UTILIZATION OF TREATED SEWAGE WATER IN IRRIGATION AND ITS EFFECT ON SOME SOIL PHYSICAL , CHEMICAL CHRACHTRISTICS AND SORGHUM FODDER PRODUCTIVITY

(Received:27.5.2007)

By
A.M. Aljunied

Department of Soil and Agricultural Engineering , Faculty of Agricultural Sciences (Nasser College) –University of Aden,Yemen

ABSTRACT

This work was carried out at the experimental farm of the Nasser College – Aden University , Republic of Yemen, to evaluate the utilization of treated sewage water in irrigation at Al-Hota town , Lahj Governarate, and its effect on some soil physical and chemical characteristics, and the productivity of sorghum fodder. A sample of water from the sewage settling tank was taken to estimate the cation and anion contents , electric conductivity (EC) and acidity (pH). Iron, Copper, manganese, fluoride and Iodine contents. Also some micro bacterial analyses were carred out. Two soil samples were analyzed; the first was irrigated with treated sewage water, for more than five years, and the second was irrigated with natural water (well water for the same period). Some physical and chemical characteristics were determined (Soil texture separates, field capacity, actual and bulk density and soil total porosity). EC, pH, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium were determined as well. To investigate the effect on the sorghum fodder productivity, two field experiments were carried out, including two local sorghum varieties (Saif and Haiq) in four treatments interchanged with the two irrigated water (sewage and natural). The results reveal that, treated sewage water contains moderate load of microbial, organic and inorganic pollution . Whereas chemical analysis did not show any exceed of permitted limits according to Yemeni standards. Whereas sodium and nitrate levels approached their maximum limits, thus chloride was relatively higher. Results indicated an increase in field capacity of soil irrigated with treated sewage water compared to that irrigated with well water, hence an increase in EC, phosphorus, potassium, nitrogen and organic matter were shown.

The obtained results show a rising in the productivity of the two varieties of fodder sorghum, Saif and Haiq, when irrigated with treated sewage water by 16.2% and 24%, respectively.

***key words**: irrigation, sorghum fodder productivity, treated sewage water.*

إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري و أثر ذلك على بعض الخواص الفيزيائية و الكيميائية للتربة و إنتاجية علف الذرة الرفيعة

علي مشهور الجنيد

قسم التربة و الهندسة الزراعية - كلية ناصر للعلوم الزراعية -جامعة عدن

ملخص

أجريت التجربة في مزرعة كلية ناصر للعلوم الزراعية –جامعة عدن /الجمهورية اليمنية لتقييم صلاحية المياه الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي و الكائنة في مدينة الحوطة /محافظة لحج للري و أثر هذه المياه على بعض خواص التربة الفيزيائية والكيميائية و إنتاجية علف الذرة الرفيعة.

أخذت عينة ماء من مياه المحطة الخارجة (السيب) و قدر فيها تركيز الكاتيونات ، الأيونات ، التوصيل الكهربائي (E.C) ، الحموضة (pH) إضافة إلى تقدير الحديد ، النحاس ، المنجنيز ، الفلوريد و اليود. كما أجري للعينة بعض التحاليل الميكروبيولوجية .

أخذت عينتان من التربة ، الأولى من تربة رويت بمياه الصرف الصحي المعالجة لفترة أكثر من خمسة أعـوام و الثانية من تربة كانت تروى بمياه آبار ، وتم تقدير بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة (مفصلات القـوام ،الـسعة

الحقلية ، الكثافة الحقيقية ، الكثافة الظاهرية و المسامية) و (E.C، pH ، المادة العضوية ،النتروجين ، الفسفـــــــور و البوتاسيوم .

أجريت لمعرفة الأثر على إنتاجية علف الذرة الرفيعة تجربة حقلية في المزرعة سالفة الذكر تضمنت أربع معاملات هي التوافق بين صنفين من الذرة الرفيعة (الصيف و الحيق) و الري بمياه الصرف الصحي المعالجة وبمياه آبار.

أشارت النتائج المتحصل عليها إلى أن هذه المياه تحتوي على حمل متوسط من التلوث الجرثومي والعضوي وغيـر العضوي بينما لم تتعد نتائج التحاليل الكيميائية السالفة الذكر الحد المسموح به وفقاً للمقاييس اليمنية ،غير أن كمية الصوديوم ، والنترات وصلت إلى الحدود القصوى لهما كما ارتفعت قليلا نسبة الكلوريد . كما أكدت النتائج المتحصل عليها ارتفـاع كل من السعة الحقلية والمسامية للتربة التي رويت بالمياه المعالجة مقارنة بتلك التي رويت بمياه الآبار ، كما وجدت زيادة في كل من E.C ، الفسفور ، البوتاسيوم ،النتروجين والمادة العضوية في عينة التربة الأولى مقارنة بالعينة العادية.

