


سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

١١٤



تقدير متطلبات غسيل التربة من مياه الري
للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء
بنموذج محاكاة جيو كيميائي

أ.د. ناصر بن عبد العزيز السعران

الجمعية الجغرافية السعودية (ج ج س)

● هيئة التحرير ●

رئيساً.	أ.د. محمد بن عبد الله الصالح
عضواً.	أ.د. سعد بن ناصر الحسين
عضواً.	أ.د. عبد الله بن أحمد الطاهر
عضواً.	د. محمد بن صالح الربدي
عضواً.	د. محمد بن عبد الحميد مشخص

● الهيئة الاستشارية ●

جامعة الكويت.	أ.د. أمل يوسف العذبي الصباح
الجامعة الأردنية.	أ.د. حسن عبد القادر صالح
جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية.	أ.د. عبد الله بن ناصر الوليعي
جامعة الملك سعود.	أ.د. محمد بن عبدالعزيز القباني
جامعة أم القرى.	أ.د. ناصر بن عبد الله الصالح

● المراسلات ●

ص ب ٢٤٥٦ الرياض ١١٤٥١
هاتف: ٤٦٧٨٧٩٨ فاكس: ٤٦٧٧٧٣٢
بريد إلكتروني: sgs@ksu.edu.sa

تعبر البحوث والدراسات التي تنشر في بحوث جغرافية عن آراء كاتبها، ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر هيئة التحرير أو الجمعية الجغرافية السعودية.



بحوث جغرافية

سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

١١٤

تقدير متطلبات غسيل التربة من مياه الري
للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء
بنموذج محاكاة جيوكيميائي

أ.د. ناصر بن عبد العزيز السعران

جامعة الملك سعود الرياض المملكة العربية السعودية

١٤٣٨هـ - ٢٠١٧م

ISSN 1018-1423
Key title =Buhut Gugrafiyya

مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية

أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكي	رئيس مجلس الإدارة.
أ.د. محمد بن صالح الربدي	نائب رئيس مجلس الإدارة.
د. ملهي بن علي الغزواني	أمين المجلس.
د. علي بن عبد الله الدوسري	أمين المال.
د. محمد بن عبد الحميد مشخص	رئيس وحدة الدراسات والتدريب، ومقرر وحدة البرامج الأكاديمية والتوظيف.
د. محمد بن إبراهيم الدغيري	مقرر وحدة النشر الإلكتروني للرسائل العلمية.
د. تغريد بنت حمدي الجهني	مقررة اللجنة الثقافية والإعلامية.
د. عنبرة بنت خميس بلال	مسؤولة النشرة الجغرافية.
أ. محمد بن أحمد الراشد	عضو مجلس الإدارة.

الجمعية الجغرافية السعودية، ١٤٣٨هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

السعران، ناصر بن عبد العزيز

تقدير متطلبات غسيل التربة من مياه الري للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء / ناصر بن عبد العزيز السعران : - الرياض، ١٤٣٨هـ

٣٩ ص؛ ٢٤×١٧ سم - (سلسلة بحوث جغرافية؛ ١١٤)

ردمك: ٩- ١- ٩٠٨٠٦ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- الري- الأحساء (السعودية)- فيزياء التربة أ.العنوان- ب.السلسلة

ديوي ٦٣١.٧ ١٤٣٨/٦١٥

رقم الإيداع: ١٤٣٨/٦١٥

ردمك: ٩- ١- ٩٠٨٠٦ - ٦٠٣ - ٩٧٨

شكر وتقدير

أتقدم بجزيل الشكر للجمعية الجغرافية السعودية على دعم نشر بحثي ضمن سلسلة بحوث جغرافية.

أ.د. ناصر بن عبد العزيز السعران

قواعد النشر في سلسلة بحوث جغرافية

- ١- يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة بحوث جغرافية، نشرها ، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة .
- ٢- يشترط في البحث المقدم للسلسلة ألا يكون قد سبق نشره من قبل.
- ٣- ترسل البحوث باسم رئيس هيئة التحرير.
- ٤- يقدم البحث على (على CD) مطبوع بنظام MS WORD بيئات النوافذ (Windows)، ويترك فراع ونصف بين كل سطر وآخر بخط AL-Hotham للمتن وبالخط Monotype Koufi للعناوين، وبنط ١٦ أبيض للمتن وبنط ١٢ أبيض للهوامش (بنط أسود للآيات القرآنية والأحاديث الشريفة)، ويفرق معه ثلاث نسخ مطبوعة على ورق بحجم A4 ، مع مراعاة أن يكون الحد الأعلى للبحث [٧٥]صفحة، والحد الأدنى [١٥] صفحة.
- ٥- يرسل أصل البحث مع صورتين وملخص في حدود (٢٥٠) كلمة بالفتين العربية والإنجليزية.
- ٦- يراعى أن تقدم الأشكال في هيئة رقمية تقرأ وتعرض بالحاسب الآلي، على برنامج Adope Photoshop أو على هيئة ESO أو تنسيق TIFF على أن تكون أقل درجة وضوح للصور ٣٠٠ نقطة، ومقاس ١٢٠X١٨٠ ملم، وتكون الأشكال الملونة على صيغة RGB. وتقدم الأشكال بالأبيض والأسود على وضعية التنسيق الرمادي.
- ٧- ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين اثنين - على الأقل - في مجال التخصص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في السلسلة.
- ٨- تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم. وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها.
- ٩- يمنح كل باحث أو الباحث الرئيسي لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمساً وعشرين نسخة من البحث المنشور .
- ١٠- تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر باستخدام نظام (اسم / تاريخ)، ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً بالتاريخ ورقم الصفحة. وإذا

- تكرر المؤلف في مرجعين مختلفين ولكن لهما التاريخ نفسه يميز أحدهما بإضافة حرف إلى سنة المرجع. أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر كالتالي :
- أ- الكتب: يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة -إن وجد- ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر. ويفصل بين كل معلومة وأخرى فاصلة مقلوبة.
- ب- الدوريات: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال، (ص ص ٥ - ١٥).
- ج- الكتب المحررة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر. ed. أو محررين eds.) ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر.
- د- الرسائل غير المنشورة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.
- ١١- تستخدم الهوامش فقط عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص.

تعريف بالباحث: أ.د. ناصر بن عبد العزيز السعران، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود.
البريد الإلكتروني: alsaaran@ksu.edu.sa

المخلص

تعتمد التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة في الأراضي الزراعية بالمناطق الصحراوية على التقدير الصحيح لمتطلب غسيل التربة للمحاصيل الزراعية لحماية التربة من التملح، والمحافظة على مصادر المياه من الهدر، وحمايتها من التلوث، وتعظيم المردود الاقتصادي من المشاريع الزراعية. ونظراً لأن واحة الأحساء التي تعدُّ أكبر وأهم الواحات في المملكة العربية السعودية تعاني من شح الموارد المائية وترتبطها عرضة للتملح من جراء الري بمياه هامشية الجودة، فقد هدفت هذه الدراسة إلى تقدير متطلب غسيل التربة للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء بأكبر قدرٍ ممكنٍ من الصحة باستخدام نموذج محاكاة جيوكيميائي يأخذ في الحسبان العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في نظام التربة من أجل توفيرها للهيئات المعنية بإدارة ري المشاريع الزراعية في الواحة؛ لضمان التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة، وتحقيق أكبر قدرٍ من المردود الاقتصادي للإنتاج الزراعي في الواحة. وقد اعتمد على متوسط التركيبة الكيميائية لمياه الري في قنوات الري الرئيسية بالواحة خلال عام ٢٠١٤م كمدخلات لنموذج المحاكاة الجيوكيميائي المستخدم في هذه الدراسة.

وقد دلت نتائج المحاكاة الجيوكيميائية أن متوسط ملوحة التربة في منطقة جذور النبات الناتجة من الري بنوعية المياه الموزعة بقنوات الري الرئيسية بالواحة خلال عام ٢٠١٤م تكون أعلى مما تتحملة غالبية المحاصيل الزراعية منخفضة التحمُّل للملوحة، مثل: الطماطم، والخيار، والسبانخ، والفلفل، والبصل، والباذنجان، والجزر، والخس،

والبرسيم، والذرة، والعنب، والبرتقال، والليمون، والزيتون، حتى عند نسب غسيل عالية تبلغ ٠.٤، مما يجعل زراعتها غير مجدية اقتصادياً في الواحة تحت هذه الظروف. كما دلت النتائج أن متطلب غسيل التربة لمحاصيل النخيل، والجوافة، والكوسة، والقمح، والشعير يبلغ ٠.٣٠ و ٠.٢١ و ٠.١٩ و ٠.١٢ و ٠.٠٦، على التوالي. وعند مقارنة هذه التقديرات بنظيراتها للنموذج التقليدي المعتمد عليه حالياً في تقدير متطلبات غسيل التربة بالواحة، نجد أن النموذج التقليدي يبالغ في تقدير متطلب غسيل التربة للمحاصيل عالية التحمل للملوحة، مثل القمح والشعير، بينما يخسرها للمحاصيل متوسطة وتمدنية التحمل للملوحة، مثل النخيل، لأن النموذج التقليدي يغفل دور ذوبان وترسيب المعادن في نظام التربة على ملوحتها. ونظراً لأن تقدير متطلب غسيل التربة بأقل من القدر الكافي يؤدي إلى تراكم الأملاح الذاتية بمياه الري في منطقة جذور النبات، ومن ثم تراجع إنتاجية المحاصيل الزراعية، وانجراف التربة، وإحداث مشكلات بيئية، بينما تؤدي المبالغة في تقدير متطلب غسيل التربة إلى هدر موارد المياه وإزالة المخصبات من منطقة جذور النبات، ورفع تكلفة الإنتاج الزراعي، وتلويث المياه الجوفية، فإنه يُوصى بأن تتبنى هيئة الري والصرف بالأحساء متطلبات غسيل التربة للمحاصيل الزراعية المقدرة في هذه الدراسة بنموذج المحاكاة الجيوكيميائي لضمان التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة في واحة الأحساء.

