحاصيل عالية التحمل للأملاح، أما من حيث الصوديوم فلا يتوقع حدوث مخاطر كبيرة في تربة المنطقة التي تتميز بقوامها الخشن، بينما تصنف مياه البئر W10 تحت C3-S1 و البئر W19 كان تحت تصنيف C3-S2 وهما أفضل بقليل من حيث الملوحة من بقية الآبار وينطبق عليها نفس شروط الاستخدام المتعلقة بالآبار الأخرى.

ب. في فصل الصيف

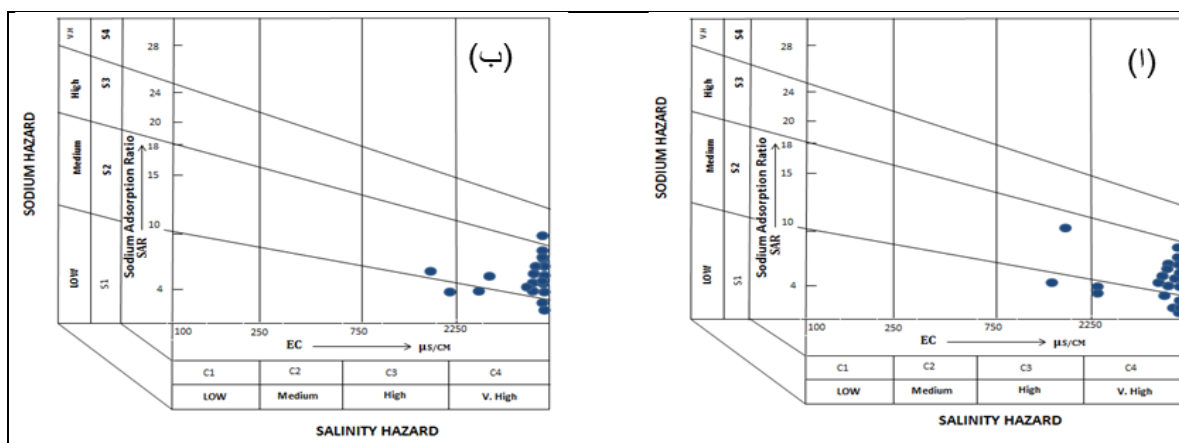
في فصل الصيف كذلك أظهرت النتائج أن هناك تشابه للنتائج المتحصل عليها في فصل الربيع، جدول (5) وشكل (3) (ب)، حيث كانت معظم الآبار تحت تصنيف C4-S1 (مياه ذات ملوحة عالية جداً قليلة الصوديوم) و C4-S2 (ملوحة عالية جداً متوسطة الصوديوم) معدا البئرين W10 كان تصنيفه C3-S1 (ملوحة عالية قليلة الصوديوم) و W4 كان C3-S2 (ملوحة عالية متوسطة الصوديوم) وهما تصنيفين متشابهين من حيث جودة المياه. مع ملاحظة ارتفاع تصنيف المياه من حيث الصوديوم في البئر W16 من S2 خلال فصل الربيع إلى S3 خلال هذا الفصل ليكون ماء عالي الملوحة جداً وعالي الصوديوم. هذا الارتفاع قد يكون ناتجاً عن عوامل مثل زيادة التبخر أو انخفاض مستوى المياه الجوفية نتيجة زيادة ارتفاع معدلات الضخ من الآبار لارتفاع الاحتياجات المائية المطلوبة للأغراض المختلفة وكذلك عدم حدوث تغذية للخزانات الجوفية لانعدام هطول الأمطار (Ayers & Westcot, 1985).

