صلاحية استخدام المياه الجوفية ضمن الخزانات العلوية لأغراض الري في العراق

نصير حسن البصراوي[1]

الاستلام: 23/ 05/ 2012، القبول: 25/ 02/ 2013
الكلمات الدالة: الري، نسبة إمتزاز الصوديوم، التوصيلية الكهربائية، العراق

المستخلص

تحتوي مياه الري جميعها على أملاح مذابة. الاملاح المذابة تتواجد بفعل وجود بعض العناصر الكيميائية التي لها قابلية كبيرة للتفاعل مع المياه بالقياس الى عناصر أخرى ذات قابلية ضعيفة. إن كمية الاملاح ونوعيتها تحدد صلاحية هذه المياه في إستخدامها للري. المياه قد تحوي على كميات كبيرة من الاملاح وبالتالي فهي غير مناسبة للري بسبب مخاطرها على التربة والمحصول.

تمت دراسة صلاحية إستخدام المياه الجوفية ضمن الخزانات العلوية لاغراض الري في العراق بالاعتماد على أكثر من 12000 بئرا، موزعة على أغلب مساحة العراق، وذلك من خلال دراسة العوامل التي تحدد صلاحية المياه لاغراض الري، وإعدد خرائط لاعماق المياه الجوفية، توزيع قيم التوصيلية الكهربائية، التركيز المئوي لأيون الصوديوم، توزيع أنطقة نسبة إمتزاز الصوديوم بالاضافة الى توزيع تركيز أيون الكلورايد ضمن الخزان الجوفي العلوي. تم التوصل الى إستنتاج خريطة لصلاحية مياه هذه الابار لأغراض الري وسقي المزروعات، وذلك بالاعتماد على تصنيف Richard وبمقياس 1: 000 6000، الذي يعتمد تصنيفه على قيم التوصيلية الكهربائية للمياه (الملوحة) ونسبة إمتزاز الصوديوم. بينت النتائج بأن أغلب المياه الجوفية ضمن الخزانات العلوية في العراق ذات نوعية رديئة لا يمكن إستخدامها لاغراض الري ما لم يتم إجراء بعض التحسينات على طبيعة التربة وطرق الري المستخدمة.

SUITABILITY OF THE GROUNDWATER WITHIN UPPER AQUIFERS FOR IRRIGATION PURPOSES, IN IRAQ

Naseer H. Al-Basrawi

ABSTRACT

All irrigation waters contain some dissolved salts. Dissolved salts are present because some chemical elements have a strong attraction for water and a relatively weak attraction for other elements. The total amount and kinds of salts determine the suitability of the water for irrigation use. Water may contain so much salt that it is unsuitable for irrigation because of potential danger to the soil or crop.

A study of groundwater use for irrigation purposes was carried out within the first aquifers in Iraq, this study depends on the evaluation of the hydrogeological information for the last ten years of more than 12000 wells include most part of Iraq. This study includes the determination of the parameters that affected the suitability of the groundwater use such as electric conductivity, concentration of sodium ion in percent, sodium adsorption ratio in addition to chloride ion concentration within the upper aquifers. Accordingly, a map of the groundwater use for irrigation purposes in Iraq was prepared according to Richard classification on scale 1: 6000 000, which depends on the values of water's electrical conductivity (salinity) and sodium adsorption ratio. The results showed that most of the groundwater within upper aquifers in Iraq is of poor quality, to be used for irrigation purposes, unless the nature of the soil and the used irrigation methods are improved.

[1] رئيس جيولوجيين، هيأة المسح الجيولوجي العراقية، ص. ب. 986 علوية، بغداد

المقدمة

تعني صلاحية المياه للري ملائمة تلك المياه لري النباتات. وتحدد صلاحية المياه للري بالعديد من المتغيرات الهيدروكيميائية لتقييم صلاحيتها لأغراض الزراعة والتي تؤثر على إنتاجية المحاصيل وأهمها: الملوحة الكلية، نسبة الصوديوم، الأس الهيدروجيني، القاعدية (الكاربونات والبيكاربونات) وبعض الأيونات الأخرى كالكلورايد، الكبريتات، البورون، النترات – النتروجين وبعض الملوثات الأخرى لمياه الري والتي تؤثر على ملائمتها للاستخدامات الزراعية والتي بضمنها العناصر الثقيلة والملوثات الجرثومية (Bauder *et al*., 2003).

تعتبر المياه الجوفية أحد المصادر الأساسية المستخدمة لأغراض الري في العراق، فعلى الرغم من وجود النهرين الكبيرين وروافدها، إضافة إلى المسطحات المائية والقنوات الإروائية، إلا إن نسبة استخدام المياه السطحية لأغراض الري في العراق لا تتجاوز 25%، مقارنة مع المياه الجوفية التي تصل نسبتها إلى 75% (Krasny *et al*., 2006).

- **أهداف الدراسة**

تهدف الدراسة إلى إعداد خريطة (من مقياس 1: 000 1000) تحدد صلاحية المياه الجوفية للخزانات العلوية الموجودة في العراق لاستخدامها لأغراض الري وسقي المزروعات، وذلك من خلال دراسة المتغيرات المحددة لصلاحية هذه المياه للأغراض المذكورة.

- **الدراسات السابقة**

أجريت العديد من الدراسات السابقة والخاصة بتحديد صلاحية المياه الجوفية لاستخدامها في ري المزروعات، لكن تلك الدراسات لم تتوصل إلى إعداد خريطة للعراق تحدد تلك الصلاحية، ومن أهم تلك الدراسات ما يلي:

- أجرت شركة Parson's (1955 – 1957) دراسة حول مصادر المياه الجوفية للعراق، ومجالات استخداماتها المختلفة.
- أنجز Macdonald (1960) دراسة عن نظام الري في العراق، وتأثير نوعية المياه على الزراعة.
- قامت هيأة المسح الجيولوجي العراقية باجراء العديد من الدراسات الخاصة بصلاحية المياه المستخدمة لأغراض الري منذ بداية الثمانينات من القرن الماضي، نذكر منها على سبيل المثال: ما قام به (Al-Sam *et al*., 1990) من حساب كميات المياه الجوفية المستخدمة لري المزروعات لمناطق مختلفة من العراق مصنفة على أساس كمية الأملاح المذابة في هذه المياه.
- قام Araim (1990) بإعداد خريطة هيدروجيولوجية للعراق مقياس 1: 000 000 1 موضحا عليها تراكيز الملوحة ونوعية المياه، وبالتالي صلاحيتها لأغراض الري.
- قام Al-Manmi (2008) بحساب كميات المياه المطلوبة لكل نوع من المحاصيل المزروعة في منطقة رانية، شمال العراق، معتمدا على برنامج CROPWAT 4.
- كما قامت هيأة المسح الجيولوجي العراقية وللفترة 2000 ولغاية 2012 بإنجاز خرائط هيدروجيولوجية للعراق وبقياس 1: 250 000 حددت فيها مجالات استخدام المياه الجوفية في الري ولمختلف المناطق العراقية، ومستمرة حاليا بتحديثها وإنجازها وفق نظام المعلومات الجغرافية.
- قام كلا من Al-Jiburi and Al-Basrawi (2007, 2009a and b, and 2011) بنشر بحوث عن طبيعة المياه الجوفية ومجالات استخدامها في مناطق الصحراء الغربية، الصحراء الجنوبية، منطقة الجزيرة ومنطقة السهل الرسوبي من العراق.

- **المناخ**

يصنف مناخ العراق بالجاف إلى شبه الجاف ويمتاز بقلة الساقط المطري والذي يقتصر سقوطه خلال فترة الشتاء بشكل رئيسي وبدرجة أقل أطراف فصلي الربيع والخريف. تتراوح كميات الأمطار الساقطة على العراق بين أقل من 50 ملم/ سنة عند المناطق الجنوبية الغربية، لتزداد تدريجيا نحو الشمال الشرقي لتصل إلى 1000 ملم/ سنة عند أقصى الشمال الشرقي، ومما يزيد من الجفاف هو ارتفاع قيمة التبخر من السطح بسبب الكمية العالية من الإشعاع الشمسي الساقط على السطح، حيث تصل كمية التبخر السنوي إلى 4000 ملم للمناطق الجنوبية والجنوبية الغربية من العراق.

- **مواصفات المياه الجوفية في العراق**

تمتاز المياه الجوفية في العراق باختلاف خواصها النوعية والكمية باختلاف موقعها، فهي عذبة في المناطق الشمالية وبعض المناطق الغربية من العراق (مناطق التغذية)، إلى مياه عالية الملوحة عند المناطق الجنوبية الشرقية (مناطق التصريف). كما تختلف أعماقها من سطح الأرض، فهي قريبة من السطح عند مناطق المنخفضات والأهوار، في جنوب العراق إلى مياه عميقة جدا في المناطق الغربية، وهذا ما تم إثباته في هذا البحث من خلال رسم خريطة لأعماق المياه الجوفية في الآبار المحفورة للعراق (الشكل 1). أما نوعية هذه المياه فهي متباينة اعتمادا على مقدار تغذيتها وطبيعة الصخور الحاوية عليها، فهي بيكاربوناتية عند المناطق الشمالية، لتتحول بعد ذلك عندما تتجه جنوبا إلى مياه كبريتاتية أو كلوريدية وحسب مصدرها. أما حركتها فهي تتجه نحو مناطق الأنهار والمنخفضات السطحية، حيث يمثل نهري دجلة والفرات وروافدهما إضافة إلى المسطحات المائية والقنوات الاروائية مناطق تصريف لهذه المياه على الغالب، خصوصا خلال فترات الجفاف وقلة الساقط المطري. تكون منطقة السهل الرسوبي بصورة عامة محطة تصريف للمياه الجوفية القادمة من الشمال والغرب والجنوب الغربي والشرق. تتواجد المياه الجوفية في العراق غالبا ضمن الصخور الرسوبية، والمتمثلة بالصخور الفتاتية والكاربوناتية، وهناك نسبة قليلة من المياه الجوفية المتواجدة ضمن الصخور النارية والمتحولة عند المناطق الشمالية الشرقية (يعتمد تواجدها على درجة التكسرات، التصدع والفجوات الموجودة فيها).

أسلوب العمل

من خلال المعلومات المتوفرة عن الآبار المحفورة في العراق والبالغ عددها أكثر من 12500 بئرا أنبوبيا، والتي حفرت من قبل جهات عدة، أهمها هيأة حفر الآبار المائية التابعة لوزارة الموارد المائية (للفترة من 1982 – 2010)، وهيأة المسح الجيولوجي العراقية التابعة لوزارة الصناعة والمعادن (للفترة من 2002 – 2012)، إضافة إلى الشركات الأجنبية والمحلية، فقد تم جدولة البيانات الخاصة لهذه الآبار وإعداد قاعدة بيانات (Data Bank) في هيأة المسح الجيولوجي العراقية، مع إجراء العديد من التحليلات المختبرية الكيميائية في مختبراتها المركزية. شملت معلومات الآبار تراكيز العناصر الرئيسية الموجبة (Mg^{+2}، Ca^{+2}، K^{+} و Na^{+}) والسالبة (NO_3^{-1}، HCO_3^{-1}، CO_3^{-2}، SO_4^{-2} و Cl^{-}) بالإضافة إلى قياس الأملاح الذائبة الكلية (T.D.S)، التوصيلية الكهربائية (EC) وحامضية المياه (pH).

