Iraqi National Journal of Earth Science
www.earth.mosuljournals.com

تقييم نوعية مياه الوديان الرئيسة للاستخدامات الزراعية في الجانب الأيسر من مدينة الموصل

ايمان فائق إبراهيم [1]*، قتيبة توفيق اليوزبكي [2]

[1] *قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.*
[2] *مركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.*

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 20- يونيو -2023
تاريخ المراجعة: 25- يوليو -2023
تاريخ القبول: 12- أغسطس-2023
تاريخ النشر الالكتروني: 01- يناير -2024

الكلمات المفتاحية:
نوعية المياه
خوصر
شور
الجيوكيميائية

المراسلة:
الاسم: ايمان فائق إبراهيم
Email: eman.20scp21@student.uomosul.edu.iq

الملخص

تكتسب دراسة جيوكيميائية المياه اهمية كبيرة في تقييم مصادر المياه السطحية وتعد الخصائص الفيزيائية والكيمائية من اهم المعايير المعتمدة لتحديد صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة ومنها الري. يعبر مصطلح معامل جودة مياه الري عن مدى ملاءمة المياه، وتتأثر جودة المياه بالعمليات الطبيعية والانشطة البشرية. تمت دراسة مياه الأودية الرئيسة في الجانب الايسر من مدينة الموصل وهي (وادي الرشيدية، وادي الخرازي، وادي نهر الخوصر، وادي الدانفيلي، وادي الشور) لغرض تقييم جودتها وصلاحيتها لأغراض الري. تم جمع 48 نموذجاً واجريت القياسات الحقلية والفيزيائية التي شملت درجة الحرارة والدالة الحمضية والتوصيلية الكهربائية والاملاح الكلية الذائبة والعسرة الكلية والعكورة. كما تم قياس تراكيز الايونات الرئيسة وتبين بأن الأيونات الموجبة السائدة هي (Ca2+>Mg2+>Na+>K+)، والأيونات السالبة (HCO3->SO42->Cl->NO3-). اظهر مخطط تصنيف (Chadha, 1999) بأن نوعية المياه في وادي الرشيدية هي من نوع (Ca-Mg-SO4)، وفي وادي نهر الخوصر ووادي الشور هي من نوع (Ca-Mg-SO4-Cl)، وفي وادي الخرازي هي من نوع (Alkaline earths exceed alkali metals)، اما نوعية المياه في وادي الدانفيلي فهي من نوع (Ca-Mg-HCO3). اشارت نسبة امتزاز الصوديوم SAR، ونسبة امتزاز المغنسيوم MAR، والنسبة المئوية للصوديوم SSP، وتصنيف مخطط Wilcox، وكربونات الصوديوم المتبقية RSC، ومعامل النفاذية PI، ومعامل كيللي KR بأن مياه اودية الدراسة ملائمة للري وفق نسب الصوديوم، بينما اشار دليل نوعية المياه للري (IWQI) الى ان مياه وادي الرشيدية ووادي الخرازي بشكل عام تكون ملائمة للري بسبب عدم تأثرها بالمطروحات، بينما تكون مياه وادي نهر الخوصر ووادي الدانفيلي ووادي الشور غير ملائمة للري بسبب زيادة الاملاح الناتجة عن عمليات غسل التربة، فضلا عن تأثر كل من وادي الدانفيلي ووادي الشور بالمطروحات السكنية والصناعية على وجه الخصوص.

DOI: 10.33899/earth.2023.141188.1098, ©Authors, 2024, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Water Quality Evaluation of the Main Valleys for Agricultural Uses on the Left Side of Mosul City

Iman F. Ibrahim [1*], **Kotayba T. Al-Youzbakey** [2]

[1] *Department of Geology, College of Science, University of Mosul, Mosul, Iraq.*
[2] *Dams and Water Resources Research Center, University of Mosul, Mosul, Iraq.*

Article information

Received: 20- -June -2023

Revised: 25- Jul -2023

Accepted: 12- Aug -2023

Available online: 01- Jan – 2024

Keywords:
IWQI
Khosar
Shoar
Geochemical

Correspondence:
Name: Iman F. Ibrahim

Email:

eman.20scp21@student.uomosul.edu.iq

ABSTRACT

The study of water geochemistry is of great importance in evaluating surface water sources. The physical and chemical properties are among the most important criteria adopted to assess the suitability of water for various uses including irrigation. The term irrigation water quality index (IWQI) expresses the suitability of water for irrigation that affected, by natural processes and human activities. The water of the main valleys on the left side of Mosul City (Al-Rashediya, Al-Kharrazi, Al-Khosar, Al-Danffilli, and Al-Shor.) is studied for the purpose of evaluating its quality and suitability for irrigation purposes.

Forty-eight samples are collectedduring thefield work and physical measurements have been done including temperature, acidity, electrical conductivity, total dissolved salts, total hardness, and turbidity. The concentrations of the main ions are measured revealing that the cations in descending order are (Ca2+>Mg2+>Na+>K+) and the anions are (HCO3->SO42->Cl->NO3-). The classification scheme (Chadha, 1999) shows that the water quality in Wadi Al-Rashediya is of (Ca-Mg-SO4) type, and in Wadi Al-Khosar and Wadi Al-Shor is of (Ca-Mg-SO4-Cl) type, and in Wadi Al-Kharrazi is of (Alkaline earths exceed alkali metals) type, whereas the water quality in the Danffili Valley is of the type (Ca-Mg-HCO3). Sodium adsorption ratio (SAR), magnesium adsorption ratio (MAR), sodium percentage (SSP), Wilcox chart classification, residual sodium carbonate (RSC), permeability index (PI), and Kelly ratio (KR) all indicate that the water of the study valleys is suitable for irrigation depending on the sodium concentration. While the Water Quality Index for Irrigation (IWQI) indicates that the waters of Wadi Al-Rashediya and Wadi Al-Kharrazi in general are suitable for irrigation because they are not affected by waste, while the waters of Wadi Al-Khosar River, Wadi Al-Danffili and Wadi Al-Shor are not suitable for irrigation due to the increase in salts resulting from soil leaching processes, as well as the impact of both Wadi Al-Danfeili and Wadi Al-Shor by residential and industrial wastes in particular.

DOI: 10.33899/earth.2023.141188.1098, ©Authors, 2024, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

يعد تقييم جودة المياه جزءا مهما من دراسات الموارد المائية والتخطيط والادارة (Fijani et al., 2017). إذ ان لجودة مياه الري تأثير عميق على انتاج المحاصيل لاحتواء جميع مياه الري على املاح معدنية مذابة، ولكن يختلف تركيز وتركيب الاملاح المذابة حسب مصدر مياه الري سواءً المياه السطحية او الجوفية او المياه العادمة، وهناك العديد من الأيونات الموجودة في المياه والتي تؤثر على جودة المياه وتحدد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة خاصة في مجال الزراعة والري (Meybeck et al.,1996).

تعرف المياه العادمة على انها تلك المياه الملوثة بفعل الأنشطة البشرية (Mateo-Sagasta et al., 2015). ويمكن أن تكون هذه المياه مياه خام (مياه رمادية أو سوداء) أو مخففة وتسبب ضرراً كبيراً لصحة الإنسان والبيئة (UNEP, 2017)، ومنها مياه الصرف الصحي التي تسبب مخاطر صحية للإنسان والحيوان اذا تم استخدامها في الري، وتسبب العديد من الامراض المعدية مثل الكوليرا والتيفوئيد (Watts et al., 2015). كما تحتوي مياه الصرف الصحي على مستويات عالية من الاملاح، مما يؤثر بشكل غير مباشر على المحصول. يعد فهم جودة المياه المستخدمة في الري وتأثيراتها السلبية المحتملة على نمو المحاصيل امرا مهما لتجنب المشاكل وتحسين الانتاج (Grattan, 2002). يتم تحديد قيمة مياه الري المستخدمة في الزراعة من خلال قدرتها على تحسين العلاقة بين النباتات والتربة، ومدى تحسينها للخصائص الطبيعية للتربة، والتي لها انعكاسات على الإنتاجية والمحاصيل (Elwakil, 2013).

منطقة الدراسة

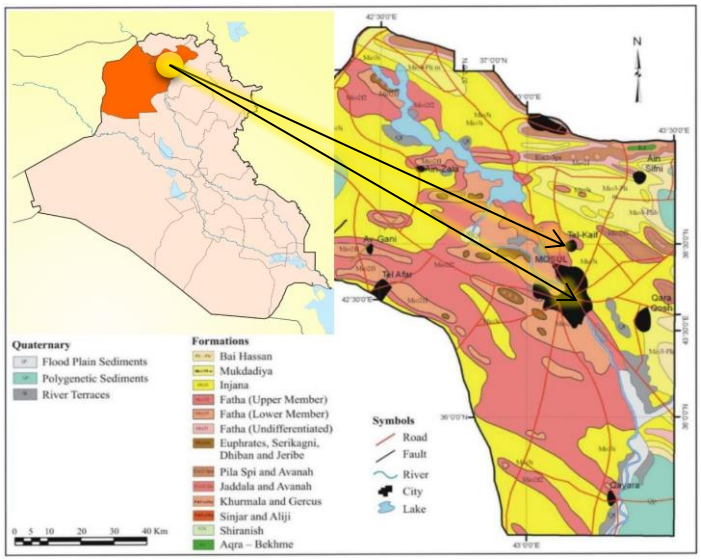
تقع مدينة الموصل في شمالي العراق بين خطي طول (43º16″E-43º30″E)، ودائرتي عرض (36º15″N-36º27″N). يمر نهر دجلة بالمدينة من الشمال الى الجنوب مقسما المدينة الى جانبين، الجانب الايسر يقع على الجهة الشرقية من نهر دجلة يسار مجراه، في حين يقع الجانب الأيمن على الجهة الغربية منه يمين مجراه. يمتاز مناخ المدينة بكونه شبه جاف، كما يبلغ معدل الساقط المطري السنوي (356 ملم) (Awchi and Jasim, 2017). تعد مدينة الموصل ثاني أكبر المدن العراقية من حيث عدد السكان، إذ بلغ عدد سكانها لغاية 2020 (1.600000) نسمة، كما تزدهر فيها النشاطات الزراعية بين المجمعات السكنية، فضلا عن الأنشطة الصناعية المتمثلة بالمعامل الصغيرة وورش التصليح والسمكرة كما هو الحال في الجانب الايسر للمدينة (Al-Taiee and Mustafa, 2020).

جيولوجية المنطقة

تقع مدينة الموصل ضمن نطاق الطيات الواطئة (low folded zone) وعلى الحافة الجنوبية لحزام الطي والتصدع (Bulmer, 2019) (الشكل 1). يحيط بالمدينة عدد من الطيات، تقع في الجزء الشرقي من المدينة طيات بعشيقة والفاضلية وعين الصفرة وباتجاه (شمال غرب–جنوب شرق) بموازاة سلسلة جبال زاكروس، تمتاز الأجزاء الشمالية والجنوبية من مدينة الموصل بتضاريس واطئة ومتموجة يجري خلالها عدد من الوديان الصغيرة والطويلة والمتوازية تقريباً باتجاه نهر دجلة، وبذلك تعد المنطقة المدروسة منخفضاً طوبوغرافياً. تقع المدينة في أعلى نقطة على الحافتين الشرقية والغربية وعلى ارتفاع (300 م) تقريباً فوق مستوى سطح البحر، وتقع أوطأ نقطة في المنخفض على السهل الفيضي للنهر ويبلغ ارتفاعها (215 م) فوق مستوى سطح البحر، هكذا يتشكل المنخفض الواسع الذي يتوسطه نهر دجلة وتصب فيه وديان مدينة الموصل التي تقع على جانبي النهر (Yacoub et al., 2012).

تنكشف في منطقة الدراسة التكوينات الجيولوجية الآتية من الأقدم إلى الأحدث؛ وهي تكوين فتحة (المايوسين الأوسط) الذي يعد من التكوينات المهمة لاحتوائه على طبقة ملحية قليلة النفاذية التي تعمل كصخور غطاء لكثير من التراكيب الجيولوجية الحاملة للبترول في وسط وشمالي العراق. يتألف التكوين من دورات متناوبة من الانهايدرايت، والجبس العقدي والملح الصخري والمارل الأخضر، والصخور الفتاتية الناعمة الحبيبات نسبيا، وطبقات من الحجر الجيري وبسماكات متباينة. تمثل صخور الجبس والحجر الجيري المواد الخام الأساسية اللازمة للبناء. ويحتوي التكوين على الكبريت في حقل المشراق

جنوبي المدينة. يعقب تكوين فتحة تكوين إنجانة (المايوسين الاعلى) الذي يعلوه ويتألف من تناوب دورات رسوبية فتاتية تأخذ بالتنعم تدريجياً باتجاه الأعلى لصخور الحجر الرملي المتوسط الخشن، والصخور الغرينية والحجر الطيني. يتباين سمك التكوين إذ يصل أعلى سمك له (2000 م) في مركز حوض الترسيب عند نطاق اقدام الجبال، بينما يقل سمكه في مدينة الموصل ليبلغ حوالي (38.5 م) (الجبوري، 1988). يعلو هذا التكوين تكوين مقدادية (البلايوسين) الذي يتميز بدورات ترسيبية تزداد نعومة حبيباته فيها باتجاه الاعلى وتتمثل بصخور رملية حصوية، ثم صخور رملية، ثم صخور طينية حمراء (Fouad, 2015). تغطي ترسبات العصر الرباعي (البلايستوسين) التكاوين اعلاه. وهي تتألف من ترسبات مدمجة من الحصى والرمل والطين التي تعرت من التكاوين المكشوفة في المناطق المرتفعة الواقعة في الجزء الشرقي من مدينة الموصل مثل جبل عين الصفراء وجبل بعشيقة. كما تغطي المنطقة تربة تنقلها الأودية المنتشرة في المنطقة والمنحدرات من المرتفعات باتجاه نهر دجلة، فهي تحوي نواتج تعرية الصخور المنكشفة والتي تضم قطعاً صغيرة من معادن الكاربونات والكبريتات والتي يمكن أن يعكس الترسيب في القنوات الثانوية ذات الجريان منخفض الطاقة (Lewin and Gibbard, 2010).