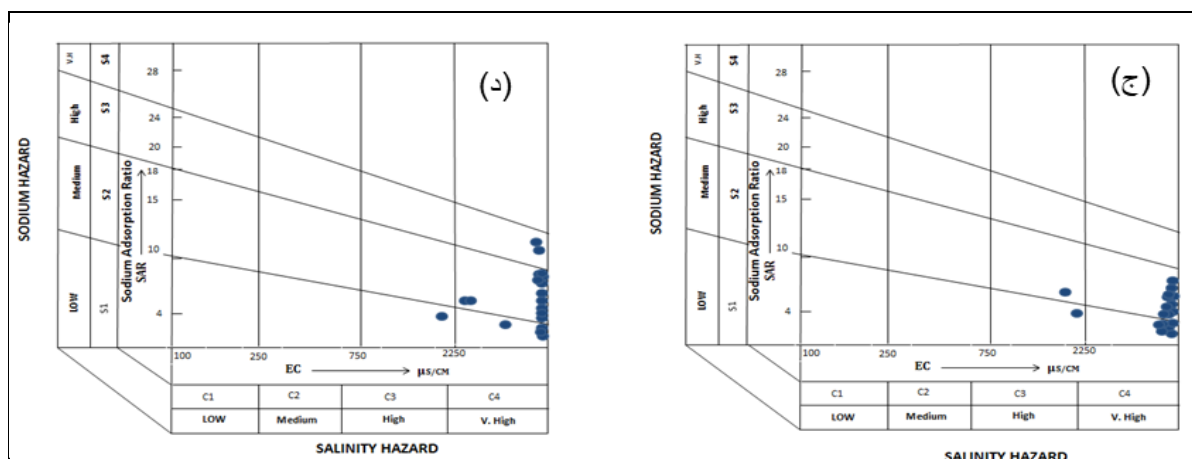
ج. فصل الخريف:

من الجدول (5) والشكل (3) (ج) يتبين أن البئر W4 يدخل تحت النوع C3-S2 وهي مياه بملوحة عالية متوسطة الصوديوم، أما باقي الآبار فكانت ملوحتها عالية جداً، قليلة إلى متوسطة الصوديوم وتدخل تحت النوعين C4-S1 و C4-S2.

جدول (5): قيم EC ($\mu\text{S/cm}$) و SAR وتصنيف المياه لفصول السنة للأبار بمنطقة الدراسة

البنر	فصل الربيع			فصل الصيف			فصل الخريف			فصل الشتاء		
	EC	SAR	Water Class	EC	SAR	Water Class	EC	SAR	Water Class	EC	SAR	Water Class
W1	9540	10	C4S1	11020	15	C4S2	12980	16	C4S2	12170	11	C4-S2
W2	4460	8	C4S1	4340	10	C4S2	4320	8	C4S1	4370	8	C4-S1
W3	2532	10	C4S1	2582	9	C4S1	2279	9	C4S1	1948	7	C3-S1
W4	3240	10	C4S2	1906	11	C3S2	1867	12	C3S2	2484	12	C4-S2
W5	2579	10	C4S1	2803	11	C4S2	-	-	-	2480	10	C4-S2
W6	6560	8	C4S1	10990	9	C4S1	5690	9	C4S1	3810	9	C4-S1
W7	10580	8	C4S1	9760	13	C4S2	10510	15	C4S2	10310	16	C4-S2
W8	4290	10	C4S2	4330	11	C4S2	5990	7	C4S1	4630	12	C4-S2
W9	9380	6	C4S1	9350	15	C4S2	9520	13	C4S2	9890	22	C4-S3
W10	1952	8	C3S1	2242	8	C3S1	2572	11	C4S2	2857	8	C4-S1
W11	8280	13	C4S2	8690	15	C4S2	8740	14	C4S2	9140	15	C4-S2
W12	7180	12	C4S2	8260	12	C4S2	8870	10	C4S1	8090	12	C4-S2
W13	6930	11	C4S2	3310	7	C4S1	8930	8	C4S1	3420	9	C4-S1
W14	6350	12	C4S2	7050	11	C4S2	7570	10	C4S1	9800	12	C4-S2
W15	10190	14	C4S2	11390	14	C4S2	12370	11	C4S2	14300	18	C4-S4
W16	10630	14	C4S2	12030	20	C4S3	12560	13	C4S2	11340	16	C4-S2
W17	9490	14	C4S2	11790	12	C4S2	-	-	C4S2	-	-	-
W18	5070	12	C4S2	5470	12	C4S2	6040	13	C4S2	7620	20	C4-S4
W19	1854	15	C3S2	10620	16	C4S2	11790	13	C4S2	11870	15	C4-S2
W20	6310	12	C4S2	8040	12	C4S2	8170	10	C4S2	7510	12	C4-S2





