Groundwater Quality and its Suitability for Irrigation at Al-Wafra Agricultural Area in the State of Kuwait

[1]**Abdel Rahman Sayer AL-Shammri;** [2]**Asma Ali Abahussain;** [2]**Abdelhadi AW;** and [3]**Mohammed Ali Al-Murad**

[1]Environmental Sci. & Natural Resources, College of Graduate Studies, AGU, Bahrain

[2]Desert & Arid Zones Program, College of Graduate Studies, AGU, Bahrain

[3]Water Resources Management, Kuwait Institute for Scientific Research

ID # (2776)
Received: 12/09/2013
In-revised: 14/03/2014
Correspondent Author:
Abdelhadi Abdulwahab
E-mail: abdelhadiama@agu.edu.bh

KEYWORDS

State of Kuwait, Al-Wafra Area, Quality of Irrigation water, Soil Salinity, Groundwater.

ABSTRACT

The Wafra area is located in the southern part of the State of Kuwait constituting about 47% of the State's total agricultural area. The expansion in Wafra area from 11.25 km^2 in 1973 to 199.2 km^2 in 2010 has led to excessive pressure on groundwater resources. The objective of this study was to examine the quality of the groundwater in terms of suitability for irrigation pertaining to specific quality standard indices. To achieve this, water samples were collected from 31 wells in Wafra Area. The samples were analyzed for salinity, cations, anions, and some heavy metals. Results indicated that the values of total dissolved salts (TDS), electrical conductivity (EC), chlorine (Cl^-), calcium (Ca^{+2}), and sodium (Na^+) detected in water samples did not satisfy Kuwait, and GCC standards. The study revealed that 68% of the wells were highly saline while the rest were moderately saline according to FAO standards. According to Simsek and Gunduz (2007), the water can be considered moderately suitable for irrigation. According to Richard (1954) standards the water is of type C4-S4 (highly saline and sodic) and not suitable for irrigation according to AOAD standards. Piper diagram and regression and correlations analysis indicated that sodium and chlorine are the dominant cations and anions. The analysis also revealed that the concentration of cadmium (Cd^{+2}) in all the tested wells was higher than the standard concentration range of 0.01 to 0.05 mg/l and to a lesser extent nickel (Ni^{+2}) and manganese (Mn^{+2}), violating the permissible limits. The results also showed an increase in total dissolved salts with time from 6984 ppm in 1989 and 7930 in 1998, reaching an average of 9211 by 2010. The study recommended encouraging adoption of modern agriculture techniques and reuse of treated waste water, to protect soil and groundwater from salinization and to promote sustainable agricultural production in Wafra area as well as periodical check for heavy metal concentrations specially cadmium in groundwater.

جودة المياه الجوفية وصلاحيتها لأغراض الري في منطقة الوفرة الزراعية بدولة الكويت

[1]عبد الرحمن سايرالشمري، [2]أسماء علي أبا حسين، [2]عبد الهادي عبد الوهاب، و[3]محمد علي المراد

[1]علوم البيئة والموارد الطبيعية، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين
[2]برنامج، علوم الصحراء والأراضي القاحلة، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين
[3]إدارة الموارد المائية، معهد الكويت للأبحاث العلمية، دولة الكويت

رقم المسودة: (2776)
تاريخ استلام المسودة: 2013/09/12
تاريخ المسودة المُعَدَلة: 2014/03/14
الباحث المُرَاسِل: عبد الهادي عبد الوهاب
بريد الكتروني:
abdelhadiama@agu.edu.bh

الكلمات الدالة

دولة الكويت، منطقة الوفرة، جودة مياه الري، المياه الجوفية

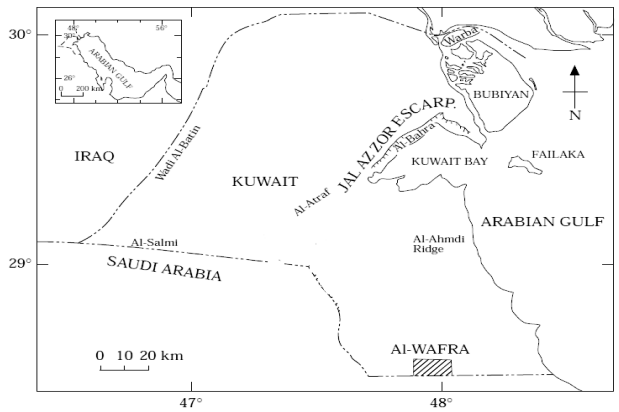
المُستلخص

تقع منطقة الوفرة جنوب دولة الكويت وتشكل نحو 47 % من مساحة المناطق الزراعية في الدولة. وقد أدى توسع مساحتها من 11.25 كم^2 عام 1973 إلى 199.2 كم^2 عام 2010 إلى زيادة الضغوط على موارد المياه الجوفية. هدفت الدراسة الحالية إلى التعرف على جودة المياه الجوفية في منطقة الوفرة الزراعية ومدى ملائمتها للري وفقا لمعايير قياسية مختلفة لمياه الري ولتحقيق ذلك فقد تم جمع عينات مياه من 31 بئر في منطقة الوفرة وتحليلها لتحديد الملوحة والكتيونات والأنيونات الرئيسة والثانوية وبعض العناصر الثقيلة. توصلت الدراسة إلى عدم تطابق قيم الأملاح الكلية الذائبة TDS، والتوصيل الكهربائي EC، والكلور Cl^-، والكالسيوم Ca^{+2}، والصوديوم Na^+ في جميع عينات مياه الري مع المواصفات القياسية الكويتية والسعودية والخليجية للري. كما اتضح بأن 32 % من الآبار المدروسة متوسطة الملوحة، وأن الآبار المتبقية عالية الملوحة وذلك طبقا لتصنيف منظمة الأغذية والزراعة العالمية (الفاو). وتعتبر متوسطة الجودة لأغراض الري على حسب معايير Simsek and Gunduz (2007) ومن نوع C4-S4 (ذات ملوحة ونسبة صوديوم عالية جدا) وفق تصنيف Richard (1954)، كما أنها لا تصلح للري طبقا لتصنيف المنظمة العربية للتنمية الزراعية، أما سحنتها فهي صودية كلورية كما اتضح على مثلث بايبر وتحليل الارتباط والانحدار لعلاقة العناصر بالملوحة. أظهرت النتائج ارتفاعاً في تركيز عنصر الكادميوم Cd^{+2} في جميع عينات الآبار عن التركيز المسموح به (0.01 إلى 0.05 ملجم/ل)، وبنسبة أقل لعنصري النيكل Ni^{+2} والمنجنيز Mn^{+2} حيث تجاوزت القيم المسموح بها. كما بينت النتائج حصول زيادة في الأملاح الكلية الذائبة مع الزمن من 6984 جزء من المليون (ppm) عام 1989 إلى 9211 ppm عام 2010. أوصت الدراسة بضرورة دعم وتشجيع إجراء البحوث في مجال إدخال التقنيات الزراعية الحديثة لحماية التربة والمياه الجوفية من التملح، والتوسع في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري لضمان استدامة الإنتاج الزراعي في منطقة الوفرة، كذلك المتابعة الدورية للكشف على العناصر الثقيلة الموجودة بالمياه الجوفية خصوصا الكادميوم.