١. المقدمة:

تعتمد التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة في المناطق الصحراوية بشكل كبير على التقدير الصحيح لاحتياجات غسيل التربة (leaching requirement *et al*, Corwin, 2011; Letey, *et al*, 2012; Ayars, *et al*, 2012; Grieve, *et al*, 2007). فالأملاح الذائبة في مياه الري تتراكم في منطقة جذور النبات؛ لأن جذور النبات تمتص الماء الصافي تقريباً، تاركةً الأملاح في محلول التربة (Ayars, *et al*, 2012). وتتراكم الأملاح في منطقة جذور النبات يؤثر سلباً على نمو وإنتاجية النبات عن طريق: (١) خفض الجهد الأسموزي osmotic potential مما يحد من مقدرة جذور النبات على امتصاص الماء، (٢) سمية toxicity لبعض الأيونات للنبات، مثل أيونات البورون (B^-) والكلور (Cl^-) والصوديوم (Na^+)، (٣) الإخلال بتوازن المغذيات nutrient imbalance في محلول التربة، (٤) التأثير السلبي على الخصائص الفيزيائية للتربة، مثل: النفاذية permeability والحث tilth (Ayars, *et al*, 2012; Letey, *et al*, 2011; Corwin, *et al*, 2007; Grieve, *et al*, 2012). لذلك يجب ري المحاصيل الزراعية بأكثر من متطلباتها المائية crop's water requirement لكي تغسل المياه الزائدة الأملاح إلى الأسفل من منطقة جذور النبات بحيث تبقى الملوحة في منطقة جذور النبات ضمن الحد الذي لا يؤثر على نمو النبات وإنتاجيته (Letey, *et al*, 2012; Ayars, *et al*, 2011). وفكرة احتياجات غسيل التربة قد طورت في مختبر الملوحة الأمريكي U.S. Salinity Laboratory في الخمسينيات من القرن العشرين

كأداة لإدارة مشاريع الري الزراعية للتحكم في ملوحة التربة (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). وقد بني مفهوم متطلب غسيل التربة على فكرة نسبة الغسيل leaching fraction التي يقصد بها نسبة الجزء من مياه الري الذي يعبر إلى الأسفل من منطقة جذور النبات إلى مقدار مياه الري المتشربة infiltrated على سطح التربة كما في المعادلة التالية (Ayars, et al, 2012):

$$(١) \quad LF = \frac{D_d}{D_i}$$

حيث إنَّ:

LF = نسبة الغسيل إلى الأسفل من منطقة جذور النبات

D_d = عمق مياه الري التي تعبر إلى الأسفل من منطقة جذور النبات (مم)

D_i = عمق مياه الري المتشربة على سطح التربة (مم)

وبناءً على مفهوم نسبة الغسيل يُعرف مصطلح متطلب غسيل التربة على أنه أقل نسبة غسيل قادرة على إبقاء ملوحة التربة دون الحد الذي يؤثر على نمو وإنتاجية المحصول الزراعي عند ريه بمياه من نوعية محددة (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954; Rhoades, 1992; Ayars, et al, 2012; Letey, et al. 2011). وحيث إنَّ مقدار الري اللازم للمحاصيل الزراعية irrigation requirement عبارة عن الاحتياجات المائية للمحصول الزراعي crop's water requirement مضاف إليها احتياجات غسيل التربة كما في المعادلة الآتية (Letey, et al, 2011):

$$(٢) \quad IR_{i,j} = CWR_i \times \frac{1}{1 - LR_{i,j}}$$

حيث إنَّ:

$$IR_{i,j} = \text{متطلب الري للمحصول } i \text{ المرروي بماء من النوعية } j$$

$$CWR_i = \text{الاحتياجات المائية للمحصول } i$$

$$LR_{i,j} = \text{متطلب الغسيل للمحصول } i \text{ المرروي بماء من النوعية } j.$$

فإنه عندما يقدر متطلب غسيل التربة بأقل من القدر الكافي ينتج عنه ري المحصول الزراعي بأقل من متطلب الري للمحصول، فلا يكون كافياً لغسل الأملاح من منطقة جذور النبات، مما يؤدي إلى تراكم الأملاح الذائبة بمياه الري في منطقة جذور النبات، ومن ثم تراجع الإنتاجية المحاصيل الزراعية، وانجراف التربة، وإحداث مشكلات بيئية (Letey, et al, 2011; Ayars, et al, 2012; Grieve, et al, 2012). وعلى النقيض من ذلك، يؤدي تقدير متطلب غسيل التربة بأكثر من القدر المطلوب إلى ري المحصول الزراعي بأكثر من متطلب الري للمحصول، مما يحدث هدر لموارد المياه وإزالة المخصبات من منطقة جذور النبات، ورفع تكلفة الإنتاج الزراعي، وتلويث المياه الجوفية (Letey, et al, 2011; Ayars, et al, 2012). لذلك يجب تقدير متطلب غسيل التربة بأكبر قدرٍ من الصحة للمحافظة على موارد المياه من الاستنزاف غير المبرر، والمحافظة على المياه الجوفية من التلوث والحيلولة دون تملح التربة، وتعظيم المردود الاقتصادي من المشاريع الزراعية (Ayars, et al, 2012).

ولأنَّ واحة الأحساء، التي تعدُّ أكبر وأهم الواحات الزراعية في شبه الجزيرة العربية، وتعتمد الزراعة فيها بشكل كلي على الري بمياه هامشية الجودة عرضة

لتملح التربة وتلوث المياه الجوفية (Abderrahman and Ukayli, 1984) Abderrahman, 1988)، فإن هذه الدراسة تهدف إلى إعادة تقدير متطلب غسيل التربة للمحاصيل الأكثر شيوعاً في الجزء من الواحة الذي يستمد مياه الري من قنوات الري التابعة لهيئة الري والصرف بالأحساء بنموذج محاكاة جيوكيميائي متطور توصي به الدراسات الحديثة، ويأخذ في الحسبان تداخل العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في نظام التربة ليعطي تقديرات أكثر صحة لكي تعتمد عليها إدارة ري المشاريع الزراعية بالواحة؛ لضمان التنمية المستدامة للموارد المائية والتربة الزراعية، وتعظيم المردود الاقتصادي للمحاصيل الزراعية والمحافظة على البيئة من التلوث في واحة الأحساء.

٣. منطقة الدراسة:

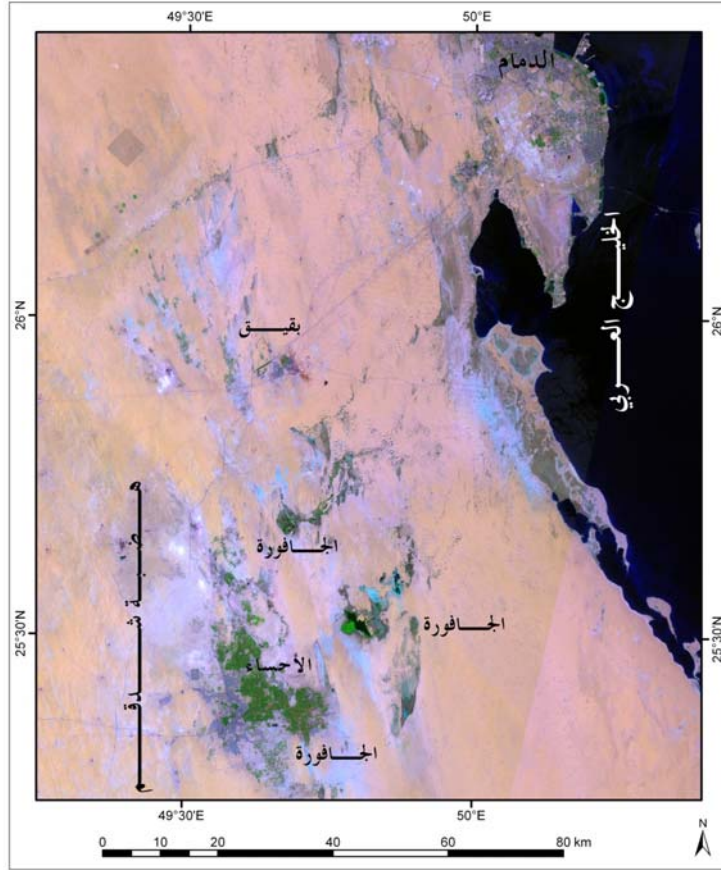
تعدُّ واحة الأحساء أكبر وأهم الواحات الزراعية في شبه الجزيرة العربية عبر التاريخ، وتقع في محافظة الأحساء بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية على بعد نحو ٦٠ كم إلى الشرق من ساحل الخليج العربي في سهل تحاتي، بين دائرتي عرض $25^{\circ}18'$ ، و $25^{\circ}39'$ شمالاً، وخطي طول $49^{\circ}31'$ و $49^{\circ}46'$ شرقاً، وتحاصرها كثبان نفود الجافورة من الشمال والشرق والجنوب، وتحدها هضبة شدقم التي تمثل منكشف متكون اللددام الجيري من الغرب (الشكل رقم ١). وينحدر سطح الأرض في الواحة تدريجياً من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي، حيث يبلغ ارتفاع سطح الأرض نحو ١٥٥ متر فوق مستوى سطح البحر في طرف الواحة الجنوبي الغربي، بينما لا يتجاوز ارتفاعه في الطرف الشمالي الشرقي من الواحة ١١٠ أمتار فوق مستوى سطح البحر. وتعاني واحة الأحساء من