لوحظ من النتائج المتحصل عليها زيادة في إنتاج الذرة الرفيعة للصنفين الصيف و الحيق و ذلك عند الري بميـاه الصرف الصحي المعالجة بمقدار ٢٢% و ٣٥,٦% على التوالي.

١- المقدمة

اتجهت الكثير من دول العالم إلى استخدام مياه الصرف الصحي في مجال الزراعة و بخاصة في المناطق الشحيحة المياه التي تزيد فيها كمية المياه المسحوبة من خزانات المياه الجوفية عن الكميات المغذية لها.

وتعتبر اليمن من البلدان الشحيحة في الموارد المائية العذبة و تواجه أزمة مياه تؤثر على مختلف الأنشطة الإنمائية، حيث تشير دراسات البنك الدولي (١٩٩٧م) إلي أن إجمالي الموارد المائية المتجددة سنويا و المتوفرة في اليمن تقدر بحوالي ٢,١ مليار متر مكعب بينما تصل كمية السحب لحوالي ٢,٨ متر مكعب بعجز مقداره ٣٣% ، ويعتبر قطاع الزراعة الأكثر استخداما للمياه حيث يصل ما يستهلك من المياه ١, ٩٣ % . تقدر المساحة المزروعة بحوالي ١,١٤٣,٤٤١ هكتار، ٤٥% منها تعتمد على مياه الأمطار بينما ٥٥ % الأخرى تعتمد على المياه الجوفية ، و يقدر عدد الآبار الفعالة المسجلة في اليمن بين ٥٢٠٠٠ – ٥٥٠٠٠ بئر تنتج حوالي ١,٥ مليار متر مكعب من المياه (التقرير الإحصائي لوزارة الزراعة لعام ٢٠٠٠). لهذا برزت أهمية معالجة مياه الصرف الصحي باعتبارها أحد الموارد المائية المضافة لامكانية إعادة استعمالها في الإنتاج الزراعي بهدف التخفيف من الضخ والسحب والاستنزاف للمياه الجوفية ،و الحفاظ على جودتها ، وكذا الاحتفاظ بأكبر قدر منها باستمرار لغرض سد حاجة السكان من المياه المأمونة بشكل متصاعد ومستمر.

وقد ازداد الإدراك لدى سلطات حماية البيئة بضرورة الأمان من مخاطر التلوث الناتجة عن استخدام مياه الصرف الصحي و الاستفادة منها في الزراعة ، لذلك فالتخطيط الجيد لاستخدام هذه المياه ليس فقط لتأمين السكان من التلوث ، و إنما كمصدر للمياه غني بالعناصر الغذائية الهامة للنبات مثل النتروجين(N) والفوسفور (p) والبوتاسيوم (K) و أيضا العناصر الغذائية الصغرى مثل الحديد، النحاس و الزنك وغيرها من العناصر اللازمة لنمو النبات بالإضافة إلى الحماة التي تمثل سماداً غنياً بالعناصر الغذائية الهامة (Saqran 2001)