المقدمة

تشكل الأراضي الخصبة والصالحة للزراعة بدولة الكويت نسبة لا تزيد عن 1% من مجمل أراضي الدولة (FAOSTAT, 2011)، وبصرف النظر عن المساحة المزروعة فقد كان للقطاع الزراعي حظاً وافراً في خطط التنمية الوطنية، لتحقيق نسبة معقولة من الأمن الغذائي، برغم التحديات التي يواجهها والتي من أهمها الظروف المناخية القاسية، وندرة مياه الري، وافتقار التربة إلى العناصر الغذائية الأساسية، وارتفاع نسبة الملوحة فيها. ومع ذلك لم تدخر الدولة جهداً في تنمية القطاع الزراعي وتطويره وتوجت ذلك بإصدار مجلس الوزراء القرار رقم 14 لعام 1983 بتخصيص العبدلي والوفرة كمنطقتين زراعيتين بدولة الكويت.

تقع منطقة الوفرة بالجزء الجنوبي لدولة الكويت في دائرتي عرض''48 '31 °28 و''36 '36 °28 شمال خط الاستواء وخطي طول''49 '58 °47 و''16 '13 °48 شرق خط غرينتش، وهي على الحدود الكويتية السعودية، وتبعد عن العاصمة حوالي 80كم (شكل1)، وتشغل مساحة 199.2 كم^2 وهي تشكل 47% من إجمالي المساحات الزراعية في البلاد (الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية، 2010).

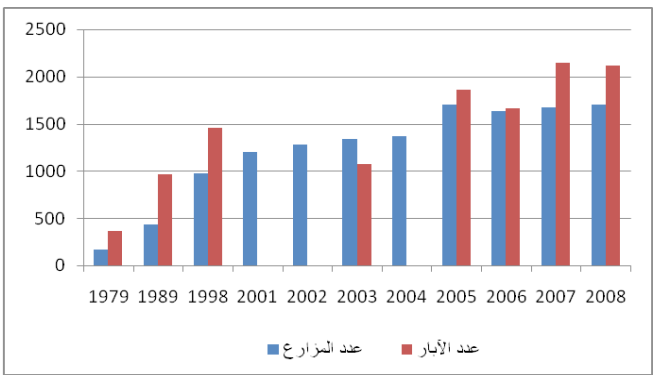


المصدر: نظام معلومات الرقابة البيئية لدولة الكويت (eMISK 2012)
شكل 1: موقع منطقة الوفرة في دولة الكويت.

يتميز مناخ المنطقة بفصلين رئيسيين أغلب أشهر السنة، صيف حار وجاف يمتد ما بين شهري مايو وسبتمبر حيث تبلغ متوسط درجة الحرارة القصوى خلال النهار حوالي 45°م ، وشتاء قصير وبارد يمتد ما بين شهري ديسمبر وفبراير حيث يمكن أن تنخفض

الحرارة إلى حوالي 7ºم. الأمطار قليلة وشتوية تنحصر ما بين شهري أكتوبر ومايو بمتوسط حوالي 131 ملم للفترة 2011-1957، ومعدل البخر اليومي حوالي 8.3 ملم للفترة 1999-2011 (مطار دولة الكويت، 2011). تجعل هذه الظروف المناخية من الزراعة في منطقة الوفرة معتمدة كلياً على الري بالمياه الجوفية التي توجد في مكمنين علوي غير محصور يسمى مجموعة الكويت وينقسم إلى ثلاثة تكوينات، هي من الأعلى إلى الأسفل تكوين الدبدبة، يليه تكوين فارس، ثم تكوين غار الذي تتراوح ملوحة مياهه بين 4000 و 10000 جزء من المليون ppm. والمكمن الثاني هو تكوين الدمام المحصور التابع لمجموعة الحسا وتتراوح ملوحته من 3000 إلى 6000 ppm . يحتوي المكمنان على مياه أحفورية، كما يتم تغذيتهما بشكل قليل عن طريق الأمطار المتساقطة على الجزيرة العربية (السليمي وأكبر، 1999). وبالنظر للملوحة العالية لمياه الري تسود زراعة النخيل في منطقة الوفرة نظراً لتحملها الملوحة، وبنسبة أقل زراعات الأعلاف والخضار إضافة إلى الزراعة التجميلية التي تتركز في المزارع المخصصة كمناطق ترفيهية لبعض الملاك وليس للإنتاج الزراعي.

تستمد غالبية مزارع الوفرة (98.7%) مياه الري من آبار ارتوازية من مجموعة الكويت والباقي من تكوين الدمام. وقد ارتفعت أعداد المزارع من 170 مزرعة في عام 1979 إلى 1706 مزرعة (الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية، 2010) مخصصة للأنشطة الزراعية والإنتاجية، وارتفع معها عدد الآبار (شكل 2) نظراً للسماح للمواطنين بحفرها واستخدامها للري دون مقابل مادي، ودون تحديد كميات المياه الجوفية المسحوبة من الخزان مما أدى إلى تدني في كميتها ونوعيتها (AL-Rashed and AL-Senafy, 2004). وانعكس ذلك على تملح التربة مسبباً تدني كمية ونوعية المنتج الزراعي (Omar *et al.*,1998)، وبالتالي هجر بعض المزارع في المنطقة.



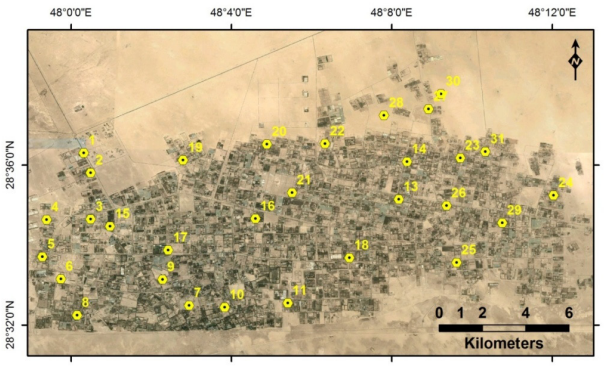
المصدر: الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية (2010)

شكل 2: عدد المزارع والآبار في منطقة الوفرة الزراعية بدولة الكويت.

وعلى الرغم مما تبذله دولة الكويت من جهود للحفاظ على القطاع الزراعي ودعمه إلا أن زيادة الضغوط على الموارد المائية المحدودة فيها للاستخدام الزراعي بات يهدد جودة المياه واستدامة العملية الزراعية فيها. حيث تؤثر نوعية المياه المستخدمة في الري على كمية ونوعية الإنتاج الزراعي وكذا تحديد طريقة الزراعة، كما أنها تؤثر على تركيب التربة وتهويتها ونفاذيتها مما قد يحولها إلى تربة غير صالحة للإنتاج الزراعي (Almeida *et al.*, 2008)، كما أنها تؤثر على نمو النباتات بشكل مباشر (Tamma Rao *et al.*, 2012) سيما في المناطق الجافة حيث يؤدي التبخر العالي إلى تجمع المعادن الثانوية الناشئة من مياه الري عند جفاف التربة (Statescu *et al.*, 2010). هذا وقد أكدت العديد من الدراسات على أهمية تقييم جودة مياه الري للوصول إلى استخدام مستدام لموارد المياه في ري الأراضي الزراعية بحيث لا ينتج عنه تأثير سلبي على التربة والبيئة (Ayers and Westcot, 1985); (Alam *et al.*, 2012) ; (Singh *et al.*, 2013) ; (Rosalin, 2012) ; (Simsek and Gunduz 2007). وعليه يعد تحديد جودة مياه الري في منطقة الوفرة الزراعية بدولة الكويت ومقارنتها بالمعايير العالمية والإقليمية والمحلية عاملاً أساسياً لإدارة التربة والعمليات الزراعية واختيار المحاصيل وطرق الري المناسبة.

