DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v3i1.509

استخدام مياه الصرف الصحي المعاملة في أغراض الري وتأثيرها على بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للترب تحت ظروف شبه جافة

(خيرية أحمد فرج، فوزي محمد الدومي، نوري موسى مؤمن، عمر رمضان الساعدي)(*).

الملخص

تم في هذا البحث دراسة بعض التأثيرات الناتجة عن استخدام مياه صرف صحي معاملة لري محصولي علف هما البرسيم الحجازي (*Medicago sativa. l*) والشعير (*Horduem vulgare. l*) تحت ظروف مناخ شبه جاف. وكان التوصيل الكهربائي لمياه الري 13 ميليسمنز/ سم، والصوديوم الذائب، ونسبة الصوديوم المدمص (SAR)، 110 مليمكافىء/لتر و 26 على التوالي. وتميزت ترب منطقة الدراسة (Torrifluvents) بعمق القطاع وانخفاض محتواها من المادة العضوية وكربونات الكالسيوم. وقد زودت الحقول المزروعة في هذه المنطقة بنظام صرف صناعي تحت سطحي.

ولقد أظهرت التحاليل المعملية والدراسات الحقلية أن كميات الأمطار الموسمية، التي تبلغ 280 مم تقريباً، كانت كافية لغسل الأملاح الذائبة الزائدة التي ربما تكون قد تراكمت خلال المواسم الجافة من السنة عندما تمارس عمليات الري بهذه المياه المعاملة، لكنها لم تكن فعالة لغسل الصوديوم المتبادل، فقد تحولت ترب الحقل الذي

(*) طالبة دراسات عليا سابقاً وأستاذان مشاركان وأستاذ مساعد، على التوالي، كلية الزراعة ـ جامعة عمر المختار، البيضاء.

© للمؤلف (المؤلفون)، يخضع هذا المقال لسياسة الوصول المفتوح ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إسناد المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0

يروى تكميلياً إلى ترب صودية نوعاً ما (marginally sodic) وترب الحقل الذي يروى رياً مستمراً إلى ترب عالية الصودية (highly sodic soils). من ناحية أخرى، وجد أن التوصيل الهيدروليكي لهذه الترب وكذلك بناؤها لم يتدهورا. وقد أرجع عدم ظهور الخصائص المصاحبة للصودية بشكل واضح عند نسبة مئوية عالية للصوديوم المتبادل (ESP) إلى التركيز العالي للأملاح بمياه الري وكذلك انخفاض كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) فيها، والتأثير الناتج عن إذابة كربونات الكالسيوم الموجودة بالتربة، وربما سيادة معادن طين غير متمددة.

ويستدل من تناقص محتوى ترب الحقلين المرويين من كربونات الكالسيوم إلى ضرورة إضافة مصدر للكالسيوم لمواجهة التأثير السلبي على خصائص التربة المحتمل مستقبلاً نتيجة لارتفاع تركيز الصوديوم بمياه الري المستخدمة بالمشروع.

المقدمـة

تؤكد بعض الدراسات (مثلاً السلاوي، 1981) أن مصادر المياه في ليبيا والمتمثلة في الأمطار والمياه الجوفية ومياه العيون، غير كافية من حيث الكمية وفي أحيان كثيرة غير ملائمة من ناحية الجودة. وعليه كان لا بد من البحث عن مصادر إضافية لمياه الري بما في ذلك مياه الصرف الصحي. ومن أوائل المشاريع الزراعية في ليبيا التي استخدمت مياه الصرف الصحي مشروع القوارشة الزراعي الذي أنشىء عام 1972. ويعتبر هذا المشروع من المشاريع الفريدة من نوعها في الوطن العربي بصفة خاصة، حيث اعتمد فيه على مياه الصرف الصحي بعد معاملتها لري محاصيل زراعية. وبذلك وفر استخدام هذه المياه عنصراً يعتبر من أكثر العوامل تحديداً لزيادة الإنتاج الزراعي وتحسين جودته خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. ولكن لم ينل تأثير الري بتلك المياه على الصفات الفيزيائية والكيميائية لترب المشروع بعد ما يستحقه من الدراسات، رغم تضارب آراء الباحثين حول تأثيره. مثلاً، ذكر بعض

الباحثين (Day et al., 1979; Palazzo et al., 1979; Schalscha et al., 1979) نتائج إيجابية لاستخدام مياه الصرف الصحي في أغراض الري بينما أشار آخرون (Bole et al., 1981; Banin et al., 1981) إلى جوانب سلبية لهذا الاتجاه أدت إل تدهور التربة كبيئة لنمو النباتات.