الزحف المستمر للكثبان الرملية على أطرافها من جهة (Stevens, 1974)، ومن التوسع العمراني على حساب الرقعة الزراعية من جهة أخرى، حيث تحتضن الواحة مدينتي الهفوف والمبرز، بالإضافة إلى العديد من القرى، أهمها العيون، والعمران، والجشة، والمطيرفي، والطرف، والشعبية، والكلابية، والجليجلة، والوزية، والمراح (الشكل رقم ٢). ويُصنّف مناخ واحة الأحساء على أنه جاف جداً hyper-arid، حيث يبلغ معدل التبخر- نتح الإمكانية (potential evapotranspiration) السنوي نحو ١٩٨٠ مم (السعران، ٢٠٠٦م)، بينما لا يتجاوز معدل الأمطار السنوية ٧١ مم علاوة على تذبذبها الكبير من عام لآخر، وعدم انتظام موسم سقوطها (الطاهر، ١٩٩٩م)، مما يحتم اعتماد الإنتاج الزراعي بالواحة على الري اعتماداً كلياً، ويجعل التربة عرضة للملح إذا اعتمدت إدارة الري على تقديرات غير صحيحة لاحتياجات الري للمحاصيل الزراعية. وتُصنّف تربة واحة الأحساء حسب التصنيف الأمريكي للتربة (US soil taxonomy) على مستوى الرتب على أنها تربة جافة (Aridisols)، وتربة حديثة (Entisols)، وتربة ضعيفة التطور (Inceptisols). وتشمل التربة الجافة بالواحة تحت رتبة واحدة هي تربة الأورثيدز (Orthids)، وتضم ثلاث مجموعات عظمية، هي تربة الأورثيدز الكلسية (Calciorthids)، وتربة الأورثيدز الجبسية (Gypsiorthids)، وتربة الأورثيدز الملحية (Salorthids). كما تشمل التربة الحديثة بالواحة تحت رتبة التربة الحديثة الطميية (Orthents)، وتحت رتبة التربة الحديثة الرملية (Psamments) واللان يتبع لهما على مستوى المجموعات العظمية تربة التوري اورثنتس (Torriorthents)، وتربة التوري سامنتز (Torripsamment)، على التوالي. أما التربة ضعيفة التطور في الواحة فينتهي إليها

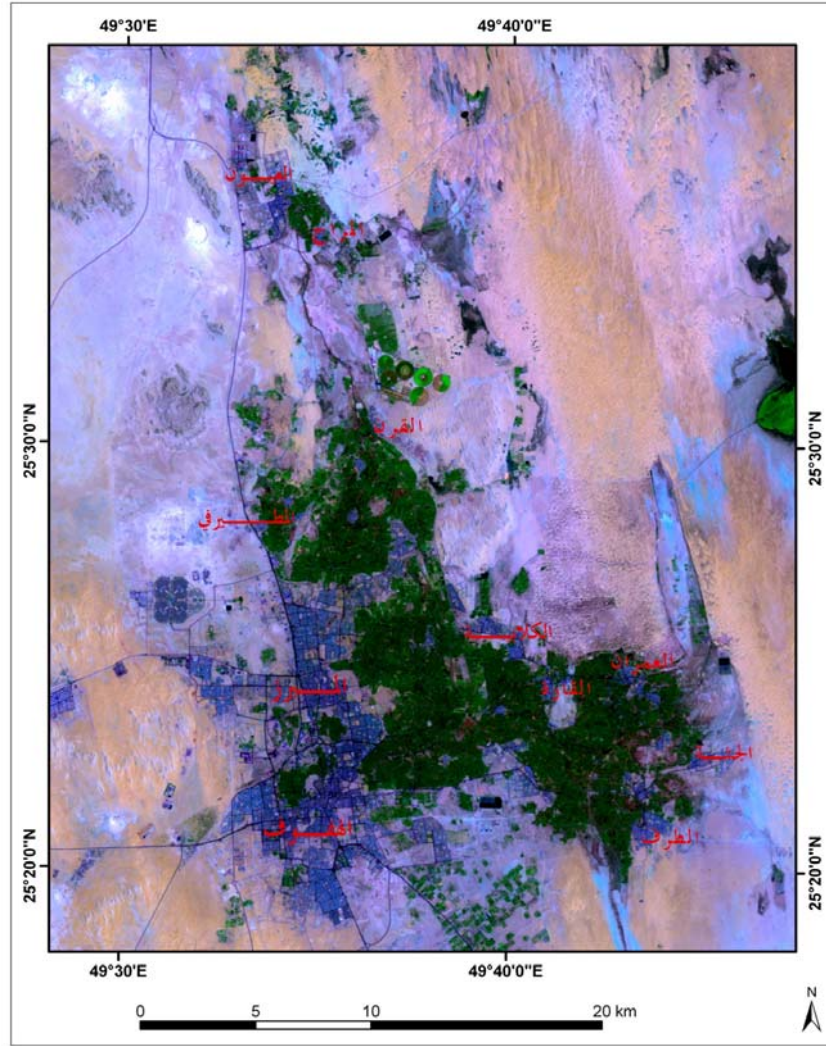
تحت رتبة التربة ضعيفة التطور المائية (Aquets)، التي ينحدر منها تربة هابلاكويتس (Haplaquepts) على مستوى المجموعات العظمى (الفهيد، ٢٠١٠م).

شكل رقم (١): مرئية فضائية (Land TM, 741, RGB)

مصححة هندسياً ومسقطة (UTM) توضح موقع واحة الأحساء



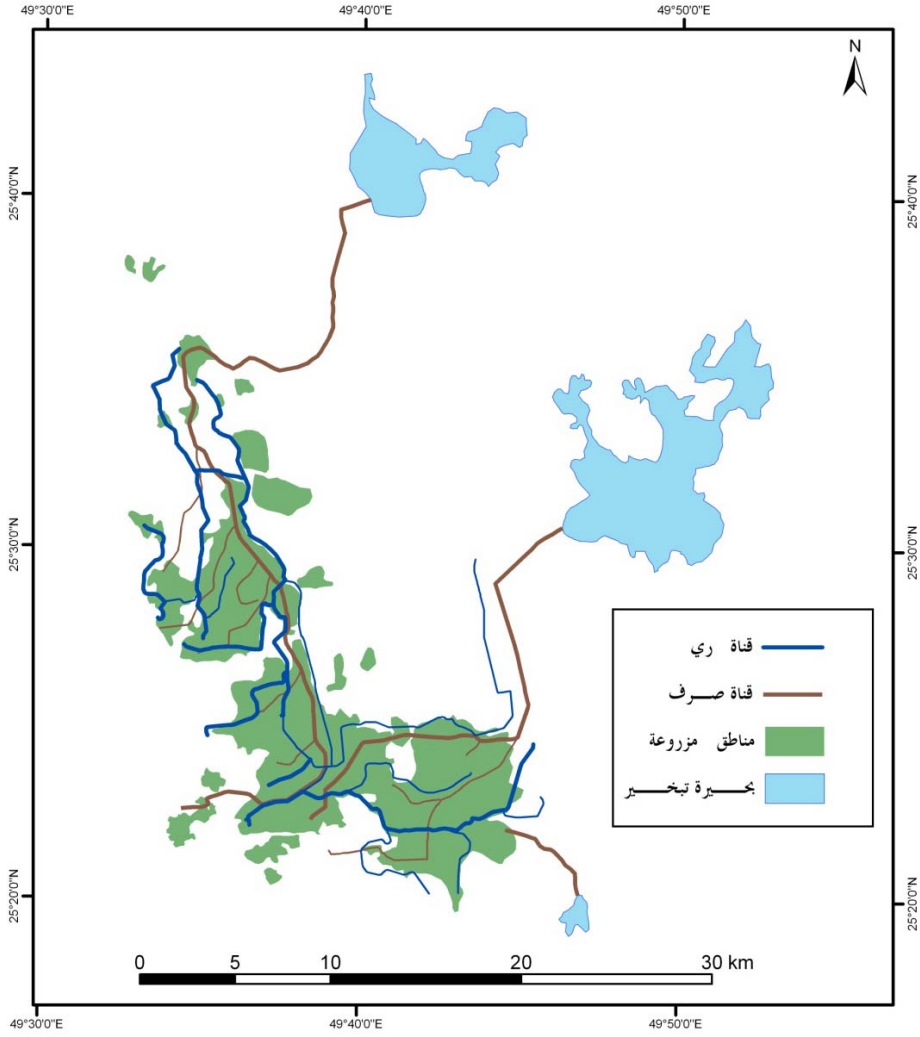
شكل رقم (٢): مرئية فضائية (Land TM, 741, RGB) مصححة هندسياً ومسقطة (UTM) توضح الامتداد الجغرافية للرقعة الزراعية في واحة الأحساء



وقد اشتهرت واحة الأحساء عبر التاريخ بإنتاجها الزراعي الوفير القائم على الري بمياه العيون التي كانت تتدفق تلقائياً على مدار العام؛ لأن الضغط البيزومتري للمياه الجوفية في مكنم النيوجين Neogene الذي يمدّها بالمياه عبر قنوات وشقوق كارستية كان أعلى من مستوى سطح الأرض في الواحة. ويتألف مكنم النيوجين في واحة الأحساء من ثلاثة تكوينات جيولوجية، هي: تكوين الهيدروك (Hadruk) في الأسفل، ويرجع لعصر الميوسين السفلي (Lower Miocene)، وتكوين اللدام (Dam) في الوسط، ويرجع لعصر الميوسين الأوسط (Middle Miocene)، وتكوين الهفوف في الأعلى ويرجع لعصر الميوسين العلوي (Upper Miocene) والبلايوسين (Pliocene). وعلى الرغم من أن مكنم النيوجين في واحة الأحساء مفصول عن مكنم أم رضة إلى الأسفل منه بطبقة تكوين أم الروس غير منفذة للمياه، إلا أن المكنمين متصلان هيدروليكيًا في منطقة محدودب الغوار الواقع إلى الغرب من الواحة بسبب تآكل وتشقق طبقة تكوين أم الروس هناك، مما يسمح بتدفق المياه من مكنم أم رضة إلى مكنم النيوجين إلى الأعلى منه نتيجة لفارق الضغط البيزومتري للمياه الجوفية في المكنمين (BRGM, 1977). وسعيًا من وزارة الزراعة والمياه لرفع كفاءة الري في الواحة والحد من تملح التربة فيها أنشأت الوزارة في أواخر الستينات من القرن العشرين مشروع كبير للري والصرف في الواحة يوزع مياه الري للمستهلكين بواسطة شبكة من قنوات ري خرسانية مفتوحة رئيسية وفرعية يبلغ مجموع أطوالها نحو ١٥٢٥ كم، ويصرف المياه من التربة بواسطة شبكة من قنوات