و تمتلك اليمن حوالي٣٧ مليون متر مكعب من المياه العادمة(مياه الصرف الصحي) غير المستغلة التي تحتوي حسب نتائج تحليل مياه محطة صنعاء المعالجة (Al-Mosawa 2001) على ٢٤% مواد عضوية و كميات من الفسفور و النتروجين و الكالسيوم و المغنيسيوم تساوي 2.23، 29.04. 29.0,56.6 ppm على التوالي. كما أكد(أبوطيبة أحمد ٢٠٠٤) من أن المياه المعالجة و الخارجة من محطة العريش (محافظة عدن) تحتوي على كمية من النتروجين (على هيئة نترات) تصل إلى ١٣,٥ جزء في المليون و النتروجين الكلي ٤٠,٩ جزء في المليون ،البوتاسيوم ٣٥,٤ جزء في المليون بينما الأرثوفوسفات كانت ١٨,٦ جزء في المليون.،كما تراوحت كمية القولينيات (TC) من ٢٤٠٠ إلى ٣٠٨٠ MPN/١٠٠مل و القولونيات البرازية (FC) ٣٠٦٠ MPN/١٠٠مل.و في دراسة أجراها (Arafa *et al.*, 2001) على مياه الصرف الصحي المعالجة لمدينة مكة المكرمة وجد أن هناك تناقصا معنويا لأعداد كل من بكتيريا القولون الكلية و بكتيريا القولون البرازية بالابتعاد عن المنبع مما يدل على سرعة موت هذا النوع من الكائنات الحية الدقيقة بابتعادها عن بيئتها الأصلية كما أشار إلى أن صلاحية هذه المياه للزراعة صلاحية محددة أو مقيدة من الناحية البكتريولوجية، و لاحظ El-Mowelhi (*et al.*, 1994) ازدياد محتوى التربة الكلي و الميسر من عناصر الحديد، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، النيكل ، الكروم ، الرصاص و الكادميوم بازدياد فترة استخدام ماء الصرف الصحي في أغراض الري و يتمثل ذلك بصفة أساسية في الطبقة السطحية و مع ذلك كان في الحدود المسموح بها و لا تشكل سمية للتربة.و أظهرت الدراسة التي قام بها (Abdel-Reheem *et al.*, 1986 a&b) على التغيرات في كل من النتروجين و الفسفـــــــور و البوتاسيوم و توزيعها في الأراضي الرملية التي تروى بمياه الصرف الصحي أن القيم الميسرة منها في القطاعات المدروسة تتزايد بتزايد فترات استخدام مثل هذه المياه. و في دراسة أخرى لنفس الباحثين عن تغيرات العناصر النادرة (Trace elements.) تم التأكيد أن هناك عاملين أساسيين يؤثران على تيسير العناصر النادرة في تلك الأراضي التي رويت بمياه الصرف الصحي ،هما تراكم المادة العضوية و انخفاض ال pH ، و وجد أن استخدام تلك المياه لمدة خمس سنوات متتالية في ري الأراضي الرملية أدى إلي أن الكميات المتراكمة من العناصر النادرة في التربة أصبحت بكميات لا تظهر نقصاً و في نفس الوقت لا تظهر سمية على النبات. و يهدف هذا البحث إلى تقييم صلاحية المياه الخارجة من محطة الصرف

الصحي لمدينة الحوطة –م/لحج اليمن للري و أثرها على الخواص الفيزيائية و الكيميائية للتربة و إنتاجية علف الذرة الرفيعة.

٢– مواد و طرق البحث

أخذت لمعرفة مدى صلاحية المياه الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي(السيب) و الكائنة في مدينة الحوطة /محافظة لحج للري خمس عينات ماء من المجري الخارج من محطة المعالجة في أوعية من البلاستيك نظيفة وجافه سعه كل منها ٧٥مليلتر وتم تعبئتها من عمق (١٠سم) من سطح الماء وذلك تلافياً للمواد الطافية .

قدر في العينات، التوصيل الكهربائي (E.C) بجهاز Electrical Conductivity meter ، رقـم الحموضــة (pH) عن طريق جهــاز pH meter ، الأمــلاح الكليــة الذائبة (TDS) بطريقة التجفيف.كما تم تقدير تركيــزات كل من الكاتيونات (Ca , Mg , K , Na) ، و الأيونــات (CO_3 , HCO_3 , CL , SO_4 , NO_3) ، حيـث قــدر الكالسيوم والمغنيــسيوم بالمعــايرة بالفرســين (EDTA) 0.01N ، الصوديوم والبوتاسيوم بجهاز اللهب Flame photometer . الكربونــات و البيكربونــات بالمعــايرة بحمض الكبريتيك 0.01N ، الكلور يد (بطريقــه مــور Mohr) بالمعايرة بمحلول نتــرات الفـضة (0.1N) ، الكبريتات بطريقه قياس العكــاره Turbidity باســتخدام جهاز Spectrophotometer ، النترات بجهــاز قيــاس اللونSpectro photometer و باستخدام حمض فينــول داي سلفونيك.

قدر الحديد، النحاس، المنجنيز ،الفلوريد ،و اليود بواسطة جهاز الطيف(Spectrophotometer). أجريت هذه التحاليل في مختبر الهيئة العامة للمياه –عدن وفقاً للطرق المتبعة في المختبر American Public Health Association (1981, 1985)

هذا وقد حسبت قيم كربونات الصديوم المتبقية (RSC) ،نسبة ادمصاص الصديوم .المعدلة (Adj.SAR)، ادمصاص للصديوم (SAR) و كذا العلاقات بين كل من Ca/Mg, HCO_3/Ca .CO_3/Ca, باعتبارها عاملا مهما في تقييم صلاحية المياه للري .و لإجراء التحاليــــــــل والقياسات الميكروبيولوجية أخذت عينات مزدوجة من عمق ١٠سم من سطح الماء و من خمسة أماكن على طول المجرى الخارج من أحواض المعالجة (مجرى مفتوح بطول حوالي ٤٠٠ متر) حجم كل منها ٣٠٠ مليلتر.