ويبدو أن التباين في آراء الباحثين فيما يخص استثمار مياه الصرف الصحي لأغراض الري كان نتيجة لاختلاف خصائص الترب ونوع المحاصيل والظروف المناخية وأسلوب الإدارة والخصائص الكيميائية لهذه المياه، من منطقة لأخرى. ونظراً لكل هذا وبعد مضي عقدين من الزمان تقريباً منذ بدء استغلال مياه الصرف الصحي المعاملة لمدينة بنغازي لري بعض المحاصيل بمشروع القوارشة الزراعي، يصبح من الضروري تقييم إيجابيات وسلبيات استخدام هذا المصدر المائي من خلال دراسة حقلية ومعملية للتربة لمواقع محددة بالمشروع، ومقارنتها بنتائج أبحاث علمية أجريت بمناطق أخرى من العالم، ومن ثم التوصل إلى توصيات لتحقيق استغلالها استغلالاً أمثل لفائدة هذا المشروع.

المواد وطرق البحث:

تقع منطقة الدراسة بمشروع القوارشة الزراعي عند تقاطع خط طول ′4 °20 شرق وخط عرض ′3 °32 شمال، وفي اتجاه جنوب غرب مدينة بنغازي وتبعد عنها بمسافة 10 كيلومترات تقريباً. وقد أنشىء هذا المشروع سنة 1972 للاستفادة من مياه الصرف الصحي لمدينة بنغازي بعد معاملتها في محطة التنقية الملحقة بالمشروع بحيث تصبح صالحة لأغراض الري. ويستغل المشروع لزراعة محاصيل أعلاف خضراء لتوفير احتياجات بعض محطات مشاريع تربية الأبقار من العليقة الخضراء، كما يساهم في توفير رقعة خضراء تحمي مدينة بنغازي من رياح القبلي المحملة بالأتربة.

يسود المنطقة مناخ شبه جاف، حار جاف صيفاً وبارد ممطر شتاءً، ويبلغ المتوسط السنوي للأمطار 280 مم والمتوسط السنوي لدرجتي الحرارة العظمى والصغرى 25.3° م و 15° م، على التوالي. وتنتمي ترب المشروع إلى الترب الفيضية حديثة التكوين وتصنف على مستوى المجموعة العظمى ضمن ترب (Torrifluvents)، وتتميز بالقوام الطيني بصفة عامة والقطاع العميق والصرف الداخلي الجيد، الذي ساعد عليه ارتفاع المحتوى من الأملاح في مياه الري ووجود نظام صرف اصطناعي تحت سطحي فعال، كما تميزت بانخفاض محتواها من كربونات الكالسيوم والمادة العضوية. ولتحقيق أهداف البحث تم تقسيم المشروع إلى ثلاثة حقول، الأول 11.6 هكتار ويستغل لزراعة محصول دائم هو البرسيم الحجازي (Medicago sative L.) تحت نظام ري دائم بمياه الصرف الصحي منذ عام 1982. بينما تبلغ مساحة الحقل الثاني 10.8 هكتار، ويستغل لزراعة محصول حولي وهو الشعير (Hordeun vulgare L.) منذ عام 1982 أيضاً، ويروى رياً تكميلياً بنفس المياه. أما الحقل الثالث فتبلغ مساحته 4.95 هكتار ولم يتم ريه واستزراعه، وقد أخذت عينات تربة من هذا الحقل بغرض استخدامها كمرجع لتقييم التغيرات التي قد تكون طرأت على خصائص الترب في الحقلين الآخرين نتيجة للعمليات الزراعية المختلفة وبخاصة الري بمياه الصرف الصحي المعاملة. وقد جمعت عينات تربة مركبة في شهر 6/1991 من كل حقل على حدة، عند أربعة أعماق هي: 0 ـ 20 و 20 ـ 40 و 40 ـ 60 و 60 ـ 80 سم. وبعد إحضار عينات التربة إلى المعمل تم على الفور تقدير نسبة الرطوبة والنيتروجين النتراتي (NO_3 - N) فيها وهي رطبة. ثم جففت بقية العينات هوائياً ونخلت باستخدام منخل 2 مم، وتم تقدير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي شملت: القوام بطريقة الهيدرومتر والكثافة الظاهرية في عينة جوفية طبيعية (core sample)، والتوصيل الهيدروليكي التشبعي كما وردت في (Black, 1965)، وبناء التربة من خلال المعاينة الحقلية لقطاعات تربة ممثلة لمناطق

الدراسة. والرقم الهيدروجيني حسب (Black, 1965)، والتوصيل الكهربائي حسب (Hesse, 1971)، وكاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة حسب طريقة (Chang and Bray, 1951) والصوديوم والبوتاسيوم باستخدام مضواء اللهب كما وردت في (Chapman, 1961)، وأنيونات الكربونات والبيكربونات حسب طريقة (Reitemerier, 1943)، والكلور بطريقة موهر، والكبريتات كما وردت في (Jackson, 1958)، والكاتيونات المتبادلة باستخدام محلول خلات الأمونيوم (Jackson, 1958)، والسعة التبادلية الكاتيونية باستخدام محلول خلات الصوديوم حسب طريقة (Bower, 1952)، والكربون العضوي بطريقة واكلي بلاك المحورة كما وردت في (Jackson, 1958)، وكربونات الكالسيوم حسب طريقة (Piper, 1942)، والنيتروجين النتراتي باتباع طريقة (Robinson, 1959). كما تم تقدير بعض الخصائص الهامة لمياه الصرف الصحي المعاملة المستخدمة للري (جدول 1).