صرف ترابية مفتوحة رئيسية وفرعية يبلغ مجموع أطوالها نحو ١٥٢٧ كم لينتهي بها المطاف إلى ثلاث بحيرات تبخير خارج حدود الواحة (شكل ٣). وقد تم إنجاز المشروع عام ١٩٧١م، وأوكلت مهمة إدارته إلى هيئة الري والصرف بالأحساء التابعة للوزارة. ومع تعاظم ضخ المياه الجوفية من مكمن النيوجين في الواحة والمناطق المجاورة من خلال الآبار الأنبوبية للأغراض الزراعية والمدنية من قبل الجهات المختلفة والمزارعين في الستينيات والسبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين بمعدلات تفوق معدل التغذية الطبيعية لمكمن النيوجين بشكل كبير، تدرج انخفاض منسوب المياه الجوفية في المكمن إلى أن توقف التدفق التلقائي لمياه العيون بالواحة بشكل تام عام ١٩٨٧م، مما اضطر هيئة الري والصرف بالأحساء لحفر آبار أنبوبية في مكمن النيوجين، وضخ المياه الجوفية لسد حاجات مشروع الري القائم بالواحة. ونظراً لعدم كفاية المياه الجوفية لسد حاجات مشروع الري بسبب الانخفاض المستمر لمنسوب المياه الجوفية في المكمن، اضطرت هيئة الري والصرف بالأحساء للجوء لمصادر مياه غير تقليدية لسد حاجات مشروع الري، فبدأت بإعادة ضخ مياه الصرف الزراعي في قنوات الري منذ عام ١٩٨٠م، وضخ مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً في قنوات الري منذ عام ١٩٨٧م لتصل نسبة مساهمة المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً إلى ٣٠٪، ٢٢٪، ٤٨٪، على التوالي، عام ٢٠١٢م، مع توقع لزيادة نسبة مساهمة مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً عندما يكتمل مشروع جلبها من محطات المعالجة في مدينتي الخبر والدمام (هيئة الري والصرف بالأحساء، ٢٠١٣م).

شكل رقم (٣): شبكتي قنوات الري والصرف في واحة الأحساء.



٣. منهج البحث وأساليبه:

٣-١ : العمل الميداني:

تم أخذ عينات المياه في الميدان بالطرق القياسية (U.S. Geological Survey, 2006) على أربع فترات في الفصول الأربعة لعام ٢٠١٤م من قنوات الري الرئيسية بشبكة الري التابعة لهيئة الري والصرف بالأحساء بعد أن تضخ فيها المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً.

٣-٢ : العمل المخبري:

قيس تركيز الكاتيونات الرئيسية (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) بجهاز قياس طيف الامتصاص الذري (atomic absorption spectrophotometer) عالي الصحة والدقة والمعايير مسبقاً (Fishman and Friedman, 1989) وقياس تركيز الأنيونات الرئيسية (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) بجهاز كروماتوغراف الأيونات Ion chromatography (Fishman and Friedman, 1989) بعد حل العينات بالماء المقطر ثنائياً double distilled والمستنفذ الأيونات deionized ليكون تركيز الأيونات في المدى الموصى به للأجهزة المستخدمة.

٣-٣ : حساب المتوسط السنوي لتركيز الأيونات في مياه الري:

حُسب المتوسط الحسابي السنوي لتركيز الأيونات في مياه الري كما يلي:

$$(٣) \quad C_{i,j} = \frac{1}{n \times m} \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^n C_{i,j,s}$$

حيث إنَّ:

$$C_{i,j} = \text{المتوسط السنوي لتركيز الأيون } i \text{ في مياه الري}$$

$$C_{i,j,s} = \text{تركيز الأيون } i \text{ في مياه الري من القناة } j \text{ في الموسم } s$$

$$n = \text{عدد المواسم التي قيس فيها تركيز الأيونات في مياه الري خلال عام ٢٠١٣م (٤ مواسم).}$$

$$m = \text{عدد قنوات الري الرئيسية}$$

$$3 - 4: \text{تقدير متطلب غسيل التربة}$$

النموذج التقليدي لتقدير متطلب غسيل التربة المطور في السبعينيات من القرن العشرين يعتمد على فرضية الحالة المستقرة steady-state ولا يأخذ في الحسبان سوى الملوحة الكلية لمياه الري (بغض النظر عن التركيبة الكيميائية) ودرجة تحمل المحصول الزراعي للملوحة كما في المعادلة الآتية (Ayars, et al. 2012):

$$(4) \quad LR_{i,j} = \frac{EC_j}{5EC_{e,i}^* - EC_j}$$

حيث إنَّ:

$$EC_j = \text{التوصيل الكهربائي (mS cm}^{-1}\text{) لمياه الري}$$

$$EC_{e,i}^* = \text{الحد الأعلى للتوصيل الكهربائي (mS cm}^{-1}\text{) لمستخلص عجينة التربة الذي}$$

يستطيع المحصول I تحمله دون أن تتدنى إنتاجيته (الجدول رقم ١).

ومع أن النموذج التقليدي لتقدير متطلب غسيل التربة ما زال يُستخدم في بعض أنحاء العالم، مثل واحة الأحساء، إلا أن الدراسات الحديثة تؤكد أنه يبالغ في تقدير

متطلب غسيل التربة ؛ لأنه لا يأخذ في الحسبان تأثير الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في هواء التربة، وعمليات ترسب المعادن من محلول التربة وذوبانها فيه (Ayars, et al. 2012) مما يترتب عليه ري المحصول الزراعي بأكثر من متطلب الري للمحصول، وبالتالي هدر لموارد المياه، وإزالة المخصبات من منطقة جذور النبات، ورفع تكلفة الإنتاج الزراعي، وتلويث المياه الجوفية (Letey, et al, 2011). لذلك توصي الدراسات الحديثة باستخدام نماذج المحاكاة الجيوكيميائية التي تأخذ في الحسبان عمليات ترسب المعادن من محلول التربة وذوبانها فيه، مثل: WATSUIT، و UNSATCHEM (Ayars, et al, 2012; Letey and Feng, 2007).

وعليه استخدمت هذه الدراسة لتقدير متطلب غسيل التربة نموذج المحاكاة الجيوكيميائية WATSUIT (USDA-ARS, 1991) الذي يأخذ في الحسبان العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في نظام التربة خاصة تركيز الأملاح الذائبة في مياه الري، والضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في هواء الآفاق المختلفة من التربة بمنطقة جذور النبات، ومقدار متصاص جذور النبات للماء من الآفاق المختلفة للتربة بمنطقة جذور النبات، وتكون المركبات غير الأيونية في محلول التربة، وعمليات ترسب معدني الكالسيت $CaCO_3$ والجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ من محلول التربة وذوبانها فيه، ونسبة الغسيل إلى الأسفل من منطقة جذور النبات. ويقدر نموذج المحاكاة الجيوكيميائية WATSUIT متطلب غسيل التربة كما يلي:

أ. الأخذ في الحسبان تركيز أيونات الصوديوم Na^+ والكالسيوم Ca^{2+} والمغنيسيوم Mg^{2+} والبوتاسيوم K^+ والكلور Cl^- والسلفات $SO_4^{=}$ والبيكربونات HCO_3^- والكربونات $CO_3^{=}$ في مياه الري.

ب. تقسيم منطقة جذور النبات إلى أربعة آفاق، وتعين مقدار الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون، ونسبة امتصاص جذور النبات للماء في كل أفق، كما في الجدول رقم (٢).

ج. حساب نسبة تركيز الأيونات في محلول التربة عند السعة الحقلية field capacity الناتجة عن امتصاص جذور النبات للماء شبه الصافي من الأفق المعني، وغسيل الأملاح منه بواسطة الماء المتسرب إلى الأسفل من الأفق المعني في كل أفق من آفاق التربة تتابعياً ابتداءً من الأفق العلوي باستخدام المعادلة الآتية:

$$f_d = \frac{20}{(1 - LF)d^2 + 9(LF - 1)d + 20} \quad (٥)$$

حيث إن:

جدول رقم (١): القيم الحدية للملحة مستخلص معجون التربة المستخدمة لتحديد متطلب غسيل

التربة للمحاصيل المختارة (Grieve, et al, 2012)

القيمة الحدية للملوحة (mS/cm)	المحصول		
	الاسم العلمي	الاسم بالإنجليزية	الاسم بالعربية
4.0	Phoenix dactylifera L.	Date palm	نخيل التمر

4.7	Psidium guajava L.	Guava	الجوافه
1.5		Clover, berseem	برسيم
11.4	Secale cereal L.	Rye	شيلم
6.0	Triticum aestivum L.	Wheat	قمح
8.0	Hordeum vulgare L.	Barley	شعير
4.9	C. pepo L. var melopepo (L.) Alef.	Squash, zucchini	كوسة

جدول رقم (٢): مقادير الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون ونسب امتصاص جذور