منهج وطُرق العَمل

تم اختيار 31 بئراً ضمن آبار مجموعة الكويت في منطقة الوفرة الزراعية وفق نظام شبكي باستخدام جهاز تحديد الموقع GPS شكل (3).



شكل 3: خريطة تبين مواقع وعدد الآبار التي استخدمت في الدراسة.

وأخذت عينة مياه مباشرة من فوهة البئر بقناني سعة 150 سم^3 بعد غسلها بمياه البئر المتدفقة لمدة 15 دقيقة، وحللت في مختبرات الهيئة العامة للزراعة والثروة السمكية بدولة الكويت ومختبرات جامعة الخليج العربي بمملكة البحرين استنادا إلى طرق التحليل المتبعة حسب (Black 1965).

قد تم استخدام جهاز Thermo Orian لقياس درجة الحموضة والتوصيل الكهربائي، وجهاز Flame photometer لقياس عنصري الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+، وجهاز الامتصاص الذري Atomic Absorption Spectrometer لقياس الزنك Zn^{+2} والنحاس Cu^{+2} والمانجنيز Mn^{+2} والحديد Fe^{+3} بالإضافة إلى بعض العناصر الثقيلة متمثلة في الكادميوم Cd^{+2} والنيكل Ni^{+2} والرصاص Pb^{+3}. كما تم استخدام جهاز Kjeltec™2300 لقياس النيتروجين الكلي، وجهاز Spectrophotometer لقياس البورون B^-. كما تم تقدير تركيز الأملاح الكلية الذائبة (TDS) لعينات المياه حسب المعادلة: TDS=EC×640 حيث تقاس الموصلية الكهربائية EC للعينات بوحدة mS/cm، والأملاح الكلية الذائبة بوحدة جزء من المليون (ppm).

تم تقدير تركيز الكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{+2} عن طريق المعايرة مع EDTA. فيما تم حساب تركيز مجموعتي الكربونات CO_3^{-2} والبيكربونات HCO_3^{-} عن طريق المعايرة مع حمض الكبريتيك H_2SO_4، والكلور Cl^{-} عن طريق المعايرة مع نترات الفضة $AgNO_3$، والكبريتات SO_4^{-2} عن طريق حساب الفرق بين مجموع الكاتيونات ومجموع الأنيونات. وقد أعيد فحص ثلاث عينات عشوائية في مختبر جامعة الكويت، ومختبر الهيئة العامة للزراعة والثروة السمكية بدولة الكويت للتأكد من صحة النتائج. وتم إسقاط إحداثيات آبار المياه الجوفية المسجلة من جهاز GPS على الصورة الفضائية لمنطقة الوفرة وربطت مواقع هذه الآبار بقاعدة بيانات التحاليل الكيميائية وذلك لإنتاج قاعدة بيانات جيومكانية لآبار منطقة الوفرة وللمساعدة على رسم خرائط التوزيع المكاني لتركيز العناصر المختلفة في منطقة الوفرة.

كما تم تصنيف وتقييم جودة مياه الري وفق تصنيف (Ayers and Westcot (1985 المعتمد من قبل منظمة الأغذية والزراعة العالمية FAO، وتصنيف المنظمة العربية للتنمية الزراعية 2003، وتصنيف Richard (1954) وتصنيف وتقييم (Simsek and Gunduz (2007 المطور عن تصنيف منظمة الأغذية والزراعة العالمية والذي يعتمد في تصنيف نوعية المياه على خمسة مخاطر هي؛ خطر الملوحة Salinity Hazard ، خطر الرشح والنفاذية Infiltration and Permeability Hazard، خطر الأيونات السامة Specific Ion Toxicity، خطر العناصر الثقيلة Trace Elements، خطر التأثيرات المختلفة على المحاصيل الحساسة Miscellaneous Effect to Sensitive Crops (جدول B & A 1). ولكل خطر وزن (Weight) يتدرج من 5 لخطر الملوحة ليصل إلى 1 في حالة التأثيرات المختلفة على المحاصيل الحساسة. ويتم بعد ذلك جمع حاصل ضرب الوزن (Weight) في الدرجة (Rate) التي تقسم لثلاث فئات وهي عالية (3) ومتوسطة (2) ومنخفضة (1) طبقا إلى تركيز المتغير الخاص لكل من المخاطر الخمسة ومن ثم يتم تحديد ملائمة المياه للري وفق المقياس الإجمالي التالي: 15 إلى 22 غير ملائمة، 23 إلى 37 متوسطة الجودة، و38 إلى 45 ملائمة.

وللتعرف على بعض الممارسات الزراعية في منطقة الدراسة ذات العلاقة بجودة مياه الري فقد تم استيفاء استبيان من المزارعين شمل عدة أسئلة تضمنت مستوى التعليم، وطرق الري المستخدمة ونوع وكميات الأسمدة المستخدمة وعدد مرات إضافة الأسمدة، كذلك التعرف على مدى قرب مواقع الآبار المستخدمة للري من حظائر الحيوانات أو أي نشاط قد يسبب تلوثها نظراً لكون خزان مجموعة الكويت غير محصور.

جدول A1 & B1: معايير جودة مياه الري وفق (Simsek and Gunduz, 2007)

Hazard	Weight	Parameter	Range	Rating	Suitability
Salinity hazard	5	Electrical Conductivity (µS/cm)	EC < 700 700 ≤ EC ≤ 3000 EC > 3000	3 2 1	High Medium Low
Infiltration and permeability hazard	4	حسب ما موضح في جدول A1			
specific ion toxicity	3	Sodium adsorption ratio	SAR < 3.0 3.0 ≤ SAR ≤ 9.0 SAR > 9.0	3 2 1	High Medium Low
		Boron (mg/l)	B < 0.7 0.7 ≤ B ≤ 3.0 B > 3.0	3 2 1	High Medium Low
		Chloride (mg/l)	C1 < 140 140 ≤ C1 ≤ 350 C1 > 350	3 2 1	High Medium Low
Trace element	2	حسب ما موضح في جدول B1			
Miscellaneous effect to sensitive crops	1	Nitrate Nitrogen (mg/l)	NO_3 - N < 5.0 5.0 ≤ NO_3 - N ≤ 30.0 NO_3 - N > 30.0	3 2 1	High Medium Low
		Bicarbonate (mg/l)	HCO_3 < 90 90 ≤ HCO_3 ≤ 500 HCO_3 > 500	3 2 1	High Medium Low
		pH	7.0 ≤ pH ≤ 8.0 6.5 ≤ pH < 7.0 and 8.0 < pH ≤ 8.5 pH < 6.5 or pH > 8.5	3 2 1	High Medium Low

جدول A1: معايير جودة مياه الري حسب الصوديوم المتبادل SAR والتوصيل الكهربائي EC (النفاذية)