النتائج والمناقشة:

تراوح متوسط التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة المائي (1:1) بالحقول الثلاثة من 0.32 إلى 2.92 ميليسيمنز/سم (الجداول 2 و 3 و4). ويعتبر هذا مؤشراً لانخفاض تركيز الأملاح القابلة للذوبان في عينات التربة الممثلة لمنطقة الدراسة. ولعل ذلك يرجع لعمليات الغسيل التي تتعرض لها التربة سنوياً بمياه الأمطار التي يقدر متوسط معدلها بحوالى 281 مم سنوياً خلال الفترة المطيرة التي تمتد من شهر التمور (أكتوبر) وحتى نهاية شهر الربيع (مارس)، وهي الفترة التي تم بعدها مباشرة جمع عينات التربة، ولم يتم خلالها استخدام مياه الصرف الصحي المعاملة لأغراض الري. ويدل انخفاض التوصيل الكهربائي لترب المشروع بعد موسم الأمطار مباشرة إلى ضآلة إمكانية حدوث تراكم ملحي بترب المشروع، وذلك على الرغم من ارتفاع التركيز الملحي في مياه الري (جدول 1) والقوام الطيني وبطء التوصيل الهيدروليكي

لقطاعات التربة (جدول 5). لكن سيادة ملح كلوريد الصوديوم شديد الذوبانية في الماء، ووجود نظام صرف اصطناعي تحت سطحي فعال ربما ساعدا على التخلص من الأملاح التي قد تكون تراكمت خلال الفترة غير المطيرة. ويشير تقارب التركيز الملحي بترب الحقلين الأول والثاني (جدول 2 وجدول 3) إلى أنه على الرغم من اختلاف كميات مياه الري المضافة لكل منهما، إلا أن اتزاناً في تركيز الأملاح الذائبة بعد موسم الأمطار قد حدث فعلاً عند مستوى ملائم لزراعة معظم المحاصيل الزراعية، خاصة محاصيل الأعلاف (U.S. Salinity Laboratory, 1954). إلا أنه يتوقع ارتفاع التوصيل الكهربائي خلال الفصول غير المطيرة عندما تمارس عمليات الري بمياه الصرف الصحي عالية الملحية، وهو ما قد يؤثر سلباً على نمو المحاصيل المزروعة. أيضاً، تشير النتائج إلى أن زيادة معدلات الري قد أدت إلى زيادة كبيرة في تركيز أيون الصوديوم الذائب (جداول 2 و 3 و 4)، حيث تراوح متوسط تركيزه في ترب الحقل الأول ما بين 21 و 28 مليمكافىء/لتر تقريباً، و 18 و 21 مليمكافىء/لتر في الحقل الثاني مقارنة بمتوسط تركيزه في الحقل الثالث الذي تراوح ما بين 2 و 8 مليمكافىء/لتر تقريباً. من ناحية أخرى، لـم يزدد تركيز الكاتيونات الثنائية الذائبة في محلول التربة زيادة معتبرة مقارنة بالصوديوم الذائب، وهو ما تؤكده قيم نسبة الصوديوم المدمص (SAR) العالية لمحلول التربة في الحقلين الأول والثاني.

أظهرت التحاليل الكيميائية أيضاً عدم وجود كربونات ذائبة في مستخلصات عينات الترب (جداول 2، 3، 4) وهذا ما هو متوقع حسب كربونات الصوديوم المتبقية في مياه الري (الكربونات + البيكربونات ـ الكالسيوم ـ المغنيسيوم) (جدول 1)، والتي تعتبر مياه الري من ناحيتها مأمونة (Bower et al., 1968). ولعل ذلك كان من أهم الأسباب التي ساعدت على منع تطور الخصائص الفيزيائية والكيميائية المميزة للترب الصودية كالارتفاع الشديد في الرقم الهيدروجيني والبناء المتهدم أو

المنشوري وتراكم المادة العضوية عند سطح التربة وتدهور التوصيل الهيدروليكي للترب (Szabolcs, 1989). من جهة أخرى، تسبب استخدام مياه الصرف الصحي المعاملة لأغراض الري في زيادة كبيرة لتركيز أنيون الكلور (جداول 2 و 3 و 4). فقد بلغ متوسط تركيزه في عينات ترب الحقل الأول 14.5 مليمكافىء/لتر مقارنة بمتوسط تركيزه في ترب الحقل الثالث غير المروي الذي بلغ 4.4 مليمكافىء/لتر تقريباً. وتجدر الإشارة إلى تقارب تركيز أنيون الكلور في عينات التربة الممثلة للحقل الثاني (13 مليمكافىء/لتر) الذي يتم ريه تكميلياً، بتركيزه في عينات التربة الممثلة للحقل الأول تحت نظام الري الدائم، وهو ما يشير إلى أن الري الدائم بالمياه المعاملة لم يكن له تأثير كبير على تراكم الكلور مقارنة بالري التكميلي، باستثناء الطبقة السطحية (10 ـ 20 سم) التي حدث فيها تراكم لأيون الكلوريد تحت نظام الري الدائم.