شكل (3): تصنيف مياه الآبار على مخطط مختبر الملوحة الأمريكي: فصل الربيع (أ)، فصل الصيف (ب)، فصل الخريف (ج) وفصل الشتاء (د)

د. في فصل الشتاء:

أظهرت النتائج المبينة في الجدول (5) أعلاه والشكل (3) (د) حدوث انخفاض في ملوحة البئر W3 من C4 في قياسات الفصول السابقة إلى C3 خلال فصل الشتاء بينما بقي التصنيف حسب الصوديوم في هذا البئر ثابتاً عند S1 ولم يتغير عن بقية الفصول، كما تبين حدوث ارتفاع في التصنيف حسب الصوديوم في البئرين W15 و W18 عما كانت عليه في الفصول السابقة لتدخل تحت تصنيف مياه ذات ملوحة عالية جداً وعالية الصوديوم جداً C4-S4، كذلك الحال في البئر W9 تبين ارتفاع تدريجي في الصوديوم في فصل الشتاء عن الفصول السابقة ليدخل تحت النوع C4-S3 بعد أن كان C4-S1 في فصل الربيع و C4-S2 خلال فصلي الصيف والخريف، يعزى ذلك قد تكون هناك أنشطة بشرية مثل الاستخدام المفرط للأسمدة التي تساهم في زيادة تركيز الصوديوم. كما أنه سجل التصنيف حسب الملوحة عند C4 ليكون ماء ذو ملوحة عالية جداً وعالي الصوديوم خلال هذا الفصل. تراوحت بقية الآبار بين C4-S1 و C4-S2 وهي مياه عالية الملوحة جداً وصوديوم بين القليل إلى المتوسط.

من خلال تصنيف معمل الملوحة الأمريكي، يتضح أن مياه آبار منطقة الدراسة غير ملائمة للري تحت الظروف الاعتيادية وتحتاج إلى إتباع أساليب وتقنيات خاصة مثل الري التناوبي بمياه عذبة كلما أمكن وإضافة معامل غسيل مناسب مع اختيار محاصيل متحملة للملوحة شريطة أن تكون التربة خفيفة القوام جيدة الصرف خالية من الطبقات الصماء وأن تستخدم محاصيل مقاومه للملوحة وهذا يتوافق مع ما وجدته (القاضي وآخرون، 2023؛ محمد، 2015؛ طبقة، 2024).

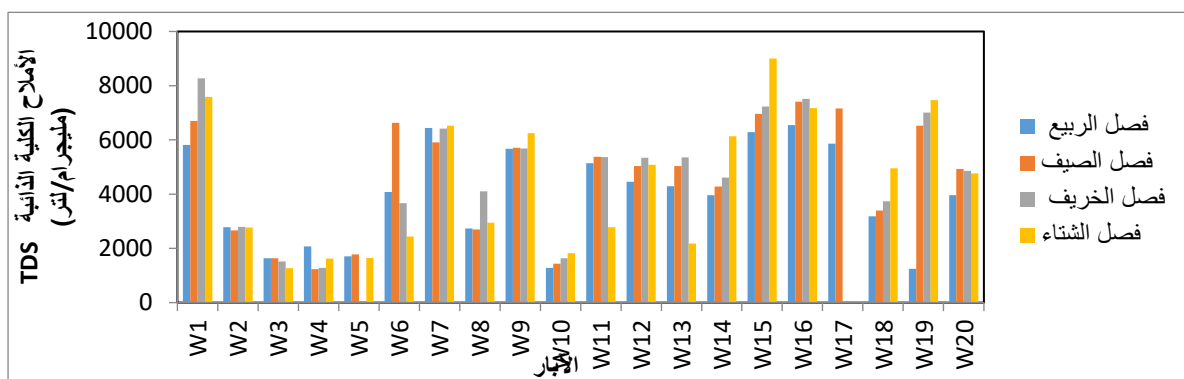
تقييم ملائمة المياه للري بمنطقة الدراسة وفقاً لتصنيف منظمة الأغذية والزراعة FAO

يعتمد تقييم نوعية مياه الري حسب دليل منظمة الاغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985). لتقييم مياه الري الموضح في جدول (2) و (3) على أربع مؤشرات وهي:-

الملوحة، معدل التسرب في التربة، التأثير على المحاصيل الحساسة، مشاكل أو تأثيرات عرضية أخرى.