SAR	< 3	3-6	6-12	12-20	>20	Rating	Suitability
EC µS/cm	> 700	> 1200	> 1900	> 2900	> 5000	3	High
	700-200	1200-300	1900-500	2900-1300	5000-900	2	Medium
	< 200	< 300	< 500	< 1300	< 2900	1	Low

جدول B1: معايير جودة مياه الري اعتماداً على تركيز العناصر الثقيلة

Cons-tituent	Long term use (mg/l)	Short term use (mg/l)	Cons-tituent	Long term use (mg/l)	Short term use (mg/l)
Al	5.0	20.0	Pb	5.0	10.0
As	0.1	2.0	Li	2.5	2.5
Be	0.1	0.5	Mn	0.2	10.0
Cd	0.01	0.05	Mo	0.01	0.05
Cr	0.1	1.0	Ni	0.2	2.0
Co	0.05	5.0	Se	0.02	0.02
Cu	0.2	5.0	V	0.1	1.0
F	1.0	15.0	Zn	2.0	10.0
Fe	5.0	20.0			

النتائج والمناقشة

1. مقارنة نتائج فحص مياه آبار منطقة الوفرة

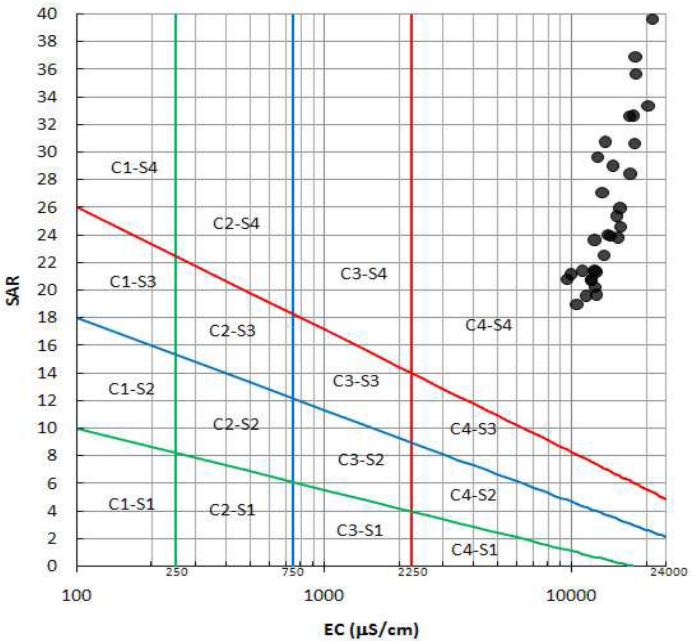
من مقارنة نتائج فحص مياه آبار منطقة الوفرة الزراعية مع المواصفات القياسية لمياه الري في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية يتضح كما مبين في جدول 2 عدم مطابقة جميع آبار الدراسة لهذه المواصفات من حيث الأملاح الذائبة، والتوصيل الكهربائي EC، والكالسيوم، والصوديوم، والكلور. وبلغت نسبة الآبار المطابقة لحدود المغنيسيوم 54.8%، والكبريتات 16.1%، والبيكربونات 45.1%. في حين أن كان الرقم الهيدروجيني وقيم البوتاسيوم لجميع الآبار مناسبة للاستخدامات الزراعية.

جدول 2: مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع المواصفات القياسية لدول مجلس التعاون الخليجي

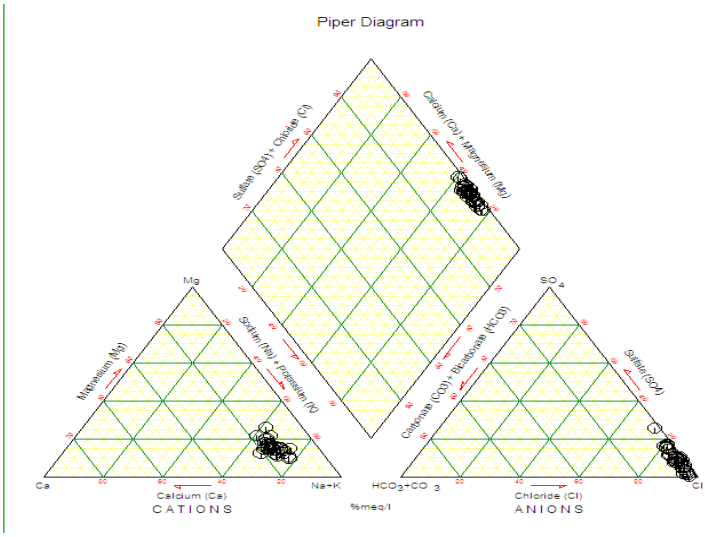
نوع التحليل	المواصفات القياسية	المعدل	أقل قيمة	أعلى قيمة	المطابقة
TDS (ppm)	1500 - 1000	9199	6156	13632	لا
EC (mS/cm)	2.3 – 1.6	14.4	9.6	21.3	لا
pH	8.5 – 6.5	7.1	6.7	7.9	نعم
Ca (Meq/l)	9.98	20	11	30	لا
K (Meq/l)	*12.34	4.5	1.9	12.3	نعم
Mg (Meq/l)	12.34	12	7	18	%54.8
Na (Meq/l)	8.37	104.5	65.2	170.4	لا
Cl (Meq/l)	7.05	117	70	160	لا
HCO_3 (Meq/l)	*5.73	6	2	10	%45.1
SO_4 (Meq/l)	8.32	17.6	0.7	52.2	%16.1

*في المواصفات السعودية فقط، المصدر: (AL-Redhaiman and Abdelmagid, 1999)

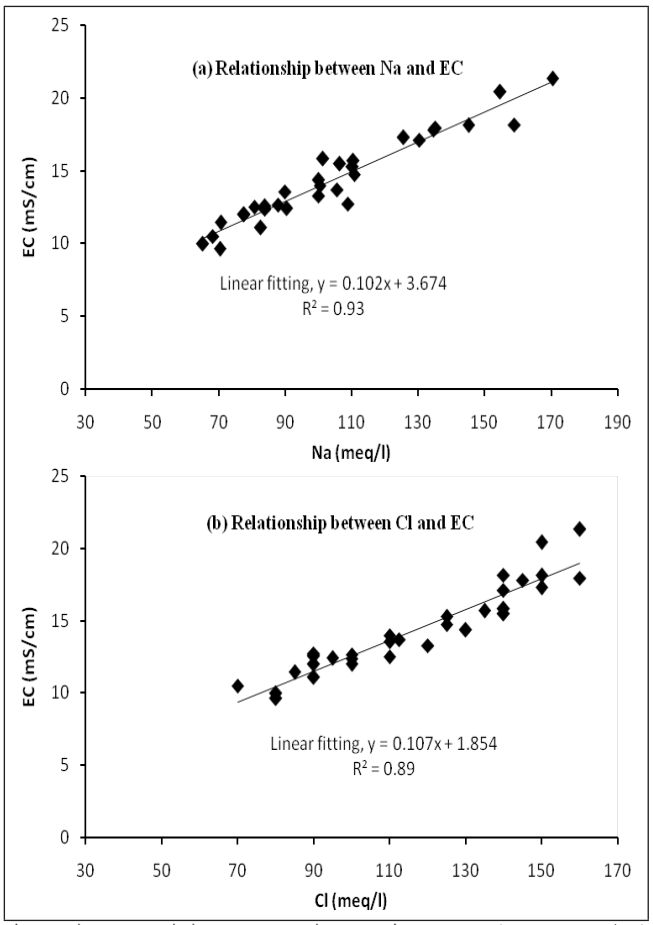
هذا وقد تبين أن مياه الآبار حسب تصنيف (Richard, 1954)، الذي يعتمد على التوصيل الكهربائي للمياه ونسبة ادمصاص الصوديوم SAR، من نوع (C4-S4) أي أنها مياه ذات ملوحة عالية ومحتوى عالي من الصوديوم مما يعني أنها سيئة جداً لأغراض الري (الشكل 4). ولقد أظهرت التحاليل أن عنصر الصوديوم هو الأيون الموجب الرئيس، أما الأيون السالب الرئيس فهو أيون الكلور أي أن سحنة المياه صودية–كلورية. حيث يوضح شكل 5 موضع عينات تحليل المياه على مثلث بايبر وشكل 6 العلاقة القوية بين كل من الصوديوم و الكلور مع التوصيل الكهربائي EC، وهذا يتفق مع نتائج دراسة (Salah *et al*. 1999) و(Al-Awadi, *et., al,* 2003) .