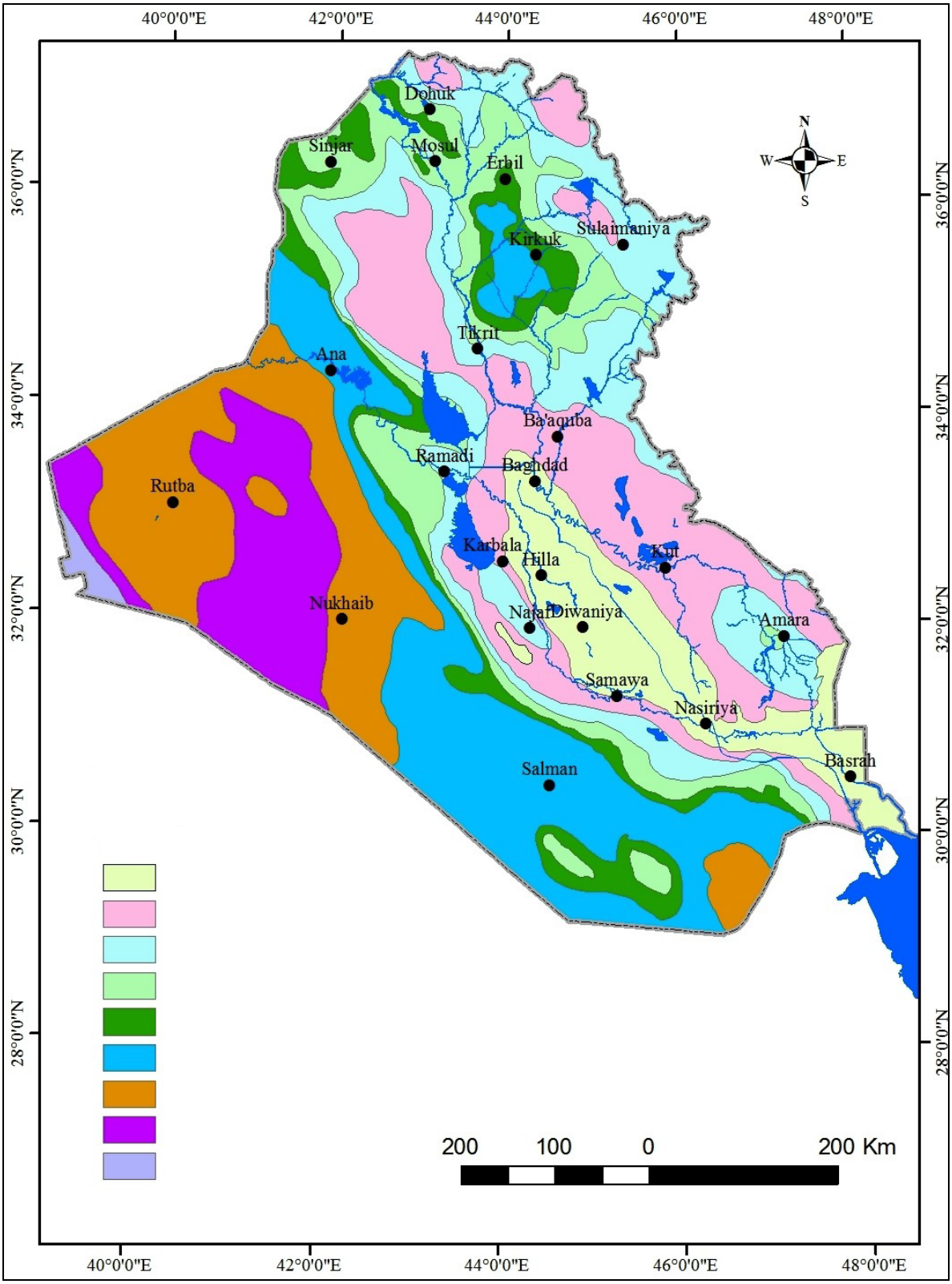
تمت الاستعانة بالبرامج الحديثة في أسلوب العرض والتحليل العلمي لهذه المعلومات، من خلال استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 9.3)، وهو برنامج تخميني للمتغيرات المطلوبة تعطي قيم تخمينية عالية الدقة للمناطق الخالية من المعلومات، وتعتمد أساسا على دقة المعلومات المغذية له (معلومات هيدروليكية، هيدروكيميائية وهيدرولوجية). تم استخدام البرنامج من خلال استخدام الاستطالة التخصصية (Geostatistical Analyst) وبطريقة Kriging وبموديل Spherical، وأعطى قيم تخمينية عالية الدقة وقريبة من القيم المقاسة، واستخدم في تحديد ورسم جميع الخرائط الواردة في هذا البحث.

العوامل التي تحدد صلاحية المياه للري

يعد التركيب الكيميائي للماء عاملا رئيسيا ومحددا لتعيين نوعيته وصلاحيته للاستعمالات المختلفة. فيجب تقدير كل من التركيز الكلي للأملاح ولنوع الأيونات. ومن المعروف عادة عند الرغبة في تحليل مياه الري معرفة كل الأيونات: NO_3^{-1}، HCO_3^{-1}، CO_3^{-2}، SO_4^{-2}، Cl^{-}، Mg^{+2}، Ca^{+2}، K^{+} و Na^{+}. أما الملوحة الكلية فتقاس عادة بالتوصيلية الكهربائية (EC)، وفي بعض الأحيان يدخل عنصر البورون في التحليل وكذلك درجة الحامضية للمياه(pH)، ونسبة إمتزاز الصوديوم (SAR). أن زيادة تلك الأملاح أو بعضها ستؤثر لاحقا على التربة التي يعيش فيها النبات سلبا من ناحية خصائص التربة وتركيبها الطبيعي والكيميائي، حيث من المعروف أن الملوحة الزائدة في مياه الري تؤثر على النبات بطريقتين:

مباشرة: وذلك عن طريق السمية التي يحدثها أيون الصوديوم.
غير مباشرة: وذلك عن طريق تقليل امتصاص النباتات للماء نتيجة لزيادة الضغط الأزموزي الخارجي.

تعتمد صلاحية المياه الجوفية للري على العوامل التالية:



شكل 1: خريطة أعماق المياه الجوفية للخزان الجوفي العلوي في العراق

- **ملوحة الماء والتربة**

إن معظم المياه الجوفية المستخدمة للري في العراق مياه تحتوي على كميات متفاوتة من الأملاح الذائبة. ومن أهم تلك الأملاح كلوريد الصوديوم ويشكل هذا الملح الجزء الأكبر من مشكلات تملح الأراضي وتكون السباخ غير المناسبة لنمو النباتات عدا النباتات الملحية والمقاومة للملوحة. صنف Bauder *et al.* (2003) صلاحية المياه المستخدمة لأغراض الري وفق الجدول (1) إلى أربعة أنواع.

جدول 1: تصنيف مياه الري حسب قيم التوصيل الكهربائي (after Bauder *et al*., 2003)

صنف الماء	التوصيل الكهربائي (µhos/cm)
الصنف الأول ممتاز	≥ 250
الصنف الثاني جيد	750 – 250
الصنف الثالث مسموح	2000 – 750
الصنف الرابع مشكوك فيه	3000 – 2000

فيما قسم Richard (1954) صلاحية مياه الري حسب درجة تركيز الأملاح بوحدة التوصيلية الكهربائية والمستخدم من قبل وحدة مختبرات الأملاح في الولايات المتحدة فيها إلى أربعة درجات (الجدول 2).

جدول 2: تقسيم صلاحية المياه من ناحية تركيز الملوحة (after Richard, 1954)

صلاحية المياه	تركيز الأملاح (µhos/cm)	حدود الإستخدام
قليلة الملوحة	أقل من 250	تستخدم لجميع النباتات وفي مختلف الأراضي
متوسطة الملوحة	750 – 250	لا تستخدم مع المحاصيل الحساسة. ولا تستخدم في الأراضي ذات القوام الثقيل
مالحة	من 750 – 2250	تستخدم مع المحاصيل متحملة الملوحة وفي الأراضي ذات القوام الخفيف
شديدة الملوحة*	أعلى من 2250	لا تستخدم تحت الظروف العادية ولكن مع المحاصيل المتحملة للملوحة والنباتات الملحية

*يمكن استخدامها تحت ظروف خاصة، عندما تكون التربة جيدة النفاذية مثلا، ووجود صرف مناسب وكميات مياه ري عالية بحيث تؤمن غسيلا جيدا للأملاح المتراكمة في التربة.

ومن خلال قيم التوصيلية الكهربائية للمياه الجوفية للآبار المحفورة في العراق تم رسم خريطة لتوزيع أنطقة الملوحة لهذه المياه وحسب تصنيف Richard (1954) (الشكل 2).

- **تركيز أيون الصوديوم في المياه**

الصوديوم أحد العناصر الأساسية المستخدمة في تحديد صلاحية المياه لأغراض الري، ويعبر عنه بمحتوى الصوديوم (Sodium Content)، وذلك لأن الصوديوم له قابلية على الإحلال الأيوني مع الكالسيوم الموجود في التربة. ويكون تأثيره أكبر على نسيج التربة عندما يرافق تواجده زيادة في تركيز البيكاربونات ونقصان في تركيز الكالسيوم في المياه، حيث يدخل الصوديوم إلى المعادن الطينية المكونة للتربة مع خروج أيون الكالسيوم إلى المياه مما يؤدي إلى ترسيب كاربونات الصوديوم، وبالتالي تقلل من مسامية ونفاذية التربة. عليه فأن المياه لا يصلح استخدامها في الري عندما يكون تركيز كاربونات الصوديوم المتبقية [Residual Sodium Carbonate (RSC)] أكبر من 2.5 ملي مكافئ/ لتر، واستخدامه مشكوك فيه عندما يكون تركيزه بين (1.25 – 2.5) ملي مكافئ/ لتر، بينما يتم استخدامه في حالة تركيزه أقل من 1.25 ملي مكافئ/ لتر (Matthess, 1982) (الجدول 3)، حيث تحسب RSC من المعادلة التالية:

$$RSC\ (epm) = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \ldots\ldots \text{Todd (1980)}$$

وتمثل الزيادة في الكاربونات والبيكاربونات بعد ترسيب الكالسيوم والمغنيسيوم وهذه الزيادة ستكون ضارة للنبات.

جدول 3: صلاحية المياه استنادا لقيم كاربونات الصوديوم المتبقية (after Matthess, 1982)

الصلاحية	كربونات الصوديوم المتبقية (epm)
صالحة	أقل من 1.25
متوسطة (مشكوك فيها)	2.50 – 1.25
غير صالحة	أكبر من 2.50

واعتمادا على ذلك فإن غالبية المياه الجوفية في العراق صالحة للإرواء من هذه الناحية، وذلك لأن ملح كاربونات الصوديوم نادرا ما يظهر فيها، نتيجة ارتفاع تراكيز الكالسيوم والمغنيسيوم نسبة إلى الكاربونات والبيكاربونات.