الشكل 1. خارطة العراق الجيولوجية موضحا فيها موقع منطقة الدراسة في مدينة الموصل لمنطقة الطيات الواطئة (Sissakian and Fouad, 2012).

جيومورفولوجية المنطقة

تمثل مدينة الموصل جزءًا من هضبة منبسطة تحيط بها التضاريس المرتفعة التي تتمثل بالتلال التكتونية الاصل ضمن نطاق الطيات المنخفضة، فيما تظهر اشكال ذات اصل نهري اهمها نهر دجلة وروافده، فضلا عن الاودية الموسمية الجافة. تعد اودية الدراسة هي واحدة من هذه الأشكال. تتباين انماط التصريف بالعوامل الطوبوغرافية، اضافة الى عوامل البناء والتوسع العمراني، يعد النمط المتوازي وشبه المتوازي هو السائد اضافة الى النمط الشجري والنمط شبه الشجري. كما تتباين مساحات احواض التصريف، وبشكل عام تكون كبيرة في الجانب الأيسر، فمثلاً حوض وادي الخرازي بحدود (11.6 كم2)، وبينما يصل حوض وادي نهر الخوصر الى (436.5 كم2)، وحوض وادي الشور يصل الى (75.4 كم2). ومن الأشكال الجيومورفولوجية الأخرى في منطقة الدراسة هي السهل الفيضي الممتد بمحاذاة النهر وتغطيه المياه أثناء موسم

الفيضان، والمصاطب النهرية وهي عبارة عن أسطح طوبوغرافية منبسطة نسبياً، مائلة قليلاً أو أفقية، وتمثل بقايا السهول الفيضية القديمة للنهر (Al-Daghastani, 2007).

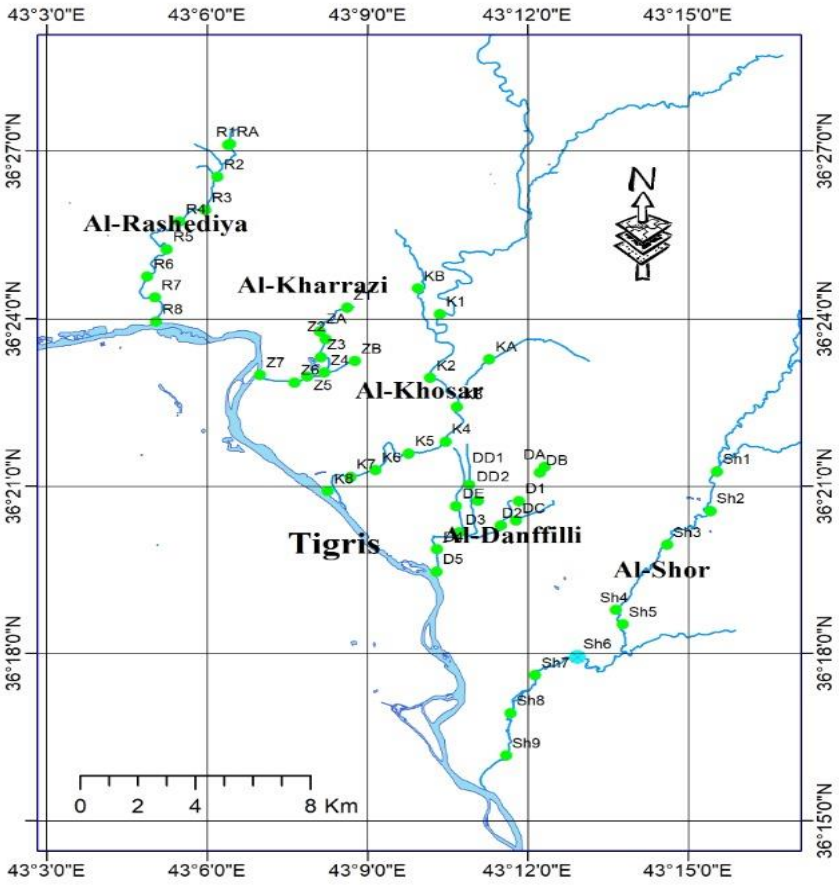
وصف اودية منطقة الدراسة

تلعب الأودية في مدينة الموصل دورا مهما وأساسيا في تصريف مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار باتجاه نهر دجلة. تكون هذه الأودية عبارة عن قنوات طبيعية بُطِّن أغلب أجزائها بالإسمنت والحجر ضمن حملة إعمار المدينة في تسعينيات القرن الماضي. تعاني هذه الأودية من تراكم النفايات الصلبة، والإهمال وبخاصة في العقدين الأخيرين، فضلاً عن كونها أصبحت مجاري طبيعية لتصريف مياه الصرف الصحي ومختلف أنواع الفضلات المدنية والمطروحات الصناعية والزراعية وغيرها. كما تمثل هذه الاودية مرتعاً للأفاعي والجرذان التي تشكل خطراً على المساكن المجاورة للوديان نتيجة لنمو النباتات فيها وبالأخص نبات القصب (الدباغ، 2022). توجد في الجانب الأيسر خمسة أودية رئيسة، وهي بدءاً من شمالي المدينة: وادي الرشيدية، ووادي الخرازي، وادي نهر الخوصر، ووادي الدانفيلي، ووادي الشور في جنوبي المدينة (الشكل 2).

1. **وادي الرشيدية** Al-Rashediya Valley: يمتد وادي الرشيدية من منطقة القوسيات الى نهر دجلة بطول يبلغ حوالي (9.14 كم). يدخل الوادي في منطقة القوسيات وتكون المطروحات في هذه المنطقة عبارة عن فضلات تربية مواشي ومطروحات زراعية. يمر الوادي في منطقة القوسيات ومنطقة الملايين ثم الرشيدية ويصب في نهر دجلة حيث يمر بعدد من المناطق السكنية والاراضي الزراعية (الدباغ، 2022).

2. **وادي الخرازي** Al-Kharrazi Valley: هو أحد الأودية الطبيعية الممتدة من المنطقة الشمالية الشرقية لمدينة الموصل، والذي ينقل مياه السيول والأمطار، ويعد الأقصر من بين أودية الجانب الأيسر، ويبلغ طوله قرابة (5.3 كم). ويتكون من فرعين: الأول يبدأ من قريتي سادة وبعويزة، ويمر بحي الحدباء، ثم يدخل جامعة الموصل عند أقصى جزئها الشمالي الشرقي (الصفاوي والسنجري، 2018). وكبقية الأودية، تغطي النباتات مجرى الوادي وبكثافة عالية نبات القصب تحديدا. والفرع الثاني من وادي الخرازي يبدأ من شمال منشأة الكندي مروراً بحي الكندي إذ تصب فيه مطروحات مياه الصرف الصحي، والمطروحات الصلبة من فضلات ونفايات منزلية مختلفة ليدخل القصور الرئاسية (في جامعة الموصل). ويقدر طول الفرعين الأول والثاني داخل جامعة الموصل بقرابة (1057، 1600 م) على التوالي، ويلتقيان قرب مبنى مطبعة الجامعة ثم يسير مروراً بحي الأندلس من خلال قنطرة عبر الشارع العام حتى يصل غابات المدينة ليصب أخيراً في نهر دجلة عبر القرية السياحية في منطقة الغابات.

3. **وادي نهر الخوصر** Al-Khosar Valley: تقع روافد مياه نهر الخوصر في سفوح الاراضي المرتفعة والمتمثلة بطيات بعشيقة، قند، مقلوب، عين سفني، والقوش، فضلا عن العديد من العيون الصغيرة عند أواسط المجرى الرئيس للحوض. وعند دخول نهر الخوصر إلى المدينة يمر بعدد من القرى والتجمعات السكنية فضلا عن الأراضي الزراعية وحقول الدواجن والماشية التي تقع على جانبي النهر. تحيط بالنهر التجمعات السكنية التي استخدمته لطرح فضلاتها بأنواعها المختلفة مما يجعله مجرى للمياه الملوثة وبخاصة في فصل الصيف. وبذلك تنتقل الى نهر دجلة تراكيز عالية من الملوثات الكيميائية والعضوية وأنواع مختلفة من الاحياء المجهرية مما يساهم في ارتفاع تراكيز الملوثات في مياه نهر دجلة فضلا عن مساهمة نهر الخوصر في نقل كميات كبيرة من الرواسب (Mustafa and Al-Youzbakey, 2021).



الشكل 2. الاودية الرئيسة في الجانب الايسر من مدينة الموصل ومواقع النمذجة.

4. وادي الدانفيلي Al-Danffilli Valley: تقع بداياته في شرقي المدينة في المجمع السكني في حي الخضراء والمنطقة الصناعية، ويعد الوادي من أكثر الوديان تلوثا اذ تنتشر بالقرب من الوادي المطروحات الصناعية، لحين انتهائه في حي المزارع ومصبه في نهر دجلة (الدباغ، 2022).

5. وادي الشور Al-Shor Valley: يقع جنوب شرقي المدينة في قرية طوبزاوة وجبل بعشيقة ويبلغ طول حوض الوادي حوالي (47.6 كم)، يخترق الوادي المنطقة الصناعية التي توجد فيها ورش السمكرة والمعامل الصغيرة و تصب في الوادي المطروحات الصناعية ومطروحات الصرف الصحي فضلا عن مخلفات المجزرة، ينتقل الوادي بعدها الى اراض زراعية، وينتهي بحي السلام قبل ان يصب في نهر دجلة.

درس السنجري وآخرون (2008) التأثيرات السلبية لمياه نهر الخوصر على نهر دجلة في منطقة المصب. أظهرت نتائج تحاليل العناصر الثقيلة ارتفاع قيم هذه العناصر مقارنة بتركيزها في نهر دجلة، وارتفاع تركيزي (Cd) و (Pb) عن الحدود المسموح بها عالميا لمياه الشرب، مما سينتج عنه مخاطر كبيرة على الأحياء بصورة عامة. أما نتائج التحليل الإحيائي فأظهرت تلوث مياه نهر الخوصر بكتيرياً. كما بينت طريقة تمثيل النتائج تأثر مياه نهر دجلة بمياه نهر الخوصر، وان هذا التأثير يكون خطراً ضمن حدود تصل إلى (300 متراً) أسفل مصب نهر الخوصر ضمن مياه نهر دجلة.

درس مصطفى وفضل (2008) تأثير التوسع العشوائي لمدينة الموصل على نوعية مياه نهر دجلة، إذ أثر ذلك على تحول الوديان الى مجارٍ طبيعية لمياه الصرف الصحي، وتفاقمت الحالة مع زيادة عدد السكان التي صاحبتها زيادة استهلاك

الماء من بضعة ألتار الى مالا يقل عن 300 لتر/ فرد/ يوم، الأمر الذي زاد من كمية المطروحات مع تعقد مكوناتها والتي اشتملت على مياه الصرف الصحي والمياه الصناعية والمياه الزراعية والخدمية. تنتهي هذه المطروحات في نهر دجلة لعدم وجود شبكة لتجميعها أو محطة لمعالجتها. ومن هذه الوديان الشريخان والخرازي ونهر الخوصر والدانفيلي وكوكجلي، كما لا يستثنى من ذلك نضوحات الشبكة التي يمكن ان تشمل الشبكات الجديدة والقديمة لطبيعة الارض الجبسية أو عدم كفاءة الانجاز إضافة الى عوامل عديدة. ان معرفة احمال الملوثات ونوعيتها في المصادر أعلاه ستعطي الفرصة لتوقع نوعية مياه النهر قبيل محطات الاسالة في مدخل المدينة والحالة الأسوأ للمحطات في نهايتها.

درس الصفاوي والسنجري (2018) تقييم مياه وادي الخرازي لأغراض الري بالاستناد الى القياسات العالمية، وقد تم تقدير كل من الدالة الحامضية والتوصيل الكهربائي وايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكبريتات والكلوريدات والبيكربونات. ومن نتائج التحليل تم تقدير كل من نسبة امتزاز الصوديوم SAR والنسبة المئوية للصوديوم SSP ونسبة امتزاز المغنيسيوم MAR وكاربونات الصوديوم المتبقية RSC ودليل النفاذية PI ودليل كيلي KI، كذلك تم تطبيق دليل نوعية المياه IWQI لتقييم صلاحية مياه الوادي للري بالاستناد الى التصانيف العالمية المعتمدة.