شكل 4: نوعية مياه عينات الآبار في منطقة الوفرة حسب تصنيف (Richard, 1954)



شكل 5: سحنة مياه منطقة الوفرة على مثلث بايبر البياني Piper Diagram



شكل 6: علاقة تركيز كل من الصوديوم والكلور مع التوصيل الكهربائي في مياه الري (EC mS/cm)

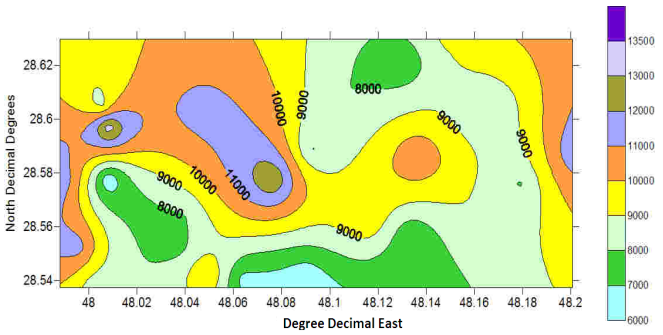
وعند مقارنة نتائج تحاليل آبار المياه الجوفية لمنطقة الوفرة مع المواصفات القياسية لمياه الري في دولة الكويت (جدول 3) تبين مطابقتها من حيث الرقم الهيدروجيني pH؛ وعدم مطابقتها من حيث التوصيل الكهربائي EC والكلور وتطابقت 38.7% من الابار من حيث الكبريتات.

جدول 3: مقارنة نتائج تحاليل آبار المياه الجوفية لمنطقة الوفرة مع المواصفات القياسية لمياه الري بدولة الكويت

الوصف	الحدود المسموح بها	نتائج الدراسة	المطابقة
pH	8.5 < pH < 6.5	7.7 – 6.7	نعم
EC (mS/cm)	أقل من 7	21.3 – 9.62	لا
Cl (Meq/l)	أقل من 10	160 – 70	لا
SO_4 (Meq/l)	أقل من 12	42.2 – 0.7	38.7%

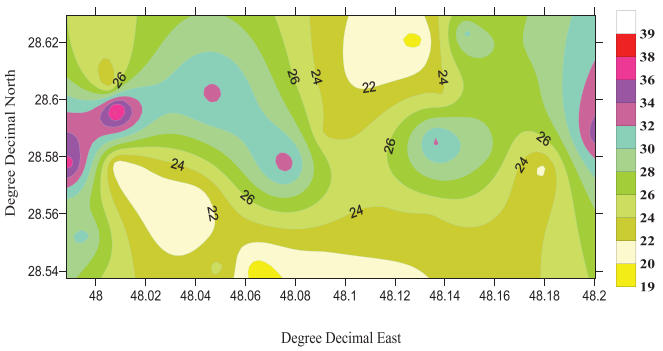
وعند مقارنة نتائج التحاليل مع المواصفات القياسية لمياه الري حسب منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO STAT 2011) طبقا للأملاح الذائبة، تبين أن 32.3% من مياه مجموعة الكويت متوسطة الملوحة و67.8% عالية الملوحة. وتبين حسب تصنيف المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2003) بأن جميع عينات منطقة الدراسة عالية الملوحة ولا تصلح للري إذ يزيد محتوى الأملاح الذائبة في مياه الري عن 1500 (جرام/ل).

وبتطبيق تصنيف (Simsek and Gunduz, 2007) لجودة مياه الري وفق المخاطر الخمس مفردة (انظرجدول 1) تبين أن جميع آبار منطقة الدراسة التي تم فحصها ذات صلاحية منخفضة للري طبقا لمحتواها من الأملاح وذلك لارتفاع قيم التوصيل الكهربائي EC إلى أكثر من 3000 mS/cm (شكل 7).



شكل 7: التوزيع المكاني للأملاح الكلية الذائبة في منطقة الوفرة (ppm)

كما أن جميع العينات ملائمة بشكل كبير للري High Suitability من منظور النفاذية (شكل 8) رغم ارتفاع تركيز أيون الصوديوم، حيث أن وجود أيوني الكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{+2} بتركيز عالي يحجم دور الصوديوم Na^{+} على معقدات التبادل مما يخفف من دور هذا العنصر في تقليل نفاذية التربة. وفيما يخص البورون كانت 74% من الآبار عالية الصلاحية والبقية متوسطة الصلاحية. وصنفت جميع الآبار بالنسبة للكلور بأنها منخفضة الصلاحية لأن جميع القيم أعلى من 350 ملجم/ل.



شكل 8: التوزيع المكاني لنسب ادمصاص الصوديوم SAR

أما بالنسبة لخطر العناصر الثقيلة التي تم تحليلها صنفت جميع الآبار بالنسبة لقيم الرصاص Pb، والكروم Cr، والزنك Zn بأنها تصلح للاستخدام على المدى الطويل، بالإضافة إلى جميع قراءات عنصري الحديد Fe والنحاس Cu باستثناء عينة واحده كانت تصلح للاستخدام على المدى القصير. وفيما يخص الكادميوم Cd كانت جميع العينات غير ملائمة على المديين القصير والطويل. وكانت 87% من الآبار بالنسبة لقيم النيكل Ni تصلح للاستخدام على المدى القصير والبقية على المدى الطويل. وكانت 87% من الآبار بالنسبة لقيم المنجنيز Mn تصلح للاستخدام على المدى الطويل والبقية على المدى القصير. أما خطر التأثيرات المختلفة على المحاصيل الحساسة فقد تبين من التحاليل الكيميائية أن حوالي 84% من الآبار بالنسبة لقيم البيكربونات HCO_3 متوسطة الصلاحية للري، والبقية منخفضة

الصلاحية. وصنفت حوالي 39% من الآبار بأنها عالية الصلاحية بالنسبة للرقم الهيدروجيني pH والبقية متوسطة الصلاحية. وعند حساب المقياس الإجمالي لجودة المياه وفق تصنيف Simsek and (Gunduz 2007) باستثناء متغير النترات-نتروجين NO_3-N تبين بأن القيم الإجمالية تتراوح بين 32 و37 مما يعني بأن المياه تصنف إجمالاً بأنها متوسطة الجودة.