أ. الأملاح الكلية الذائبة TDS

يتضح من النتائج المبينة في جدول (4) أن أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة TDS سجلت في البئر W15 في فصل الشتاء وكانت 9004 ملليجرام/لتر، وأقل قيمة كانت للبئر W19 في فصل الربيع وكانت 1248 ملليجرام/لتر وقد يعزى هذا الاختلاف في تركيز ملوحة الآبار إلى التفاوت في الأعماق أو زيادة سحب المياه من البئر كما حدث في البئر W19 نتيجة لزيادة السحب على البئر بعد سحب أول عينة تسبب في زيادة قيمة الأملاح الكلية الذائبة في باقي الفصول أما الآبار التي كانت في الحدود المسموح بها حسب دليل (Ayers & Westcot, 1985) فهي البئر w3 و w4 و w5 و w10، أما بالنسبة للاختلاف بين قيم الآبار الأخرى شكل (4) فقد يرجع إلى اختلاف في التكوينات الجيولوجية للآبار، وتصنف مياه أغلب الآبار لمنطقة الدراسة على أنها ذات ملوحة عالية جداً ويقتصر استخدامها في تربة عالية النفاذية وجيدة الصرف واختيار محاصيل مقاومة للملوحة وهذا ما توصلت إليه أيضاً دراسة (Amhamed, 2020) في وادي جارف بمدينة سرت وكذلك طبقة وآخرون (2025) في وادي زمزم بمدينة سرت.



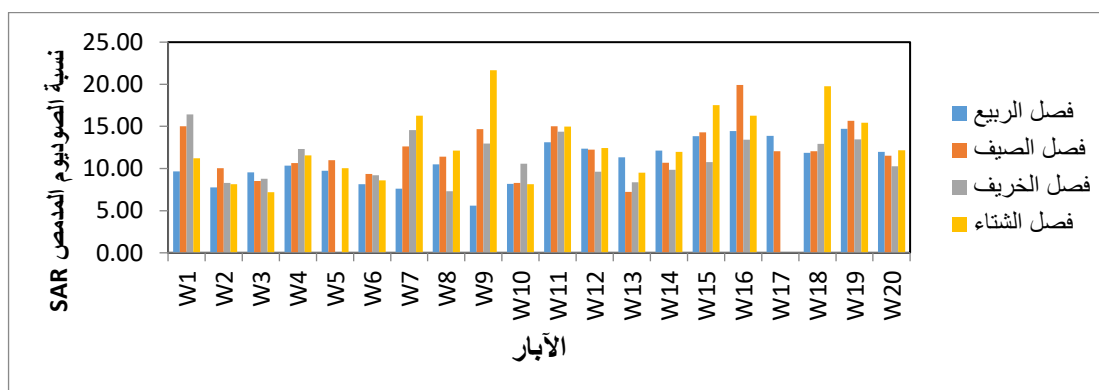
شكل (4): يوضح قيم الأملاح الكلية الذائبة لمياه الآبار في منطقة الدراسة

ب. أيون الصوديوم الذائب Na^+

تم تقييم سمية الصوديوم وتأثيرها على حساسية المحاصيل بواسطة دليل منظمة الأغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985) وتم استخدام مؤشر SAR لتقييم سمية الصوديوم للري السطحي أما الري بالرش تم استخدام مؤشر أيون الصوديوم:-

حالة الري السطحي: من الشكل (5) الذي يوضح قيم الصوديوم المدمص SAR حيث معظم الآبار تتراوح ما بين (5.60-21.66)، حيث كانت كل القيم للآبار في جميع الفصول أكبر من 3 كما في دراسة الحاسي (2016) أي من الممكن حدوث مشاكل من متوسطة إلى كبيرة للمحاصيل الحساسة لسمية أيون الصوديوم عند الري السطحي بمثل هذه المياه.

حالة الري بالرش: اظهرت النتائج أن قيم أيون الصوديوم كانت أكبر من 70 و عليه فأن كل الآبار في جميع الفصول كانت غير ملائمة للري بالرش حسب دليل منظمة الأغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985).