إن وجود الصوديوم في مياه الري يسبب مشكلة كبيرة، وهي تقليل النفاذية للتربة، بسبب تجمع أيونات الصوديوم مع الكالسيوم والمغنيسيوم في مياه الري. كما إن الصوديوم له تأثير سمي مباشر على النباتات وعلى التربة، حيث يعتبر من العناصر الضارة عند زيادة تركيزه، خصوصا في الأراضي ثقيلة القوام وبطيئة النفاذية أو التي لا تحتوي على صرف جيد، فإضافة مياه الري المحتوية على تراكيز مرتفعة من هذا العنصر يجعل هذه الأراضي غير منفذة وعند جفافها تصبح صلبة مما قد يؤدي إلى إعاقة الإنبات ونمو النباتات (Rijtima, 1981). أدت هذه الحقائق إلى تبني العامل المسمى بالنسبة المئوية لأيون الصوديوم، وتستخرج هذه النسبة من المعادلة التالية (Hamil and Bell, 1989).

$$Na\ \% = (Na+K)\ 100 / (Ca+Mg+Na+K)\ldots\ldots\ (epm)$$

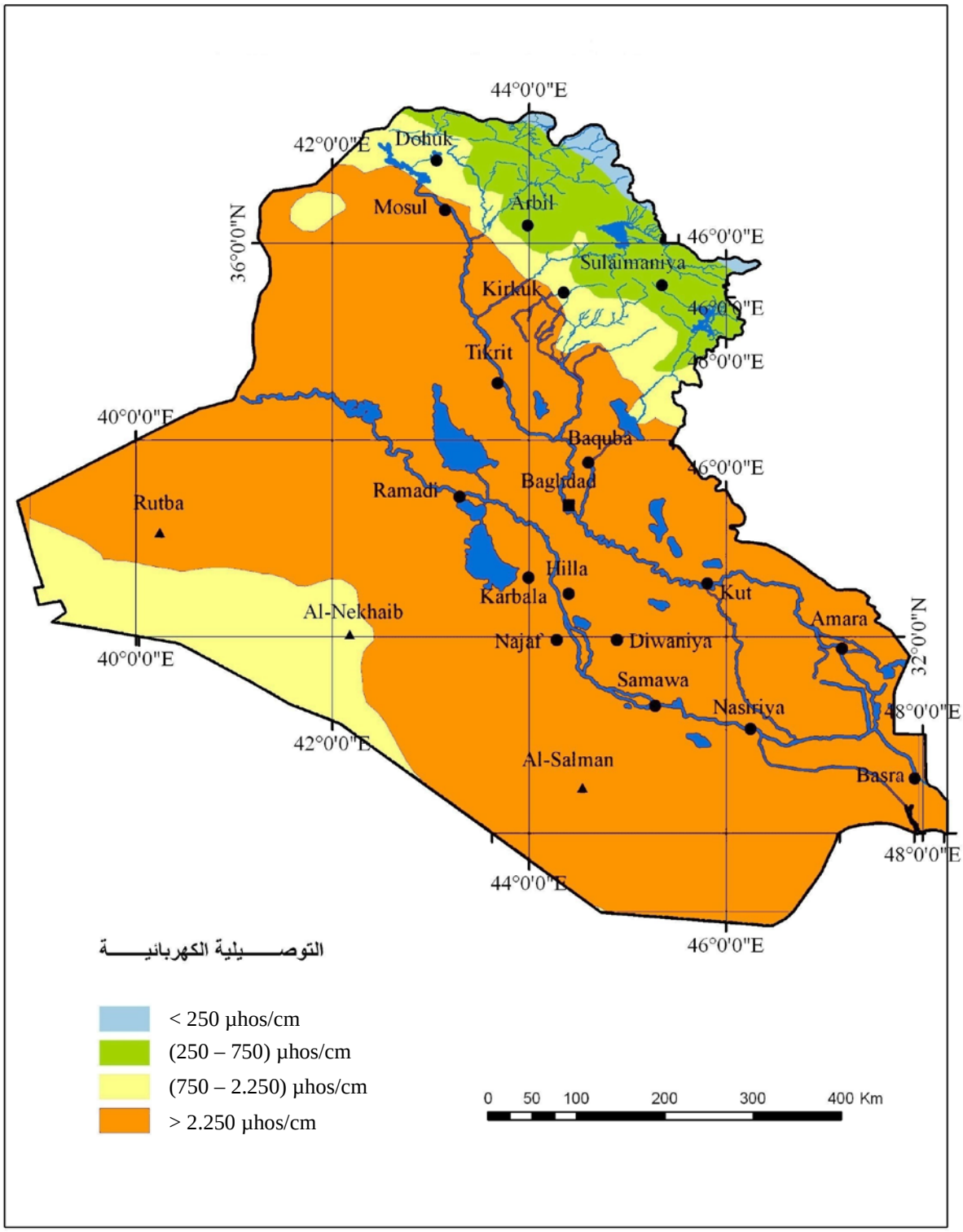
صنف Wilcox (1955) تأثير نسبة الصوديوم في المياه إلى خمسة أصناف (الشكل 3) وهي:

1. **مياه ممتازة:** عندما تكون النسبة المئوية لتركيز الصوديوم أقل من 20%، وتستعمل هذه المياه في ري جميع الترب.
2. **مياه جيدة جدا**: عندما تكون النسبة المئوية لتركيز الصوديوم تتراوح ما بين (20 - 40) %، وتستعمل هذه المياه أيضا في ري جميع الترب.
3. **مياه متوسطة الصوديوم:** عندما تكون النسبة المئوية لتركيز الصوديوم تتراوح ما بين (40 – 60) %، وقد يسبب هذا النوع من الماء ضررا على الترب ناعمة القوام، وخاصة تحت ظروف غسيل غير كافية، إذا لم يتوافر الجبس في التربة، وتستخدم في الترب الخشنة القوام ذات النفاذية الجيدة.
4. **مياه عالية الصوديوم**: عندما تكون النسبة المئوية لتركيز الصوديوم تتراوح ما بين (60 – 80) %، ويمكن أن تحدث ضررا في معظم الترب ولذلك تتطلب وجود صرف جيد ونسبة غسيل مرتفعة.
5. **مياه عالية جدا في نسبة الصوديوم**: عندما تكون النسبة المئوية لتركيز الصوديوم أعلى من 80%، وهي غير مناسبة لأغراض الري، إلا إذا كان التركيز الكلي للأملاح قليلا أو متوسطا.

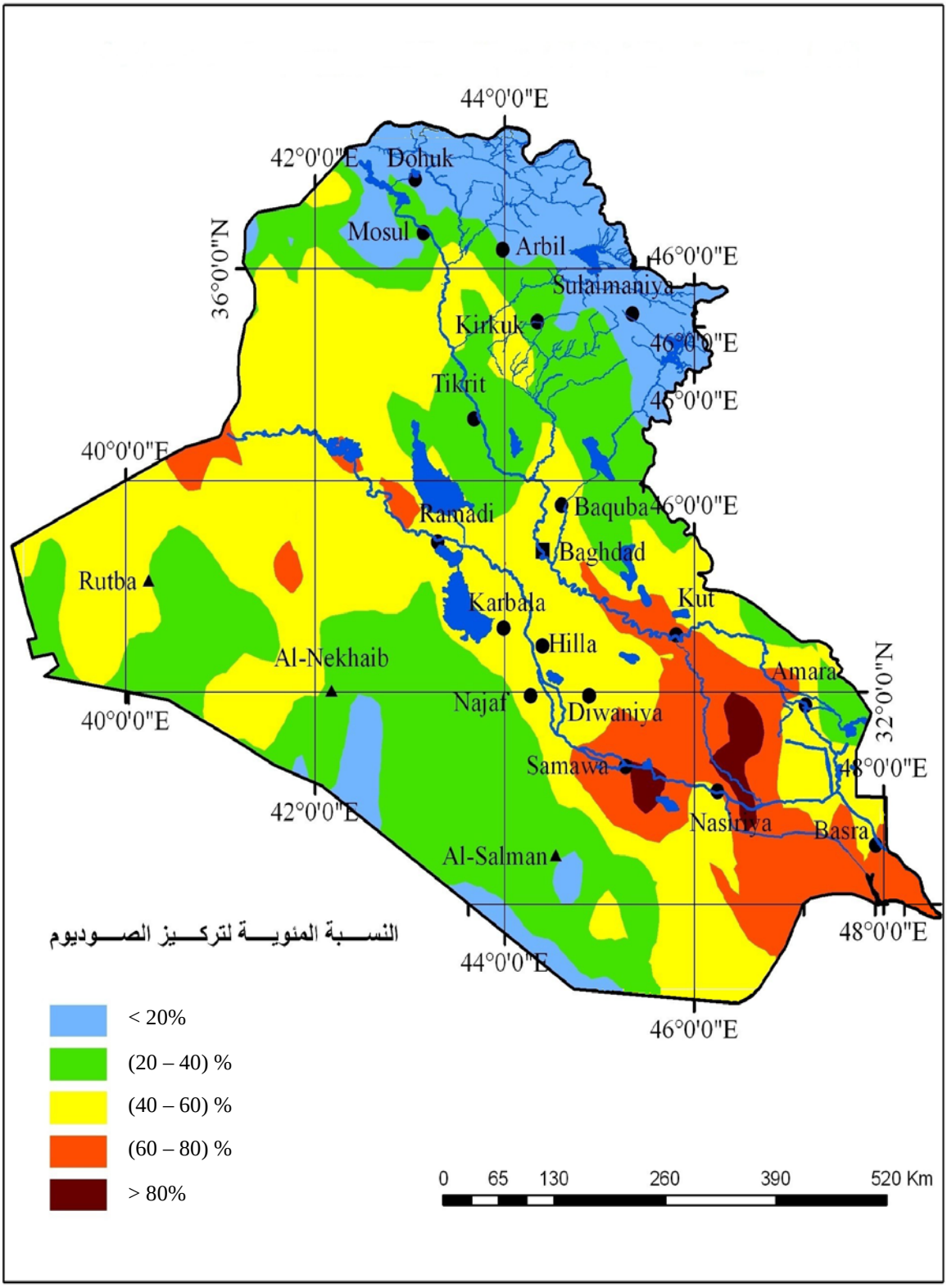
إن محتوى تركيز الصوديوم المحسوبة كنسبة مئوية تحسب أيضا كنسبة تسمى **بنسبة إمتزاز الصوديوم** (SAR) وذلك للاستدلال على ضرر الصوديوم الموجود في مياه الري، وهذه النسبة هي عبارة عن كمية الصوديوم في الماء نسبة للكالسيوم والمغنيسيوم، وكما مبين بالمعادلة أدناه (Todd, 1980).

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

تصنف مياه الري حسب نسبة إمتزاز الصوديوم (Bauder *et al*., 2003) الى أربعة أنواع (واطيء، متوسط، عالي وعالي جدا) (الجدول 4)، فيما يوضح الشكل (4) تصنيف المياه المستخدمة للأغراض الزراعية حسب قيم نسبة إمتزاز الصوديوم والتوصيلية الكهربائية (Richard, 1954).