ونسبة لتعذر تحليل النترات-نيتروجين فقد تم تحليل النيتروجين الكلي حيث كانت 45% من الآبـار يزيد فيها تركيز النيتروجين الكلـي عن 5ملـجم/ل وهذا يتفق مع ما جـاءت به دراسـة (AL-Awadi *et al*. 2003) عن ارتفاع قيم النترات في بعض آبار مجموعة الكويت. ولمعرفة سبب ذلك تم وضع عدة أسئلة في الاستبيان الذي تم استيفائه من المزارعين تتعلق باستخدام الأسمدة وقرب حظائر الحيوانات، وذلك لاحتمالية تلوث المياه الجوفية من هذين المصدرين، لاسيما أن تكوين مجموعة الكويت هو تكوين غير محصور (unconfined) وبالتالي هناك احتمالية حصول تلوث للمياه الجوفية من المصادر السطحية. واتضح من نتائج الاستبيان أن 77.9% من مزارع منطقة الدراسة تستخدم الأسمدة في العمليات الزراعية، و 12.9% لا يستخدمونها. أما عن نوع الأسمدة المستخدمة فقد تبين أن 67.7% من المزارع تستخدم أسمدة NPK، و 19.4% منهم يستخدمون أسمدة منفردة لعناصر البوتاسيوم K، والفوسفور P، والنيتروجين N. غير أن هناك إفراط في عمليات التسميد حيث أشار 61.3% من عينة الدراسة أنهم يقومون بعملية التسميد أكثر من مرة في الشهر، ومعظمهم من أصحاب المزارع ذوي التعليم البسيط. وهذا قد يفسر ارتفاع قيم الكادميوم Cd في المياه وعدم ملائمته لاستخدامات الري حيث أنه يدخل في صناعة الأسمدة الكيماوية (العمران *وآخرون*، 2011). أما بالنسبة لحظائر الحيوانات فقد تبين احتواء جميع المزارع التي تمت دراستها على الحيوانات وأن 78.9% من الحظائر تبعد أكثر من 20 متراً عن الآبار و12.1% منها دون 20 متراً، وذلك لغياب القوانين التنظيمية من قبل وزارة الكهرباء والماء التي تمنع إنشاء المباني وإقامة الأنشطة الزراعية والحيوانية بالقرب من آبار المياه الجوفية منعاً لتلوثها.

2. تغير ملوحة مياه الري مع الزمن في منطقة الوفرة

أوضحت نتائج الدراسة الحالية ارتفاع متوسط الأملاح الذائبة في آبار مجموعة الكويت بمنطقة الوفرة الزراعية التي بلغت حوالي 9211 ppm، كما سجل متوسط تركيز الصوديوم والكلور ارتفاعا شديدا وصل بالترتيب إلى 2411 و4118 ملجم/ل، وبلغت نسبة الآبار التي لا تزيد ملوحتها عن 7500 ppm نحو 16.1% من مجمل آبار الدراسة وهو ما تنبأت به دراسة (1994) Al-Sulaimi *et al.* التي بلغ فيها متوسط الأملاح الكلية الذائبة 6984 ppm (جدول 5)، كذلك دراسة (1999) Akber *et al.* التي بينت وجود زيادة ملحوظة في الأملاح التي بلغت 7930 ppm. ومن هذه المقارنة يتبين أن المياه الجوفية بمنطقة الدراسة تعاني تدنياً نوعياً مع الزمن، متمثلا في تزايد تركيز الأملاح فيها، وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تدهور مساحات أكبر من الأراضي الزراعية التي تعتمد عليها كمصدر لمياه الري وبالتالي تهدد استدامة التنمية الزراعية في المنطقة وهذا ما ذكره (AL-Rashed and 2004 AL-Senafy).

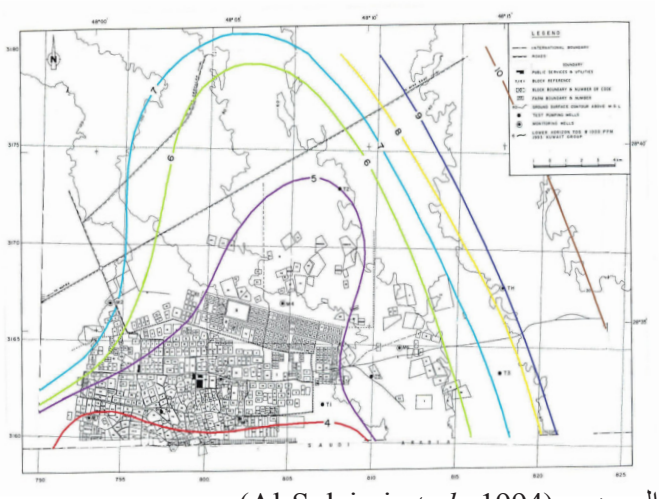
جدول 5: الأملاح الذائبة في منطقة الوفرة لمجموعة الكويت للفترة 1989-2010

نوع التحليل	المدى	1989	1998	2010
TDS (ppm)	أصغر قيمة	4400	5760	6156
	أكبر قيمة	10900	12216	13632
	المتوسط	6984	7930	9211
Ca^{+2} (mg/l)	أصغر قيمة	433	608	220
	أكبر قيمة	959	1460	601
	المتوسط	634	942	392
Na^{+} (mg/l)	أصغر قيمة	754	910	1403
	أكبر قيمة	2079	2671	3902
	المتوسط	1216	1368	2363
K^{+} (mg/l)	أصغر قيمة	39	51	82
	أكبر قيمة	118	209	481
	المتوسط	66	83	180
Mg^{+2} (mg/l)	أصغر قيمة	114	159	85
	أكبر قيمة	242	481	279
	المتوسط	165	234	148
Cl^{-} (mg/l)	أصغر قيمة	1560	2038	2481
	أكبر قيمة	3971	5247	5672
	المتوسط	2373	2918	4171
SO_4^{-2} (mg/l)	أصغر قيمة	1205	759	33
	أكبر قيمة	2500	1822	1983
	المتوسط	1604	1295	704
HCO_3^{-} (mg/l)	أصغر قيمة	122	109	122
	أكبر قيمة	205	177	610
	المتوسط	160	134	352

(المرجع 1989 (AL-Sulaimi al. 1994 et) / المرجع 1998 (Akber et al. 1999)/ المرجع 2010 الدراسة الحاليه)

وكما يوضح الشكل 7 فإن التوزيع المكاني للأملاح الكلية الذائبة يبين أن جزءاً صغيراً من منطقة الوفرة وبالتحديد في المنطقة الجنوبية تحتوي مياهه الجوفية على أملاح كلية ذائبة تتراوح بين 6000 إلى 8000 ppm، بينما تحتوي معظم المنطقة على قيم أكثر من 8000 ppm. وأن الجزء الغربي والشمالي الغربي وكذلك الجزء الشرقي، والشمالي الشرقي القريب من ساحل الخليج العربي تغطيه مياه ذات أملاح كلية ذائبة أكثر من 10000 ppm، أما المواقع التي سجلت قيم أعلى من 12000 ppm. فكانت في وسط الوفرة والجهة الغربية منها. وعلى العموم لا يمثل التوزيع المكاني لقيم الأملاح الكلية الذائبة أي اتجاه محدد. ويمكن افتراض أن هناك تلوث للمياه الجوفية بمياه عالية الملوحة بالجزء الغربي والشرقي من منطقة الوفرة.