شكل (5): قيم الصوديوم المدمص SAR لمياه الآبار بمنطقة الدراسة

ج. أيون الكلوريد Cl^-

تم تقييم تركيز الكلوريد في مياه الآبار وفقاً لدليل (FAO) وبحسب النتائج المبينة في الجدول (4) يتضح أن قيم تركيزات الكلوريد في عينات المياه تراوحت من (136-4153 ملليجرام/لتر) وبالتالي فإنه يؤثر أيون الكلوريد على النباتات المروية بهذه المياه.

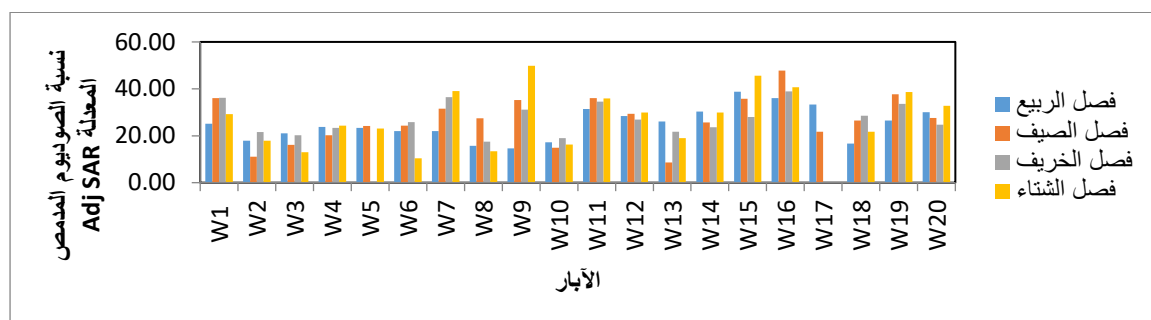
حالة الري السطحي: تفاوتت ما بين متوسطة إلى شديدة التأثير، وهذا ما يتوافق مع ما توصلت إليه دراسة (Al Sadea et al., 2020). ويستنتى من ذلك البئر W4 الذي كان تركيز الكلوريد به في فصل الخريف (136 ملليجرام/لتر) حيث تعتبر هذه القيمة في الحد الآمن للكلوريد، وللتقليل من خطورة المشكلة ينصح بالري ليلاً حيث يقلل من تراكم الكلور بالأوراق أو تغيير نظام الري بالرش إلى الري بالتنقيط (Ayers & Westcot, 1985).

حالة الري بالرش: فكانت كل العينات تقع في مدى شديدة التأثير ويتوقع أن تكون لها أضرار جسيمة على المزروعات إذا استخدمت هذه المياه بطريقة الرش.

د. معدل التسرب في التربة

يعتمد مقياس تأثير معدل الرش أو النفاذية للتربة على معيارين وهما (SAR) و (EC ميكروسمينس/سم) لمياه الري، ومن خلال الجدول (5) يلاحظ أن قيم درجة ادمصاص الصوديوم تراوحت ما بين (6 - 22)، أما قيم التوصيل الكهربائي EC فكانت من 1854 إلى 14300 ميكروسمينس/سم دون مشاكل بالنسبة لمؤشر تأثيرها على معدل التسرب في التربة. يوضح الشكل (6) التباين في قيم نسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة (AdjSAR) وذلك بين الآبار المختلفة وخلال

فصول السنة فقد تراوحت قيمها بين 8.68 و 49.81. أن ارتفاع قيم نسبة الصوديوم المعدلة عن تلك الاعتيادية سيؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم في التربة، الأمر الذي سينتج عنه انخفاض معدلات الرشح في التربة، بالإضافة إلى عدم تيسر بعض العناصر الغذائية نتيجة لارتفاع درجة التفاعل.