تميز محتوى ترب المشروع من النيتروجين النتراتي (NO_3 - N) بالانخفاض (جداول 2 و 3 و 4) وإن كان قد طرأت زيادة في تركيزها بترب الحقل الأول نتيجة لعمليات الري الدائمة. وعلى الرغم من هذه الزيادة نتيجة لما تحتويه مياه الصرف الصحي من مركبات نيتروجينية قابلة للتأكسد، إلا أن تناقص تركيز هذا الأنيون مع العمق، وبخاصة في الحقول المروية ربما يشير إلى أن استخدام هذه المياه لأغراض الري قد لا يشكل مصدراً لتلوث المياه الجوفية للمنطقة بهذا الأنيون. وربما يكون ذلك صحيحاً حتى خلال فترات الري المكثف بمياه الصرف الصحي المعاملة خلال أشهر الصيف وذلك بسبب التأثير السلبي لتركيز الأملاح المرتفع في مياه الري على نشاط الكائنات الدقيقة المؤكسدة لمركبات النيتروجين في التربة (Singleton et al., 1982)، وكذلك لارتفاع درجات الحرارة خلال تلك الفترة واحتمال تعرض جزء مهم من المركبات النيتروجينية المعدنية للتطاير، الذي ربما يساعد عليه ارتفاع الرقم الهيدروجيني لهذه الترب (Ernest and Massey, 1960). وتشير النتائج أيضاً إلى أن

الري التكميلي لمحصول الشعير بالحقل الثاني قد أدى عموماً إلى زيادة محدودة في نسبة الصوديوم المتبادل اقتصرت على الطبقة 0 ـ 40 سم من قطاع التربة (جدول 7 وجدول 8)، بينما تضاعفت نسبته في الحقل الأول (جدول 6 وجدول 8) وأصبحت تمثل حوالى 25% من إجمالي الكاتيونات المتبادلة بسبب الري الدائم. ويدل عدم وجود اختلافات معنوية في نسبة الصوديوم المتبادل مع العمق في الحقل الأول، وتشابه قيمته مع نسبة الصوديوم المتبادل مع العمق في الحقل الأول، وتشابه قيمته مع نسبة الصوديوم المدمص (SAR) في مياه الري إلى أن اتزاناً قد حدث بينهما. وربما يرجع ذلك إلى استحواذ كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم، الناتجة عن ذوبان كربونات الكالسيوم والجبس الموجودين بالتربة، على نقاط التبادل لسطوح المواد الغروية الذي ساعدت عليه عمليات الري وإن كانت المياه عالية الصودية (Bower et al., 1968). ويشير تناقص كربونات الكالسيوم نتيجة لعمليات الري (جداول 6، 7، 8) إلى ضرورة توفير مصدر لكاتيون الكالسيوم لتحسين خواص التربة أو لمنع زيادة تدهورها إذا ما ساد كاتيون الصوديوم على سطوح المواد الغروية.

وعلى الرغم من أن نسبة الصوديوم المتبادل قد وصلت 15% تقريباً، في الحقل الذي يروى تكميلياً، وتجاوزت ذلك بقدر أكبر من ترب الحقل تحت الري الدائم، إلا أنه لم يلاحظ من خلال الدراسة الحقلية والمعملية تطور الخصائص السلبية المميزة للترب الصودية كانخفاض التوصيل الهيدروليكي مثلاً (جدول 5). وربما ساعد على ذلك نوع معادن الطين في هذه الترب التي يسودها معدنا الكاولينيت والأليت (تقرير دراسات التربة للمنطقة الشرقية من الجماهيرية، 1980)، وهو ما يتفق مع ما ذكره (Frenkel et al., 1978) من أن الترب التي يسود فيها معدن الكولنيت قد تحتوي على نسبة عالية من الصوديوم المتبادل وتظل محتفظة بنفاذيتها. كما أن (Russel, 1973; Quirk and Schofield, 1955) قد أكدوا على أنه لا توجد قيمة محددة للحد الأدنى لنسبة الصوديوم المتبادل تتأثر عندها نفاذية التربة بشكل ملحوظ بواسطة مياه الري،

وأشاروا إلى أن ذلك يعتمد على خصائص التربة ونوع المواد الغروية فيها وإدارتها وتركيز الأملاح في المياه المضافة. كذلك قد لا تؤدي مياه الري التي تحتوي على كالسيوم ومغنيسيوم بكميات تفوق تركيز أيونات الكربونات والبيكربونات (أي ما يسمى: كربونات + بيكربونات الصوديوم المتبقية) إلى ظروف صودية كما قد يستدل من نسبة الصوديوم المدمص (SAR) الخاصة بها (Bear, 1955)، وأن الري بمياه شديدة الملوحة يعمل على تجميع حبيبات التربة ويحسن أو يحافظ على توصيلها الهيدروليكي (Kelley et al., 1940, McNeal et al., 1966).