واستعملت البيئات الميكروبيولوجية و كذا طريقة الأنابيب المتعددة (M.T)لإجراء الفحوصات و التحاليل حيث تم اعداد سلسلة من التخفيفات (١٠ -٦ ،١٠ -٧ ، ١٠ -٨) باستخدام ماصة معقمة و في كل مرة نقل ١مل من التخفيفات الى بيئة الأجار ووزع بانتظام على السطح وحضن تحت درجة حرارة ٣٧ درجة مئوية ثم استخدمت طريقة العدد الأقرب إحتمالا لبكتيريا الكلوروفورم في ١٠٠مل.وذلك وفقا للطرق المتبعة في المختبر المركزي لمراقبة الجودة و فحص العينات البحرية–عـــــدن (Page *et al*., 1982).

لتقدير بعض الخواص الفيزيائية للتربة (مفصلات القوام ،السعة الحقلية ، الكثافة الحقيقية ، الكثافة الظاهرية ، المسامية) والكيميائية (ال E.C، pH ، المادة العضوية ،النتروجين ، الفسفور ،و البوتاسيوم) ، أخذت عينتان من التربة (من العمق ٠–٣٠ سم)، العينة الأولى من تربة رويت بمياه الصرف الصحي المعالجة لفترة اكثر من خمسة أعوام والعينة الثانية تربة تروي بمياه آبار . بعد أن جهزت التربة للتحليل بالطرق اللازمة لذلك تم تقدير السعة الحقلية (F.C) بطريقة الاسطوانات معملياً ، الكثافة الظاهرية (Apparent Density) بطريقة شمع البرافين(Paraffin Block Method)، الكثافة الحقيقية(Real Density) بطريقة قنينة الكثافة (Pycnometer Method)، المسامية (Porosity) حسابيا بمعلومية الكثافتين، التحليل الميكانيكي (Mechanical Analysis) باستخدام هيدروميتر بيــوكس(Bouycos Hydrometer.)، ورقم الحموضة بجهاز (pH meter) ، و الأملاح (مستخاص ١:١) عن طريق جهاز (EC meter)، و قدرت المادة العضوية (Organic Matter) عن طريق الحرق الرطب(الأكسدة) في وجود بيكرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك ثم المعايرة بكبريتات الحديد النشادرية، و لتقدير النتروجين القابل للاستفادة(Available N.) قدر كل من النتروجين الأمونيومي والنتراتي حيث استخلص من التربة بواسطة(KSO_4 0.1N وكانت نسبة التربة إلى المحلول ١:٣) قدر النتروجين النتراتي باستخدام حمض ٢-٤ داي سلفونك أما الأمنيومي فقدر بواسطة جهاز الطيف (Spectrophotometer) (Indophenol Blue) ،الفسفور الميسر استخلص ب ($Na(HCO_3)$ وقدر بواسطة جهاز الطيف Spectrophotometer) بطريقة (Olsen *et al*., 1954) (Ryan *et al*., 1996) ، أما البوتاسيوم الميسر فقد قدر باستخدام Flamphotometer .وقد أجريت كل هذه التقديرات بمختبرات كلية ناصر للعلوم الزراعية/جامعة عدن.(Jackson, (1970) (محمد قائد محمد (٢٠٠٣).

ولتأكيد أثر الري بمياه الصرف الصحي على خواص التربة الفيزيائية و الكيميائية و الذي ينعكس على إنتاجية المحصول المنزرع باعتباره مؤشراً أساسياً على مدى خصوبة هذه التربة، قمنا بتنفيذ تجربتين حقليتين في مزرعة كلية ناصر للعلوم الزراعية–الحوطة /لحج (والتي تقع فيها محطة المعالجة) ، تضمنت أربع معاملات هي التوافق بين صنفين من الذرة الرفيعة (الصيف و الحيــق) والري بمياه الصرف الصحي المعالجة وبمياه آبار (جدول٧) و كانت الزراعة في سطور (طول السطر ٤ متر)، و المسافة بين السطر و الآخر (٣٠سم) و بواقع ٢٠ سطراً في كل قطعة تجريبية (٥×٤ متر)، وصممت التجربة في قطاعات كاملة العشوائية في أربعة مكرارت ، و أجريت كل العمليات الزراعية المختلفة كما هو متبع في المنطقة ، وبعد ستين يوما من الزراعة حصدت المعاملات

و تم وزن العلف الطازج و حسبت الكمية على أساس طن/هكتار. حللت النتائج إحصائيا باستخدام برنامج (Genstat 5 Release 3.2).