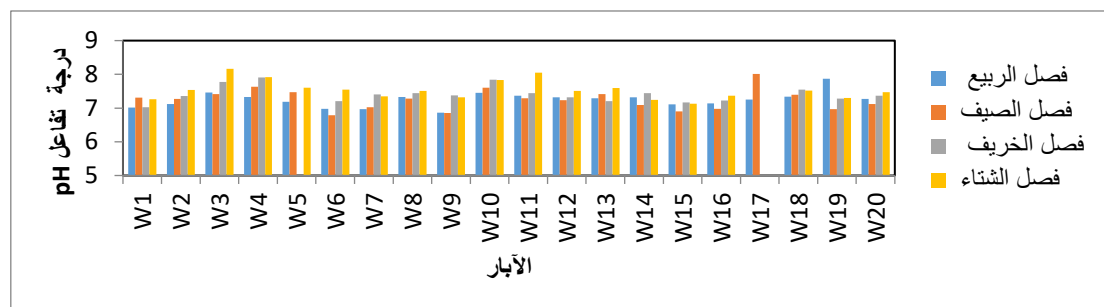
شكل (6): نسبة الصوديوم المدمص المعدل لمياه الآبار بمنطقة الدراسة

هـ. تأثيرات متنوعة

بخلاف تأثير الأيونات المذكورة، قد تحدث العديد من المشكلات الأخرى المتعلقة بنوعية مياه الري بشكل متكرر بما يستوجب مراقبتها وتشخيصها. وتشمل هذه التركيزات العالية للنيتروجين في الماء الذي يزود المحصول بالنيتروجين وقد يتسبب في نمو خضري مفرط، ورقاد النباتات، وتأخر نضج المحاصيل؛ وقد يؤدي الري رشا بمياه ذات محتوى عالي من البيكربونات إلى رواسب غير مرغوبة على الفاكهة أو الأوراق، كذلك قد تحدث العديد من التشوهات المرتبطة غالبًا بدرجة حموضة غير عادية للمياه. علاوة على ذلك من الممكن أن تسبب المياه متدنية الجودة إلى تدهور وتآكل معدات ومنشآت الري وإتلاف الآبار والمضخات (Ayers & Westcot, 1985).

الرقم الهيدروجيني (pH)

بالإشارة إلى القيم المبينة في شكل (7) فإن قيم (pH) لجميع العينات وفي كل الفصول تراوحت ما بين 6.86 و 8.16، وباستخدام دليل منظمة الأغذية والزراعة FAO يتبين بأن هذه القيم تقع في المدى الطبيعي لمياه الري.



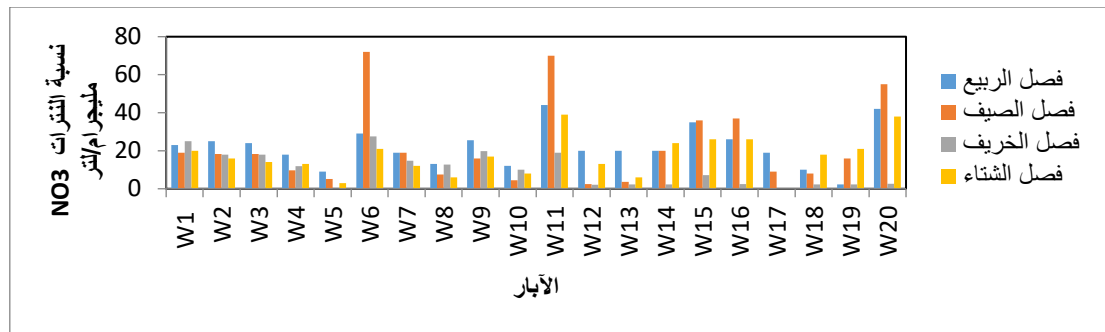
شكل (7): قيم pH لمياه الآبار بمنطقة الدراسة

الكربونات والبيكربونات الذائبة

خلال تقدير الكربونات والبيكربونات في عينات المياه، لم يكن هناك مؤشرا على وجود ايون الكربونات في كل العينات ربما بسبب أن قيم ال pH لم تتعدى 8.5 (Boxma, 1972)، في حين سجل أعلى تركيز للبيكربونات في البئر W5 في فصل الربيع حيث بلغت 417 ملجم/لتر (جدول 5)، وبحسب دليل FAO فإن هذه المياه ليس من المتوقع حدوث مشاكل شديدة في الفصول الأربعة وبالتالي فأنها لا تؤثر على تركيز الصوديوم ونسبة امتصاص الصوديوم (SAR) بعكس ما توصلت إليه دراسة (Abdelkader et al., 2012) أن هناك فرصة لترسب الكربونات في التربة.