أظهرت نتائج دراسة Ibrahim and Al-Youzbakey (2023) بأن مياه أودية الجانب الأيسر من مدينة الموصل تمتاز بقيم مرتفعة من العناصر الثقيلة والتي تتجاوز المعايير الدولية، وهذا يعود إلى ارتباطها بالأنشطة الزراعية والصناعية والمنزلية بصورة مباشرة. وأشارت مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI ، HEI، Cd، MI) بشكل عام إلى أن المياه في منطقة الدراسة عالية التلوث وغير مناسبة للاستخدام بشكل عام وبخاصة الاستخدام الزراعي. بالرغم من كون مياه أودية الدراسة ملائمة للري بالنسبة للتصانيف المكونة من الصوديوم، إلا أنها تكون غير صالحة اعتمادا على محتواها من العناصر الثقيلة ومؤشرات التلوث، ومن ثمَّ فإن مياه أودية الدراسة لا تصلح للري.

تهدف الدراسة الى تقييم جودة وصلاحية مياه الاودية الرئيسة في الجانب الايسر من مدينة الموصل لأغراض الري بسبب إستخدام مياه هذه الآودية لري المزارع المحاذية لها في انتاج أنواع مختلفة من المحاصيل أبرزها زراعة الخضراوات.

طرائق العمل

تم جمع 48 نموذجاً مائياً خلال شهر ايلول بواقع 9 نماذج لوادي الرشيدية و9 نماذج لوادي الخرازي و10 نماذج لوادي الخوصر و 11 نماذج لوادي الدانفيلي و9 نماذج لوادي الشور، واجري حقليا قياس (درجة الحرارة، TDS، E.C.) باستخدام جهاز حقلي نوع (Boqu Dds-1702 Portable Conductivity Meter Handheld, Shanghai Boqu Instrument Co., Ltd.)، وقياس الرقم الهيدروجيني (pH) باستخدام جهاز محمول (pH Meter type Handheld pH ORP Meter, Shanghai Boqu Instrument Co., Ltd.)، فضلا عن قياس Tr باستخدام جهاز العكورة (Turbidity Meter) نوع (Hanna HI 93703). تم تحليل الايونات الموجبة (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}) و(TH) والايونات السالبة (HCO_3^-, SO_4^{2-}, NO_3^-,Cl^-) في مختبر مركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل وفق الطرق القياسية المعتمدة. استخدمت طرق التسحيح لتقدير كل من (TH, Ca, Mg) والبيكاربونات والكلوريد. واستخدمت الطريقة اللونية باستخدام جهاز (UV -Spectrophotometer) نوع (OGAWA, OSK 7724). لتقدير الكبريتات والنترات، ولتقدير الصوديوم والبوتاسيوم استخدم جهاز (Flame photometer) نوع (JENWAY PEP7) (Baird et al.,2017).

تم حساب مؤشرات جودة مياه الري مثل (SAR, MAR, SSP, RSC, PI, KR) لنتائج تحاليل المياه وفقا للمعادلات ادناه:

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

$$MAR = Mg^{2+}X100/(Ca^{2+} + Mg^{2+}) \ldots (2)$$

$$SSP\ (Na\%) = (Na^{+} + K^{+}X100)/(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}) \ldots (3)$$

$$RSC = \left(CO_3{}^{2-} + HCO_3{}^{-}\right) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \ldots (4)$$

$$PI = (Na^{+} + \sqrt{HCO_3{}^{-}}X100/(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+}) \ldots\ldots (5)$$

$$KR = Na^{+}/(Ca^{2+} + Mg^{2+}) \ldots (6)$$

تم تصنيف مياه منطقة الدراسة لأغراض الري وفق مؤشرات جودة المياه بحسب فئات التصنيف وكما موضح بالجدول (1).

حساب دليل نوعية المياه Irrigation Water Quality Index (IWQI

مؤشر جودة المياه (IWQI) بمفهوم مبسط هو وسيلة لدمج بيانات جودة المياه المعقدة في قيمة واحدة، ويستخدم مؤشر جودة نوعية المياه لغرض تقييم جودة المياه السطحية لأغراض الري، وهو من افضل الموديلات واكثرها استعمالا في العالم من حيث التركيز على العناصر المؤثرة (E.C., TDS, pH, Ca2+, Mg2+, Na+, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-) (Jahin et al., 2020). تم حساب (IWQI) باستخدام المعادلة (7) (Amuah and Kpiebaya, 2022):

$$IWQI = \sum Qi * Wi / \sum Wi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$Qi = 100 \times (Vm - Vi)/(Vs - Vi)$$

$$Wi = K/Vs$$

حيث ان:

Qi = قياس جودة العنصر لأجمالي جودة العناصر في المياه.

Vm = القيمة المقاسة لعينات المياه (التحاليل المقاسة)

Vi= يمكن الحصول على القيمة المثالية لمعلمة جودة المياه هذه من الجداول القياسية، القيمة المثالية تساوي صفرًا لمعظم المعلمات، باستثناء الرقم الهيدروجيني= 7.

Vs = المحددات الوطنية العراقية لمياه الري (Iraq facts, 2012).

Wi = وزن الوحدة النسبية للعنصر n

K= ثابت التناسب وقيمته=1.

صحة التحاليل: تقاس دقة التحاليل بمقياس التوازن الأيوني، من خلال قيم الأيونات الموجبة والسالبة، باستثناء التراكيز المنخفضة للأيونات الثانوية وغير المؤثرة وباستخدام الصيغة (8) (Baird et al., 2017) كما سيذكر لاحقا في الجدول (5) موضحا تراكيز الأيونات الرئيسة (مليمكافئ/ لتر) والنسبة المئوية للفرق في نماذج مياه أودية الدراسة.

$$E\% = \frac{\Sigma r.cat - \Sigma r.ani}{\Sigma r.cat + \Sigma r.ani} \times 100 \ldots. (8)$$

إذ إن:-

$E\% =$ النسبة المئوية للفرق.

$\sum r.cat =$ مجموع تراكيز الأيونات الموجبة بوحدة (مليمكافئ/لتر).

$\sum r.ani =$ مجموع تراكيز الأيونات السالبة بوحدة (مليمكافئ/لتر).

الجدول 1: معاملات مؤشرات جودة مياه الري وتصانيفها.

مؤشرات جودة المياه	التصنيف	المصادر
العسرة الكلية (TH)	أقل من 75 يسر 150-75 عسر نسبيا 300-150 عسر	(Todd and Mays, 2004)
نسبة امتزاز الصوديوم(SAR)	10-0 (S1) الماء ملائم لري معظم المحاصيل ولمعظم الترب عدا المحاصيل الحساسة جدا للصوديوم 18-10(S2) الماء ملائم للترب ذات النفاذية الجيدة وغير ملائم للترب الناعمة 26-18(S3) الماء ضار لأغلب الترب ويتطلب بزل وغسل جيد مع استخدام الجبس 26> (S4) الماء عادة غير صالح لأغراض الري	Regional Salinity Laboratory) ((US), 1954; in Turgeon,2000
نسبة امتزاز المغنسيوم (MAR)	50> مقبولة للري 50< غير مقبولة للري	Raghunath, 1987; in Rahman) (*et al.*, 2011
النسبة المئوية للصوديوم (SSP)	60> جيد 70-60 ملائم 75> غير ملائم	(Todd, 1980)
كاربونات الصوديوم المتبقية (RSC)	1.25> ممتاز 2.5-1.25 متوسط 2.5> غير ملائم	(Gupta, 1983)
معامل النفاذية (PI)	25-0 جيد 75-25 مستقر 100-75 غير مستقر	(Doneen,1964)
معامل نسبة كيللي (KR)	1>مناسبة للري 1<غير مناسبة للري	(Kelly,1940; in Kucuksezgin, 1996)

استخدم برنامج Microsoft Office Excel 2010 في معظم عمليات معالجة البيانات وبرنامج Diagrammes لرسم مخطط التصنيف (Wilcox Diagram, 1955) العائدة لاستخدامات مياه اودية الدراسة لأغراض الري.

النتائج والمناقشة

يضم البحث الحالي دراسة الصفات الفيزيائية والكيميائية لمياه اودية منطقة الدراسة.

الخواص الفيزيائية لمياه اودية منطقة الدراسة: وهي الاكثر تأثيرا على نوعية المياه وتشمل (درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني pH، التوصيلية الكهربائية .E.C، المواد الصلبة الكلية الذائبة TDS، والعكورة Tr).

1-درجة الحرارة (T) Temperature: تعد درجة الحرارة احد العوامل المهمة في تحديد نشاط وفعالية الكائنات المائية والبكتريا، وفي تحديد خصائص معينة للمياه مثل الكثافة والتوصيلة الكهربائية، لذلك فمن المهم قياس درجة حرارة المصدر المائي، اذ ان ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية تؤثر في رفع معدلات التفاعلات الجيوكيميائية والحياتية، فضلا عن ذوبان المعادن وترسيب وتحلل المواد والملوثات (WHO, 2017). تراوحت درجة حرارة مياه اودية الدراسة ما بين (27.5-17.3 Co) (الجدول 2).

الجدول 2: تراكيز الخصائص الفيزيائية لمياه اودية الدراسة، ومعايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985) ، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري.

	Samp.	Temp (C°)	pH (Unit)	E.C. (µS/cm)	TDS (mg/l)	Tr (NTU)	TH (mg/l)
وادي الرشيدية	**R1**	17.3	7.5	651	325	8.99	692
	R2	17.5	7.25	706	353	4.03	772
	R3	19.1	7.3	578	289	2.68	608
	R4	20.2	7.3	570	285	2.13	808
	R5	20.2	7.3	549	277	0.71	740
	R6	20.07	7.3	567	283	1	696
	R7	20.06	7.1	576	290	0.36	760
	R8	23	7.1	570	288	2.32	584
	RA	17.6	7.3	583	293	59.5	888
	Min	**17.3**	**7.1**	**549**	**277**	**0.36**	**584**
	Max	**23**	**7.5**	**706**	**353**	**59.5**	**888**
وادي الخرازي	**Z1**	27.4	7.6	577	289	10.24	512
	Z2	22.4	7.42	615	312	14.31	652
	Z3	22.1	8.3	563	281	94.5	592
	Z4	24	7.6	620	314	1.83	584
	Z5	22.2	7.2	578	290	1.34	620
	Z6	24.2	7.24	524	257	21.52	740
	Z7	27.5	7.15	574	289	3.94	576
	ZA	21.6	7.16	612	306	2.56	584
	ZB	26.2	7.2	677	338	8.2	544
	Min	**21.6**	**7.15**	**524**	**257**	**1.34**	**512**
	Max	**27.5**	**8.3**	**677**	**338**	**94.5**	**740**
وادي نهر الخوصر	**K1**	26.3	7.11	936	470	0.84	868
	K2	25.5	7.2	905	455	4.39	796
	K3	26.9	7.4	937	478	9.03	624
	K4	26.4	7.3	853	442	9.31	648
	K5	26.5	7.2	853	432	5.46	740
	K6	24.6	7.3	870	436	12.4	740
	K7	23.5	7.3	880	444	3.5	820
	K8	23.7	7.3	902	457	11.17	784
	KA	26.2	7.4	957	481	24.9	636
	KB	22.6	7.26	609	311	0.46	520
	Min	**22.6**	**7.11**	**609**	**311**	**0.46**	**520**
	Max	**26.9**	**7.4**	**957**	**481**	**24.9**	**868**
وادي الدانفلي	**D1**	19.7	7.5	592	297	0.98	632
	D2	19.4	7.7	652	329	15.55	668
	D3	21.1	7.3	797	400	9.05	716
	D4	23	7.6	781	390	3.88	716
	D5	22.1	7.3	786	393	2.82	880
	DA	19.3	7.5	562	283	5.01	660
	DB	19.8	6.8	629	333	1.07	536
	DC	19.5	7.8	894	449	2.01	840
	DD1	20.3	7.28	530	267	11.76	900
	DD2	20.7	7.3	666	337	1.03	752

	Samp.	Temp (C°)	pH (Unit)	E.C. (µS/cm)	TDS (mg/l)	Tr (NTU)	TH (mg/l)
	DE	22.3	7.7	1842	926	27.9	1168
	Min	**19.3**	**6.8**	**530**	**267**	**0.98**	**536**
	Max	**23**	**7.8**	**1842**	**926**	**27.9**	**1168**
وادي الشور	**SH1**	22.5	6.3	2300	1163	11.17	1528
	SH2	24.7	6.7	1240	622	1.6	832
	SH3	23.6	6.6	1831	907	2.64	996
	SH4	23	6.44	1933	955	1.11	1212
	SH5	22.4	6.4	1902	959	0.51	1280
	SH6	23	6.11	2315	1157	2.04	2028
	SH7	25	6.18	1340	674	0.74	1180
	SH8	27.4	6.67	1553	780	12.39	1060
	SH9	25	6.72	1632	819	2	1272
	Min	**22.4**	**6.11**	**1240**	**622**	**0.51**	**832**
	Max	**27.4**	**6.72**	**2315**	**1163**	**12.39**	**2028**
(FAO, 1985)		-	**6 – 8.5**	**3000**	**2000**	-	-
(Iraq facts, 2012)			**6.4 - 8**	**3000**	**2500**	-	-

2- **الدالة الحمضية** (pH): يعبر الرقم الهيدروجيني عن التركيز المؤثر لأيون الهيدروجين (+H) في الماء، إن لقيمة pH تأثيراً مباشراً على عملية تفاعل المياه مع الصخور والرواسب التي تلامسها، فضلا عن التحكم في توازن الكاربونات والبيكاربونات في المياه. تميل المياه الطبيعية بشكل عام إلى أن تكون قلوية قليلاً بسبب وجود أيونات البيكاربونات (Boyd et al., 2011). تراوحت قيم pH لمياه منطقة الدراسة ما بين (6.11–8.30). عند مقارنة قيم الأس الهيدروجيني pH مع معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985 in Ayers and Westcot, 1985)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري والموضحة بالجدول (2)، تبين ان تراكيز الأس الهيدروجيني لمياه أودية الدراسة تقع ضمن هذه المعايير. اذ ان قيم الدالة الحمضية اقل من 7 تشير الى ان المحلول حامضي مثل نماذج وادي الشور بالكامل والنماذج (R1, DB)، اما في حالة كون pH اكبر من 7 كما هو الحال في جميع اودية الدراسة ماعدا النماذج السابقة، فان المياه العادمة المعالجة تكون قلوية بطبيعتها. إذ ان العناصر المغذية للنبات تكون اكثر توفرا في التربة ذات الأس الهيدروجيني المتعادل وتقل في التربة ذات الأس الهيدروجيني الحامضي (Poyen et al., 2018).