٣- النتائج و المناقشة

٣-١- صلاحية مياه الصرف الصحي المعالجة للري

يلاحظ من الجدول (١) و جدول (٢) أن نتائج التحاليل الكيميائية لعينات الماء المأخوذة من محطة الحوطة/لحج لمعالجة مياه الصرف الصحي و بصورة عامة لم تتعد الحدود المسموح بها وفقاً للمقاييس اليمنية و مقاييس منظمة الصحة العالمية و منظمة الأغذية والزراعة (FAO,1985&WHO,1992).فقد وصل الرقم الهيدروجيني (pH = 7.8) إلى المجال الذي لا يخشى منه على إذابة العناصر الثقيلة (Heavy Metals) في التربة ، بل قد يؤثر إيجابا على الأراضي القلوية أو التي تميل إلى القلوية، كما لم يتعد التوصيل الكهربائي (EC) و مجموع المواد الصلبة الذائبة (TDS) (2989، 1685) الحدود المؤثرة الحادة و التي لها الأثر على نمو النباتات و بخاصة الحساسة منها للملوحة، حيث من الممكن استخدام هذه المياه للمحاصيل المقاومة ومتوسطة المقاومة للملوحة وللأراضي الرملية (جيدة الصرف). ويشير الجدول(١) إلى أن هناك ارتفاعاً في كمية الصوديوم بالنسبة لمقاييس (FAO,1985&WHO,1992) ،غير أنها لا تعتبر حادة بالنسبة للمقاييس اليمنية (جدول٣) حيث أخذ اليمن بعين الاعتبار الكمية العالية من الصوديوم التي عادة ما تكون في مياه الصرف الصحي نتيجة للاستخدام المفرط للمنظفات في المنازل و تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (هاشم و آخرون ٢٠٠١) هذا وقد تشكل كمية النترات الموجودة في هذه المياه مصدر تلوث إذا ما وصلت هذه المياه إلى مستوى المياه الجوفية و خاصة في مناطق أحواض الترسيب .

عادة ما يتم اللجوء إلى كل من (معدل ادمصاص الصوديوم) و(كربونات الصوديوم المتبقية) لتقييم صلاحية مياه الري حيث يعبر SAR عن خطورة أيون الصوديوم الذي يعتبر من العوامل المهمة المحددة لصلاحية المياه للري حيث له التأثير المباشر بسب سميته النوعية على المحاصيل الحساسة له ، ولتأثيره المباشر على نفاذية التربة وتفرقته لحبيبات الطين،كما أن للعامل الآخر(نسبة ادمصاص الصوديوم المعدل) المستنبط من SAR دلالة على المعدل النظري لادمصاص الصوديوم الموجودة بمياه الري بعد إضافتها للتربة واتزانها مع كربونات الكالسيوم وثاني أكسيدالكربون كما يستدل منه أيضاً على تأثير الكربونات والبيكربونات على إذابة و ترسيب الكالسيوم. أما كربونات الصوديوم المتبقية فان وجودها بكمية أكبر من ٢,٥ فان المياه تكون غير صالحة للري أو مشكوك في صلاحيتها لذلك عندما يتراوح هذا المؤشر من ١,٢٥ – ٢,٥و ذلك لأن وجود أيونات (CO_3-HCO_3) في مياه الري يسبب ترسيب الكالسيوم والمغنسيوم الذائبين في صورة (CaCO3+MgCO3) فتتغير بذلك النسبة بين الصوديوم و مجموع الكاتيونات الذائبة و بالتالي تزداد خطورة أيون الصوديوم (Al-Mabrazy,and Galib,2001).

جدول (1) نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي المعالجة الخارجة من محطةالحوطة /لحج.

Characteristics	Results	المواصفات القياسية اليمنية	Units
pH	8.7	8.22 –6.5	
Conductivity (EC)	2989		dS/m
Total Dissolved Solids (TDS)	1685		Mg /l
Ca++	6.9		Meq/L
Mg++	5.1		Meq/L
Na+	13.2		Meq/L
K+	2.1		Meq/L
Chloride (Cl)-	13.7	50	Meq/L
Bicarbonate (HCO_3)-	6.5.	8.5–1.5	Meq/L
Carbonate (CO_3)-	3.3		Meq/L
Sulphate (SO_4) --	4.2	10.4	Meq/L
Nitrate (NO_3-)	0.9	0.4-0.8	Meq/L
Amonia (NH_3)	9.2	50	Meq/L
Phosphorus (P)	1.9	15	Mg /l
Flouride (F-)	0.32		Mg /l
Iron (Fe)	00		Mg /l
Copper (Cu)	0.48		Mg /l
Manganese (Mn)	0.9		Mg /l
Chlorine (Cl_2)	0.9		Mg /l
Boron	0.5	2.8	Mg /l
Bromine Br_2	0.06		Mg /l
Iodine (I_2)	0.27		Mg/l