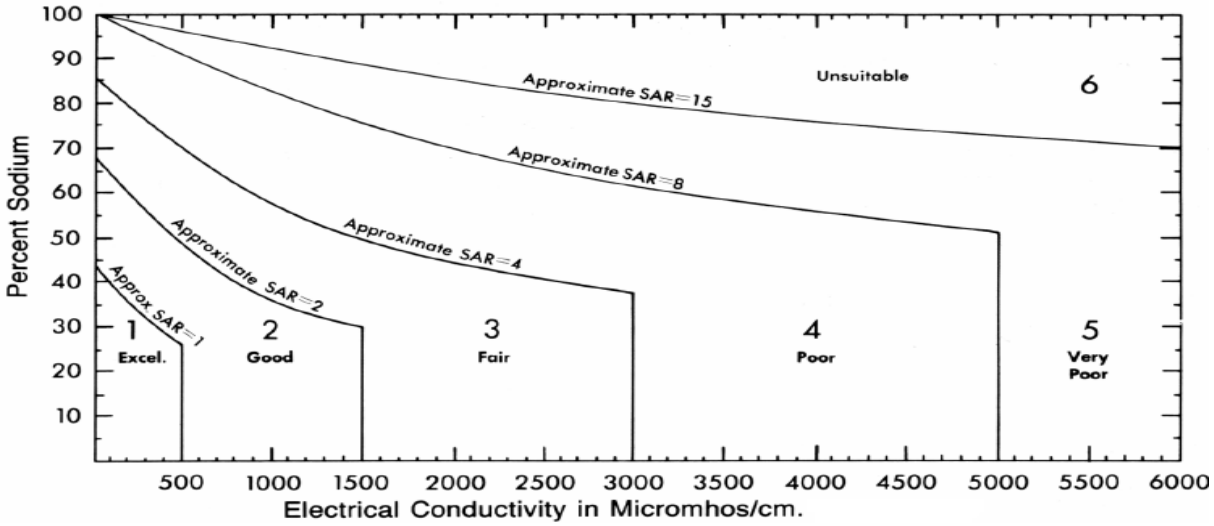
شكل 2: خريطة توزيع أنطقة التوصيلية الكهربائية في الخزان العلوي للمياه الجوفية في العراق بموجب تصنيف Richard (1954)



شكل 3: خريطة توزيع أنطقة التركيز المئوي لأيون الصوديوم في الخزان العلوي للمياه الجوفية في العراق
بموجب تصنيف Wilcox (1955)

جدول 4: تصنيف مياه الري اعتمادا على نسبة إمتزاز الصوديوم (after Bauder *et al*., 2003)

SAR	المحتوى	التوصيات
10 - 1	واطئ	تستخدم للمحاصيل الحساسة للصوديوم
18 - 10	متوسط	تستخدم مع التربة خفيفة القوام عالية النفاذية وتتطلب التحسين بإضافة الجبس
26 - 18	عالي	تتزايد احتمالات القلوية مع استخدام هذه المياه خاصة مع التربة مرتفعة الملوحة، لذا يجب مراعاة الصرف الجيد والغسيل، مع إضافة مواد عضوية وجبس زراعي واختيار محاصيل متحملة للصوديوم. عموما هذه المياه غير مناسبة للاستخدام الطويل
≤ 26	عالي جدا	عموما غير مناسبة ولا ينصح باستخدامها، إلا تحت ظروف خاصة جدا مع مراعاة إضافة الجبس الزراعي.

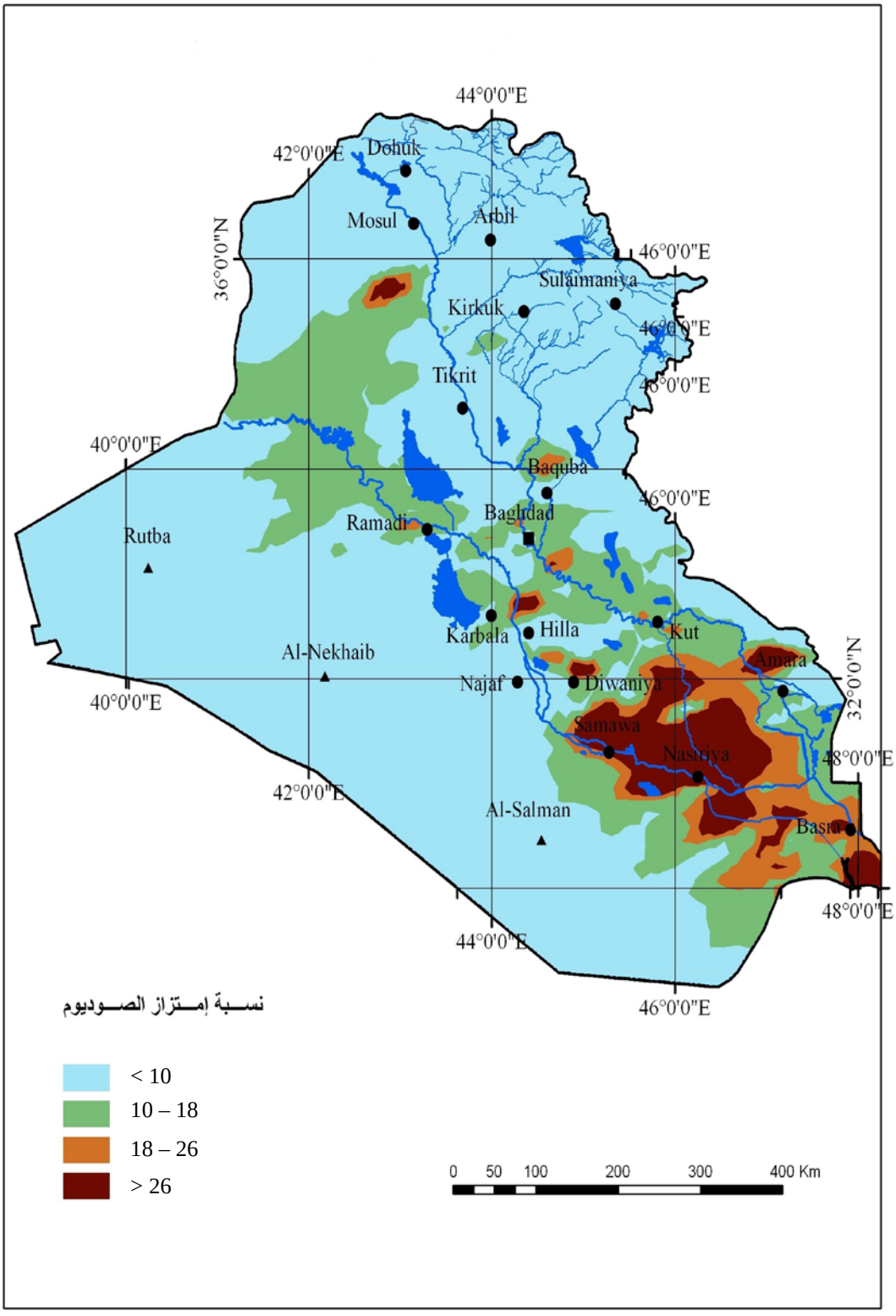


شكل 4: تصنيف المياه للأغراض الزراعية اعتمادا على نسبة إمتزاز الصوديوم والتوصيلية الكهربائية (after Richard, 1954)

يوضح الشكل أعلاه إن المياه تصنف إلى:

- الصنف الأول ممتاز (Excellent): محتوى الأملاح الذائبة ونسبة الصوديوم في هذه المياه واطئة بحيث لا تسبب مشاكل عند استخدامها.
- الصنف الثاني جيد (Good): هذه المياه مناسبة للاستخدام على أكثر المحاصيل، وتحت أغلب الظروف.
- الصنف الثالث معتدل (Fair): هذه المياه يمكن أن تستخدم بنجاح لأكثر المحاصيل إذا تم استخدامها بعناية لمنع تراكم الأملاح الذائبة وبضمنها الصوديوم في التربة.
- الصنف الرابع ضعيف (Poor): استخدام هذه المياه محصور بالترب النفاذة وفي إنتاج محاصيل تتحمل الملوحة العالية، واستخدام هذا النوع من المياه يجب أن يكون بحذر لمنع تراكم الأملاح في الترب، كما يجب وجود مبازل لطرح الماء الفائض.
- الصنف الخامس ضعيف جدا (Very Poor): استخدام هذه المياه محصور للري في الترب الرملية.
- الصنف السادس غير ملائم (Unsuitable): هذا النوع هذه المياه لا يوصى به لري المحاصيل.

ومن خلال تصنيف Richard (1954) لصلاحية المياه المستخدمة لأغراض الري بالاعتماد على نسبة إمتزاز الصوديوم تم رسم خريطة لتوزيع أنطقة حدود هذه النسبة للمياه الجوفية في العراق (الشكل 5).



شكل 5: خريطة توزيع أنطقة نسبة إمتزاز الصوديوم (SAR) في الخزان العلوي للمياه الجوفية في العراق بموجب تصنيف Richard (1954)

- **الكاربونات والبيكاربونات**

إن الكاربونات والبيكاربونات لهما تأثير مباشر على صلاحية المياه للري، وذلك لان زيادتهما في مياه الري تساعد على ترسيب الكالسيوم والمغنيسيوم وبالتالي زيادة تركيز الصوديوم النسبي في التربة.

- **الكلوريدات والكبريتات**

ليس لتركيز الكلورايد أي تأثير على الخواص الفيزيائية للتربة، حيث لا يمتز من قبل معقدات التربة، ولكن تم وضعه في التصانيف الجديدة، حيث يؤثر سلبا على النباتات والمحاصيل الزراعية، ويؤدي إلى حرق أوراقها وخاصة أشجار الحمضيات والعنب (Rijtima, 1981). تصنف صلاحية المياه الجوفية من حيث تركيز أيون الكلورايد حسب Richard (1954) إلى خمسة أنواع (الجدول 5 و الشكل 6):

جدول 5: تصنيف المياه الجوفية بالاعتماد على تركيز أيون الكلورايد (after Richard, 1954)

تركيز الكلورايد (ملغم/لتر)	النوعية
أقل من 100	ممتازة
150 – 100	جيدة
200 – 150	متوسطة
250 – 200	عالية
أكثر من 250	غير صالحة

من خلال تصنيف Richard (1954) لصلاحية المياه من حيث نسبة تراكيز الكلورايد، تم رسم خريطة لتبين توزيع أنطقة هذه التراكيز في المياه الجوفية للعراق (الشكل 6).

وحدد Maas (1990) صلاحية مياه الري مع مجموعات المحاصيل المختلفة الحساسية لتركيز الكلورايد (ملغم/لتر) (الجدول 7).

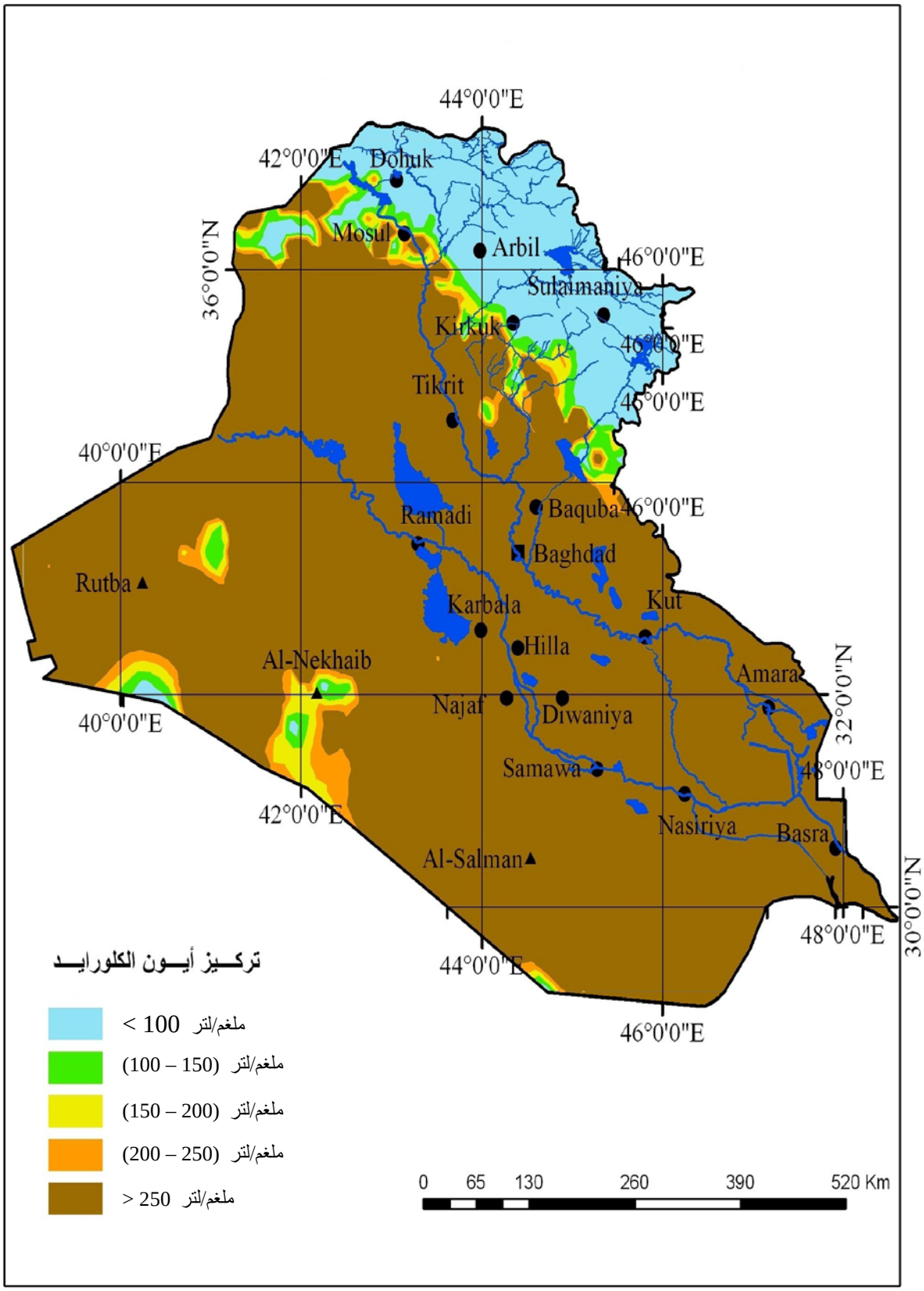
جدول 7: صلاحية مياه الري مع مجموعات المحاصيل المختلفة الحساسية لتركيز الكلورايد (ملغم/لتر) (Maas, 1990)