3-**قابلية التوصيل الكهربائي** (E.C.): تعد التوصيلة الكهربائية مقياسا جيدا للملوحة وفي تحديد مدى ملاءمة المياه للري إذ ان اهم السلبيات التي تضر بالبيئة هي زيادة ملوحة التربة الناتجة عن الري بالمياه العادمة والتي بدورها تؤثر على الانتاجية على المدى الطويل (WHO, 2005). ان مياه الري ذات التوصيلية الكهربائية في حدود (750 µS/cm -2250) مسموح بها للري وتستخدم على نطاق واسع (Iraq facts,2012; Iraqi specifications of WWTPs, 2019). تراوحت قيم E.C لمياه اودية الدراسة مابين (524 µS/cm-2315)، وبذلك تقع مياه أودية الدراسة ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985 in Ayers and Westcot, 1985)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري. تلاحظ قيم التوصيلية الكهربائية (الجدول 2) عند مقارنتها مع تصنيف (Regional Salinity Laboratory (US), 1954) لمياه الري على اساس E.C.، TDS (الجدول 3) بأن مياه وادي الرشيدية

والخرازي والنماذج (KB, D1, D2, DA, DB, DD1, DD2) تتميز بكونها متوسطة الملوحة وبالتالي تكون هذه المياه ملائمة للنباتات جيدة التحمل للأملاح بنظام بزل متوسط، اما مياه وادي الشور ووادي نهر الخوصر والنماذج التابعة لوادي الدانفيلي (D3, D4, D5, DC, DE)، فتكون المياه فيها عالية التلوث بالأملاح وبالتالي تكون المياه ملائمة للنباتات المقاومة للملوحة بنظام بزل جيد.

الجدول 3: تصنيف (US Regional Salinity Laboratory, 1954) لمياه الري على اساس E.C.، TDS.

نوعية الماء	E.C. (µS/cm)	TDS (mg/l)	مدى ملاءمة المياه للزراعة
مياه قليلة الملوحة	100–250	0–160	المياه ملائمة لأغلب النباتات ولمعظم الترب (مع احتمال قليل نشوء ملوحة التربة)
مياه متوسطة الملوحة	250–750	160–480	المياه ملائمة للنباتات جيدة التحمل للأملاح بنظام بزل متوسط
مياه عالية الملوحة	750–2250	480–1440	المياه ملائمة للنباتات المقاومة للملوحة بنظام بزل جيد
مياه ذات ملوحة عالية جدا	2250–5000	1440–3200	المياه ملائمة للنباتات ذات المقاومة العالية للملوحة ولترب نفاذة وبنظام بزل شديد

4- **الاملاح الكلية الذائبة** (TDS): تعد كمية المواد الصلبة الكلية الذائبة من العوامل المهمة في وصف خصائص المياه وتحديد استخداماته ونوعية المعالجة المطلوبة له (Butler and Ford, 2018). تراوحت قيم TDS لمياه اودية الدراسة ما بين .(277-1163 mg/l) حيث تقع ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985) والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري، لذا فان مياه اودية الدراسة تصلح للري اعتمادا على محتواها من المواد الصلبة الكلية الذائبة (TDS).

5- **العكورة أو الكدرة** (Tr): تُعرَّف العكورة أيضًا على أنها الخاصية البصرية للماء التي تنتج عن انتشار الضوء وامتصاصه بواسطة المواد المعلقة بدلاً من انتقاله في خطوط مستقيمة خلال النموذج (De Roos et al., 2017). تراوحت قيم العكورة لمياه اودية الدراسة ما بين (12.39-0.36 NTU) (الجدول 2)، تتباين قيم العكورة لكل وادٍ بين القيم المقبولة اقل من 5 NTU والقيم المرتفعة ويعزى السبب الى تباين الفعاليات على طول مجرى الوادي بحسب نوع النشاط السائد.

6- **العسرة الكلية** (TH): تكون أملاح العسرة في الماء على شكل بيكاربونات وكاربونات وكبريتات وكلوريدات ونترات (Wachinski, 2016). تراوحت قيم العسرة الكلية (512mg/l -2028) (الجدول 2). يعزى سبب ارتفاع قيم العسرة الكلية في مياه اودية الدراسة الى الطبيعة الجيرية الموجودة في تكوين فتحة التي تمر بها مياه اودية الدراسة، فضلا عن اغتناء التربة بالمكونات الفتاتية (الكاربونيت والجبسوم) التي تمثل نواتج تعرية صخور الكاربونيت والمتبخرات العائدة لتكوين فتحة. صنفت المياه بالمياه العسرة جدا بالاعتماد على تصنيف (Todd and Mays, 2004) (الجدول 1) لأنها تجاوزت (300 mg/l) وربما بسبب ذوبان المعادن الكاربوناتية والكبريتية التي تشكل جزءا من المكونات الفتاتية للتربة السائدة في المنطقة (اليوزبكي وآخرون، 2018).

الخواص الكيمائية لمياه أودية الدراسة

تشتمل الأيونات الرئيسة على العديد من الأيونات التي تذوب عادةً في مياه النهر بتراكيز تزيد عن (1mg/l). تتضمن الايونات الرئيسة الكاتيونات الموجبة Cations (الكالسيوم Ca^{2+} ، المغنسيوم Mg^{2+}، الصوديوم Na^{+}، البوتاسيوم K^{+}) والانيونات السالبة Anions (البيكاربونات HCO_3^-، الكبريتات SO_4^{2-}، الكلوريد Cl^-، النترات NO_3^-) (الجدول 4) والجدول (5).

الجدول 4: قيم تراكيز الأيونات الرئيسة (مليغرام/لتر) في مياه أودية الدراسة.

الأودية	Sample	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	تصنيف المنطقة
وادي الرشيدية	R1	105	70	29	7	293	165	65	17	زراعية وسكنية
	R2	144	72	30	9	234	130	62	18	منطقة سكنية
	R3	90	96	25	6	254	110	56	16	منطقة سكنية
	R4	145	85	27	7	254	175	90	16	سكنية و زراعية
	R5	133	79	23	6	234	210	62	10	زراعية و سكنية
	R6	118	85	27	6	249	120	81	16	سكنية
	R7	130	92	26	7	239	110	79	13	سكنية
	R8	92	84	30	6	259	85	85	16	سكنية
	RA	170	77	27	7	288	145	71	11	سكنية و زراعية
	Min	**90**	**70**	**23**	**6**	**234**	**85**	**56**	**10**	
	Max	**170**	**96**	**30**	**9**	**293**	**210**	**90**	**18**	
وادي الخزازي	**Z1**	86	64	32	4	244	100	69	5	سكنية
	Z2	133	43	34	3	244	125	67	14	منطقة اعمار
	Z3	107	61	35	3	268	100	75	13	زراعية
	Z4	102	66	38	3	288	120	77	7	زراعية
	Z5	105	76	29	4	244	120	69	28	سكنية
	Z6	140	67	24	3	254	105	73	17	زراعية و سكنية
	Z7	100	67	28	3	249	100	79	19	زراعية
	ZA	104	63	34	2	317	150	69	15	سكنية
	ZB	95	63	35	5	298	110	92	4	زراعية
	Min	**86**	**43**	**24**	**2**	**244**	**100**	**67**	**4**	
	Max	**140**	**76**	**38**	**5**	**317**	**150**	**92**	**28**	
وادي نهر الخوصر	**K1**	157	90	60	4	346	240	81	29	سكنية
	K2	141	87	62	5	390	245	98	30	سكنية
	K3	95	95	57	5	298	250	100	10	سكنية
	K4	107	84	60	4	312	230	79	11	سكنية
	K5	124	93	55	4	351	210	90	10	سكنية و زراعية
	K6	126	90	56	4	312	215	81	38	سكنية
	K7	147	87	59	5	346	255	77	33	سكنية
	K8	134	95	60	5	317	220	71	33	سكنية
	KA	101	88	85	6	459	220	85	8	سكنية
	KB	**114**	**58**	**48**	**5**	**278**	**105**	**62**	**3**	سكنية
	Min	**95**	**58**	**48**	**4**	**278**	**105**	**62**	**3**	
	Max	**157**	**95**	**85**	**6**	**459**	**255**	**100**	**38**	
وادي الدانغلي	**D1**	100	90	29	3	298	115	62	17	صناعية
	D2	118	74	40	3	307	80	75	30	صناعية
	D3	120	90	61	4	312	100	117	29	زراعية و
	D4	121	88	53	4	303	100	117	30	سكنية
	D5	168	77	52	4	303	135	96	30	سكنية
	DA	112	80	23	3	298	100	75	10	سكنية
	DB	86	74	49	4	259	75	79	44	سكنية
	DC	153	85	26	4	371	100	146	16	صناعية
	DD1	174	76	32	3	312	89	75	9	صناعية
	DD2	130	88	80	4	312	85	83	13	مواشي
	DE	212	156	65	29	317	270	233	35	مواشي
	Min	**86**	**74**	**23**	**3**	**259**	**75**	**62**	**9**	

الأودية	Sample	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	تصنيف المنطقة
	Max	**212**	**156**	**80**	**29**	**371**	**270**	**233**	**44**	
وادي الشور	**SH1**	305	178	150	14	742	575	210	6	صناعية
	SH2	143	98	75	10	498	200	127	14	سكنية وصناعية
	SH3	182	133	100	11	678	245	179	5	زراعية
	SH4	243	148	120	8	654	275	204	175	سكنية
	SH5	271	147	125	9	737	390	208	190	سكنية
	SH6	504	188	120	3	410	1300	127	15	سكنية
	SH7	180	177	55	4	400	390	81	15	سكنية
	SH8	164	159	65	4	386	385	96	18	سكنية
	SH9	230	132	85	4	425	575	92	21	زراعية
	Min	143	98	55	3	386	200	81	5	
	Max	504	188	150	14	742	1300	210	190	
(FAO, 1985)		400	60	919	2	610	960	1,063	10	
(Iraq facts, 2012)		450	80	250	20	610	960	1000	50	

يشير الجدول (5) إلى تراكيز الأيونات الرئيسة بوحدة (مليمكافئ/لتر) والنسبة المئوية للفرق في نماذج مياه أودية الدراسة. ولوحظ أن نماذج وادي الشور عدا النموذجين (SH7, SH8)، والنماذج (R1, ZA, ZB, K2, K3, K4, KA) حققت الموازنة المائية، أما بقية نماذج الأودية فلم تحقق الموازنة المائية ويعزى السبب لكون مصادر المياه فيها غير طبيعية ومتأثرة بمطروحات الصرف الصحي والمطروحات الصناعية والمدنية والزراعية التي بدورها أثرت على نوعية هذه المياه فلم تحقق الموازنة المائية، ومما يجعل مياه أودية الدراسة غير صالحة للشرب والاستخدامات بكافة أنواعها.

ايون الكالسيوم (Ca^{2+}): يعد أيون الكالسيوم من أكثر العناصر القلوية انتشارًا في القشرة، وهو أحد المكونات الرئيسة للصخور الرسوبية، وأحد أكثر العناصر شيوعًا في المياه الطبيعية (Gaur et al., 2022). تعد التجوية الكيمائية للصخور الكاربوناتية وصخور المتبخرات من اهم العمليات المجهزة لأيون الكالسيوم الى المياه (Medici and West, 2022). تراوحت تراكيز ايون الكالسيوم ما بين (86-504 mg/l)(الجدول 4). تقع مياه اودية منطقة الدراسة ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري، ان مصدر ايون الكالسيوم في مياه أودية الدراسة يعود الى طبيعة التربة الغنية بالمكونات الفتاتية من الكاربونيت والكبريتات التي تمر بها مياه اودية الدراسة.

الجدول 5: تراكيز الأيونات الرئيسة (ملیمكافيء/لتر) والنسبة المئوية للفرق في نماذج مياه أودية الدراسة.