و في عينات المياه تحت الدراسة (جدول ٤) نجد أن كل من (SAR=9.3 ,) و (adj.SAR=14.8) لم يتعديا الحدود القصوى بالنسبة للمقاييس اليمنية ، غير أنها تعد عالية قليلاً بالنسبة لمواصفات (WHO,1992و&1985 FAO,) ، و طالما أن مقدار SAR يتوافق مع مقدار متوسط أو أعلى قليلاً عن المتوسط من EC و الموضح في جدول٢(EC 12 - 6 = SAR) فأنه لا يوجد تخوف من التأثير السلبي على نفاذية التربة التي ستروى بهذا النوع من المياه. بينما تؤكد النتائج المتحصل عليها أن كربونات الصديوم المتبقية (RSC) تساوي صفرا بينما وصلت نسبة (Ca/Mg) إلى أدني من الحدود المسموح بها .

٣-٢- التحاليل الميكروبيولوجية

تؤكد النتائج المتحصل عليها في الجدول (٥) و الذي يشير إلى متوسطات لوغريتم الأعداد الكلية للكائنات الحية الدقيقة و بصورة عامة إلى أن مياه الصرف الصحي تحت الدراسة تحتوي على حمل متوسط من التلوث الجرثومي، حيث ارتفعت أعداد القولونيات الكلية عن الحد المسموح به حسب المواصفات اليمنية (٢,٨) وكذا مواصفات منظمة الصحة العالمية و الFAO,1985 (جدول ٢). بينما لم تصل القولونيات البرازية إلى الحدود القصوى أو الحادة. و يتطابق مع

جدول (٢): دليل مياه الصرف الصحي المعالجة لاستخدام الري.

مشكلة الري المحتملة	وحدة القياس	درجة التغيير على الاستخدام		
		لا توجد	خفيف إلى متوسط	حادة
Solidity Conductivity (EC) Total Dissolved Solids (TDS)	 DS/m Mg/l	 700> 450>	 3000-700 2000-450	 3000< 2000<
النفاذية (تؤثر على رشح الماء إلى داخل التربة)				
SAR= 0 - 3 EC		0.7 <		0.2>
SAR = 3 - 6 EC		1.2<	1.2-0.3	0.3>
SAR = 6 - 12 EC		1.9<	1.9-0.5	0.5>
SAR = 12 -20 EC		2.9<	2.9-1.3	1.3>
SAR = 20 - 40 EC		5.0<	5.0-2.9	2.9>
سمية الأيون المحدد (تؤثر على المحاصيل الحساسة)				
Sodium (Na)	meq/l	3.0>	3-9	9.0<
Chlore (Cl)	meq/l	4.0>	4-10	10.0<
Bicarbonate (HCO3)	meq/l	1.5>	10-8.5	8.5<
Boron (B)	mg/l	0.7>	0.7-3.0	3.0<
بكتيريا الكولوفورم البرازية (FC)	MPN/100ml	1000<	1000-50000	5000<
بكتيريا الكولوفورم الكلية البرازية	MPN/100ml			

المصدر : FAO 1985, WHO 1989

*متوسط خمس عينات

جدول (٣): المعايير الخاصة بالمياه المستخدمة لأغراض الرى.

م	المعيار	الرمز	الوحدة	الحد المسموح
١	**الملوحة** (تؤثر في قابلية المحصول للمياه) - الناقلية الكهربائية. - الأملاح الذائبة الكلية	 Ecw TDS	 ملليموز/ سم. ملغ/ لتر	 ٠,٧- ٣,٠ ٤٥٠- ٣٥٠
٢	**الترشيح** (تؤثر في ارتشاح المياه داخل التربة) وتقدر بنسبة: - ادمصاص للصوديوم - الناقلية الكهربائية	 SAR Ecw		SAR٠,٠-٣ ٠,٢-٠,٧Ecw ٦-٣ ٣.-١,٢ ١٢-٦ ٥.-١,٩ ١٢,٢٠ ١,٣-٢,٩

المصدر:اللائحة التنفيذية للقانون رقم (٤٦) لسنة ١٩٩٨م بشأن حماية البيئة ٢٠٠٠م

جدول رقم (٤): نتائج لبعض الخواص الهامة المحددة لصلاحية المياه للري.