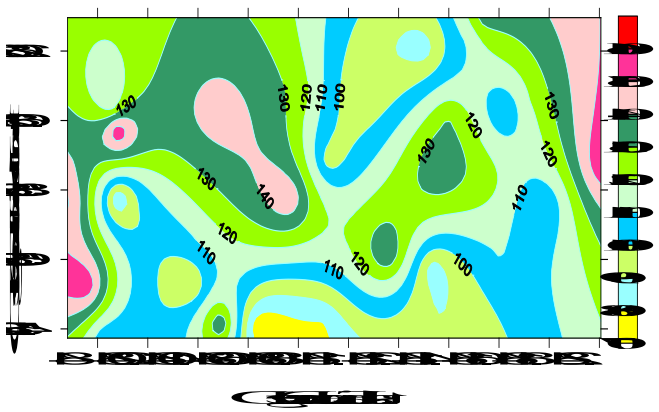
وبمقارنة التوزيع المكاني للأملاح الكلية الذائبة لدراسة (Al-Sulaimi, *et, al.* 1994) الشكل 9، مع بيانات الشكل 7 بالإضافة إلى بيانات الجدول 5 يتضح أن نوعية المياه الجوفية قد تغيرت إلى الأسوأ بشكل كبير، إذ كانت المياه الجوفية ذات الأملاح الكلية الذائبة في حدود 5000 ppm تغطي معظم المنطقة. يدل هذا التغير في غضون 17 عاما على استنزاف المياه الجوفية مسبباً تدنياً ملحوظاً في نوعيتها. ولاشك أن هذا التغير في نوعية المياه وخصوصا في الجزء الغربي له الأثر المباشر على صلاحية نوعية المياه الجوفية للأغراض الزراعية.



المصدر: (Al-Sulaimi *et al*., 1994)

شكل 9: الأملاح الكلية الذائبة (ppm*1000) لخزان مجموعة الكويت في منطقة الوفرة الزراعية

وتبين نتائج الدراسة أن ملوحة مياه مجموعة الكويت تزداد بالاتجاه الغربي لتصل إلى 13000 ppm (شكل 7) بعد أن سجلت هذه الآبار ملوحة قدرها 6000 ppm لعام 1994 (شكل 9) صاحبها زيادة كبيرة في تركيز الكلور (شكل 10) إلى أكثر من 160 ملي مكافئ/ل، مما يشكل خطورة على نمو النباتات نظراً لسمية هذا العنصر عند استخدام تلك المياه في الري. وقد يعود السبب في ذلك إلى وجود بحيرات التبخير للمياه المصاحبة لعمليات استخراج النفط لحقل الوفرة النفطي الواقع غرب مزارع الوفرة، أو احتمالية التسرب تحت السطحي من حقل الوفرة النفطي نتيجة لتآكل أو تلف تغليف الآبار النفطية (Hadi, 1993).



شكل 10: التوزيع المكاني للكلور Cl^- (ملي مكافئ/لتر)

هذا وقد تم تحليل عينتين من المياه المصاحبة للنفط لمعرفة نسبة الأملاح الذائبة بها (جدول 6) حيث تبين أنها تصل إلى أكثر من 100000 ppm، بالإضافة إلى الارتفاع الكبير في قيم الصوديوم والكلور والكبريتيك وهو ما يتفق مع دراسة (Al-Murad, *et al*.) 2009. مما يعني أنها تمثل مصدراً مباشراً للتأثير على نوعية المياه الجوفية في منطقة الوفرة إن لم يتم التخلص منها بطريقة صحيحة خصوصاً وأن خزان الكويت الجوفي من النوع غير المحصور (unconfined).

جدول 6: التحاليل الكيميائية للمياه المصاحبة للنفط

الوصف	العينة الأولى	العينة الثانية
pH	2.81	6.64
EC mS/cm	162.4	164.4
TDS ppm	103936	105216
Ca^{+2} Meq/L	200	200
K^+ Meq/L	290	203
Na^+ Meq/L	1100	1200
Cl^- Meq/L	1250	1500
$SO4^{-2}$ Meq/L	364	129

الاستنتاج والتوصيات

(I) الاستنتاج

1. أثبت تحليل وتقييم نوعية المياه الجوفية لآبار الدراسة في منطقة الوفرة الزراعية (31 بئراً) بأن جميعها لم تطابق المواصفات القياسية الكويتية والخليجية لمياه الري من حيث قيم الأملاح الكلية الذائبة TDS، والتوصيل الكهربائي EC، وتركيز الكلور Cl^-، وتركيز الكالسيوم Ca^{+2}، وتركيز الصوديوم Na^+. كما أن 68% من تلك الآبار متوسطة الملوحة، والباقي عالية الملوحة وذلك طبقا لتصنيف منظمة الأغذية والزراعة FAO. وتعتبر متوسطة الجودة لأغراض الري على حسب معايير (Simsek and Gunduz, 2007) ومن نوع C4-S4 وفق تصنيف (Richard, 1954). ولا تصلح للري طبقا لتصنيف المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2003)، أما سحنتها فهي صودية كلورية.
2. وجدت زيادة في تركيز عنصر الكادميوم Cd في جميع آبار منطقة الدراسة حيث تجاوزت القيم المسموح بها لهذا العنصر والبالغ 0.01 ملي جرام/لتر. كما أظهرت بعض الآبار زيادة في تركيز النيكل Ni^{+2}، وبنسبة أقل لعنصر المنجنيز Mn^{+2}.
3. أدى وجود بحيرات التبخير للمياه المصاحبة لعمليات استخراج النفط لحقل الوفرة النفطي الواقع غرب مزارع الوفرة إلى إرتفاع ملوحة مياه مجموعة الكويت بالاتجاه الغربي لتصل إلى 13000ppm بعد أن سجلت هذه الآبار ملوحة قدرها 6000 ppm عام 1994، كذلك إزدياد تركيز الكلورإلى أكثر من 160 ملي مكافئ/ل، مما يشكل خطورة على نمو النباتات نظراً لسمية عنصر الكلور عند استخدام تلك المياه في الري.
4. بين التوزيع المكاني للأملاح الكلية الذائبة أن المنطقة الجنوبية مياهها الجوفية حاوية على أملاح كلية ذائبة تتراوح بين(6000 و 8000 ppm)، بينما تحتوي معظم المنطقة على قيم أكثر من 8000 ppm. تزداد إلى أكثر من 10000 ppm أحياناً، أما وسط الوفرة وغربها فقد سجل قيم أعلى من 12000 ppm مقارنة مع ملوحة تصل إلى نحو 5000 ppm عام 1994 ما يعكس تدنياً نوعياً في المياه الجوفية.

التوصيات

1. تزايد الملوحة مع الزمن يفرض تطوير الممارسات الزراعية من طرق زراعة حديثة كالزراعة بدون تربة، وطرق ري متطورة للحفاظ على التربة من خطر التملح وكذا منع استنزاف المياه الجوفية في عمليات الغسيل وتلويثها الخزان الجوفي.