Sample	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	مجموع	HCO3-	SO42-	Cl-	NO3-	مجموع	الفرق%
R1	5.26	5.76	1.26	0.18	12.46	4.80	3.43	1.82	0.27	10.33	9.35
R2	7.21	5.94	1.30	0.24	14.69	3.84	2.71	1.76	0.29	8.60	26.18
R3	4.48	7.93	1.09	0.15	13.65	4.16	2.29	1.59	0.26	8.29	24.40
R4	7.25	7.00	1.17	0.17	15.60	4.16	3.64	2.52	0.26	10.59	19.15
R5	6.62	6.47	1.00	0.15	14.24	3.84	4.37	1.76	0.16	10.13	16.85
R6	5.89	7.00	1.17	0.15	14.22	4.08	2.50	2.29	0.26	9.13	21.82
R7	6.48	7.53	1.13	0.17	15.30	3.92	2.29	2.23	0.21	8.65	27.78
R8	4.58	6.87	1.30	0.16	12.91	4.24	1.77	2.41	0.26	8.67	19.63
RA	8.47	6.34	1.17	0.19	16.17	4.72	3.02	2.00	0.18	9.91	24.00
Z1	4.28	5.28	1.39	0.10	11.06	4.00	2.08	1.94	0.08	8.10	15.46
Z2	6.62	3.57	1.48	0.07	11.74	4.00	2.60	1.88	0.23	8.71	14.84
Z3	5.36	5.02	1.52	0.08	11.98	4.40	2.08	2.11	0.21	8.80	15.28
Z4	5.11	5.42	1.65	0.07	12.25	4.72	2.50	2.17	0.11	9.50	12.65
Z5	5.26	6.24	1.26	0.09	12.85	4.00	2.50	1.94	0.45	8.89	18.24
Z6	6.96	5.55	1.04	0.06	13.62	4.16	2.19	2.06	0.27	8.67	22.18
Z7	4.97	5.55	1.22	0.08	11.82	4.08	2.08	2.23	0.31	8.70	15.20
ZA	5.21	5.15	1.48	0.06	11.90	5.20	3.12	1.94	0.24	10.50	6.24
ZB	4.72	5.15	1.52	0.12	11.51	4.88	2.29	2.58	0.06	9.82	7.94
K1	7.84	7.40	2.61	0.11	17.95	5.68	5.00	2.29	0.47	13.43	14.40
K2	7.06	7.13	2.70	0.12	17.01	6.40	5.10	2.76	0.48	14.74	7.14
K3	4.72	7.79	2.48	0.13	15.12	4.88	5.20	2.82	0.16	13.06	7.31
K4	5.36	6.87	2.61	0.11	14.95	5.12	4.79	2.23	0.18	12.32	9.65
K5	6.18	7.66	2.39	0.11	16.34	5.76	4.37	2.52	0.16	12.82	12.10
K6	6.28	7.40	2.43	0.11	16.23	5.12	4.48	2.29	0.61	12.50	12.98
K7	7.35	7.13	2.57	0.12	17.17	5.68	5.31	2.17	0.53	13.69	11.27
K8	6.67	7.79	2.61	0.13	17.20	5.20	4.58	2.00	0.53	12.31	16.58
KA	5.06	7.27	3.70	0.14	16.17	7.52	4.58	2.41	0.13	14.63	4.97
KB	5.69	4.77	2.09	0.12	12.67	4.56	2.19	1.76	0.05	8.55	19.37
D1	4.97	7.40	1.26	0.06	13.69	4.88	2.39	1.76	0.27	9.31	19.04
D2	5.89	6.08	1.74	0.08	13.79	5.04	1.67	2.11	0.48	9.30	19.44
D3	5.99	7.40	2.65	0.09	16.13	5.12	2.08	3.29	0.47	10.96	19.11
D4	6.04	7.27	2.30	0.09	15.70	4.96	2.08	3.29	0.48	10.81	18.44
D5	8.37	6.34	2.26	0.09	17.07	4.96	2.81	2.70	0.48	10.95	21.82
DA	5.60	6.61	1.00	0.06	13.27	4.88	2.08	2.11	0.16	9.24	17.92
DB	4.28	6.08	2.13	0.10	12.59	4.24	1.56	2.23	0.71	8.74	18.06
DC	7.64	7.00	1.13	0.11	15.88	6.08	2.08	4.11	0.26	12.53	11.80
DD1	8.67	6.21	1.39	0.06	16.33	5.11	1.85	2.11	0.15	9.23	27.80
DD2	6.47	7.27	3.48	0.10	17.32	5.12	1.77	2.35	0.21	9.45	29.42
DE	10.58	12.83	2.83	0.74	26.98	5.20	5.62	6.57	0.56	17.95	20.08
SH1	15.22	14.64	6.52	0.36	36.74	12.16	11.97	5.93	0.10	30.15	9.84
SH2	7.16	8.06	3.26	0.24	18.72	8.16	4.16	3.58	0.23	16.13	7.43
SH3	9.08	10.94	4.35	0.27	24.64	11.11	5.10	5.05	0.08	21.34	7.17
SH4	12.13	12.17	5.22	0.20	29.72	10.72	5.72	5.75	2.82	25.02	8.58
SH5	13.52	12.09	5.43	0.22	31.26	12.08	8.12	5.87	3.06	29.13	3.53
SH6	25.15	15.46	5.22	0.07	45.90	6.72	27.06	3.58	0.24	37.60	9.93

Sample	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	مجموع	HCO3-	SO42-	Cl-	NO3-	مجموع	الفرق%
SH7	9.01	14.53	2.39	0.09	26.02	6.56	8.12	2.29	0.24	17.21	20.38
SH8	8.18	13.08	2.83	0.09	24.18	6.32	8.01	2.70	0.29	17.32	16.51
SH9	11.49	10.83	3.70	0.10	26.12	6.96	11.97	2.58	0.34	21.85	8.90

ايون المغنسيوم (Mg^{2+}): يشتق ايون المغنسيوم بصورة أساسية من تجوية الصخور الرسوبية مثل صخور الكاربونات والدولومايت، كما أن المعادن الطينية هي مصدر ثانوي لأيون المغنيسيوم في الماء (Helstrup et al., 2007). تراوحت قيم ايون+Mg2 ما بين (188-43mg/l) (الجدول 4). تجاوزت مياه اودية الدراسة معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985) المسموح بها لمياه الري ماعدا النموذجين (Z2, KB) فيقعان ضمن (FAO, 1985) ، ومياه وادي نهر الخوصر ماعدا النموذج (KB)، ومياه وادي الشور والنماذج (R3, R4, R6, R7, R8) التابعة لوادي الرشيدية، والنماذج (D1, D3, D4, DB, DC, DD2, DE) التابعة لوادي الدانفيلي التي تجاوزت المعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) لمياه الري، اما بقية نماذج الاودية فتقع ضمن هذه المعايير.

ايون الصوديوم: (Na^{+}): تراوحت قيم ايون الصوديوم في مياه اودية الدراسة ما بين (150-23 mg/l) (الجدول 4). تقع مياه اودية الدراسة ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO,1985)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts,2012). يعود مصدر ايون الصوديوم في مياه اودية الدراسة الى عامل التجوية كمصدر لتزويد هذا الايون وتراكم التراكيز على طول مجرى الوديان على اعتباره ايوناً عالي الذوبان اضافة الى التأثيرات السكنية والصناعية مثل المياه الحاوية على المنظفات والمواد الكيميائية من الورش الصناعية، فضلا عن حالة البزل للمياه الفائضة او الغسل للترب الزراعية أثناء المزن المطرية.

ايون البوتاسيوم (K^{+}): تراوحت قيم تراكيز أيون البوتاسيوم ما بين (29-2 mg/l) (الجدول 4). تقع مياه أودية الدراسة ضمن المعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري، ولكنها تتجاوز معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985). تعود مصادر ايون البوتاسيوم في مياه اودية الدراسة الى تلوث مياه اودية الدراسة بمياه الصرف الصحي فضلا عن استخدام الاسمدة الكيماوية في المناطق الزراعية.

البيكاربونات: (HCO_3^{-}): يعد أيون البيكاربونات أحد أكثر الأيونات السالبة شيوعًا في المياه السطحية، وأحد أهم مصادره الطبيعية هو ذوبان الصخور الكاربوناتية (Limestone و Dolomite) بفعل مياه الامطار الحاوية على ثاني أوكسيد الكاربون الجوي المذاب، وهو الأكثر شيوعًا في الصخور الرسوبية، فضلا عن الأنشطة الزراعية والصناعية (Nikanorov and Brazhnikova, 2009). تراوحت قيم تراكيز أيون البيكاربونات في مياه اودية الدراسة ما بين (742-234 mg/l) (الجدول 4). تقع مياه أودية الدراسة ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985) والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري ماعدا النماذج (SH1, SH3, SH4, SH5) التابعة لوادي الشور. تشتق البيكاربونات من صخور الكاربونات التابعة لتكوين فتحة والتربة الحاوية على القطع الصخرية (Rock fragments) الكاربوناتية التي تمر بها مياه أودية الدراسة والمتمثلة بالدولومايت والحجر الجيري، وهذا ما جعل البيكاربونات هي الأنيون الاعلى تركيزاً ضمن منطقة الدراسة.

أيون الكبريتات (SO_4^{2-}): وهو أحد الأيونات الرئيسة في المياه، واهم مصادرها في المياه هي صخور المتبخرات (الجبس CaSO4.2H2O) و (الانهايدرايت CaSO4)، او المكونات الفتاتية من الجبس والانهايدرايت الموجودة في الترب المشتقة من تعرية صخور المتبخرات. أو من اذابة الجبس الثانوي المترسب على سطح التربة خلال تناوب فترات الساقط المطري والجفاف (Al-Youzbakey and Sulaiman, 2021)، ومن أكسدة معدن البايرايت في الصخور الطينية الخضراء اللون والمارل (Vendrell and Atiles, 2011). وممكن ان تختزل الكبريتات الى كبريتيد بغياب الاوكسجين وتتحول الى غاز كبريتيد الهيدروجين (H2S) المذاب في الماء او تترسب كملح كبريتيد الكالسيوم، وتنتج الكبريتات عن طرح الفضلات الحاوية على الاسمدة الكيماوية، ومن المرجح ان يكون المصدر الرئيس لأيون الكبريتات في مياه منطقة الدراسة هو التربة الحاوية على الحبيبات الفتاتية من الجبسوم. تسبب الكبريتات العسرة الدائمية للماء وخاصة عند وجودها على شكل كبريتات الكالسيوم والمغنسيوم (Sengupta, 2013). تراوحت قيم تراكيز ايون الكبريتات في مياه اودية الدراسة ما بين (1300-75 mg/l)، الجدول (4). تقع مياه أودية الدراسة ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموحة بها لمياه الري.

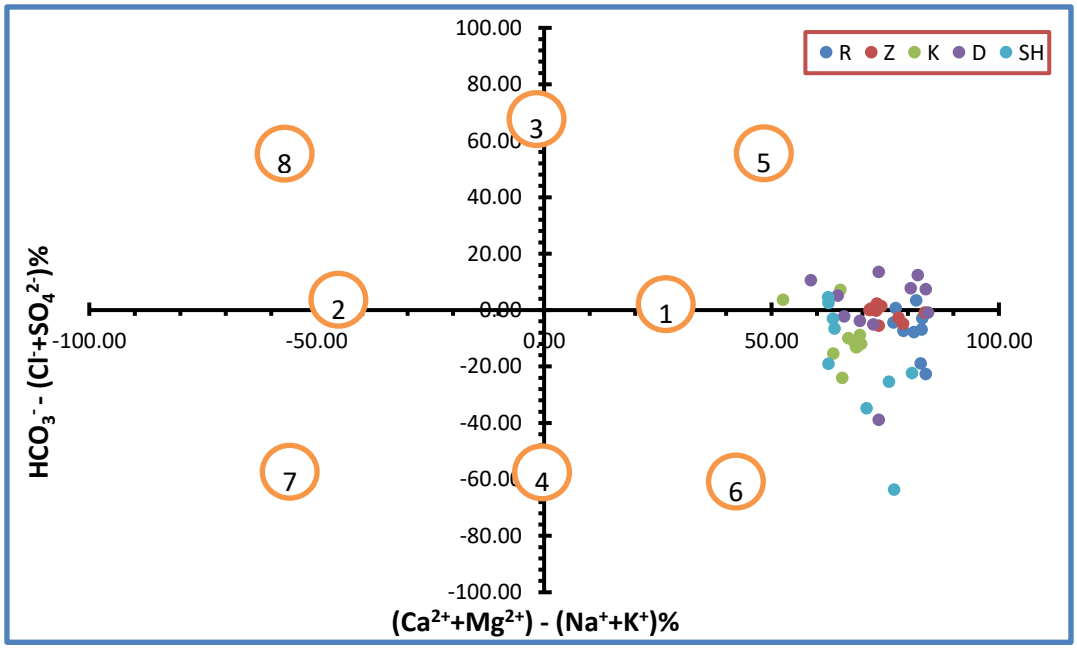
ايون الكلوريد: (Cl^-): يعد أيون الكلوريد المكون الرئيس للماء، ولأيون الكلوريد قابلية عالية للذوبان ويصعب مشاركته في تفاعلات الترسيب إذ يبقى في الحالة الأيونية الذائبة بشكل دائم في ظل الظروف الطبيعية. يوجد أيون الكلوريد في جميع مصادر المياه الطبيعية، ويكون تركيزه قليلاً في مياه الأنهار العذبة (Holmes and CSIR, 1998). وتعد صخور المتبخرات الحاوية على الهالايت أهم المصادر الطبيعية لأيون الكلوريد في الماء (Faust and Aly, 1981). تراوحت قيم تراكيز أيون الكلوريد في مياه اودية الدراسة ما بين (233- 56mg/l)، الجدول (4). ويعتقد ان من اهم مصادر ايون الكلوريد في مياه أودية الدراسة هو معدن الهالايت الثانوي (NaCl) الموجود على سطح التربة. اما اهم المصادر غير الطبيعية فتقترن بالنشاط البشري سواء من خلال الطروحات المدنية المنزلية كمواد التعقيم والمنظفات او من النشاط الصناعي كمطروحات الورش الصناعية. تقع مياه أودية الدراسة ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO,1985)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموحة بها لمياه الري.