النبات للماء في آفاق التربة المستخدمة في نموذج WATSUIT

نسبة امتصاص جذور النبات للماء %	الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون (kPa)	الأفق
0	0.07	٠
40	0.5	١
30	1.5	٢
20	2.3	٣
10	3.0	٤

$f_d =$ نسبة تركيز الأيونات في محلول التربة عند السعة الحقلية في

الأفق d

d = رقم الأفق (مياه الري = ٠ ، الأفق العلوي = ١ ، ، الأفق

السفلي = ٤)

د. تقدير تركيز الأيونات في محلول التربة عند السعة الحقلية في كل أفق بناءً على

تركيز الأيون في مياه الري ونسبة التركيز المحسوبة في الخطوة أعلاه كما يلي:

$$C_{i,d} = f_d C_{i,iw} \quad (٦)$$

حيث إن:

$C_{i,d}$ = تركيز الأيون i في محلول التربة عند السعة الحقلية في الأفق d

$C_{i,iw}$ = تركيز الأيون i في مياه الري

هـ. حساب تركيز الأيونات في محلول التربة عند السعة الحقلية في كل أفق عند الاتزان الثرموديناميكي لمحلول التربة مع كل من الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في هواء التربة ومعدني الكالسيوم والجبس (في حالة تشبع المحلول بالنسبة لأي منهما) عن طريق الحل العددي numerical للمعادلات الآتية مجتمعة:

(١) معادلات حفظ الكتلة mass conservation للعناصر الكيميائية

الرئيسية والكربونات والبيكربونات في المحلول المائي:

$$Ca_T = [Ca^{2+}] + [CaSO_4^0] + [CaCO_3^0] + [CaHCO_3^+] \quad (٧)$$

$$Mg_T = [Mg^{2+}] + [MgSO_4^0] + [MgCO_3^0] + [MgHCO_3^+] \quad (٨)$$

$$Na_T = [Na^+] + [NaSO_4^-] + [NaCO_3^-] + [NaHCO_3^0] \quad (٩)$$

$$K_T = [K^+] + [KSO_4^-] \quad (١٠)$$

$$(١١) \quad SO_{4,T} = [SO_4^{2-}] + [CaSO_4^0] + [MgSO_4^0] + [NaSO_4^-] + [KSO_4^-]$$

$$(١٢) \quad Cl_T = [Cl^-]$$

$$(١٣) \quad CO_{3,T} = [CO_3^{2-}] + [CaCO_3^0] + [MgCO_3^0] + [NaCO_3^-]$$

$$(١٤) \quad HCO_{3,T} = [HCO_3^-] + [CaHCO_3^+] + [MgHCO_3^+] + [NaHCO_3^0]$$

حيث إن :

$$[] = \text{تركيز الأيون في المحلول المائي (مليمول/لتر)}$$

(٢) معادلة توازن الشحنة charge balance للأيونات في محلول التربة :

$$(١٥) \quad \left[\begin{aligned} &2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+] + [CaHCO_3^+] + [H^+] \\ &- 2[CO_3^{2-}] - [HCO_3^-] - 2[SO_4^{2-}] - [Cl^-] \\ &- [OH^-] - [NaCO_3^-] - [NaSO_4^-] - [KSO_4^-] \end{aligned} \right] = 0$$

(٣) معادلة فعل الكتلة mass action لتحلل الماء :

$$(١٦) \quad K_1 = \frac{(H^+)(OH^-)}{(H_2O)}$$

حيث إن :

$$K_1 = \text{ثابت تحلل الماء}$$

() = فاعلية activity الأيون في المحلول المائي (مليمول/لتر).

(٤) معادلة فعل الكتلة لذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء :

$$(١٧) \quad K_2 = \frac{(H_2CO_3^*)}{P_{CO_2}(H_2O)}$$

حيث إن:

$$K_2 = \text{ثابت ذائبية غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء}$$

$$p_{CO_2} = \text{الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في هواء التربة.}$$

(٥) معادلتى فعل الكتلة لتحلل ثاني أكسيد الكربون الذائب في محلول التربة:

$$(١٨) \quad K_3 = \frac{(H^+)(HCO_3^-)}{(H_2CO_3^*)}$$

$$(١٩) \quad K_4 = \frac{(H^+)(CO_3^{2-})}{(HCO_3^-)}$$

حيث إن:

$$K_3 = \text{ثابت تحلل حمض الكربونيك}$$

$$K_4 = \text{ثابت تحلل البيكربونات.}$$

(٦) معادلات فعل الكتلة لتفاعلات تكوين المركبات الثانوية

complexation في المحلول المائي:

$$(٢٠) \quad K_5 = \frac{(Ca^{2+})(SO_4^{2-})}{(CaSO_4^0)}$$

$$(٢١) \quad K_6 = \frac{(Ca^{2+})(CO_3^{2-})}{(CaCO_3^0)}$$

$$(٢٢) \quad K_7 = \frac{(Ca^{2+})(HCO_3^-)}{(CaHCO_3^+)}$$

$$(٢٣) \quad K_8 = \frac{(Mg^{2+})(SO_4^{2-})}{(MgSO_4^0)}$$

$$(٢٤) \quad K_9 = \frac{(Mg^{2+})(CO_3^{2-})}{(MgCO_3^0)}$$

$$\begin{aligned}
 (٢٥) \quad K_{10} &= \frac{(Mg^{2+})(HCO_3^-)}{(MgHCO_3^+)} \\
 (٢٦) \quad K_{11} &= \frac{(Na^+)(SO_4^{2-})}{(NaSO_4^-)} \\
 (٢٧) \quad K_{12} &= \frac{(Na^+)(CO_3^{2-})}{(NaCO_3^-)} \\
 (٢٨) \quad K_{13} &= \frac{(Na^+)(HCO_3^-)}{(NaHCO_3^0)} \\
 (٢٩) \quad K_{14} &= \frac{(K^+)(SO_4^{2-})}{(KSO_4^-)}
 \end{aligned}$$

حيث إنَّ:

- K_5 = ثابت تحلل كبريتات الكالسيوم الذائبة.
- K_6 = ثابت تحلل كربونات الكالسيوم الذائبة.
- K_7 = ثابت تحلل بيكربونات الكالسيوم الذائبة.
- K_8 = ثابت تحلل كبريتات المغنسيوم الذائبة.
- K_9 = ثابت تحلل كربونات المغنسيوم الذائبة.
- K_{10} = ثابت تحلل بيكربونات المغنسيوم الذائبة.
- K_{11} = ثابت تحلل كبريتات الصوديوم الذائبة.
- K_{12} = ثابت تحلل كربونات الصوديوم الذائبة.
- K_{13} = ثابت تحلل بيكربونات الصوديوم الذائبة.
- K_{14} = ثابت تحلل كبريتات البوتاسيوم الذائبة.

(٧) معادلتى فعل الكتلة لتفاعلات ذوبان وترسب معدني الكالسيت

والجبس في المحلول المائي :

$$(30) \quad K_{15} = (Ca^{2+})(SO_4^{2-})(H_2O)^2$$

$$(31) \quad K_{16} = (Ca^{2+})(CO_3^{2-})$$

حيث إن :

K_{15} = ثابت ذائبية معدن الجبس.

K_{16} = ثابت ذائبية معدن الكالسيت.

وفاعلية activity الأيون في المحلول المائي معطاة بضرب تركيز الأيون بالمحلول المائي في معامل فاعلية الأيون كما في المعادلة الآتية :

$$(32) \quad (i) = \gamma_i [i]$$

ومعامل فاعلية الأيون يحسب بمعادلة ديبي - هكل Debye-Huckel الممتدة extended كما يلي :

$$(33) \quad \ln \gamma = - \frac{AZ^2\sqrt{I}}{1 + B a\sqrt{I}} + bI$$

حيث إن :

A = ثابت ($kg^{0.5} mol^{-0.5}$) معتمد على ثابت ال dielectric وكثافة المحلول المائي ودرجة حرارته ،

B = ثابت ($kg^{0.5} cm^{-1} mol^{-0.5}$) معتمد على ثابت ال dielectric وكثافة المحلول المائي ودرجة حرارته ،

a = ثابت (cm)

b = ثابت (kg mol^{-1})

Z = شحنة الأيون

I = القوة الأيونية ionic strength للمحلول المائي المعطى بالمعادلة التالية:

$$(34) \quad I = 0.5 \sum_{i=1}^N Z_i^2 C_i$$

حيث إن:

N = عدد المركبات الأيونية في المحلول المائي

أما معامل فاعلية المركبات غير الأيونية فتُحسب كما يلي:

$$(35) \quad \ln \gamma = a'I$$

حيث إن:

a' = معلم تجريبي empirical parameter.