المحاصيل الحساسة 175 >	المحاصيل متوسطة الحساسية 350 – 175	المحاصيل متوسطة التحمل 700 – 350	المحاصيل المتحملة 700 <
لوز	الفلفل	شعير	قرنابيط
مشمش	بطاطا	ذرة صفراء	قطن
حمضيات	طماطة	خيار	بنجر السكر
أجاص		ذرة بيضاء	زهرة الشمس
عنب		قرطم (عصفر)	

أما تركيز الكبريتات في مياه الري فقد وجد إن زيادة الكبريتات في المياه تؤدي إلى ترسيب الكالسيوم، وهذا يؤدي إلى زيادة نسبة إمتزاز الصوديوم SAR وعدم موازنة العناصر المغذية للنباتات، وبالتالي تأثيره على الصفات الفيزيائية لهذه النباتات.

- **الكالسيوم**

من المعروف أن لعنصر الكالسيوم دور هاما وحيويا في فسيولوجيا وبناء النبات. وأنه في حالة وجود ملوحة مرتفعة في التربة والتي تتأثر بوجود تركيزات عالية من الصوديوم والكلورايد، فقد لوحظ أن إضافة الكالسيوم يؤدي إلى تقليل الكميات الممتصة من الصوديوم والكلورايد، كما إن إضافة الكالسيوم إلى المزرعة الملحية فانه يحمي الخلايا النباتية ويحافظ على بناءها وخصائصها. يعد الكالسيوم العامل المحدد في تكوين جدار الخلية النباتية، ويساعد النبات في تكوين الجذور الجديدة، مما يؤدي إلى زيادة امتصاص العناصر المغذية الأخرى، وعلى نمو وإنتاجية المحاصيل؛ فهو يشجع النمو الخضري للنبات، ويزيد وزن الثمار مما يزيد من مقدرة النبات على اختزان المواد الغذائية. والنباتات التي تعاني من نقص الكالسيوم تكون محدودة النمو، ومجموعها الخضري ملتفا وقد تموت بها بعض الأنسجة.



شكل 6: خريطة توزيع أنطقة تركيز أيون الكلورايد (ملغم/ لتر) في الخزان العلوي للمياه الجوفية في العراق بموجب تصنيف Richard (1954)

- **البورون**

يعتبر عنصر البورون أساسيا لنمو النبات، ولكن المدى بين حاجة النبات إلى عنصر البورون كمغذي وبين سميته ضيق جدا، ويمكن تصنيف النباتات بناءا على مدى حساسيتها لعنصر البورون إلى خمسة أقسام (Hem, 1989) (الجدول 8):

جدول 8: الحدود المسموح بها لتركيز عنصر البورون (ملغم/ لتر) في مياه الري (after Hem, 1989)

صنف الماء	مجموعة المحاصيل		
	الحساسة	شبه الحساسة	المتحملة
ممتاز	أقل من 0.33	أقل من 0.67	1.00
جيد	0.67 – 0.33	1.33 – 0.67	2.00 – 1.00
مسموح به	1.0 – 0.67	2.00 – 1.33	300 – 2.00
مشكوك به	1.25 – 1.0	2.50 – 2.00	3.75 – 3.00
غير مناسب	أكبر من 1.25	أكبر من 2.50	أكبر من 3.75

والجدول (9) يوضح حدود صلاحية مياه الري مع النباتات المختلفة حسب درجة تحملها للبورون (Hem, 1989).

جدول 9: حدود صلاحية مياه الري مع مجموعات المحاصيل المختلفة الحساسية لتركيز البورون (ملغم/ لتر) حسب (after Hem, 1989)

نباتات حساسة	نباتات متوسطة الحساسية	نباتات متحملة
الخوخ، المشمش، البرقوق، الكمثرى، التفاح، العنب، اللوز، التين، الكرز، البرتقال، الليمون	الزيتون، زهرة الشمس، القمح، الشعير، القطن، الذرة، البطاطس والطماطم، الفلفل، بزاليا، الفاصوليا، القرع العسلي	نخيل البلح، بنجر السكر، البرسيم الحجازي، البرسيم، الفول، الجزر، البصل، اللفت، القرنابيط، الخس، الاسبرجس

- **الفوسفور**

يعتبر الفوسفور عنصرا أساسيا لنمو النبات، ومصدره الأساسي هو استخدام الأسمدة الفوسفاتية، ولم تلاحظ أية تأثيرات سلبية على النبات والتربة نتيجة تركيز الفوسفور الكلي في مياه الري، ويتم التخلص من الفوسفات عن طريق ترسبه في التربة وخاصة بوجود الحديد والألمنيوم والكالسيوم. حددت منظمة الغذاء والزراعة العالمية (1985) في Hem (1989) الحدود القصوى لتركيز هذا العنصر في مياه الري 5 ملغم/ لتر.

- **العناصر الثقيلة/ العناصر النادرة**

يعتبر الحديد والمنغنيز والنحاس وغيرها من العناصر النادرة الضرورية لنمو النباتات، ولكن ازدياد تراكيزهما في مياه الري يؤدي إلى تأثيرات سلبية على هذه النباتات وانخفاض إنتاجياتها (Ayers and Westcot, 1989). تعتبر التربة بشكل عام حاجزا جيدا للعناصر النادرة والمعادن الثقيلة، وتستطيع التربة أن تتحمل مياه الري التي تحتوي على تراكيز عالية منها لعشرات السنين، ويمكن لهذه العناصر أن تتفاعل مع غيرها من العناصر في التربة مكونة أملاحا ومركبات غير قابلة للذوبان. **فالحديد** وجوده مع الأوكسجين غير ضار للنبات، لأنه سوف يتأكسد تلقائيا إلى حديد غير مذاب، لذلك فأن الحديد الموجود في مياه الري يترسب بالتربة، ولا يشكل وجوده بتركيز 5 ملغم/ لتر في مياه الري أي ضرر للنبات أو التربة. أما عنصر **المنغنيز** فيعتبر عنصرا نادرا ولا يشكل وجوده بتركيز 0.2 ملغم/ لتر في مياه الري أي ضرر للنباتات خصوصا في الترب القاعدية. يعتبر عنصر **الزنك** من العناصر النادرة والأساسية الذي يدخل كميات قليلة منه في غذاء النبات، وقد يصل تركيزه في التربة إلى بضع مئات من الملغرامات للكيلوغرام الواحد من التربة قبل حدوث أي تأثيرات سلبية، ولا يشكل وجوده بتركيز 2 ملغم/ لتر في مياه الري أي ضرر للنبات أو التربة. أما عنصر **النحاس** فيعتبر أيضا من العناصر الأساسية لنمو وحياة النبات، وتستطيع غالبية النباتات تحمل وجود النحاس في التربة بتركيز 0.2 ملغم/ لتر. بصورة عامة، فإن وجود العناصر الثقيلة أو النادرة بتراكيز قليلة في مياه الري لا يسبب أي ضرر للنبات أو التربة، لكن استخدام الري بالمرشات من الممكن أن يؤدي إلى تراكم هذه العناصر على الأوراق والثمار وامتصاصها، مما يتسبب في

تدني نوعية الإنتاج ويشكل خطورة على المستهلك. يوضح الجدول (10) الحدود القصوى والمسموح بها لتراكيز العناصر النادرة في مياه الري، بالاعتماد على التصنيف التابع لمنظمة الغذاء والزراعة العالمية (Ayers and Westcot, 1989).

جدول 10: التراكيز القصوى المسموح بها للعناصر النادرة في مياه الري
(after Ayers and Westcot, 1989)

العنصر	التركيز (ملغم/ لتر)	العنصر	التركيز (ملغم/ لتر)	العنصر	التركيز (ملغم/ لتر)
الألومنيوم	5.0	النحاس	0.2	الفانيديوم	0.1
الحديد	5.0	المنجنيز	0.2	الكوبلت	0.05
الرصاص	5.0	النيكل	0.2	السيلينيوم	0.02
الليثيوم	2.5	الزرنيخ	0.1	الموليبديوم	0.01
الزنك	2.0	البريلليوم	0.1	الكادميوم	0.01
الفلوريد	1.0	الكروميوم	0.1		

- **درجة الحامضية**

تتراوح قيمة درجة الحامضية (pH) للمياه الطبيعية بين (6 – 9)، وهذه القيم ملائمة وضمن الحدود المسموح بها للزراعة (Ayers and Westcot, 1989)، وليس هناك في هذا المدى أي تأثير سلبي ملحوظ على النبات والتربة. يتركز تأثير درجة الحامضية بشكل رئيسي على المحتوى الغذائي المتوفر للنبات، وعلى أجهزة الري، حيث يمكن أن تسبب تآكل هذه الأجهزة أو تعمل على ترسيب الكربونات فيها. تعتمد قيمة الحامضية في المياه على نسبة الكاربونات إلى البيكاربونات، وعند تبخر البيكاربونات نتيجة ارتفاع درجات الحرارة (خصوصا خلال الصيف) تظهر زيادة في نسبة الكاربونات وعندها تزداد قاعدية المياه. وتشير الدراسات إن المياه التي لها درجة حامضية أكثر من 8.5 فان الكاربونات سوف تتحد مع ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم وتترسب بعيدا عن مياه الري تاركة الصوديوم.

- **نوع المحصول المزروع**

تختلف النباتات في درجة تحملها لملوحة مياه الري المستخدمة للزراعة، كما إنها تختلف في تحملها من صنف إلى آخر في النباتات نفسها، حيث توجد أصناف تتحمل الملوحة نسبيا وأخرى لا تتحملها. كذلك تختلف درجة تحمل النباتات للملوحة باختلاف عمر النبات. وعموما فإن فترة الإنبات، ونمو الشتلات الصغيرة هي أكثر حساسية للملوحة.