أيون النترات: (NO_3^-): تعد مياه الأراضي الزراعية التي تستخدم الاسمدة ومياه الصرف الصحي والفضلات العضوية من اهم مصادر زيادة النترات في الانهار (Sundaray et al., 2009). تراوحت قيم تراكيز ايون النترات ما بين (3-190 mg/l)، الجدول (4). تقع مياه أودية الدراسة ضمن معايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) المسموح بها لمياه الري ماعدا النموذجين (SH4, SH5)، ويعزى السبب الى انعكاس الفضلات العضوية المطروحة في المياه وتلوث هذه المياه بالأسمدة العضوية. تجاوزت مياه اودية الدراسة معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO, 1985) ماعدا النماذج (R5, Z1, Z4, ZB, K3, K5, KB, KA, DD1, SH1, SH3) التي تقع ضمنها. تستعمل النترات بشكل واسع في صناعة السماد النيتروجيني العضوي، وبالتالي قد يعود وجود النترات في المياه السطحية وبخاصة في مياه أودية الدراسة الى استعمال الاسمدة ومياه الصرف الصحي والزراعي، فضلا عن ان النترات التي تنتج من اكسدة النيتروجين العضوي عن طريق بكتريا موجودة في التربة وبوجود الاوكسجين (Irish, 2001).

Water Classification تصنيف المياه

يستخدم التركيب الكيميائي في تصنيف المياه بناءً على تراكيز الكاتيونات والأنيونات الرئيسة، فهناك العديد من تصانيف المياه، والغرض منها معالجة وتنظيم وتقسيم نتائج التحليل الكيميائي حسب الأيونات الشائعة والرئيسة في الماء، بحيث يمكن فهم نوعية المياه السائدة، إذ يتم استخدام الكاتيونات والانيونات الاكثر شيوعا بترتيب تنازلي (Ravikumar et al., 2015). تشير نتائج تحاليل مياه اودية الدراسة والواردة في الجدول (4) الى ان الايونات الموجبة السائدة هي على التوالي الكالسيوم، المغنسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم (Ca2+>Mg2+>Na+>K+)، والايونات السالبة على التوالي البيكاربونات، الكبريتات، الكلور، النترات (HCO3->SO42->Cl->NO3-). تمت معالجة البيانات وترتيبها بالاعتماد على تصنيف (Chadha, 1999). يعد المخطط المقترح احد الطرق الأكثر استخدامًا في التصنيف الكيميائي للمياه، ويمكن استخدامه لدراسة العمليات الكيميائية المائية المختلفة مثل التبادل الكاتيوني الأساسي ومعرفة نوعية المياه (Chadha, 1999). بالاعتماد على التصنيف المقترح الشكل (3)، تبين ان نوعية المياه في وادي الرشيدية تكون من نوع (Ca-Mg-SO4 type) بسبب نوعية التربة، إذ تكون مشتقة من طبقات الجبس التي تقع أسفلها، لذلك تكون التربة غنية بالمكونات الفتاتية الجبسية فعند حدوث عملية التجوية والغسل تنتقل هذه المكونات الى مياه وادي الرشيدية.

تكون نوعية المياه في كل من وادي نهر الخوصر ووادي الشور من نوع (Ca-Mg-SO4-Cl type)، ويعزى السبب الى كون كل من وادي نهر الخوصر ووادي الشور طويلين ويمران بمناطق زراعية، فالتربة الموجودة تحتوي على مكونات فتاتية من الجبس الثانوي التي تترافق معها املاح الهالايت الثانوي وعند حدوث عملية الغسل سوف تزيد من تركيز الكبريتات والكلوريد في مياه وادي نهر الخوصر ووادي الشور. تكون نوعية المياه في وادي الخرازي من نوع (Alkaline earths exceed alkali metals) ويعزى السبب الى طبيعة المنطقة في وادي الخرازي إذ تكون حاوية على نسب متقاربة من المكونات الفتاتية والكاربوناتية والكبريتية، اما نوعية المياه في وادي الدانفيلي فتكون من نوع (Ca-Mg-HCO3 type) ويعزى السبب الى ان وادي الدانفيلي يقع ضمن المنطقة الصناعية وغير متعرض لعمليات الجرف وتعرية التربة المحتوية على الكبريتات.



1. Alkaline earths exceed alkali metals.
2. Alkali metals exceed alkaline earths.
3. Weak acidic anions exceed strong acidic anions.
4. Strong acidic anions exceed weak acidic anions.
5. Ca-Mg-HCO_3 type.
6. Ca-Mg-SO_4 type.
7. Na-K-SO_4 type
8. Na-K-HCO_3 type.

الشكل 3. تصنيف (Chadha, 1999) لنوعية مياه اودية الدراسة.

معايير مياه الري

1- نسبة امتزاز الصوديوم (Sodium Adsorption Ratio, SAR):

وهي نسبة امتزاز الصوديوم من قبل التربة، وتعطي فكرة واضحة عن تأثير ايون الصوديوم في المياه نسبة الى ايونات الكالسيوم والمغنسيوم (Hasan et al.,2020). يتم حساب SAR باستخدام المعادلة رقم (1)، وتراوحت قيمها في مياه اودية الدراسة ما بين (0.39-1.69) وتقع هذه القيم ضمن معايير منظمة الامم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO,1985) البالغة (15)، والمعايير العراقية (Iraqi Facts, 2012) البالغة (6-9) المسموح بها للري. وعند مقارنة هذه القيم في الجدول (6) مع تصانيف (Regional Salinity Laboratory (US), 1954; Turgeon,2000) لمياه الري على اساس قيم SAR في الجدول (1). لوحظ ان مياه أودية الدراسة ملائمة لري معظم المحاصيل ولمعظم الترب عدا المحاصيل الحساسة جدا للصوديوم.

2- نسبة امتزاز المغنسيوم (Magnesium Adsorption Ratio, MAR) :

يعد المغنسيوم من الايونات المهمة التي تدخل في تصنيف مياه الري وتقييم نوعيتها، وبشكل عام، فان كلاً من الكالسيوم والمغنسيوم في حالة من التوازن الكيمائي في المياه، وتؤثر زيادة المغنسيوم في المياه سلباً على الحاصل الزراعي لان محتوى التربة سيكون اكثر ملوحة. تراوحت قيم MAR في مياه اودية الدراسة ما بين (35.01-63.90) ويبين الجدول (6) ان قيم MAR في مياه أودية الدراسة كانت اقل من 50، ولذلك تصنف مياه أودية الدراسة اعتمادا على تصانيف (Raghunath, 1987; Rahman et al., 2011) (الجدول 1) بانها مقبولة للري ماعدا النماذج (R2, R4, R5, RA, Z2, Z3, Z6, ZA, K1, K7, KB, D5, DC, DD1, SH1, SH5, SH6, SH9,) فتكون قيمها اكبر من 50 فتصنف بانها غير مقبولة للري وتسبب الضرر للمحاصيل، يعزى السبب الى اغتناء ترب المنطقة بالمكونات الفتاتية الكاربوناتية الحاوية على المغنيسيوم.

الجدول 6: قيم (SAR, MAR, SSP, RSC, PI, KR) لمياه اودية الدراسة.

Samp.	SAR	SSP	RSC	PI	MAR	KR
R1	0.54	1.58	-6.22	17.95	52.26	0.11
R2	0.51	1.72	-9.31	13.65	45.21	0.10
R3	0.44	1.20	-8.25	15.20	63.90	0.09
R4	0.44	1.16	-10.10	13.29	49.11	0.08
R5	0.39	1.09	-9.25	13.97	49.44	0.08
R6	0.46	1.16	-8.81	14.44	54.31	0.09
R7	0.43	1.18	-10.09	13.15	53.77	0.08
R8	0.55	1.35	-7.21	16.25	60.02	0.11
RA	0.43	1.23	-10.09	13.66	42.81	0.08
Min	0.39	1.09	-10.10	13.15	42.81	0.08
Max	0.55	1.72	-6.22	17.95	63.90	0.11
Z1	0.64	1.05	-5.57	18.37	55.23	0.15
Z2	0.65	0.76	-6.19	17.27	35.01	0.15
Z3	0.67	0.83	-5.98	17.76	48.38	0.15
Z4	0.72	0.74	-5.81	17.97	51.45	0.16
Z5	0.53	0.83	-7.50	15.78	54.27	0.11
Z6	0.42	0.55	-8.35	15.12	44.35	0.08
Z7	0.53	0.82	-6.43	17.32	52.77	0.12

Samp.	SAR	SSP	RSC	PI	MAR	KR
D1	0.51	0.56	-7.48	16.31	59.84	0.10
D2	0.71	0.74	-6.93	16.50	50.78	0.15
D3	1.03	0.75	-8.27	14.27	55.27	0.20
D4	0.89	0.75	-8.34	14.42	54.62	0.17
D5	0.83	0.69	-9.76	13.25	43.09	0.15
DA	0.40	0.56	-7.32	16.80	54.12	0.08
DB	0.94	0.98	-6.12	16.65	58.65	0.21
DC	0.42	0.75	-8.57	15.70	47.81	0.08
DD1	0.51	0.48	-9.76	13.99	41.74	0.09
DD2	1.33	0.79	-8.62	13.34	52.88	0.25
DE	0.83	2.85	-18.21	8.80	54.81	0.12
Min	0.40	0.48	-18.21	8.80	41.74	0.08
Max	1.33	2.85	-6.12	16.80	59.84	0.25
SH1	1.69	1.15	-17.70	9.76	49.03	0.22
SH2	1.18	1.47	-7.06	15.64	52.96	0.21
SH3	1.37	1.29	-8.91	13.86	54.63	0.22
SH4	1.50	0.86	-13.58	11.27	50.09	0.21
SH5	1.52	0.87	-13.53	11.37	47.20	0.21

Samp.	SAR	SSP	RSC	PI	MAR	KR
ZA	0.65	0.62	-5.16	19.38	49.73	0.14
ZB	0.68	1.13	-5.00	19.52	52.18	0.15
Min	0.42	0.55	-8.35	15.12	35.01	0.08
Max	0.72	1.13	-5.00	19.52	55.23	0.16
K1	0.95	0.74	-9.56	13.50	48.56	0.17
K2	1.01	0.87	-7.79	15.14	50.26	0.19
K3	0.99	1.01	-7.64	14.90	62.27	0.20
K4	1.06	0.93	-7.11	15.43	56.19	0.21
K5	0.91	0.80	-8.09	14.93	55.34	0.17
K6	0.93	0.84	-8.56	14.19	54.09	0.18
K7	0.95	0.85	-8.81	14.13	49.25	0.18
K8	0.97	0.90	-9.26	13.51	53.89	0.18
KA	1.49	1.10	-4.81	17.34	58.93	0.30
KB	0.91	1.11	-5.90	17.19	45.61	0.20
Min	0.91	0.74	-9.56	13.50	45.61	0.17
Max	1.49	1.11	-4.81	17.34	62.27	0.30

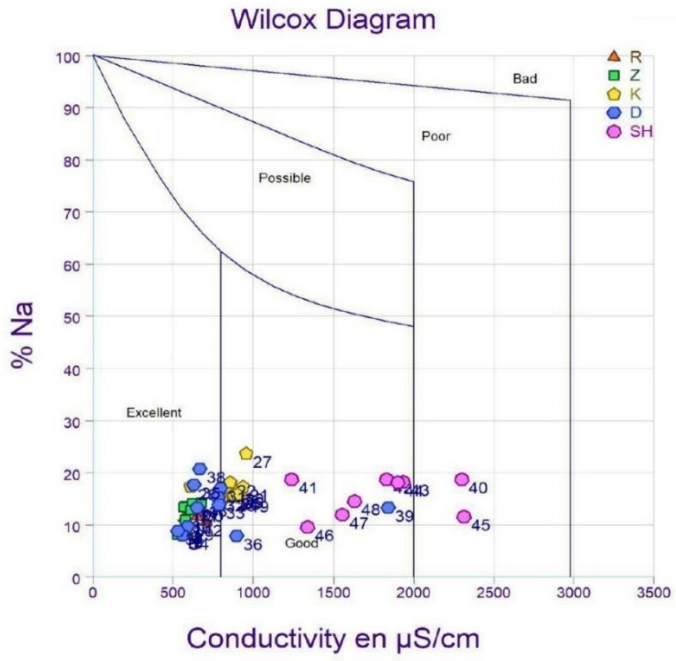
Samp.	SAR	SSP	RSC	PI	MAR	KR
SH6	1.16	0.27	-33.89	5.77	38.07	0.13
SH7	0.70	0.44	-16.98	9.97	61.74	0.10
SH8	0.87	0.50	-14.94	10.55	61.51	0.13
SH9	1.11	0.53	-15.36	10.28	48.53	0.17
Min	0.70	0.27	-33.89	5.77	38.07	0.10
Max	1.69	1.47	-7.06	15.64	61.74	0.22

3 – النسبة المئوية للصوديوم (Soluble Sodium Percentage, SSP):

تعبر هذه النسبة عن تركيز الصوديوم والبوتاسيوم في المياه نسبة لبقية الايونات الموجبة. تعد النسبة المئوية للصوديوم عاملا مهما لدراسة اضرار الصوديوم على النبات خلال عمليات الري. اذ ان ارتفاع النسبة المئوية للصوديوم في مياه الري تؤثر سلبا على نمو النبات وتخفض من نفاذية التربة (Hopkins *et al.*, 2007). تراوحت قيم SSP ما بين (0.27-2.85) (الجدول 6). عند مقارنة قيم SSP مع تصنيف (Todd, 1980) على اساس قيم (Na%)، فإن النسبة المئوية للصوديوم(الجدول 1) تبين ان مياه أودية الدراسة ملائمة للري على اساس SSP.