و. حساب التوصيل الكهربائي للمحلول المائي عند السعة الحقلية في كل أفق من

أفاق التربة من تركيز الأيونات في محلول التربة بمعادلة الطريقة الثالثة لمكنيل

(McNeal, et al., 1970) كما في المعادلة التالية:

$$(36) \quad EC_{a,fc} = \sum_{i=1}^n (a_i + b_i C_{i,a,fc})$$

حيث إنَّ:

$$EC_{d,fc} = \text{التوصيل الكهربائي للمحلول المائي في الأفق } d \text{ عند السعة الحقلية} \\ (\text{mS cm}^{-1})$$

$$C_{i,d,fc} = \text{تركيز الأيون } i \text{ بمحلول التربة في الأفق } d \text{ عند السعة الحقلية (} \mu\text{mol l}^{-1}\text{)} \\ \text{.}^1$$

$$a_i \text{ و } b_i = \text{ثابتان للأيون } i.$$

ز. حساب متوسط التوصيل الكهربائي للمحلول المائي عند السعة الحقلية في منطقة جذور النبات كما يلي:

$$(37) \quad EC_{ARZ,fc} = \frac{1}{8} \sum_{d=0}^3 (EC_{d,fc} + EC_{d+1,fc})$$

حيث إنَّ:

$$EC_{ARZ,fc} = \text{متوسط التوصيل الكهربائي لمحلول التربة في منطقة جذور النبات عند السعة} \\ \text{الحقلية (} \text{mS cm}^{-1}\text{)}.$$

$$EC_{d,fc} = \text{التوصيل الكهربائي لمحلول التربة في الأفق } d \text{ عند السعة الحقلية (} \text{mS cm}^{-1}\text{)}.$$

ح. حساب متوسط التوصيل الكهربائي للمحلول المائي لمستخلص معجون التربة المشبعة saturation paste extract في منطقة جذور النبات ($EC_{ARZ,e}$) بقسمة قيمته عند

السعة الحقلية على ٢ (Rhoades et al., 1992; Wu, et al., 2012) كما يلي:

$$(38) \quad EC_{ARZ,e} = \frac{EC_{ARZ,fc}}{2}$$

النتائج والمناقشة:

٤ - ١: التركيبة الكيميائية لمياه الري:

بلغ المتوسط السنوي للملوحة المياه في قنوات الري الرئيسية التابعة لهيئة الري والصرف بالأحساء عام ٢٠١٤م ٤.٠١ مليسي منز/سم، أما المتوسط السنوي لتركيز الأيونات الرئيسية في مياه الري، فقد بلغ ٥.٩٤، و ٤.٠٥، و ٢٤.١٠ و ١.٢٨ و ٢٥.٦٣ و ٦.٨٨، و ٥.٥٤ ملي مول/لتر للكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والكلور، والسلفات، والبيكربونات، على التوالي. وهذه القيم لتركيز الأيونات الرئيسية في مياه الري أعلى بكثير من نظيراتها في المياه الجوفية، ومياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً المستخدمة للري في الواحة، مما يدل على مساهمة مياه الصرف الزراعي بنسبة كبيرة في سد احتياجات الري بالواحة قد تصل إلى ٣٥٪ من إجمالي مياه الري المستخدمة في الجزء من الواحة المخدوم بمشروع الري والصرف بالأحساء عام ٢٠١٤م.

٤ - ٢: ملوحة التربة الناتجة عن الري:

يوضح الشكل رقم (٤) منحنى قيمة التوصيل الكهربائي (mS cm^{-1}) لمستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات عند الاتزان الترموديناميكي المتحصل عليها بالنموذج الجيوكيميائي المستخدم في هذه الدراسة كدالة من نسبة الغسيل عندما تسقى المحاصيل الزراعية بالواحة بهذه النوعية من المياه مأخوذاً في الحسبان ترسب معدني الكالسيوم والجبس من محلول التربة (في حالة تشبع المحلول بالنسبة لأي منهما، أو كلاهما) ومقدار الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون، ونسبة امتصاص جذور النبات للماء في الآفاق المختلفة بمنطقة جذور النبات من قطاع التربة. وهذا المنحنى يمكن وصفه بالمعادلة الأسية power function التالية بمعامل تحديد R^2 يقترب من الواحد الصحيح (٠.٩٩٩٢):

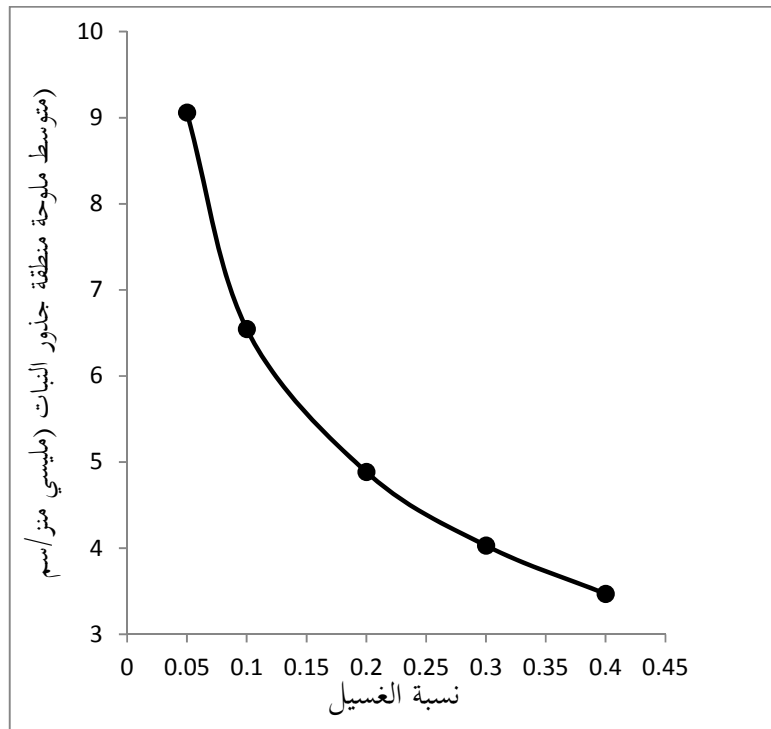
$$EC_{ARZ,e} = 2.314LF^{-0,456} \quad (39)$$

ويشير المنحنى إلى أن متوسط ملوحة مستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات عند الاتزان الثرموديناميكي الناتج عن الري بهذه النوعية من المياه يبلغ ٩.٠٦ مليسي منز/سم عندما تكون نسبة الغسيل ٠.٠٥ وينخفض متوسط ملوحة مستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات عند الاتزان الثرموديناميكي مع ازدياد نسبة الغسيل، إلا أن معدل الانخفاض يتناقص مع ازدياد نسبة الغسيل، فبمجرد زيادة نسبة الغسيل إلى ٠.١ ينخفض متوسط ملوحة مستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات إلى ٦.٥٥ مليسي منز/سم وهكذا حتى يصل إلى ٣.٤٧ مليسي منز/سم عندما تصل نسبة الغسيل إلى ٠.٤. ومع أن نسبة غسيل ٠.٤ عالية ولها تكاليف باهظة من الناحية الاقتصادية والبيئية واستنزاف الموارد المائية في الواحة، إلا أنه حتى عند هذه القيمة العالية من نسبة الغسيل يكون متوسط ملوحة التربة في منطقة جذور النبات عند الاتزان الثرموديناميكي عند الري بهذه النوعية من المياه أعلى، مما تتحمله غالبية المحاصيل الزراعية، مثل: الطماطم، والخيار، والسبانخ، والفلفل، والبصل، والبادنجان، والجزر، والخس، والبرسيم، والذرة، والعنب، والبرتقال، والليمون، والزيتون، مما يجعل زراعتها غير مجدية اقتصادياً في الواحة تحت هذه الظروف.

٤ - ٣: متطلب غسيل التربة للمحاصيل الزراعية:

بتعويض قيمة الحد الأعلى للتوصيل الكهربائي (mS cm^{-1}) لمستخلص مشبع التربة الذي يستطيع المحصول i تحمله دون أن تتدنى إنتاجيته $EC_{e,i}^*$ مكان متوسط ملوحة مستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات $EC_{ARZ,e}$ في معادلة السابقة (المعادلة رقم ٣٩) وإعادة ترتيبها يمكن حساب متطلب الغسيل LR للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء المروية بالنوعية نفسها لمياه الري المستخدمة في مشروع الري والصرف عام ٢٠١٤م بناءً على قيمة $EC_{e,i}^*$

شكل رقم: (٤): منحني قيمة التوصيل الكهربائي لمستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات عند الاتزان الترموديناميكي كدالة من نسبة الغسيل في واحة الأحساء.



بالمعادلة الآتية:

$$(٤٠) \quad LR_i = \sqrt[0.456]{\frac{2.314}{EC_{e,i}^*}}$$

وعليه يكون متطلب غسيل التربة في واحة الأحساء عندما تروى المحاصيل الزراعية بالنوعية نفسها مياه الري المستخدمة في مشروع الري والصرف عام ٢٠١٤م ٠.٣٠ لنخيل التمر، و ٠.٢١ للجوافة، و ٠.١٩ للكوسة، و ٠.١٢ للقمح، و ٠.٠٦ للشعير. وبمقارنة متطلبات غسيل التربة المقدرة بالنموذج الجيوكيميائي المستخدم في هذه الدراسة بنظيراتها المقدرة بالنموذج التقليدي قيد الاستخدام من قبل هيئة الري والصرف بالأحساء يتضح مدى مبالغة النموذج التقليدي في تقدير متطلبات غسيل التربة للمحاصيل عالية التحمل للملوحة، مثل: القمح، والشعير، أما بالنسبة للمحاصيل متوسطة ومتدنية التحمل للملوحة، مثل: النخيل فإن النموذج التقليدي يبخر تقدير متطلبات غسيل التربة لها (الجدول رقم ٣). ويرجع ذلك التباين في الفارق بين تقدير النموذجين إلى ترسب معدني الكالسايت والجبس من محلول التربة بكميات كبيرة عند نسب الغسيل المتدنية، وهو ما يأخذه النموذج الجيوكيميائي المستخدم في هذه الدراسة في الحسبان بينما يغفله النموذج التقليدي.

وحيث إن الغالبية العظمى من مساحة واحة الأحساء مزروعة لنخيل، فإن التقدير المبخوس لمتطلب غسيل التربة للنخيل بالنموذج التقليدي البالغ ٠.٢٥ ينتج عنه ارتفاع متوسط ملوحة مستخلص مشبع التربة في منطقة جذور النبات إلى نحو ٤.٣٥ مليسي منز/سم، وذلك أعلى من القيمة الحدية (4.0 مليسي منز/سم)، مما يتسبب في تدني إنتاجية النخيل في الواحة بنحو ١.٢٥٪.