2. دعم وتشجيع استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عمليات الري حفاظاً على المياه الجوفية من الاستنزاف والتملح وضمان استدامة الانتاج الزراعي بمنطقة الوفرة.

3. ضرورة المتابعة الدورية للكشف على العناصر الثقيلة الموجودة بالمياه الجوفية، واستقصاء مسببات التلوث بالكادميوم، والبدء بعمليات المعالجة.

4. ضرورة معالجة مشكلة المياه المصاحبة للنفط في حقل الوفرة النفطي درءاً لتدني نوعية مياه مجموعة الكويت القريبة منه.

المراجع

المراجع باللغة العربية

إدارة الأرصاد الجوية الكويت (2011) *بيانات إدارة الأرصاد الجوية محطة مطار الكويت*. مطار الكويت، دولة الكويت.

إدارة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد الكويت (2012) *نظام المعلومات الرقابة البيئية لدولة الكويت eMISK*، إدارة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، الكويت، دولة الكويت.
Available at: http://www.emisk.org

السليمي، جواد؛ أكبر وعدنان (1999) *المياه الجوفية في دولة الكويت*، الطبعة الأولى. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، دولة الكويت، ص ص 13- 26.

العمران، عبد رب الرسول؛ العتر، على؛ نديم، محمود (2011) *جودة مياه الري وطرق تحليلها*. جامعة الملك سعود للنشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، ص ص118& 245 -247.

الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية (2010) *إحصائيات القسائم الزراعية*. الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية، الرياض، المملكة العربية السعودية. (تقرير داخلي).

وزارة الكهرباء والماء الكويت (2009) *كتاب الإحصاء السنوي: قرار رقم 657 لسنة 2003 لتنظيم العلاقة بين الهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية في دولة الكويت وحائزي القسائم الزراعية*. وزارة الكهرباء والماء، الكويت، دولة الكويت.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2003) *دراسات حول مؤشرات رصد التصحر في الوطن العربي*، مكتب المنظمة العربية للتنمية الزراعية التابع لجامعة الدول العربية، الخرطوم، السودان. ص ص 126.
Available at: http://www.aoad.org/ftp/desertification.pdf

المراجع باللغة الإنجليزية

Abhay S; Mondal G; Singh T; Singh S; Tewary B; and **Sinha A** 2012() Hydrogeochemical Processes and Quality Assessment of Groundwater in Dumka and Jamtara Districts, Jharkhand, India. *Environmental Earth Sciences;* **67**(8): 2175-2191.
Available at: http://www.link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-012-1658-3#page-1

Akber A; Sherif M; Ghaneim H; and **AL-Senafy M** (1999) *Evaluation of Current Groundwater Conditions in Al-Wafra and Al-Abdally Farm Areas*: *Kuwait Institute for Scientific Research, Report No. KISR5582*. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.

Alam, M; Rais S; and **Aslam M** (2012) Hydro-chemical Investigation and Quality Assessment of Groundwater in Rural Areas of Delhi, India. *Environmental Earth Sciences*, **66** (1):97-110.

AL-Awadi E; Mukhopadhyay A; Akber A; and **Hadi K** (2003) Distribution of Selected Trace Constituents in the Groundwater of Kuwait. *Advance in Environmental Research*, **7** (2): 367-380.

Almeida C; Quintar S; González P; and **Mallea M** (2008) Assessment of Irrigation Water Quality: Proposal of a Quality Profile. *Environ Monit Assess*, **142** (1-3):149-152.

AL-Murad M; Uddin S; Rashid T; Naseeb H; Al-Qallaf H; Bushehri A; AL-Salman B; Marzouk F ; and **Jomaa M** (2009) *Causes and Effects of Water Table Rise in the Wafra Agricultural Area, Main Report*, *Report No. KISR9940,* Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.

Al Rashed M; and **Al Senafy M** (2004) Assessment of Groundwater Salinization and Soil Degradation in Abdaly Farms, Kuwait. *Sultan Qaboos University Journal for Scientific Research Agricultural and Marine Sciences*, **9** (1): 17-19

Al-Redhaiman KN ; and **Abdel Magid HM** (1999) The Applicability of the Local and International Water Quality Guidelines to Al-Gassim Region of Central Saudi Arabia. *Mansoura University Journal of Agriculture Science,* **24** (7): 3705 - 3717.

AL-Sulaimi J; Viswanathan M; Szekely ; and **Naji M** (1994) *Geohydrological Studies of AL-Wafra and AL-Abdally Farms Area,*

Simsek C; and **Gunduz O** (2007). IWQ index: a GIS-Integrated Technique to Assess Irrigation Water Quality. *Environmental Monit Assess*, **128** (1-3):277-300.

Statescu F; Zauca DC; and **Statescu VS** (2010) Salinity in Arid Zone Soils. *Environmental Engineering and Management Journal*, **9** (4): 541-546.

Tamma RaoG; Gurunadha Rao, VVS; Sarma, VS; Dhakate R; Surinaidu, L; Mahesh J; and **Ramesh G** (2012) Hydrogeochemical Parameters for Assessment of Groundwater Quality in a River Sub Basin. *International Journal of Environmental Science and Technology*, **9** (2): 297-310.

Wilcox L (1955) *Classification and Use of Irrigation Waters, USDA. Circular 969*. Washington DC, USA.
Available at:www.acad.Crlton.edu/curricular /GEOL/classes/geo258/ studentwork/

Final Report. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait. pp520.

AL-Sulaimi J ; Viswanathan M; Naji M; and **Sumait A (**1996) Impact of Irrigation on Brackish Groundwater Lenses in Northern Kuwait. *Journal of Agricultural Water Management*, **31**(1/2): 75-90.

Ayers R; and **Westcot D** (1985) *Water Quality for Agriculture*: *Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1*. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy.
Available at: http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00.htm

Black CA (1965) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties.* American Society of Agronomy, Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA.

FAOSTAT (2011) *The Statistics Division of the FAO*. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy.
Available at:http://www.faostat.fao.org/

Hadi K (1993) *The Impacts of Oil Lakes on the Fresh Groundwater Lenses in Kuwait.* Kuwait Institute for Scientific Research. Kuwait. pp163-172.
Available at:http://www.igme.es/internet/web_aguas/igme/publica/pdflib15/015.pdf

Richard LA (1954) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No 60*, Soil and Water Conservation Research Branch, Agricultural Research Service, USA.

Rosalin D; Madhumita D; and **Shreerup G** (2013) Groundwater Quality Assessment for Irrigation Uses of Banki Sub-Division, Athgarh Basin, Orissa, India. *Journal of Applied Geochemistry,* **15** (1): 88-97.

Salah A; AL-Ruwaih F; and **Shehata M** (1999) Hydrogeochemical Processes Operation Within the Main Aquifers of Kuwait. *Journal of Arid Environments*, **42** (3): 195-209.

Shen Y; Lei H; Yang D and **Kanae S** (2011) Effects of Agricultural Activities on Nitrate Contamination of Groundwater in Yellow River Irrigated Region. *Water Quality: Current Trends and Expected Climate Change Impacts*, **34** (1): 73-80.