4– مخطط Wilcox Diagram

يستخدم مخطط (Wilcox, 1955) في تقييم سريع لكمية المياه المستخدمة لأغراض الري، إذ تم استخدام هذا المخطط كما هو موضح في الشكل (4) لتمثيل بيانات تحليل مياه اودية الدراسة اعتمادًا على النسبة المئوية للصوديوم من جهة وقيمة التوصيلية من جهة أخرى. ينقسم المخطط إلى خمسة حقول لتصنيف المياه بناءً على معطيات قيم نتائج التوصيل الكهربائي (E.C.) ونسبة الصوديوم (%Na) (Ememu and Nwankwoala, 2018) ، حيث تبين بان نماذج مياه وادي الرشيدية ووادي الخرازي ووادي الدانفيلي ماعدا النموذج (DC) تقع في حقل الممتازة للري Excellent، اما نماذج وادي الخوصر ونماذج وادي الشور ماعدا النموذجين (SH1,SH6) فتقع في حقل جيدة للري Good، اما النموذجان (SH1,SH6) التابعان لوادي الشور فيقعان في حقل ضعيفة للري Poor.



الشكل 4. مخطط تصنيف (Wilcox, 1955) لنماذج مياه أودية الدراسة

5- كاربونات الصوديوم المتبقية (Residual Sodium Carbonate, RSC):

يعبر هذا العامل عن ترسيب بيكاربونات الكالسيوم والمغنسيوم في محلول التربة بشكل كاربونات الكالسيوم وكاربونات المغنيسيوم، التي تؤدي الى خفض تراكيز ايونات Ca^{2+} و Mg^{2+} وارتفاع نسبة ايون Na^{+}. يؤثر وجود جذور الكربونات والبيكاربونات على قابلية المياه للإذابة من خلال ارتفاع قيم pH ولذلك فان عملية الري ستحول الاراضي الى اراضي قاحلة بسبب ترسب كاربونات الصوديوم (Obiefuna and Sheriff, 2011). تراوحت قيم RSC في مياه اودية الدراسة ما بين (33.89- -4.81-)، وعند مقارنة RSC في الجدول (6) مع تصنيف (Eaton,1950) في الجدول (1)، لوحظ ان مياه أودية الدراسة ملائمة للري اعتمادا على قيم RSC.

6. معامل النفاذية (Permeability, PI):

تتأثر نفاذية التربة بالاستخدام الطويل الآمد لمياه الري، كما وتتأثر بشكل كبير بكمية الاملاح الكلية المذابة ونسبة كاربونات الصوديوم في التربة ونوعية التربة. تراوحت قيم PI في مياه اودية الدراسة ما بين (19.52-5.77)، والتي تبين ان مياه أودية الدراسة تكون جيدة للري على اساس قيم PI (الجدول 6) عند مقارنتها مع تصنيف (Doneen,1964).

7. معامل نسبة كيللي: (Kellys Ratio, KR):

يمثل معامل كيللي نسبة تركيز ايون الصوديوم في المياه الى مجموع تراكيز الكالسيوم والمغنيسيوم، ويعكس هذا المعامل حالة التوازن الكيميائي بين ذوبان الصوديوم وظروف ذوبان الكالسيوم والمغنيسيوم (Kelly,1940; Kucuksezgin, 1996). تراوحت قيم KR في مياه اودية الدراسة ما بين (0.08-0.30). من خلال مقارنة قيم KR (الجدول 8) مع تصنيف (Kelly,1940; Kucuksezgin, 1996) (الجدول 1) تبين ان مياه أودية الدراسة مناسبة للري على اساس قيم (KR).

مؤشر دليل نوعية المياه (Irrigation Water Quality Index, IWQI):

تم حساب مؤشر دليل نوعية المياه (IWQI) بتطبيق المعادلة (7)، وتم تصنيف IWQI بحسب الفئات الموضحة بالجدول (7)، إذ تراوحت قيم IWQI لمياه اودية الدراسة ما بين (27.22- 205.99) (الجدول (8).

الجدول 7: تصنيف (IWQI) لمياه الري.

مقياس جودة مياه الري	جودة مياه الري (IWQI)
ممتاز	0-30
جيد	31-60
رديء	61-90
رديء جدا	91-120
غير مناسب	>120

عند مقارنة نتائج الجدول (8) مع تصنيف IWQI (الجدول 7)، تبين بان مياه وادي الرشيدية بشكل عام تصنف بكونها (ممتازة– جيدة للري)، اما في وادي الخرازي فتكون بدايات مياه الوادي رديئة وغيرمناسبة للري لان بدايات وادي الخزازي تكون متاثرة بالمطروحات السكنية المتمثلة بالمنظفات المنزلية ومادة الكلور، اما بقية نماذج وادي الخرازي والقريبة من المصب فتصنف بكونها جيدة للري لكونها لاتتاثر بالمطروحات المدنية، مما ادى الى حدوث نوع من التنقية الذاتية للوادي بسبب عدم تاثرها بالمطروحات وصولا الى نقطة المصب. اما في وادي نهر الخوصر فتكون بدايات الوادي جيدة للري بينما بقية نماذج وادي نهر الخوصر وبالقرب من المصب تكون رديئة وغير مناسبة للري بسبب زيادة الاملاح الناتجة عن عمليات غسل التربة، لذلك وبشكل عام فان مياه وادي الخوصر غير صالحة للري. اما نوعية المياه في وادي الدانفيلي فهي بشكل عام (رديئة –غير مناسبة للري) بسبب المطروحات الصناعية. اما في وادي الشور بشكل عام تكون نوعية المياه أيضا (رديئة –غير مناسبة للري) بسبب المطروحات الصناعية والسكنية ومطروحات الصرف الصحي في مياه وادي الشور.

الجدول 8: قيم مؤشر نوعية المياه (IWQI) لمياه اودية الدراسة

الوادي	Sample	IWQI	مقياس جودة مياه الري	Sample	IWQI	مقياس جودة مياه الري
وادي الرشيدية	R1	86.82	Poor	R6	57.63	Good
	R2	49.48	Good	R7	27.30	Excellent
	R3	58.52	Good	R8	27.22	Excellent
	R4	57.76	Good	RA	56.01	Good
	R5	55.73	Good			
	Min	27.22		Max	86.82	
وادي الخرازي	Z1	98.55	Very poor	Z6	47.25	Good
	Z2	71.71	Poor	Z7	34.03	Good
	Z3	205.99	Unsuitable	ZA	34.41	Good
	Z4	99.34	Very poor	ZB	37.90	Good
	Z5	44.39	Good			
	Min	34.03		Max	205.99	
وادي الخوصر	K1	32.97	Good	K6	63.52	Poor
	K2	46.56	Good	K7	62.27	Poor
	K3	72.65	Poor	K8	62.88	Poor
	K4	56.82	Good	KA	72.12	Poor
	K5	42.39	Good	KB	46.45	Good
	Min	32.97		Max	72.65	
وادي الدانفيلي	D1	88.54	Poor	DA	86.08	Poor
	D2	120.44	Unsuitable	DB	47.98	Good
	D3	61.45	Poor	DC	133.52	Unsuitable
	D4	106.78	Very poor	DD1	52.44	Good
	D5	60.59	Poor	DD2	57.84	Good
				DE	129.69	Unsuitable
	Min	47.98		Max	72.65	
وادي الشور	Sh1	126.96	Unsuitable	SH6	158.78	Unsuitable
	Sh2	59.35	Good	SH7	145.00	Unsuitable

الوادي	Sample	IWQI	مقياس جودة مياه الري	Sample	IWQI	مقياس جودة مياه الري
	Sh3	76.25	Poor	SH8	70.12	Poor
	Sh4	140.65	Unsuitable	SH9	61.38	Poor
	Sh5	150.33	Unsuitable			
	Min	59.35		Max	158.78	

وتجدر الإشارة الى ان مياه أودية الجانب الأيسر تتصف بمحتواها العالي من العناصر الثقيلة التي تعزى الى تأثير الأنشطة الصناعية والزراعية والمنزلية المجاورة لهذه الأودية (Ibrahim and Al-Youzbakey, 2023)، كما ان رواسب هذه الوديان التي تتراكم فيها مطروحات هذه الأنشطة تعمل على رفع محتوى المياه من العناصر الثقيلة وبخاصة في حالة تغير الدالة الحامضية عند (pH<7) وفعالية غاز (H_2S) المتحرر نتيجة النشاط العضوي في ظروف اختزالية (Al-Dabbagh and Al-Youzbakey, 2021 and Dhamin and Majeed, 2022) فضلا عن ان مطروحات المعامل الصغيرة والنشاطات الصناعية المختلفة تطرح مياهاً الى الأنهار والقنوات بدون معالجة كافية من أجل خفض محتوى العناصر الثقيلة (Majeed, 2017) مما يؤثر بشكل ملحوظ على نوعية مياه الأودية وعدم ملاءمتها للاستخدامات المختلفة ومنها الري إذا لم تتم معالجتها باستخدام محطات المعالجة.

الاستنتاجات

1. تصنف مياه أودية الدراسة بانها من نوع المياه العسرة جدا نتيجة تأثير تحلل وذوبان الاطوار الجيرية والجبسية للمكونات الفتاتية الصخرية الموجودة في التربة التي تمر بها مياه اودية الدراسة .
2. تميل مياه اودية منطقة الدراسة بشكل عام نحو القاعدية ويعزى السبب الى تأثيرات انواع الصخور المكشوفة في المنطقة، فضلا عن التربة الحاوية على مكونات فتاتية نتيجة تعرية الصخور المنكشفة والتي تتكون اساسا من كاربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم الموجودة ضمن تكوين فتحة، في حين يظهر وادي الشور صفة الحامضية بسبب اضافة مادة الكلور التي تطرح في المياه من خلال المطروحات السكنية والمنظفات والمطروحات الكيماوية والصناعية التي يتميز بها هذا الوادي اكثر من بقية الاودية.
3. تبين من خلال تراكيز الكاتيونات والأنيونات الرئيسة بأن الأيونات الموجبة هي على التوالي الكالسيوم، المغنسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم ($Ca^{2+}>Mg^{2+}>Na^{+}>K^{+}$)، والأيونات السالبة على التوالي البيكاربونات، الكبريتات، الكلور، النترات ($HCO_3^{-}>SO_4^{2-}>Cl^{-}>NO_3^{-}$). أظهر تصنيف (Chadha, 1999) لمياه أودية الدراسة بأن نوعية المياه في وادي الرشيدية تكون من نوع (Ca-Mg-SO_4 type) ، اما نوعية المياه في كلا من وادي نهر الخوصر ووادي الشور تكون من نوع (Ca-Mg-SO_4-Cl type) وتكون نوعية المياه في وادي الخرازي من نوع (Alkaline earths exceed alkali metals)، اما نوعية المياه في وادي الدانفيلي فتكون من نوع (Ca-Mg-HCO_3 type) .
4. تبين أن البيكاربونات هي المصدر الرئيس لقلوية المياه (Water Alkalinity)، وكذلك فأن الأودية التي تسجل زيادة في البيكاربونات يلاحظ فيها زيادة في عسرة المياه ايضا، إذ ترتبط البيكاربونات مع المغنسيوم والكالسيوم مسببة عسرة مؤقتة.
5. اشارت قيم التوصيلية الكهربائية.E.C ، والاملاح الذائبة الكلية TDS لمياه الري ان مياه وادي الرشيدية والخرازي تتميز بكونها متوسطة الملوحة وبالتالي تكون هذه المياه ملائمة للنباتات جيدة التحمل للأملاح بنظام بزل متوسط، اما مياه وادي الشور ووادي نهر الخوصر، فهي عالية التلوث بالأملاح وبالتالي تكون ملائمة للنباتات المقاومة للملوحة بنظام بزل جيد.

6. بالاعتماد على مؤشر دليل نوعية المياه (IWQI) ، تبين بشكل عام ان مياه وادي الرشيدية ومياه وادي الخرازي تكون ملائمة للري بسبب عدم تأثرها بالمطروحات، بينما تكون مياه وادي نهر الخوصر ووادي الدانفيلي ووادي الشور غير ملائمة للري بسبب زيادة الاملاح الناتجة عن عمليات غسل التربة في مياه وادي نهر الخوصر، فضلا عن تأثر كل من وادي الدانفيلي ووادي الشور بالمطروحات السكنية والصناعية على وجه الخصوص.

7. بشكل عام تعد المياه في منطقة الدراسة عالية التلوث وغير مناسبة للاستخدام بشكل عام وبخاصة الاستخدام الزراعي بالرغم من كون مياه أودية الدراسة ملائمة للري بالنسبة للتصانيف المعتمدة على الصوديوم إلا أنها تكون غير صالحة بسبب محتواها من العناصر الثقيلة، ومن ثمَّ فإن مياه أودية الدراسة لا تصلح للري إذا لم تتم معالجتها باستخدام محطات المعالجة.