وأوضحت نتائج التحليل الإحصائي أيضاً أن استخدام هذه المياه لأغراض الري لم يؤدّ إلى ظهور اختلافات معنوية بين الحقول الثلاثة في محتواها من الكربون العضوي (جداول 7، 8، 9). وربما يكون ذلك متوقعاً نتيجة لأسلوب معاملة مياه الصرف الصحي بمحطة التنقية الملحقة بالمشروع قبل استخدامها لري المحاصيل، حيث يتم فصل المواد العضوية المعلقة، وأن ما يتبقى من مركبات عضوية ذائبة لا تساعد كثيراً على رفع محتوى هذه الترب من الكربون العضوي، خاصة أن الفترة التي يتم الري أثناءها تتميز بارتفاع درجات حرارتها مما قد يؤدي إلى أكسدة المواد العضوية وتحللها بسرعة.

الخلاصة:

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن استخدام مياه صرف صحي معاملة ذات توصيل كهربائي 13.38 ميليسمنز/سم عند 25° م وصوديوم ذائب 109.5 مليمكافىء/لتر ونسبة صوديوم مدمص (SAR) 25.59 لري محصولي البرسيم الحجازي (*Medicago sativa. l*) والشعير (*Horduem vulgare. l*) رياً دائماً وتكميلياً، على التوالي، لمدة عقدين من الزمان تقريباً، أنه على الرغم من أن هذا المصدر من المياه قد يؤدي إلى ارتفاع تركيز الأملاح بقطاع التربة خلال فصل الصيف عندما تكثف عمليات

الري، إلا أنه يمكن التخلص من هذه الأملاح الزائدة بسهولة بمياه الأمطار التي يبلغ متوسطها السنوي بمنطقة الدراسة 281 مم. ويعود ذلك لسيادة أملاح كلوريد الصوديوم وبدرجة أقل كلوريدات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تتميز جميعاً بارتفاع ذوبانيتها في الماء. وبلغ أقصى توصيل كهربائي لمتخلص التربة (1:1) التي جمعت بعد موسم الأمطار مباشرة 3 ميليسيمنز/سم وكان ذلك في الحقل الذي يروى رياً دائماً بهذه المياه باستثناء فترة الأمطار. من ناحية أخرى، أدت زيادة معدلات الري إلى رفع تركيز أيونات الصوديوم في محلول التربة، فقد تراوح تركيز هذا الأيون من 21 إلى 28 مليمكافىء/لتر مقارنة بتركيزه في الحقل غير المروي الذي تراوح ما بين 2 إلى 8 مليمكافىء/لتر. وعلى الرغم من تفوق تركيز أيون الصوديوم في محلول التربة عدة مرات على تركيز أيوني الكالسيوم والمغنسيوم، إلا أن حوالى 75% من نقاط التبادل على سطوح المواد الغروية ظلت تشغلها الكاتيونات الثنائية. كما أوضحت النتائج أن اتزاناً قد حدث بين تركيز أيون الصوديوم في مياه الري (SAR)* والنسبة المئوية المتبادلة من هذا الأيون (ESP) على سطوح المواد الغروية لترب الحقل المروي رياً دائماً بهذه المياه، فقد وصلت النسبة المئوية للصوديوم المتبادل في ترب هذا الحقل حوالى 25% بينما وصلت في ترب الحقل المروي رياً تكميلياً 15%، ومع هذا فإن خصائص الترب الصودية لم تبرز بشكل واضح. وقد أرجع ذلك لارتفاع التركيز الملحي في مياه الري معظم العام، وتوفر كاتيوني الكالسيوم والمغنيسيوم من خلال ذوبان كربونات الكالسيوم والجبس بالتربة، وكذلك ارتفاع محتوى هذه المياه من هذين الأيونين مقارنة بأيوني الكربونات والبيكربونات، وسيادة معدني الكاولنيت والأليت في هذه الترب. ويشير تناقص كربونات الكالسيوم في ترب الحقول المروية إلى ضرورة إضافة مصدر للكالسيوم لتحسين أو لتفادي زيادة تدهور خصائص هذه الترب.

Long term effects of pretreated municipal sewage water on some physical and chemical properties of soils under semiarid conditions.

Faraj, K.A; Eldoumi, F. M; Momen, N.M; Elssaady, O.R.