جدول رقم (٤): متطلبات الغسيل للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء

المقدرة بالنموذج التقليدي والنموذج الجيوكيميائي

متطلب غسيل التربة المقدر بـ		المحصول
النموذج الجيوكيميائي المستخدم في هذه الدراسة	النموذج التقليدي	
٠,٣٠	٠,٢٥	نخيل التمر
٠,٢١	٠,٢١	الجوافة
٠,١٩	٠,١٩	كوسة
٠,١٢	٠,١٥	القمح
٠,٠٦	٠,١١	الشعير

٤. الخاتمة والتوصيات:

نظراً لأن التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة في الأراضي الزراعية بالمناطق الصحراوية تعتمد بشكلٍ كبيرٍ على التقدير الصحيح لمتطلب غسيل التربة للمحاصيل الزراعية لحماية التربة من التملُّح، والمحافظة على مصادر المياه من الهدر، وحمايتها من التلوث، وتعظيم المردود الاقتصادي من المشاريع الزراعية، فقد قدَّرت في هذه الدراسة متطلبات غسيل التربة للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء بنموذج محاكاة جيوكيميائي توصي باستخدامه العديد من الدراسات الحديثة؛ لأنه يأخذ في الحسبان كلاً من: التركيبة الكيميائية لمياه الري، ومقدار الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون، ونسبة امتصاص جذور النبات للماء في الآفاق المختلفة للتربة، ونسبة الغسيل، وترسب المعادن من محلول التربة. فتوفير تقديرات أكثر صحةً لمتطلبات غسيل التربة للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء- التي تعدُّ أكبر وأهم الواحات في المملكة العربية السعودية وتعاني من شح الموارد المائية وترتبتها عرضةً للتملُّح من جراء الري بمياه هامشية الجودة- سيمكِّن هيئة الري والصرف بالأحساء من تحقيق التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة، وتحقيق أكبر قدر من المردود الاقتصادي للإنتاج الزراعي في الواحة. وقد اعتمد في هذه الدراسة على متوسط تركيز الأيونات الرئيسية في مياه الري بقنوات الري الرئيسية التابعة لهيئة الري والصرف بالأحساء خلال عام ٢٠١٤م كمدخلات لنموذج المحاكاة الجيوكيميائي المستخدم.

وقد دلت النتائج أن متوسط ملوحة التربة في منطقة جذور النبات الناتجة من الري بنوعية المياه الموزعة بقنوات الري الرئيسية بالواحة خلال عام ٢٠١٤م تكون أعلى مما تتحملة غالبية المحاصيل الزراعية منخفضة التحمل للملوحة، مثل: الطماطم، والخيار، والسبانخ، والفلفل، والبصل، والباذنجان، والجزر، والخس، والبرسيم، والذرة، والعنب، والبرتقال، والليمون، والزيتون، حتى عند نسب غسيل عالية تبلغ ٠.٤، مما يجعل زراعتها غير مجدية اقتصادياً في الواحة بمثل هذه النوعية من المياه. كما دلت النتائج على أن متطلب غسيل التربة لمحاصيل النخيل، والجوافة، والكوسه، والقمح، والشعير، يبلغ ٠.٣٠، و٠.٢١، و٠.١٩، و٠.١٢، و٠.٠٦، على التوالي. وعند مقارنة هذه التقديرات بنظيراتها للنموذج التقليدي المعتمد عليه حالياً في تقدير متطلبات غسيل التربة بالواحة، نجد أن النموذج التقليدي يبالغ في تقدير متطلب غسيل التربة للمحاصيل عالية التحمل للملوحة، مثل: القمح، والشعير، بينما يبخسها للمحاصيل متوسطة ومتدنية التحمل للملوحة، مثل: النخيل؛ لأن النموذج التقليدي يغفل دور ترسب معادن الكربونات من محلول التربة على ملوحاتها. ونظراً لأن تقدير متطلب غسيل التربة بأقل من القدر الكافي يؤدي إلى تراكم الأملاح الذائبة بمياه الري في منطقة جذور النبات ومن ثم تراجع إنتاجية المحاصيل الزراعية، وانجراف التربة، وإحداث مشكلات بيئية، بينما تؤدي المبالغة في تقدير متطلب غسيل التربة إلى هدر موارد المياه، وإزالة المخصبات من منطقة جذور النبات، ورفع تكلفة الإنتاج الزراعي، وتلويث المياه الجوفية، فإنه

يوصى بأن تتبنى هيئة الري والصرف بالأحساء متطلبات غسيل التربة للمحاصيل الزراعية المقدرّة في هذه الدراسة بنموذج المحاكاة الجيوكيميائي لضمان التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة، وحماية البيئة من التلوث في واحة الأحساء. كما توصي هذه الدراسة بإعادة تقدير متطلبات غسيل التربة للمحاصيل الزراعية في واحة الأحساء بهذا النموذج الجيوكيميائي كلما تغيرت نوعية مياه الري في الواحة، سواء تغيرت نوعيتها للأحسن نتيجة لزيادة مساهمة مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً كما هو متوقع عند انتهاء مشروع جلبها من مدينة الخبر، أو تغيرت نوعيتها للأسوأ نتيجة لزيادة مساهمة مياه الصرف لأيّ سببٍ من الأسباب.

شكر وتقدير:

يشكر الباحث مركز بحوث كلية الآداب بجامعة الملك سعود على دعم مشروع هذا البحث.

المراجع

أولاً المراجع العربية:

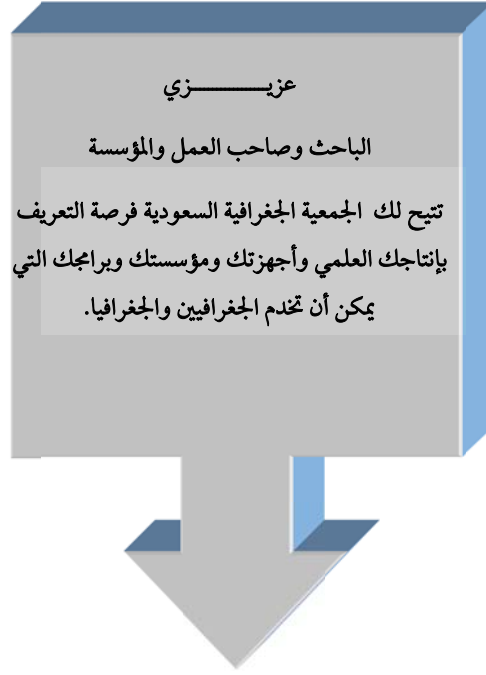
- السعران، ناصر عبدالعزيز، (٢٠٠٦م)، تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في الأحساء، بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد ٧٧، الرياض.
- الطاهر، عبدالله سعد، (١٩٩٩م)، الأحساء : دراسة جغرافية، ط ١، الرياض.
- الفهيد، يوسف أحمد، (٢٠١٠م)، التنبؤ بتأثير نوعية مياه الري على ملوحة التربة وإنتاجية بعض المحاصيل الزراعية بواحة الأحساء، رسالة دكتوراه، قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، الرياض.
- هيئة الري والصرف بالأحساء، (٢٠١٣م)، هيئة الري والصرف بالأحساء: خدمات وإنجازات ٢٠٠٨ - ٢٠١٢ م، هيئة الري والصرف بالأحساء، الأحساء.

ثانياً المراجع الأجنبية:

- Abderrahman, W., and M. Ukayli, 1984, "Strategy of Groundwater Use in Al-Hassa Region of Saudi Arabia", **International Journal of Water Resources Development**, Vol. 2, Iss. 1, pp.45-59.
- Abderrahman, W., 1988, "Water Management Plan for the Al-Hassa Irrigation and Drainage Project in Saudi Arabia", **Agricultural Water Management**, Vol. 13, pp.185-194.
- Ayars, J.E., Corwin, D.L., and Hoffman, G.J., 2012, "Leaching and Root Zone Salinity Control", In: Wallender, W.W. and Tanji, K.K. (eds.), **Agricultural Salinity Assessment and Management**, ASCE,

- Manual and Reports on Engineering Practice No. 71, (2nd Edition), ASCE, Reston, VA., Chapter 12, pp.371-403.
- Bureau de Recherches Geologiques et Minières (BRGM), 1977, **Al Hassa Development Project, Groundwater Resources Study and Management Programme**, Final Report, Riyadh.
 - Corwin, D. L., J. D. Rhoades, at el., 2007, "Leaching Requirement for Soil Salinity Control: Steady-state Versus Transient models", **Agricultural Water Management**, vol. 90, pp. 165 – 180.
 - Fishman, M. J., and Friedman, L.C., 1989, "Methods for Determination of Inorganic Substances in Water and Fluvial Sediments", Laboratory Analysis; **Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey**, Chapter A, Book 5.
 - Grieve, C.M., S.R. Grattan, at el, 2012, "Plant salt tolerance", In: W.W. Wallender, and Tanji, K.K. (Eds.) ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71, **Agricultural Salinity Assessment and Management**, (2nd Edition), ASCE, Reston, VA. Chapter 13, pp.405-459.
 - Letey, J., Feng, G.L., 2007, "Dynamic Versus Steady-State Approaches to Evaluate Irrigation management of Saline Waters", **Agricultural Water Management**, vol. 91, pp. 1-10.
 - Letey, J. G.J., Hoffman, J.W., at el, 2011, "Evaluation of Soil Salinity Leaching Requirement Guidelines", **Agricultural Water Management**, vol. 98, pp.502–506.
 - McNeal, B. L., J. D. Oster, at el, 1970, "Calculation of Electrical Conductivity from Solution Composition data as an aid to in-situ estimation of Soil Salinity", **Soil Sci.**, vol. 110, pp.405-414.
 - Rhoades JD, Kandiah A, at el, 1992, **The Use of Saline Waters for Crop Production**, Irrig Drain paper 48. FAO, Rome.