النترات

أوضحت النتائج المتحصل عليها من آبار منطقة الدراسة الموضحة في شكل (8) بوجود بعض النسب المرتفعة في النترات في البئرين W6 و W11 حيث كانت (70-72 ملليجرام/لتر على التوالي) في فصل الصيف ويعزى ذلك لقرب مستوى المياه الجوفية لسطح الأرض للبئرين ولقرب البئرين من تجمع سكني، بينما كانت أقل قيمة (2.3 ملليجرام/لتر) للبئر W19 في فصل الربيع. سجلت باقي الآبار قيم تراوحت بين المدى المتوسط والعادي للنترات بحسب دليل (FAO) وهذا بعكس دراسة الحاسي (2016) والتي كانت نتائج النترات مرتفعة.



شكل (8): قيم النترات لمياه الآبار بمنطقة الدراسة

وبالتالي فإنه وفقاً لدليل منظمة الأغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985). بالإمكان حصر جودة مياه الآبار بمنطقة الدراسة من حيث المدى المؤثر للمياه على النحو الموضح في الجدول (2) والذي يبين قيم المعاملات المختلفة المستخدمة في تصنيف المياه من حيث تأثيرها على النبات والتربة.

الخلاصة

من خلال التحاليل الفيزيائية والكيميائية التي أجريت على عينات مياه الآبار لمنطقة الدراسة لغرض تقييم وملاءمتها للري، فقد تراوح تصنيف هذه المياه في الفصول الأربعة وفقاً لتصنيف معمل الملوحة الأمريكي ما بين عالية الملوحة إلى عالية جداً ومن قليلة الصوديوم إلى مرتفعة جداً وهذه النوعية من المياه لا يمكن استخدامها في ري المحاصيل الحساسة للملوحة ويقتصر استخدامها فقط في الأراضي خشنة القوام جيدة الصرف تسمح بعمليات غسيل الأملاح بكفاءة عالية تضمن عدم تراكم هذه الأملاح في منطقة نمو الجذور. أما التقييم وفقاً لنظام منظمة الأغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985) فقد تراوحت نوعية هذه المياه حسب الأملاح الكلية الذائبة لجميع الفصول من متوسطة إلى مرتفعة ولا يوجد تأثير للصوديوم المدمص على معدل تسرب المياه للتربة في حين اعتبرت هذه المياه غير مناسبة للري بالرش بسبب ارتفاع تركيز كل من أيوني الصوديوم والكلوريد، أما في الري السطحي فيمكن اعتبارها متوسطة التأثير. أما البيكربونات كانت نسبتها متوسطة والنترات كان من أمه إلى متوسطة إلا للبئر W6 و W11 و pH (8.16-6.86) وعليه تعتبر المياه غير صالحة تحت الظروف الاعتيادية وتحتاج إلى متابعة وتنظيم أوقات الري. أما الخواص الطبيعية نجد أن معظم مياه الآبار كانت قيم EC أكبر من 3000 ميكروسمين/سم) إلا الجزء الغربي من المنطقة البعيد من الساحل. قياسات درجة الحرارة لمياه الآبار بمنطقة الدراسة كانت في المدى الطبيعي حيث كانت (23-25.5 مئوية). كما أوضحت نتائج تحليل قوام التربة بأن قوام تربة منطقة الدراسة طمي رملي هذا مما يزيد من نفاذية التربة ويسمح بعمليات الغسيل للتربة.

المراجع:

- Abdelkader, R., Larbi, D., Rihab, H., Fethi, B., Chemseddine, F., & Azzedine, H. (2012). Geochemical characterization of groundwater from shallow aquifer surrounding Fetzara lake NE Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 5(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0202-6>
- Al Sadea, Y. B., Attia, , Rafallah Mohamed, Benzaghta, M. A., & Aljaer, M. M. (2020). Study of Irrigation Water Quality of Agricultural Projects in Misurata Area, Misurata. Libya. *Journal of Misurata University for Agricultural Sciences*, 1(2), 465–478. <https://doi.org/10.36602/jmuas.2020.v01.02.34>
- Amhamed, A. F. R. (2020). Quality Assay Measurements of Groundwater in Wadjarif–Sirte-Libya. *Sirte University Scientific Journal*, 10(1), 52–63.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water Quality for Agriculture. In *FAO of the UNITED NATIONS, Rome, Italy* (No. 29; FAO Irrigation and Drainage Paper).
- Benzaghta, M. (2014). Estimation of Evaporation from a Reservoir in Semi arid Environments Using Artificial Neural Network and Climate Based Models. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(24), 3501–3518. <https://doi.org/10.9734/bjast/2014/3557>
- Boxma, R. (1972). Bicarbonate as the most important soil factor in lime-induced chlorosis in the Netherlands. *Plant and Soil*, 37(2), 233–243. <https://doi.org/10.1007/BF02139967>
- Brika, B. (2018). *Water Resources and Desalination in Libya: A Review*. 586.

- <https://doi.org/10.3390/proceedings2110586>
- Burmester, D. E. (1988). Groundwater contamination in the united states, 2d edition. In *Environment* (Vol. 30, Issue 7). University of Pennsylvania Press, Incorporated. <https://doi.org/10.1080/00139157.1988.9930902>
- APHA (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Ghazaryan, K. A. (2020). Suitability Assessment of Groundwater for Irrigation Purpose At High-Risk Sites of the Ararat Plain. *Proceedings of the YSU B: Chemical and Biological Sciences*, 54(1), 75–82. <https://doi.org/10.46991/pysu:b/2020.54.1.075>
- Lapworth, D. J., Boving, T. B., Kreamer, D. K., Kebede, S., & Smedley, P. L. (2022). Groundwater quality: Global threats, opportunities and realising the potential of groundwater. *Science of the Total Environment*, 811, 152471. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152471>
- Omuto, C. ., Vargas, R. ., El Mobarak, A. ., Mohammed, N., Viarkin, K., & Yigini, Y. (2020). *Mapping of Salt-Affected of Salt-Affected*.
- Tura, L. E., Tolossa, T. T. (2020). Systematic review: Effect of Irrigation Water Quality and Deficit Irrigation on Crop Yield and Water Use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(5), 1201–1210. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i5.1201-1210.3366>
- United Nations. (2023). *Partnerships and cooperation for water The United Nations World Water Development Report 2023 Facts, Figures and Action Examples*. 1–16.
- Wilcox, L. V. (1955). Classification and Use of Irrigation Waters. In *United States Department of Agriculture: Vol. Circular N* (Issue 969, p. 19).
- Yigini, Y., Panagos, P., & Montanarella, L. (2013). Soil Resources of Mediterranean and Caucasus Countries. In *JRC Technical Reports*. <https://doi.org/10.2788/91322>
- الحاسي، عادل (2016). تقييم نوعية مصادر المياه المستخدمة للأغراض الزراعية. *المجلة الليبية العلمية*، 8، 1–14.
- القاضي، جلال، ابو علي، عبدالله، القصير، حسن، حسنين، محمد (2023). تأثير الري بمياه مالحة على إنتاجية محصول الحلبة واثرها على تراكم الاملاح في قطاع التربة. *مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية*، 4(1)، 20–37.
- المخزم، سليمان (2013). *مكونات التربة في خليج سرت وأثرها من المنظور البيئي على الإنتاج الزراعي والرعي سهل القرصابية - السواوه*.
- الهيئة العامة للمياه (2006). تقرير عن الوضع المائي في ليبيا. (ص. ص. 1-66)
- اطبيقة، محمد (2024). تقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الري الزراعي لبعض آبار منطقة العامرة بمدينة سرت ليبيا. *مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية*. 9 (3)، 390-404.
- اطبيقة، محمد، عبدالسلام، السعداوي، احمد، سعاد (2025). تقييم جودة مياه الري لبعض الآبار في منطقة وادي زمزم - ليبيا. *مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية*. 10 (2)، 267-278.
- محمد، شنو (2015). دراسة نوعية المياه الجوفية في محافظة كركوك. *مجلة جامعة كركوك*. 10 (4)، 177-194.
- نصر، فرج والمائل، عبد السلام (2017). الإدارة المتكاملة للموارد المائية ودورها في الأمن المائي الليبي. *بحوث اقتصادية عربية*، 78–79، 180–200.