8. الأودية عبارة عن قنوات مفتوحة في الوقت الحاضر، لذا يجب تحويلها إلى مجارٍ صندوقية وربطها بشبكات الصرف الصحي، كما يجب إنشاء محطات معالجة لكل وادٍ قبل تصريف مياهه في نهر دجلة.

المصادر

Al-Dabbagh, A. H., 2022. Geochemical assessment of heavy metals in sediments of main Wadis of Mosul City/ Iraq. MSc. Thesis, University of Mosul, Mosul. 115P. (In Arabic).

Al-Dabbagh, A.H. and Al-Youzbakey, K. T., 2021. Geochemical assessment of heavy elements in sediments of main Wadis of Western Part of Mosul City, Iraq. Italian journal of engineering geology and environment, (2), 5-16. DOI: 10.4408/IJEGE.2021-02. O-01

Al-Daghastani, H. S., 2007. Geomorphologic Map of Nineveh Governorate, Northwestern Iraq Using Visual Image Interpretation. Rafidain Journal of Science, 18(1), 81–92. (In Arabic)

Al-Jbouri, M. A., 1988. Geology of Mosul Area/ East Tigris River. Master thesis, University of Mosul, Mosul, Iraq. 152P. (In Arabic).

Al-Saffawi, A, Y. and Al-Sanjari, W.E., 2018. Self-purification of Liquid Wastes of Al-Kharazzi Valley in Mosul City. Journal of Education and Science, 27(4), 84-98. (in Arabic)

Al-Taiee, Th. M. and Mustafa, M. S., 2020. Hydrodynamic Simulation of Flood due to Hypothetical Momentary Mosul Dam Failure. Tikrit journal of Engineering Sciences, 27(4), 48-57. DOI: http://dx.doi.org/10.25130/tjes.27.4.06.

Al-Youzbakey, K., Al-Naqib, S. and Sulaiman, A., 2018. Hydrochemistry and Groundwater Level Fluctuations (2009-2011) in Selected Wells at the Eastern Part of Mosul City, Northern Iraq. The 9th Periodical Scientific Conference for Dams and Water Resources Researches Center, 19–34. (In Arabic)

Al-Youzbakey, K.T. and Sulaiman, A. M., 2021. Assessment of Water Quality along Greater Zab River within Iraqi Lands. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1,5-17. DOI: 10.4408/IJEGE.2021-01.O-01

Amuah, E. E. Y. and Kpiebaya, P., 2022. A comparative assessment of the novel water pollution index and the water quality index using empirical data: Improving water quality evaluation. DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1527234/v1

Ayers, R. S. and Westcot, D. W., 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO, Rome. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage. Paper 29. Rev. FAO, Rome.

Baird, R. B., Eaton, A. D. and editors E.W. Rice., 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (23rd ed.). American Water Works Association (AWWA, WEF and APHA).

Boyd, C. E., Tucker, C. S. and Viriyatum, R., 2011. Interpretation of pH, acidity, and alkalinity in aquaculture and fisheries. North American Journal of Aquaculture, 73(4), 403-408. DOI: 10.1080/15222055.2011.620861

Bulmer, M. H., 2019. Geological considerations of contemporary military tunnelling near Mosul, northern Iraq. Geological Society Special Publication, 473(1), 241–265. https://doi.org/10.1144/SP473.11.

Butler, B. A. and Ford, R. G., 2018. Evaluating relationships between total dissolved solids (TDS) and total suspended solids (TSS) in a mining-influenced watershed. Mine water and the environment, 37(1), 18-30. DOI: 10.1007/s10230-017-0484-y

Chadha, D. K., 1999. A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. Hydrogeology journal, 7, 431-439. DOI: 10.1007/s100400050216

De Roos, A. J., Gurian, P. L., Robinson, L. F., Rai, A., Zakeri, I. and Kondo, M. C., 2017. Review of epidemiological studies of drinking-water turbidity in relation to acute gastrointestinal illness. Environmental health perspectives, 125(8), 086003. https://doi.org/10.1289/EHP1090

Dhamin J. Z. and Majeed, N.S., 2022. Removal of Heavy Metal Ions from Wastewater Using Bulk Liquid Membrane Technique Enhanced by Electrical Potential. AIP Conference Proceedings 2660, 020112. 1-8. https://doi.org/10.1063/5.0109421

Doneen, L. D., 1964. Notes on water quality in agriculture. Department of Water Science and Engineering, University of California, Davis.

Eaton, F. M., 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. Soil science, 69(2), 123-134. http://doi.org/10.1097/00010694-195002000-00004

Elwakil, M., 2013. Irrigation water quality [Slides]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/329512347_Quality_of_water_for_irrigation_jwdt_myah_alry.

Ememu, A. J. and Nwankwoala, H. O., 2018. Application of Water Quality Index (Wqi) For Agricultural and Irrigatio nal Use Around Okpoko, Southeastern Nigeria. Engineering Heritage Journal (GWK), 2(1), 14-18. DOI : http://doi.org/10.26480/gwk.01.2018.14.18

Fadhel, M. N, Khattab, M.F.O. and Al-Nuaimi, H. J., 2008. Adverse impact of Al-Khoser river upon Tigris River at outfall area. Iraqi National Journal of Earth Sciences, 8(1): 41-55. (in Arabic)

Fijani, E., Moghaddam, A. A., Tsai, F. T. C. and Tayfur, G., 2017. Analysis and assessment of hydrochemical characteristics of Maragheh-Bonab plain aquifer, northwest of Iran. Water Resources Management, 31(3), 765-780. DOI 10.1007/s11269-016-1390-y

Fouad, S. F. A., 2015. Tectonic map of Iraq, scale 1: 1000 000, 2012. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 11(1), 1–7.

Gaur, N., Sarkar, A., Dutta, D., Gogoi, B. J., Dubey, R. and Dwivedi, S. K., 2022. Evaluation of water quality index and geochemical characteristics of surface water from Tawang India. Scientific Reports, 12(1), 1-26. https://doi.org/10.1038/s41598-022-14760-3

Grattan, S., 2002. Irrigation water salinity and crop production (Vol. 9). UCANR Publications.

Gupta, S. K., 1983. Variations of water table in Yamuna drainage basin of Haryana-implications and management strategies. In Seminar on Strategies for Irrigation Water Management, Patna.

Hasan, M. M., Ahmed, M. S., Adnan, R. and Shafiquzzaman, M., 2020. Water quality indices to assess the spatiotemporal variations of Dhaleshwari river in central Bangladesh. Environmental and Sustainability Indicators, 8, 100068. https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100068

Helstrup, T., Jørgensen, N. O. and Banoeng-Yakubo, B., 2007. Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater from the Cretaceous-Eocene limestone aquifer in southern Ghana and southern Togo using hierarchical cluster analysis. Hydrogeology Journal, 15(5), 977-989. DOI: org/10.1007/s10040-007-0165-1

Holmes, S. and CSIR, 1998. South African Water Quality Guidelines, (second edition), Industrial Use. Department of Water Affairs and Forestry, South Africa, 115p.

Hopkins, B. G., Horneck, D. A., Stevens, R. G., Ellsworth, J. W. and Sullivan, D. M. 2007. Managing irrigation water quality for crop production in the Pacific Northwest.

Ibrahim, I. F. and Al-Youzbakey, K. T., 2023. A geochemical study of the main valleys' waters on the left part of Mosul (Iraq). Italian Journal of Engineering Geology and Environment, (1), 45–60. DOI:10.4408/IJEGE.2023-01.O-04

Iraqi Facts, 2012. Ministry of Justice. Wastewater Treatment Standards Used for Irrigation, [Press release]4260. https://www.moj.gov.iq/view.294/

Iraqi specifications, 2019. WWTPs Records Un-published data (Middle Euphrates Provinces, Iraq).

Irish, E. P. A., 2001. Parameters of Water Quality. Interpretation and Standards. Environmental Protection Agency. Johnstown Castle, Ireland.

Jahin, H. S., Abuzaid, A. S. and Abdellatif, A. D., 2020. Using multivariate analysis to develop irrigation water quality index for surface water in Kafr El-Sheikh Governorate, Egypt. Environmental Technology and Innovation, 17, 100532. DOI.org/10.1016/j.eti.2019.100532

Kateb, A. S. and Al-Youzbakey, K. T., 2022. Development and evaluation of the drinking water quality index in the Eastern Bank of Nineveh Governorate. Italian journal of engineering geology and environment, (2), 17-30. DOI: 10.4408/IJEGE.2022-02. O-02

Kucuksezgin, F., 1996. Multivariate analysis of water quality parameters in Izmir Bay, Eastern Aegean. Toxicological and Environmental Chemistry, 55(1–4), 135–144. https://doi.org/10.1080/02772249609358330.

Lewin, J. and Gibbard, P. L., 2010. Quaternary river terraces in England: Forms, sediments and processes. Geomorphology, 120 (3–4), 293–311. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.04.002.

Majeed, N. S., 2017. Inverse Fluidized Bed for Chromium Ions Removal from Wastewater and Produced Water Using Peanut Shells as Adsorbent. International Conference on Environment Impacts of the Oil and Gas Industries (EIOGI), Koya, Kurdistan Region – Iraq, 9-14.

Mateo-Sagasta, J., Raschid-Sally, L. and Thebo, A., 2015. Global wastewater and sludge production, treatment and use. In Wastewater (pp. 15-38). Springer, Dordrecht. doi.org/10.1007/978-94-017-9545-6_2

Medici, G. and West, L.J., 2022. Review of groundwater flow and contaminant transport modelling approaches for the Sherwood Sandstone aquifer, UK; insights from analogous successions worldwide. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 55(4), https://doi.org/10.1144/qjegh2021-176

Meybeck, M., Kuusisto, E., Makela, A. and Malkki, E., 1996. Water Quality Monitoring-A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. United Nations Environment Programme and The World Health Organisation.

Muatafa, M.H. and Al-Youzbakey, K.T., 2021. Sustainability of Al-Khosar River Water-Ninavah Governarate-Iraq. International Journal of Environment, Water and Desert, 10(2), pp48-61. (In Arabic).

Mustafa, M.H and Fadhel, M.N., 2018. The Impact of Urban Expansion of Mosul City on the Quality of Tigris River Water. International Journal of Environment, Water and Desert, 7(1), 59-69. (in Arabic)

Nikanorov, A. M. and Brazhnikova, L. V., 2009. Water chemical composition of rivers, lakes and wetlands. Types and properties of water, 2, 42-80.

Obiefuna, G. I. and Sheriff, A., 2011. Assessment of shallow ground water quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for irrigation and domestic purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 3(2), 131-141.

Poyen, F. B., Kundu, P. K. and Ghosh, A. K., 2018. PH control of untreated water for irrigation. Journal of The Institution of Engineers (India): Series A, 99(3), 539-546. https://doi.org/10.1007/s40030-018-0297-4

Raghunath, H. M., 1987. Groundwater Wiley Eastern Ltd. New Delhi, India.

Rahman, M. A., Majumder, R. K., Rahman, S. H. and Halim, M., 2011. Sources of deep groundwater salinity in the southwestern zone of Bangladesh. Environmental Earth Sciences, 63(2), 363-373. DOI: 10.1007/s12665-010-0707-z

Ravikumar, P., Somashekar, R. K. and Prakash, K. L., 2015. A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India. Elixir Earth Sci, 80(2015), 31073-31077.

Regional Salinity Laboratory US., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). US Department of Agriculture.

Sengupta, P., 2013. Potential health impacts of hard water. International journal of preventive medicine, 4(8), 866.

Sissakian, V. K. and Fouad, S. F., 2012. Geological map of Iraq, scale 1: 1000 000, 2012. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 11(1): 9-16.

Sundaray, S. K., Nayak, B. B. and Bhatta, D., 2009. Environmental studies on river water quality with reference to suitability for agricultural purposes: Mahanadi River estuarine system, India–a case study. Environmental monitoring and assessment, 155(1), 227-243. https://doi.org/10.1007/s10661-008-0431-2

Todd, D. K. and Mays, L. W., 2004. Groundwater hydrology. John Wiley and Sons.

Todd, D.K., 1980. Ground water hydrology, 2nd edition, John Wiley And sons; Inc, New York. P. 278.

Turgeon, A. J., 2000. Irrigation Water Quality, College of Agricultural sciences The Pennsylvania State University, USA.

UNEP, United Nations Environment Programme, 2017. United Nations Environment Program 'The United Nations World Water Development', Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/20448.

Vendrell, P. F. and Atiles, J. H., 2011. Your Household Water Quality: Hydrogen Sulfide and Sulfate. The University of Georgia Cooperative Extension Service. Athens, GA. Accessed online February.

Wachinski, A. M., 2016. Environmental Ion Exchange: Principles and Design, Second Edition (2nd ed.). CRC Press.

Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W. and Costello, A., 2015. Health and climate change: policy responses to protect public health. The lancet, 386 (10006), 1861-1914.

WHO (World Health Organization), 2017. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th Edition, World Health Organization, Geneva.

Wilcox, L., 1955. Classification and use of irrigation waters (No. 969). US Department of Agriculture.

World Health Organization., 2005. A regional overview of wasterwater management and reuse in the Eastern Mediterranean Region (No. WHO-EM/CEH/139/E).

Yacoub, S. Y., Othman, A. A. and Kadhim, T. H., 2012. GEOMORPHOLOGY OF THE LOW FOLDED ZONE. Iraqi Bull. Geol. Min., 5, 7–37.