Abstract

The long term effects of applying pretreated sewage water to irrigate two forage crops: alfalfa (*Medicago sativa. l*) and barley (*Horduem vulgare. l*) under semiarid conditions were investigated. The irrigation water had an EC 13 mS/cm, and SAR 26. The soils (Torrifluvents) were deep. clayey, low in organic matter and calcium carbonate. The two irrigated fields were furnished with an artificial subsurface drainage system.

field and laboratory ivestigations revealed that an average annual rainfall of 280 mm was apparently sufficient to leach excessive soluble salts that might have accumulated during dry seasons when irrigation is practiced, but not the exchangeable sodium to the extent that partially irrigated soils became marginally sodic and the continuously irrigated soils strongly sodic. However, the hydraulic condctivity of these soils and their structure did not deteriorate. The fact that the characteristics associated with sodicity were not clearly manifested at such high ESP values was attributed to the high salt concentration of the irrigation water and its low RSC, the buffering effect of the solubilized $CaCO_3$ and possibly the dominance of nonexpanding clay minerals.

The decline of $CaCO_3$ content of the soils of the two irrigated fields suggests a need for the application of calcium source to counterbalance the possible bad effects of high exchangeable sodium in the future.

جدول (1): الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعاملة التي تستخدم لري المحاصيل بمشروع القوارشة الزراعي.

الرقم الهيدروجيني (pH)	التوصيل الكهربائي ميليسيمنز/سم عند 25°م	الكاتيونات الذائبة (ملیمكافيء/ لتر)				الأنيونات الذائبة (ملیمكافيء/ لتر)			نسبة الصوديوم الممص (SAR)	كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) ملیمكافيء/لتر	الأملاح الكلية الذائبة (TDS) ملجرام/لتر	التصنيف حسب معايير مختبر الملوحة الأمريكي
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-				
8.3	13.38	109.5	0.97	11.94	25.01	2.66	11.33	93.13	25.59	22.96	8270	C4-S3

(*) حسب معايير مختبر الملوحة الأمريكي (Richards, 1954).

جدول (2): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الأعماق بالحقل الأول (تحت نظام الري الدائم).

العمق	التوصيل الكهربائي ميليسيمنز/سم عند 25م° (1:1)	الكاتيونات الذائبة (مليمكافىء/ لتر)				الأنيونات الذائبة (مليمكافىء/ لتر)				نسبة الصوديوم المدمص (SAR)
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	NO_3^-	
1	2.92 a	27.87 a	0.81 a	1.76 a	2.47 a	4.04 a	19.25	7.45 a	0.04	19.50 a
2	1.92 b	21.53 ab	0.39 a	1.04 ab	1.10 ab	3.48 ab	11.41 a	6.32 a	0.01	21.01 abc
3	2.10 ab	22.67 ac	0.28 a	1.10 ac	0.95 ac	3.40 ac	12.73 ab	7.25 a	0.00	22.85 bd
4	2.33 c	23.74 bc	0.22 a	1.29 bc	1.02 ab	2.67 bc	14.49 b	7 71 a	0.00	23.11 cd

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

جدول (3): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الأعماق بالحقل الثاني (تحت نظام الرق التكميلي).

العمق	التوصيل الكهربائي ميليسيمنز/سم عند 25م° (1:1)	الكاتيونات الذائبة (مليمكافىء/لتر)				الأنيونات الذائبة (مليمكافىء/لتر)				نسبة الصوديوم المدمص (SAR)
		Na^+	K^+	Ca^+	Mg^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	NO_3^-	
1	1.81 a	20.46 a	0.46 a	1.89 a	1.47 a	3.36 a	12.89 a	5.09 a	0.017	14.11 a
2	1.86 a	20.79 a	0.25 a	2.13 a	1.27 a	2.37 bc	13.16 a	5.73 a	0.004	15.85 a
3	1.94 a	18.91 a	0.17 a	2.13 a	1.57 a	1.98 ab	14.36 a	5.02 a	0.001	18.27 a
4	1.95 a	18.16 a	0.13 a	2.07 a	1.65 a	2.03 ac	14.38 a	5.16 a	0.000	19.91 a

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

جدول (4): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الأعماق بالحقل الثالث (غير مروي).

نسبة الصوديوم المدمص (SAR)	الأنيونات الذائبة (ملليمكافيء/لتر)				الكاتيونات الذائبة (ملليمكافيء/لتر)				التوصيل الكهربائي ميليسيمنز/سم عند 25°م (1:1)	العمق
	NO_3^-	SO_4^{--}	Cl^-	HCO^-_3	Mg^+	Ca^+	K^+	Na^+		
2.43 a	0.000	1.27 a	1.16 a	2.16 a	0.71 a	1.09 a	0.18 a	2.25 a	0.32 a	1
4.75 a	0.000	1.26 a	2.88 ab	1.90 abc	0.73 a	0.96 a	0.11 a	4.33 a	0.53 a	2
6.12 a	0.000	2.08 a	5.88 bc	1.65 bd	1.44 a	1.68 a	0.12 b	7.26 a	0.98 b	3
6.91 a	0.000	2.03 a	7.65 c	1.74 cd	1.71 a	1.86 a	0.11 b	8.29 a	1.17 b	4

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

جدول (5): بعض الخصائص الفيزيائية لقطاعات التربة بالحقول الثلاثة.