- Rhoades, J.D., 1981, "Determining Leaching fraction from Field Measurements of Soil electrical Conductivity", **Agricultural Water Management**, vol. 3, pp. 205–215.
- Stevens, J. H., 1974, "Stabilization of Aeolian Sands in Saudi Arabia's Al Hasa Oasis", **Journal of Soil and Water Conservation**, Vol. 29 No. 3, pp. 129-133.
- U.S., Geological Survey, 2006, "Collection of Water Samples, (ver. 2.0): U.S. Geological Survey", **Techniques of Water-Resources Investigations**, book 9, chap. A4.
- U.S., "Salinity Laboratory Staff, 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils", U.S. Dept. **Agriculture, Handbook 60**. U.S., Government Printing Office, Washington, DC, p. 160.
- USDA-ARS "United States Department of Agriculture- Agricultural Research Service", 1991, **WATSUIT Model**, year 1991, version 1.0.
- Wu, L., Amrhein, C., and Oster, J., 2012, "Salinity Assessment of Irrigation Water Using WATSUIT, In: Wallender", W.W. and K.K. Tanji (eds.) ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71, **Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition)**, ASCE, Reston, VA. Chapter 25, pp. 787-800.



أسعار الإعلانات

صفحة كاملة بمبلغ ١٠٠٠ ريال سعودي

نصف صفحة بمبلغ ٥٠٠ ريال سعودي

ربع صفحة ٢٥٠ ريالاً



عزيمي عضو الجمعية الجغرافية السعودية
هل غيرت عنوانك؟ فضلاً املأ الاستمارة المرفقة وأرسلها على عنوان الجمعية
الاسم:
العنوان:
ص.ب.
المدينة والرمز البريدي:
البلد:
الاتصالات الهاتفية:
عمل: منزل: جوال:
بريد إلكتروني:
ترسل على العنوان الآتي: الجمعية الجغرافية السعودية ص.ب. ٢٤٥٦ - الرياض ١١٤٥١ المملكة العربية السعودية هاتف: ٠٠٩٦٦ ١١ ٤٦٧٨٧٩٨ - فاكس: ٠٠٩٦٦ ١١ ٤٦٧٧٧٣٢ بريد إلكتروني: sgs@ksu.edu.sa كما يمكنكم زيارة موقع الجمعية على الإنترنت على الرابط الآتي: www.saudigs.org

آخر إصدارات سلسلة بحوث جغرافية :

- ٩٩- خصائص متعاطي المخدرات المترددين على مستشفى الأمل بالدمام ، د. حورية بنت صالح الدوسري.
- ١٠٠- الصناعة في المناطق الجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية ، د. عبد العزيز بن إبراهيم الحرة.
- ١٠١- تقييم تدهور الغطاء النباتي وأثره على السياحة البيئية في منطقة جازان ، د. أمال بنت يحيى الشيخ.
- ١٠٢- التباين المكاني لأوجه الدخل والإنفاق في المجتمع السعودي في الشرقية ، أ.د. فريال بنت محمد الهاجري.
- ١٠٣- اشتقاق المعادلات التجريبية لتصميم منحنيات كثافة الأمطار في المملكة ، د. محمد بن فضيل بوره.
- ١٠٤- تغير الأمطار في منابع النيل وأثره في الاحتياجات المائية في مصر ، د. مسعد بن سلامة مندور.
- ١٠٥- الاتجاهات الحديثة لنمو السكان وأثارها في منطقة المدينة المنورة ، أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكي.
- ١٠٦- البطالة في المملكة العربية السعودية تطور معدلاتها وتباينها ، أ. نوال بنت حجي الحربي ، أ.د. رشود بن محمد الخريف.
- ١٠٧- البلديات الحدودية الجزائرية بين الواقع والتطلعات ، د. سليم براقدي بن العايش.
- ١٠٨- التحليل الكمي للطرق البرية بين المدن الإدارية في اليمن ، د. عبد الولي بن محسن العرشي
- ١٠٩- واقع نقل التلاميذ والتلميذات ذوي الإعاقة الحركية في مدارس التعليم العام بمدينة الرياض ، أ.د. عامر بن ناصر المطير ، أ.د. عبد العزيز بن سعد بن حمد المقرن ، د. زيد بن عبد الله المسلط المشاري ، د. عبدالرحمن بن محمد بن عبد الكريم الصالح.
- ١١٠- خصائص بعض عناصر مناخ المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية ، أ.د. عبد الله بن أحمد الطاهر.
- ١١١- مدن وادي فرناغة ودورها الحضاري في العالم الإسلامي (خلال القرون الأربعة الهجرية الأولى) ، د. خليفة بن مصطفى غرايبة.
- ١١٢- لخصائص الديموغرافية للقوى العاملة السعودية وتخطيطها ومستقبلها. د. أيمن أحمد شلضم.
- ١١٣- نمو السكان وتوزيعهم في محافظة بني سويف بجمهورية مصر العربية. د. أشرف محمد عبد المعطي.

Price:

أسعار البيع :

Individuals: 15 S.R.

سعر النسخة الواحدة للأفراد: ١٥ ريالاً سعودياً.

Institutions: 20 S.R.

للمؤسسات: ٢٠ ريالاً سعودياً.

*Handing & Mailing Charges are
Added on the Above Listing.

❖ تضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد.

*Assessment of soil leaching requirements in Hassa oasis
by using a geochemical simulation model*

Abstract:

Sustainable development of water and soil resources in irrigated arid lands requires accurate estimation of soil leaching requirements (LR) to prevent: (i) soil salinization, (ii) unwarranted overdraft of water resources, (iii) environmental pollution, and (iv) maximizing the economic profitability of agricultural projects. Hassa oasis which is the largest and most important oasis in the Arabian Peninsula faces many challenges including shortage of fresh water resources, soil salinization from irrigation with marginal quality water, and environmental pollution with agricultural drainage water. This work uses a geochemically-based simulation model to obtain better estimates of LR for selected crops in the area of Hassa oasis that is served by irrigation and drainage networks operated by Hassa Irrigation and Drainage Authority (HIDA). The model accounts for irrigation water chemistry, plant root water uptake, leaching fraction, and precipitation of carbonate minerals from soil solution. Estimation of LRs were based on mean concentrations of major ions of irrigation water that were distributed by the main irrigation channels of HIDA during 2014.

The simulation results indicate that mean root zone soil salinity in Hassa oasis is higher than tolerance of low salt tolerant crops such as tomatoes, cucumber, spinach, lettuce, pepper, onion, eggplant, carrot, clover, corn, grapes, orange, lemon and olive even at a high leaching fraction of 0.4. The estimated LRs for date palm, guava, zucchini, wheat, barely crops in Hassa oasis are 0.3, 0.21, 0.19, 0.12 and 0.06, respectively. Such estimates indicate that the traditional LR model currently used by HIDA overestimates LR for salt-tolerant crops such as wheat and barely while underestimating LR for low and moderate salt-tolerant crops such as date palm. Overestimation of LR by the traditional model for salt-tolerant crops is attributed to ignoring carbonate minerals precipitation from soil solution.

Since LR underestimation causes soil salinization which leads to crop's yield reduction, soil erosion and environmental pollution while LR overestimation causes unwarranted depletion of the limited water resources, removal of fertilizers from plant root zone, pollution of groundwater, and higher production costs, LR estimates in this study are indispensable for HIDA for sustainable development of the soil and water resources in Hassa oasis.

**Assessment of soil leaching
requirements in Hassa oasis
by using a geochemical
simulation model**

Prof. Nasser A. Alsaaran

ISSN 1018-1423
Key title =Buhut Gugrafiyya

●Administrative Board of the Saudi Geographical Society●

Mohammed S. Makki	Prof.	Chairman.
Mohammed S. Al-Rebdi	Prof.	Vice-Chairman.
Malhi A. Al-Gazwani	Assis. Prof.	Secretary General.
Ali A. Al Dosari	Assis. Prof.	Treasurer.
Mohammed A. Meshkhes	Assoc. Prof.	Head of Research and Studies Unit.
Mohamed I. Aldagheiri	Assoc. Prof.	Rapporteur of electronic scientific theses publishing unit.
Tagreed H. Al-Juhani	Assis Prof.	Head of The Cultural and Media Committee
Anbara kh. Belal	Assoc. Prof.	Editor of Geographical Newsletter
Mohammed A. Alrashed	Assis. Mr.	Member

Saudi Geographical Society (S.G.S.)

● Editorial Board ●

Editor-in-Chief:	Mohammed A. Al-Saleh	(Ph.D.).
Editorial Board:	Saad N. Alhussein	(Ph.D.).
	Abdulla A. Al-Taher	(Ph.D.).
	Mohammed S. Al-Rebdi	(Ph.D.).
	Mohammed A. Meshkhes	(Ph.D.).

● Advisory Board ●

Amal Yusof A. Al-Sabah, Ph.D., Professor	University of Kuwait.
Hassan A. Saleh, Ph.D., Professor	The University of Jordan.
Abdullah N. Al-Welaie, Ph.D., Professor	Imam Mohammed Bin Saud Islamic Univ.
Mohammed A. Al-Gabbani Ph.D., Professor	King Saud University.
Nasser. A. Al-Saleh, Ph.D., Professor	Umm Al-Qura University.

● Correspondence Address ●

All Research Papers and Editorial Correspondence Should be sent to
The Editor-in-Chief, Dept. of Geography
College of Arts, King Saud University
P.O.Box 2456 Riyadh 11451
Kingdom of Saudi Arabia
Tel: 4678798 Fax: 4677732
E-Mail: sgs@ksu.edu.sa

**All Views Expressed by Contributors to the RESEARCH PAPERS IN
GEOGRAPHY do not Necessarily Reflect the Position of the Editorial Board or
the Saudi Geographical Society**

REFEREED PERIODICAL PUBLISHED BY SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY

114



**Assessment of soil leaching
requirements in Hassa oasis
by using a geochemical
simulation model**

Prof. Nasser A. Alsaaran