- **العوامل الجوية (المناخ)**

تعتبر العوامل الجوية من درجات الحرارة والرياح والرطوبة ودرجة سطوع الشمس والأمطار من العوامل الهامة، والتي يجب أخذها بعين الاعتبار عند استخدام المياه للري، خصوصا تلك المياه التي ترتفع فيها نسبة الأملاح وبالأخص في الأجواء الحارة كجو العراق، حيث ترتفع درجات الحرارة في فصل الصيف إلى ما يقارب 50 °م أو أكثر. إن درجة الحرارة العالية تؤدي إلى تبخر المياه في كل من مياه الري خاصة في نظام الري بالرش وكذلك من التربة، والتي ترتفع إلى الأعلى بالخاصية الشعرية محملة بالأملاح المذابة نتيجة لتبخر هذه المياه، فتبقى الأملاح وتتراكم على سطح التربة مخلفة بقعا بيضاء في بعض الأراضي، أو تشكل السبخات الملحية، والتي تتكون عادة في الأراضي الصماء ذات الصرف السيئ، حيث تتركز أملاح الصوديوم وتملأ مسامات التربة فتختنق جذور النباتات لعدم توفر الأوكسجين.

- **طبيعة التربة**

إن التربة هي ناتج لتعرية الصخور الموجودة في الطبيعة، إضافة إلى الترب الموجودة في ترسبات العصر الرباعي. وأن نوع التربة يعتمد بشكل أساسي على طبيعة الصخور المتكشفة وأنواع التعرية وفيزيوغرافية المنطقة. وعليه فان كل منطقة في العراق لها خصوصيتها من نوع الترب الموجودة في تلك المنطقة. وفي أدناه وصف موجز لأنواع الترب في مختلف المناطق في العراق، اعتمادا على الأنطقة الفيزيوغرافية (Sissakian, 1988 و Sissakian and Ibrahim, 2005):

– نطاق الجبال العالية: يمتد هذا النطاق من الشمال الشرقي وبموازاة الحدود العراقية – الإيرانية – التركية. تتميز التربة في هذه المناطق بأنها غير سميكة ذات لون بني محمر مائل إلى السواد، طينية كلسية ورملية مع قطع من الصخور الكلسية الصغيرة ذات الزوايا الحادة، يتراوح حجم قطع الصخور من اقل من سنتيمتر واحد إلى (10– 25) سم، ويزداد الحجم مع العمق. وتتميز التربة أيضا بكونها غير متماسكة وهشة ورطبة وخالية من الأملاح وعليه تكون صالحة للزراعة.

– نطاق الجبال الواطئة: يقع هذا النطاق إلى الجنوب من نطاق الجبال العالية، والحدود الجنوبية لهذا النطاق هي سلسلة جبال حمرين ومكحول وامتدادا إلى الغرب إلى السفح الجنوبي لجبل سنجار. تتميز التربة في هذا النطاق بكونها غنية بالجبس بسبب تكشف الصخور الجبسية بكثرة في هذا النطاق، وكذلك تتميز بسمكها العالي الذي قد يصل إلى عدة أمتار ونادرا ما يصل إلى 10 أمتار. وبشكل عام هي تربة رملية وجبسية مع القليل من الحصى والقطع الصخرية التي يتراوح أحجامها من أقل من سنتيمتر واحد إلى (10 – 15) سم، ويزداد الحجم مع العمق. وكذلك تتميز التربة في هذا النطاق بكونها متماسكة وذات صلادة متوسطة وفي أحيان نادرة صلدة وجافة، وبشكل عام لا تصلح للزراعة الاعتيادية.

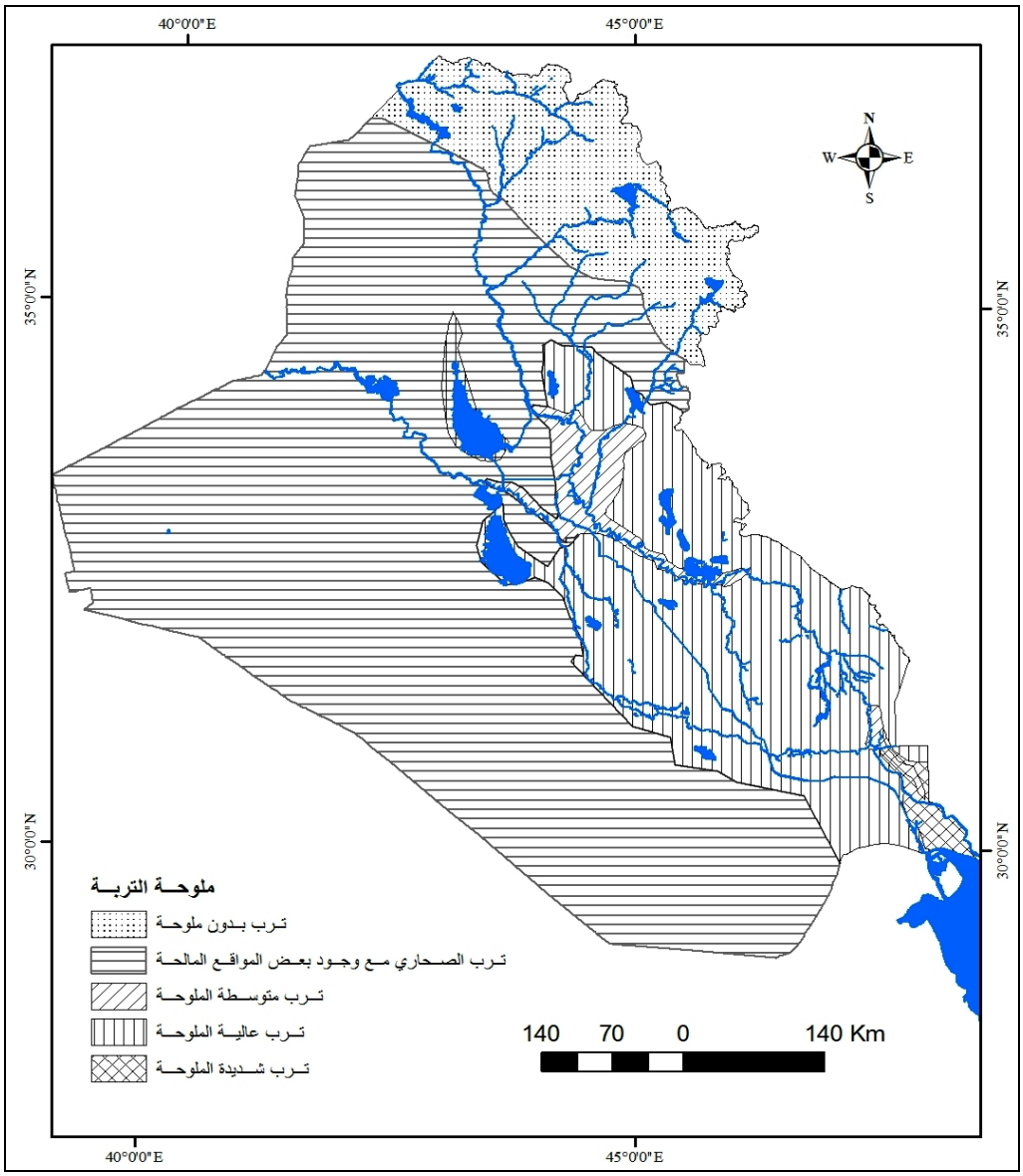
– نطاق السهل الرسوبي: يقع هذا النطاق وكما هو معروف في سهل وادي الرافدين ويغطي الأجزاء الوسطى من العراق، ويتميز السهل الرسوبي كونه سهل منبسط قليل الانحدار من الشمال إلى الجنوب ومن الشرق والغرب إلى الوسط. تتميز التربة في هذا النطاق بأنها تربة غرينية وطينية مع القليل من الرمل، وفي الأجزاء الشمالية يتواجد الحصى الناعم في الأعماق. بشكل عام تربة هذا النطاق رطبة وهشة وغير متماسكة، تكثر فيها السباخ وخاصة في المنخفضات وعلى الجوانب القريبة من الأنهار. في المناطق الجنوبية تتكون الأهوار، حيث توجد أنواع من الترب الطينية والعضوية. بشكل عام يكون مستوى المياه الجوفية ضحلا، وقد يتراوح عمقها أقل من متر واحد إلى حوالي 15 متر. في أقصى الشمال الغربي من السهل الرسوبي، امتدادا من بيجي وإلى جنوب سامراء، هناك نوع خاص من التربة هي التربة الجبسية، تتراوح نسبة الجبس فيها بين (5 – 85) %. يتراوح سمك هذه التربة من أقل من متر واحد إلى حوالي 12 متر، وهي تربة متماسكة جدا وذات صلادة عالية وجافة ولكنها سريعة الذوبان عند ملامستها للماء. يتواجد في مناطق مختلفة، القليل من الحصى الناعم (1 – 3 سم) في هذه التربة، وأحيانا تغطى جزئيا بكثبان الرمال. وتتواجد التربة الجبسية أيضا في وسط غرب السهل الرسوبي بين كربلاء والنجف وبنفس المواصفات، إلا أن سمكها أقل، إذ يتراوح من أقل من متر واحد إلى 5 متر ولكن يكثر فيها الحصى الناعم. أما في المناطق القريبة من الأهوار، فهناك نوع خاص من التربة هي التربة الطينية ولها قابلة عالية للانتفاخ عند ملامستها للمياه، بسبب تواجد أنواع خاصة من الأطيان.

– نطاق الجزيرة: يقع هذا النطاق في الجزء الغربي العلوي من العراق، غرب نهر دجلة وشمال نهر الفرات. يتميز النطاق بكونه منبسطا مع القليل من التلول المنفردة، وتغطى بالصخور الجبسية والكلسية والرملية. بشكل عام، التربة في النصف الجنوبي من هذا النطاق هي تربة جبسية ذات لون رصاصي فاتح إلى بني مبيض وسمك قليل لا يتعدى المتر الواحد، هشة وغير متماسكة وتضم قطع صغيرة من الصخور الجبسية والكلسية، يتراوح أحجامها من أقل من سنتيمتر واحد إلى (10 – 15) سم. أما في الجزء الشمالي، فان التربة تكون رملية وطينية ذات لون بني محمر، قليلة التماسك وغير صلدة وتكون رطبة في مواسم الأمطار بسبب ارتفاع نسبة الأطيان فيها. تعتبر التربة في هذا الجزء من الترب الملائمة جدا للزراعة الديمية، حيث تزرع الحنطة والشعير وبشكل واسع جدا.

– نطاق الصحراء الغربية: يقع هذا النطاق غرب نهر الفرات وإلى الحدود العراقية – الأردنية – والسعودية، ويكون وادي الخر هو الحد الفاصل بينه وبين الصحراء الجنوبية. ويشكل سهلا منبسطا يزداد بالارتفاع باتجاه الغرب والجنوب الغربي، وتكثر في النطاق التلال والهضاب المنفردة التي تتراوح ارتفاعاتها من (10 – 35) متر، وكذلك تتخلل الوديان هذا النطاق بكثرة وغالبيتها وديان طويلة وعريضة وعميقة، مثل وادي حوران وصواب وعكاش والرطكة والمانعي والقصر والأخضر وحقلان والفحيمي والأسدي والابيض والطبال.... الخ. تتميز التربة في هذا النطاق بكونها تربة طينية غرينية ورملية ذات لون بني فاتح، قلية الصلادة وقليلة التماسك، وفي أحيان نادرة جدا تكون متماسكة وذات صلادة عالية. تكثر فيها القطع الصخرية الكلسية ويتراوح حجم القطع من أقل من سنتيمتر واحد إلى (10– 25) سم، ويزداد في العمق. في وسط هذا النطاق، وامتدادا من منطقة عكاشات وإلى الجنوب وصولا إلى الحدود العراقية – السعودية، هناك تربة طينية خاصة تتميز بقابليتها العالية للانتفاخ عند ملامستها للمياه، بسبب أنواع الأطيان الموجودة بها. بشكل عام تكون التربة في هذا النطاق رطبة في مواسم الأمطار وتتميز بكونها خالية من الأملاح الجبسية وعليه تكون ترب ملائمة للزراعة.