الحقل	العمق (سم)	القوام	الكثافة الظاهرية جم/سم^3	الرطوبة (%)	التوصيل الهيدروليكي
1	20 _ 0	طيني سلتي – طيني	1.38	19.14	متوسط البطء – بطيء جداً
	40 _ 20	طيني	1.35	20.87	متوسط البطء – بطيء
	60 _ 40	طيني	1.48	21.45	بطيء
	80 _ 60	طيني	1.43	22.18	متوسط – بطيء جداً
2	20 _ 0	طمي طيني – طيني سلتي	1.08	7.42	متوسط البطء
	40 _ 20	طيني سلتي – طيني	1.26	12.57	متوسط
	60 _ 40	طيني سلتي – طيني	1.50	15.34	متوسط البطء – بطيء
	80 _ 60	طيني	1.55	16.69	متوسط البطء – بطيء
3	20 _ 0	طيني سلتي – طيني	1.34	6.67	متوسط البطء
	40 _ 20	طيني	1.10	9.49	متوسط
	60 _ 40	طيني	1.39	11.48	متوسط البطء
	80 _ 60	طيني	1.25	12.25	متوسط

جدول (6): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الأعماق بالحقل الأول (تحت نظام الري الدائم).

العمق	الرقم الهيدروجيني (pH)	الكاتيونات المتبادلة مليمكافيء/100 جرام تربة				السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) مليمكافيء/100 جرام تربة	النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP)	الكربون العضوي (O.C) %	كربونات كالسيوم ($CaCO_3$) %
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}				
1	8.20 a	6.92 a	2.13 c	8.62 a	9.14 a	30.33 abc	22.96 a	0.82 a	3.20 a
2	8.30 a	7.17 ab	1.91 bc	9.96 ac	8.03 bc	28.92 ad	25.00 a	0.48 b	2.08 a
3	8.20 a	7.95 bc	1.82 ab	10.07 ab	7.49 ac	30.32 bdf	26.28 a	0.33 ab	1.68 a
4	8.20 a	8.64 c	2.62 a	11.0 b	7.15 ab	31.85 cl	27.23 a	0.23 ab	2.34 a

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

جدول (7): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الأعماق بالحقل الثاني (تحت نظام الري التكميلي).

العمق	الرقم الهيدروجيني (pH)	الكاتيونات المتبادلة مليمكافىء/100 جرام تربة				السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) مليمكافىء/100 جرام تربة	النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP)	الكربون العضوي (O.C) %	كربونات كالسيوم ($CaCO_3$) %
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}				
1	8.10 a	4.03 a	2.35 a	8.74 a	7.31 ab	27.01 ab	14.93 a	0.62 a	6.47 ab
2	8.10 a	4.00 a	1.81 ab	10.08 ac	6.48 c	28.44 acd	14.00 a	0.40 b	5.38 acd
3	8.05 a	4.38 a	1.63 ac	10.19 ab	6.62 ac	28.41 bcf	15.40 a	0.31 c	5.33 bcf
4	8.04 a	4.47 a	1.71 bc	9.96 bc	7.40 b	29.73 df	15.19 a	0.20 d	3.92 df

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

جدول (8): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الأعماق بالحقل الثالث (غير مروي).

كربونات كالسيوم ($CaCO_3$) %	الكربون العضوي (O.C) %	النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP)	السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ملليمكافيء/100 جرام تربة	الكاتيونات المتبادلة ملليمكافيء/100 جرام تربة				الرقم الهيدروجيني (pH)	العمق	
				Mg^{++}	Ca^{++}	K^{+}	Na^{+}			
5.87 ab	0.51 ab	6.12 bc	29.23 a	6.78 a	12.89 a	1.87 a	1.79 a	8.00 a	1	
6037 ac	0.38 ac	11.60 ab	31.83 a	7.46 abc	12.35 a	1.75 a	3.63 ab	8.15 a	2	
6.12 bc	0.28 a	15.28 ac	30.79 a	7.89 bf	11.04 b	1.74 a	4.70 ac	8.07 a	3	
8.49 a	0.22 a	15.84 ac	28.64 a	8.37 cf	10.53 b	1.78 a	4.56 bc	8.00 a	4	

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

جدول (9): المتوسطات لبعض الخصائص الكيميائية لعينات التربة على مستوى الحقول.