الخاصيةCharacteristics	القيمة
نسبة ادمصاص الصوديوم(1) SAR	9.3
نسبة ادمصاص الصوديوم (المعدلة)(2) adj- SAR	14.8
كربونات الصوديوم المتبقية(3) RSC -	Nil
HCO3/Ca	0.94
CO3/Ca	0.48
Ca/Mg	1.4

1)Sodium Adsorption Ratio.
2)Exchangeable Sodium Adsorption Ratio.
3)Residual sodium carbonate.

ما توصل إليـــه.(Saqran and Hana, 2001) في دراستهما على نفس هذه المحطة و كذا (أبوطيبة أحمد ٢٠٠٤) في تقييمه لمياه الصرف الصحي المعالجة /محافظة عدن و توافقت أيضاً مع نتائج الدراسة عن الخواص الميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة لمدينة مكة المكرمة /المملكة العربية السعودية(Arafa *et al.*, 2001)

لقد أعتمد الكثير من الباحثين في الصحة العامة عموماً وفي مجال المياه بصفة خاصة على بكتيريا القولون البرازية كمؤشرات للممرضات الميكروبيولوجية ،نظراً لأن خصائص بقائها في البيئة و معدلات إزالتها أو إبادتها في عمليات المعالجة المختلفة متشابهة إلى حد بعيد . أما إجمالي القولونيات فتعتبر أقل موثوقية كدلالة على وجود البكتيريا الممرضة ،نظراً لأن القولونيات ليست كلها برازية الأصل ، و كثيراً ما توجد نسبة من القولونيات غير البرازية مع القولونيات البرازية في مياه الصرف الصحي، وقد تكون هذه النسبة عالية جداً في الأجواء الحارة الدافئة. كما أن المعايير التي وضعت لاعادة استخدام مياه الصرف الصحي أو للتخلص منها بطريقة آمنة من الناحية الميكروبيولوجية قد مالت في أول الأمر إلى الصرامة الشديدة ، و قد يرجع السبب في ذلك إلى أنها بنيت على تقييم نظري للأخطار الصحية الكامنة المقترنة ببقاء الممرضات في مياه الصرف الصحي أكثر منه على الشواهد الوبائية العملية للخطر الحقيقي (Arafa *et al.*, 2001) .

لذلك يمكن القول أن نتائج هذه الدراسة تشير إلى صلاحية هذه المياه للاستخدام الزراعي صلاحية محدودة أو مقيدة من الناحية البكتريولوجية و نعتقد أنه إذا ما تحسنت الإدارة و اتخذت بعض الإجراءات التشغيلية الجيدة في محطة لحج و أجريت الدراسات البحثية المستمرة في هذا المجال فانه من الممكن التقليل من الحمل البكتيري الممرض.

جدول (٥) متوسطات لوغريتم العدد الكلي الميكروبيولوجي لـبعض الكائنات الحية في عينات مياه الصرف الـصحي المعالجـة لمحطة الحوطة /لحج.

Description	MPN/100mg	الحد الأقصى حسب المواصفات اليمنية
مجموع القولونيات – Total coliform	3.9	2.8
القولون البرازي Fecal coliform	2.4	
سالمونيلا ، شيجيلا	2.09	

٣-٣- تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على الخواص الفيزيائية للتربة

يوضح الجدول (٦) حدوث تغييرات طفيفـة فـي التوزيع الحجمي لقوام التربة (Texture Fraction) (سلت، رمل ، طين) بينما حدثت زيادة في مسامية التربة نتيجة لانخفاض قيمة الكثافة الظاهرية و ذلك في عينـات التربة المروية بمياه الصرف الصحي ويعزى ذلـك إلـى تراكم المادة العضوية نتيجة للري بهذا النوع من الميـاه و لفترة طويلة وهذا ما أكده (Abdel- Reheem *et al.*, 1986,a&b) و أوضح كل مـن (الجنيـد وعبـاس ٢٠٠٢) و(Saleh, El-Deen,1996) أن الـري بميـاه الصرف الصحي المعالجة يؤدي إلى انخفاض في الكثافـة الظاهرية، و بالتالي زيادة نسبة المسامية إضافة إلي ارتفاع في النسبة المئوية للمادة العضوية بينما لم يؤثر الري بتلك المياه على قوام التربة.