– نطاق الصحراء الجنوبية: يمتد هذا النطاق جنوب نهر الفرات وإلى الحدود العراقية – السعودية، ومن الشرق يحده نطاق السهل الرسوبي، ومن الغرب نطاق الصحراء الغربية ويتميز هذا النطاق بكونه سهلا منبسطا يرتفع باتجاه الجنوب تتخلله وديان ضحلة وعريضة، وتكثر فيها ظواهر التخسفات بأنواع مختلفة أدت إلى تكون المنخفضات الدائرية والبيضوية باعماق مختلفة تتراوح من أقل من متر واحد إلى (10 – 35) متر وبأقطار قد تصل إلى عدة كيلومترات، مثل منخفضات السلمان والزهرة والساعة..الخ. تمتاز تربة هذا النطاق بأنها تربة كلسية ورملية ذات لون بني فاتح، قليل السمك (أقل من متر واحد) وفي أحيان كثيرة تكون التربة معدومة، أي تكون الأرض صخرية، والتربة غير متماسكة وهشة وذات صلادة قليلة.

ولأهمية طبيعة التربة في تحديد مدى صلاحيتها للمياه المستخدمة للري، يفترض عدم استخدام مياه حاوية على تراكيز عالية من الصوديوم في الترب الطينية، لما تسببه هذه التراكيز من مشاكل في نفاذية التربة، وعلي العكس من ذلك، فإنه في التربة الرملية ذات النفاذية المرتفعة يمكن استخدام مياه ذات ملوحة مرتفعة نسبيا وذلك نتيجة لوجود الصرف الطبيعي الجيد في تلك الترب لغسل الأملاح ومنع تراكمها. إن تركيز الملوحة في التربة العراقية قد تمت دراسته من قبل Buringh (1960)، حيث قام بتصنيف هذه الترب إعتمادا على نسبة الملوحة إلى خمسة أنواع وكما هو موضح في الشكل (7).



شكل 7: توزيع أنطقة الملوحة في الترب العراقية (محورة عن Buringh, 1960)

تصنيف المياه المستخدمة لأغراض الري

توجد العديد من التصانيف المستخدمة في مجال صلاحية مياه الري، وجميعها بالأساس تعتمد على تصنيف (1954) Richard، والذي يعتمد على قيم التوصيلية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم، لذا سيتم اعتماده في هذه الدراسة في إعداد خريطة لصلاحية استخدام المياه الجوفية لهذا الغرض في العراق.

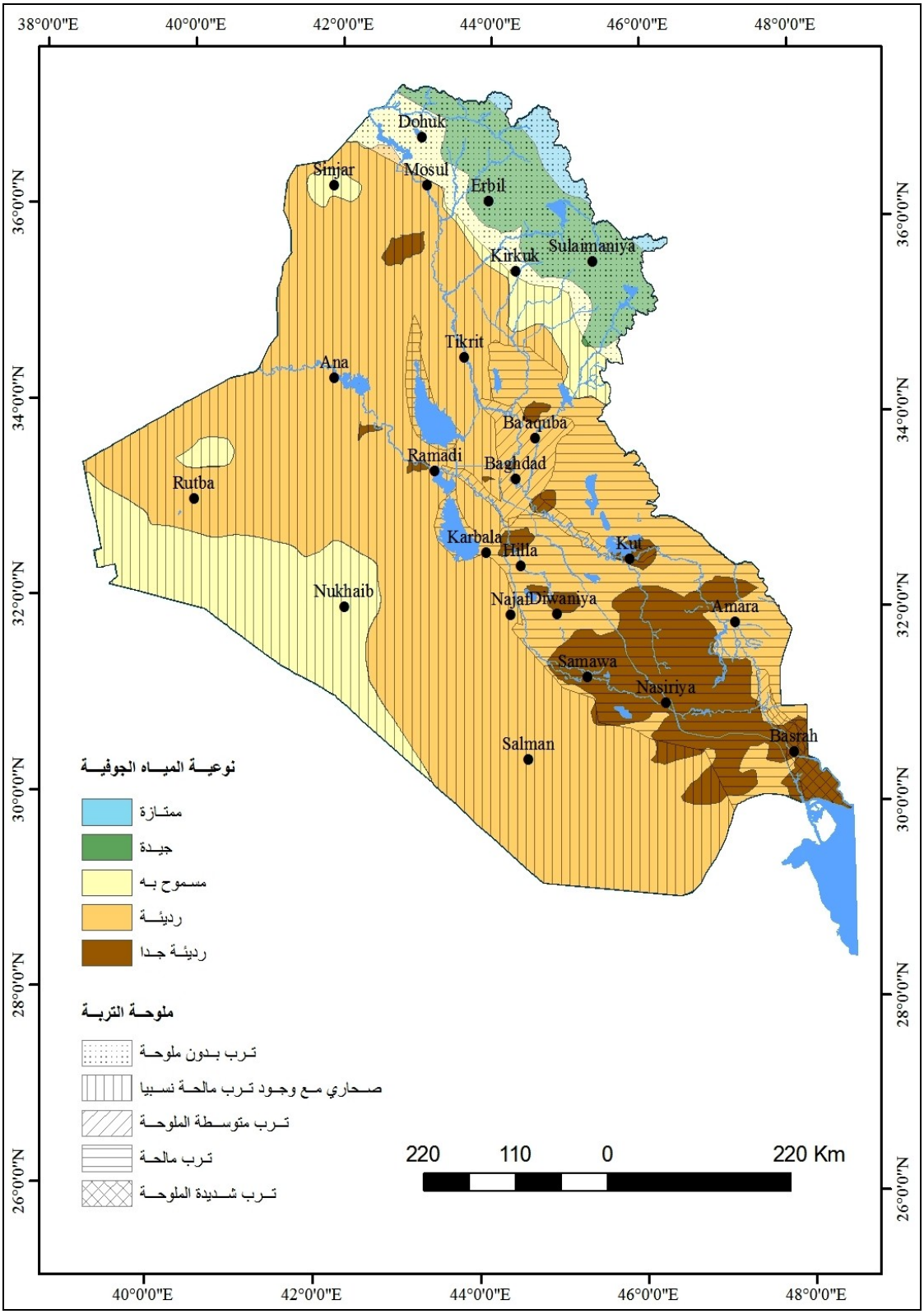
تصنيف ريجارد (Richard, 1954)

إن الأسس التي أعتمد عليها Richard (1954) في تصنيفه والمستخدم من قبل مختبرات الأملاح في الولايات المتحدة لتصنيف المياه للأغراض الإروائية موضحة في الجدول (11)، وهذه الأسس هي قياس التوصيلية الكهربائية للمياه (EC) ونسبة إمتزاز الصوديوم (SAR)، حيث تستخدم المياه ولكافة أنواع الترب عندما يكون تركيز أيون الصوديوم (نسبة إمتزاز الصوديوم) أقل من 10، والتوصيلية الكهربائية للمياه أقل من 250 مايكروسيمنز/ سم. وتستخدم المياه ذات التركيز المتوسط من الصوديوم والأملاح الذائبة في التربة ذات النسيج الخشن وجيدة البزل وكذلك في التربة العضوية، في حين يمكن أن تسبب أضرارا للتربة ناعمة النسيج عندما تتراوح قيم نسبة إمتزاز الصوديوم بين (10 – 18) والتوصيلية الكهربائية النوعية بين (250 – 750 مايكروسيمنز/ سم). وتستخدم المياه ذات التركيز العالي من الأملاح (750 – 2250 مايكروسيمنز/ سم) ونسبة إمتزاز الصوديوم بين (18 – 26) في حالة البزل الجيد وزيادة عمق المياه الجوفية ولا تستخدم المياه ذات التركيز العالي جدا من الأملاح في الإرواء، ولكن يمكن استخدام المياه ذات التركيز العالي من نسبة الصوديوم، إذا كانت المياه قليلة – متوسطة الملوحة، وكذلك في التربة التي تحوي على تركيز عالي من الجبس، حيث يتبادل الصوديوم مع الكالسيوم دون تغيير في تركيب التربة من حيث النفاذية.

جدول 11: صلاحية المياه للأغراض الزراعية (after Richards, 1954)

SAR	Index	EC	Index
≤ 10	S_1	≤ 250	C_1
> 10 – ≤18	S_2	> 250 – ≤ 750	C_2
> 18 – ≤26	S_3	> 750 – ≤ 2250	C_3
> 26	S_4	> 2250	C_4
C_1 and S_1		Excellent	ممتاز
C_1S_2, C_2S_1 and C_2S_2		Good	جيد
C_1S_3 and C_3S_1		Permissible	مسموح به
C_2S_3, C_3S_2 and C_3S_3		Marginal	هامشي
C_1S_4, C_2S_4, C_3S_4, C_4S_1 and C_4S_2		Poor	ردئ
C_4S_3 and C_4S_4		Very poor	ردئ جدا

وبموجب تصنيف Richard (1954) تم استنتاج خريطة (الشكل 8) حول صلاحية استخدام المياه الجوفية ضمن الخزان العلوي لأغراض الري وسقي المزروعات في العراق، بعد اشتقاقها من الشكلين (2 و 5)، حيث لوحظ ظهور خمسة أصناف رئيسية من المياه الجوفية ضمن المقياس الإقليمي للعراق، وهي ممتازة، جيدة، مسموح بها، رديئة ورديئة جدا (الجدول 11). أما صنف المياه الهامشية فلم تظهر لقلة تواجدها وصغر مقياس الخريطة المستخدمة. كذلك يلاحظ من الشكل (8) بأن أكثر من 60% من مياه الخزان الجوفي العلوي للعراق مياهه رديئة، وهذا ليس معناه عدم إمكانية استخدام تلك المياه، حيث يمكن تخطي تلك الظروف في حالة استخدام الطرق الحديثة في الري وطرق تحسين التربة، من خلال زيادة نفاذيتها. تم دمج خريطة ملوحة التربة (الشكل 7) على الخريطة النهائية في الشكل (8) ليتجلى لنا تأثير استخدام هذه المياه على طبيعة ملوحة التربة، فالمياه الممتازة والجيدة والمسموح بها تتوافق مع الترب خالية الملوحة، في حين إن المياه الرديئة جدا تتطابق في الغالب مع الترب شديدة الملوحة.