العمق	الرقم الهيدروجيني (pH)	الكاتيونات المتبادلة مليمكافئ/100 جرام تربة				السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) مليمكافئ/100 جرام تربة	النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP)	الكربون العضوي (O.C) %	كربونات كالسيوم ($CaCO_3$) %
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}				
1	8.26 a	7.67 a	1.87 a	9.92 a	7.95 a	30.35 a	25.37 a	0.47 a	2.33 b
2	8.07 a	4.22 b	1.87 a	9.74 a	6.95 b	28.40 b	14.88 b	0.38 a	5.28 a
3	8.05 a	3.38 c	1.78 a	11.94 b	7.79 a	29.69 ab	11.45 c	0.35 a	6.17 a

لا توجد فروق معنوية بين القيم التي يعقبها نفس الحرف داخل العمود الواحد.

المـراجـع:

Banin, A. and J. Navrot, 1981. Accumulation of heavy metals in acid Zone soils irrigated with treated Sewage effluents and their uptake by Rhodes grass. Jour. of Eng. Qu. 1981. 10:356-540.

Bean, F.E. (1955). Chemistry of the Soil. Reinhold Publishing Corporation. pp. 248-251.

Black, C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger, L.E. 1965. Methods of Soil analysis, part (1) and part (2), Am. Soc. of Agron. Inc. Wisc, U.S.A.

Bole, T.B and J.M. Carefoot, 1981. Effect of waste water irrigation and leaching percentage on Soil and ground water chemistry. Jour. of Eng. Qu. 1981. 10:177-183.

Bower, C.A.; Reitmeier, R.F.; and Fireman, M. 1952. Exchangeable Cation analysis of saline and alkali Soils. Soil Sci. 73: 251-261.

Bower, C.A., G. Ogata, and J.M. Tucker. 1968. Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and by precipitation or Solution of Calcium carbonate. Soil Sci., 106 (1): 29-34.

Chapman,H. and Pratt, P. 1961. Methods of analysis of Soils, Plants and waters. Univ. of Calif. U.S.A.

Cheng, K.L. and Bray, R.H., 1951. Determination of Calcium and magnesium in Soil and plant material. Soil Sci. 72: 449-458.

Day, A.D.; J.A. McFaden; T. C. Tucker; and C.B. Cluff. 1979. Commercial production of wheat grain irrigated with municipal waste water and pump water. Jour. of Eng. Qu. 1979. 8: 403-406.

Ernest, J.W. and H.F. Massey, "The effect of Several factors on Volatilization of ammonia formed from urea in the Soil. SSSSAP., 24: 87 (1960).

Frenkel, H.; J.Q. Ooertzen and J.D. Rhoades. 1978 Effect of Clay type and content, ESP, and electrolyte concentration on clay dispersion and Soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 1978. 42: 32-39.

Hesse, P.R. 1971. A textbook of Soil Chemical analysis. John Murray London.

Jakson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. U.S.A., pp. 89.

Kelley, W.P.; S.M.Brown and G.F. Liebig, Jr. 1940. Chemical effects of Saline irrigation water on Soils. Soil Sci. 49: 95-109.

McNeal, B.L. and N.T. Coleman, 1966. Effects of Solution composition on Soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 308-312.

Palazzo, A.J.; and T.F. Jenkins, 1979. Land application of waste water: Effect on Soil and plant potassium. 1979. Jour. of Eng. Qu. 8: 309-312.

Piper, C.S. 1942. Soil and Plant Analysis. Univ. of Adelaide.

Quirk, J.P. and Schofield. 1955. The effect of electrolyte concentration on Soil permeability. J. Soil Sci, 6: 163-178.

Reitemeier, R.D. 1943. Semi-micro analysis of Saline Soil Solution. Indus. and Eng. in Chemi-analyt. Ed., 15: 393-402.

Robinson, J.B.D.; Aleen, M, Dev.; and Gacoka, P. 1959. The determination of nitrates with a brucine reagent. The Analyst, 84: 635-640.

Russell, W.E., 1973. Soil Conditions and Plant Growth. 10 th edition. pp. 749-770.

Schalscha, E.B; I. Vergara; T. Schirado; and M. Morales. 1979. Nitrate movement in Chilean Agriculture irrigated with untreated Sewage water. Jour. of Eng. Qua. 1979. 8: 27-30.

Singleton, p.W.; Elswaify, S.A. and Bahlool, B.B, (1982). Effect of Salinity on Rhizobium growth and survival. Applied and Environmental Microbiology. 44 (4): 884-890. Soil Studies of the eastern zone of the S.P.L.A.J.m Tripoli, 1980. pp. 212-214.

Szabolcs,I (1979). Salt-affected soils. CRC Press, Boca Raton, Florida.

U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. In Diagnosis and Improvement of

Sline and Alkali Soils. L.A. Richards (ed.). Agric. Handbook (60), U.S.D.A. Washington, D.C.

المراجع العربية:

السلاوي محمود، 1981. الموارد المائية بالجماهيرية. نشرة رقم (4). جامعة الفاتح، كلية الزراعة. منشورات جامعة الفاتح.