شكل 8: خريطة صلاحية المياه الجوفية ضمن الخزان العلوي لأغراض الري وسقي المزروعات بموجب مواصفات Richard (1954)

المناقشة والاستنتاجات

من خلال طرح العوامل المؤثرة على طبيعة مياه الري ومديات صلاحيتها، تم التوصل إلى ما يلي:

- حسب تصنيف Richard (1954)، فأن ملوحة المياه الجوفية الموجودة ضمن الخزان العلوي في العراق غالبيتها عالية (> 2250 مايكروسيمنز/ سم)، حيث يلاحظ من الشكل (2) إن أكثر من ثلثي العراق مياهه مالحة. إن ارتفاع هذه الملوحة ناتجة من وقوعها في مناطق تصريف المياه الجوفية والقادمة من مناطق بعيدة وخصوصا في منطقة السهل الرسوبي. أو نتيجة الطبيعة الصخارية للخزان المائي وتأثير الرسوبيات الملحية والطينية عليها (كما في منطقتي الجزيرة والسهل الرسوبي)، كما إن الطوبوغرافية المستوية أو قليلة الميل (منطقة السهل الرسوبي) قد ساعدت على بطيء حركة هذه المياه وبالتالي زيادة تفاعلاتها مع الصخور أو الترسبات الحاوية لها.
- لوحظ عدم وجود تأثير لملح كاربونات الصوديوم المتبقي في المياه الجوفية في العراق، وذلك لان غالبية المياه ذات تراكيز عالية من أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم، وبالتالي نتوقع أن يستهلك أيوني الكاربونات والبيكاربونات من خلال تفاعلهم مع أيون الكالسيوم، حيث يترسب الملح بعد تكوينه في المحلول وظهور ملح كاربونات الكالسيوم بدلا من كاربونات الصوديوم وحسب سلسلة الأملاح الافتراضية ضمن دوال التوازن الملحي.
- تم تصنيف المياه الجوفية للعراق وحسب النسبة المئوية لتركيز أيون الصوديوم وفق تصنيف عام Wilcox (1955)، حيث يلاحظ من الشكل (3) وجود خمسة أنواع من هذه التراكيز، الغالبية ذات النوعية الحاوية على نسبة بين (40 – 60) %، وهذه المياه قد تسبب ضررا على الترب ناعمة القوام، وخاصة تحت ظروف غسيل غير كافية إذا لم يتوافر الجبس في التربة، وتستخدم في الترب خشنة القوام ذات النفاذية الجيدة. إن ارتفاع هذه النسبة في المياه الجوفية العراقية ناتج بفعل طبيعة الترسبات الحاوية على هذه المياه والغنية بتركيز الصوديوم وخصوصا الترسبات الطينية والملحية.
- من خلال الاعتماد على حساب قيمة نسبة إمتزاز الصوديوم للمياه الجوفية في العراق، لوحظ ومن خلال الشكل (5) بأن الغالبية السائدة من المياه (حوالي 75%) ذات نسبة إمتزاز أقل من 10، وهذا يعني إنها مياه جيدة، بفعل ارتفاع نسبة تراكيز أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم نسبة إلى أيون الصوديوم فيها، في حين تتركز المياه غير الصالحة (> 25) في منطقة السهل الرسوبي، نتيجة لوجود الترسبات الغنية بأيون الصوديوم، والمتمثلة بالترسبات الطينية والملحية.
- اعتمادا على تصنيف Richard (1954) حول تأثير تركيز أيون الكلورايد في المياه المستخدمة في الري، تم رسم خريطة لتركيز هذا الأيون في المياه الجوفية العراقية (الشكل 6)، ولوحظ أن أغلب المناطق العراقية ذات تركيز يزيد عن 250 ملغم/لتر (عدا المناطق الشمالية وبعض المناطق من الصحراء الغربية)، وهذه دلالة على تأثير طبيعة الترسبات الطينية والتبخرية على هذه المياه، مع وجود تأثير للمياه القادمة من مناطق بعيدة أو العميقة (المصاحبة للنفوط) على زيادة تركيز هذا الأيون، أما قلة تركيزه في المناطق الشمالية فهي دلالة على تأثير التغذية المباشرة والقادمة من مياه الأمطار ذات النوعية البيكاربوناتية.
- لم يتم رسم خرائط إلى تراكيز البورون والفوسفور والمعادن الثقيلة لعدم وجود تحاليل كيميائية كافية لهذه التراكيز في المياه الجوفية للخزانات المائية في العراق بالرغم من وجود بعض الدراسات الموقعية، لكن بعض الدراسات والبحوث الحديثة بينت بصورة عامة عدم وجود تراكيز عالية (ضمن الحدود المسموح بها) لهذه العناصر في المياه الجوفية.
- من خلال دراسة تأثير نوعية وطبيعة التربة، لوحظ إن الترب العراقية تمتاز ووفق التقسيم الفيزوغرافي لها بما يلي:
  - **نطاق الجبال العالية**: تربته كلسية هشة خالية من الأملاح وصالحة للزراعة.
  - **نطاق الجبال الواطئة**: تربته غنية بالجبس والرمل، وبالتالي هي صالحة للزراعة.
  - **نطاق السهل الرسوبي**: تربته طينية غرينية مع قليل من الرمل وتكثر فيها السباخ، مع وجود للترب الجبسية بين بيجي وجنوب سامراء، وهذه الترب بصورة عامة تكون رديئة للزراعة، إلا إذا عوملت التربة بطرق التحسين من خلال إضافة الكالسيوم إليها وعمليات الغسل المستمرة. تتواجد أيضا في هذا النطاق ترب رملية وحصوية ناعمة كما في منطقتي سفوان وهضبة النجف، هذه الترب نجحت في الزراعة من خلال استخدام الطرق الحديثة للري، إضافة إلى إنها هشة ولا تسمح بتراكم المياه فيها وبالتالي لتكوين الأملاح الضارة.
  - **نطاقي الصحراء الغربية والجنوبية**: تتواجد الترب الصالحة للزراعة في هذين النطاقين وخصوصا ضمن مناطق الوديان، حيث الترسبات الرملية، الحصوية والغرينية والكلسية، كما في مناطق النخيب والكسارة ومنطقة شمال الرطبة.

ومن خلال النتائج المذكورة تم التوصل إلى إعداد خريطة لصلاحية المياه الجوفية ضمن الخزان الجوفي العلوي في العراق لأغراض الري والزراعة بالاعتماد على تصنيف Richard (1954) بعد إدخال خريطة توزيع الملوحة للترب العراقية (الشكل 7) على الخريطة النهائية (الشكل 8)، تم التوصل الى إن المياه الممتازة والجيدة والمسموح بها تتوافق مع الترب الخالية الملوحة، في حين إن المياه الرديئة جدا تتطابق في الغالب مع الترب شديدة الملوحة، لذا نوصي بعدم استخدام المياه الجوفية الرديئة والرديئة جدا في الترب العالية وشديدة الملوحة قبل إجراء التحسينات المطلوبة عليهما. كما لوحظ بأن أكثر من 60% من مياه الخزان الجوفي العلوي للعراق مياهه رديئة، وهذا ليس معناه عدم إمكانية استخدام تلك المياه، حيث يمكن تخطي تلك الظروف في حالة:

- كون التربة ذات نسيج خفيف (رملية أو غرينية) فإنها تسمح بسرعة لتغلغل الماء وتحد من تراكم الأملاح.
- إمكانية المناوبة بالمياه المستعملة، بحيث يمكن غسل التربة بعد استخدام المياه ذات الحدود المتجاوزة للمواصفة بمياه أفضل.
- في حالة القبول بغلة (الإنتاجية/دونم) أقل من الغلة الاعتيادية وإمكانية اختيار مزروعات مقاومة لنوعية الأملاح وحدودها السائدة.
- إمكانية إضافة الجبس الزراعي إلى الترب الطينية لزيادة تراكيز أيون الكالسيوم فيها نسبة إلى أيون الصوديوم وبالتالي زيادة نفاذيتها.

المصادر

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., 2007. Hydrogeology. In: Geology of the Iraqi Western Desert. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, No.1, p. 125 – 144.

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., 2009a. Hydrogeology. In: Geology of the Iraqi Southern Desert. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, No.2, p. 77 – 91.

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., 2009b. Hydrogeology. In: Geology of Al-Jazira Area. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, No.3, p. 71 – 84.

Al-Jiburi, H.K. and Al-Basrawi, N.H., 2011. Hydrogeology. In: Geology of the Mesopotamia Plain. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, No. 4, p. 83 – 103.

Al-Manmi, D.A., 2008. Resources Management in Rania Area, Sulaimaniyah, NE Iraq. Unpub. Ph.D. Thesis, College of Science, University of Baghdad, 206pp.

Al-Sam, S.I., Jassim, S.Z. and Hanna, F., 1990. Water balance of Iraq: Stage 2, Geological and hydrogeological conditions. Manuscript, Ministry of Irrigation, Iraq.

Araim, H.I., 1990. Regional Hydrogeology of Iraq. GEOSURV, int. rep. no. 1450.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1989. Water quality for agriculture, irrigation and drainage. Paper 29, Rev. 1, FAO, Rome, Italy, 174pp.

Bauder, T.A., Waskom, R.M. and Davis, J.G., 2003. Irrigation Water Quality Criteria. Colorado State University Extension – Agriculture Publication No. 506.FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rom. Irrigation and Drainage.

Buringh, P., 1960. Soils and Soils Conditions in Iraq. Ministry of Agriculture, Baghdad, Iraq, 322pp.

GEOSURV, 2000 – 2012. Hydrogeological and Hydrochemical Quadrangle Maps of Iraq (35 maps). Baghdad, Iraq.

Hamil, L. and Bell, F.G., 1989. Groundwater Resources development. Butterworth's, London, 344pp.

Hem, J.D., 1989. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supp. Paper, 2254, 263pp.

Krasny, Y., Alsam, S. and Jassim, S., 2006. Geology of Iraq. Ch.19: Hydrogeology. In: S.Z., Jassim and J.C., Goff (Eds.). Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, p. 251 – 287.

Maas, E.V., 1990. Crop Salt Tolerance. Agricultural Salinity Assessment and Management Manual. In: K.K., Tanji (Ed.). ASCE, New York, p. 362 – 304.

Macdonald, M., 1960. Diyala and Middle Tigris Projects. 10 Reports, Ministry of Agriculture, D.G. of Irrigation, Baghdad.

Matthess, G., 1982. The Properties of Groundwater. Department of Environmental Science. England, John Wiley and Sons. Inc., New York, 406pp.

Parson's, R.H. Eng. Co., 1955 – 1957. Groundwater Resources of Iraq, Final Report, Ministry of Development, Government of Iraq. GEOSURV, int. rep. no. 414.

Richard, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA, Agricultural Handbook No. 60, US Department of Agriculture, Washington D.C. 160pp.

Rijtima, P.E., 1981. Quality standards for irrigation waters. Acta Hort. 119, p. 25 – 35.

Sissakian, V.K., 1988. Erosion and soil types in the Iraqi Western Desert. Proceeding of the "Geology of Deserts and Desert Environment". College of Science, University of Baghdad.

Sissakian, V.K. and Ibrahim, F.A., 2005. Geological Hazards Map of Iraq, scale 1: 1000 000. GEOSURV, Baghdad, Iraq.
Todd, D.K., 1980. Groundwater Hydrology 2nd edit. John Wiley and Sons, New York, USA, 355pp.
Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of Irrigation Waters, U.S. Dept. Agric. Circ. 969, Washington, D.C., 19pp.

About the Author

Dr. Naseer H. Al-Basrawi, graduated from University of Mosul in 1983, with B.Sc. degree in Geology, he got his M.Sc. and Ph.D. degrees from University of Baghdad, 1989 and 1996, respectively in Hydrogeology. He joined GEOSURV in 2000 and currently, is working as the Head of Hydrogeology Division. He has 60 documented reports in GEOSURV's library and 10 published articles in hydrogeology. His major field of interest is hydrogeology.
e-mail: al_basrawi1262@yahoo.com
Mailing address: Iraq Geological Survey,
P.O. Box 986, Baghdad, Iraq