٣-٤- تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على الخواص الكيميائية للتربة

يلاحظ من الجدول (٦) أن هناك زيادة في كمية كل من العناصر الغذائية N. P . K في التربة التـي رويـت بمياه الصرف الصحي مقارنة بالأخرى التي رويت بالماء العادي (مياه الآبار) حيث بلغت نسبة الزيـادة .104% 58% .65% على التوالي ، كما زادت أيـضا النـسبة المئوية للمادة العضوية في التربة إلى ٧٠% و تتوافق هذه الزيادة في النتائج مع ما تحصل عليـه كـل مـن (EL-Abdel-Reheem *et*)، (1994 Mowelhi *et al.*, *al.*,(1986,a&b) و (Saleh,El-Deen ,1996)، كمـا أكد (أبوطيبة أحمد ٢٠٠٤) في دراسته علي محطة العريش لمعالجة مياه الصرف الصحي /محافظة عدن أنه عند ري هكتار تربة بكمية تقدر ب ٢٥٠٠٠ متراً مكعباً مـن تلـك المياه الخارجة من المحطة لمـدة عـام واحـد سـيتراكم 1227/kg نتـــروجين 558/kg فـــسفور 1062/kg بوتاسيوم في التربة.

ويشير الجدول (٦) أيضا إلي أن تركيـز الأمـلاح (EC) قد ارتفعت ارتفاعاً طفيفاً عن الحدود المسموح بها (في المواصفات اليمنية) بحيـث وصـلت إلـي حـدود الملوحة البسيطة التي قد تؤثر على المحاصـيل الحـساسة للملوحة .ويتضح من الجدول نفسه أنه لم يطـرأ تغييـر يذكر على رقم الحموضة (pH).

٣-٥- التأثير على إنتاجية محصول علف الذرة الرفيعة

أظهرت النتائج سالفة الذكر أن هناك زيادة في محتوى العناصر الغذائية وبخاصة الكبرى منها (NPK) و كذا تحسن واضح في الخواص الفيزيائية للتربة التي رويت بمياه الصرف الصحي وهذا بالطبع أدى إلي رفع إنتاجية هذه التربة مقارنة بالتربة التي رويت بمياه الآبار (جدول٨) . حيث ازدادت معنوياً كمية محصول العلف للذرة الرفيعة الصيف و الذرة الرفيعة الحيق عند الري بمياه الصرف الصحي المعالجة وكان تأثيرها أكثر فاعلية على صنف الحيق على مستوى معنوية ٥% و كانت الزيادة بمقدار ١٦,٢ % و ٢٤ % على التوالي.

جدول (٦) : المؤشرات الأولية لبعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينة تربة رويت بمياه صرف صحي معالجة وأخرى رويت بمياه عادية.

الخواص الكيميائية -Chemical Properties						
$N(NO_3+NH_4)_{PPm}$	P_{ppm}	K_{PPm}	EC	PH	O.M	Sampels
51	28	38	2370	8.1	1.19	1
25	17	24	1567	7.9	O.7	2

بعض الخواص الفيزيائية - Physical Properties						
FC %	Porosity %	Bulck density Gm/cm3	Clay %	Mechanical Analysis Total Sand %	Silt %	Sampels
22, 19	48	1.38	22.16	37.89	39.95	١
27 , 5	52	1.25	23.4	35.9	40.7	٢

١-تربة رويت بمياه الصرف الصحي المعالجة Soil irrigated with sewagewaters
٢-تربة رويت بمياه عادية (مياه الآبار) Soil irrigated with norm.water (Wells water)

جدول (٧): التحليل الكيميائي لبئر مزرعة كلية ناصر للعلوم الزراعية (حقل التجارب).

pH	EC mm mohs cm	الأنيونات (ملليمكافئ لتر)				الكاتيونات (ملليمكافئ لتر)				نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)
		SO_4	Cl	HCO_3	CO_3	K	Na	Mg	Ca	
7.9	1.850	4.6	9.60	2.8	0.0	0.2	8.2	3.8	5.3	3.9

المصدر(مختبر البحوث الزراعية -كلية ناصر)

جدول (٨): تأثير الري بمياه الآبار و مياه الصرف الصحي على إنتاجية (طن لكل هكتار) صنفي الذرة الرفيعة (الصيف و الحيق) طن/هـ (متوسط موسمين).

الأصناف	نوعية المياه		المتوسط
	مياه آبار	مياه معالجة	
صيف	18.50	21.50	20.00
حيق	18.15	22.50	20.33
المتوسط	18.33	22.00	20.16

أقل فرق معنوي عند ٥ %

التفاعل	نوع المياه	الأصناف
٢,١٩٥	١,٥٥٢	١,٥٥٢

٤- المراجع

أبو طيبة أحمد(٢٠٠٤ م) . إعادة استخدام المياه المعالجة لمحطات الصرف الصحي م /عدن، الورشة العلمية حول الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة ،مركز دراسات و علوم البيئة جامعة عدن ١٣ أكتوبر،١٣ .

البنك الدولي (١٩٩٧), اليمن نحو استراتيجية للمياه – تقرير رقم (١٥٧١٨ – واي) العدد الثاني عشر (إبريل/ يونيو ١٩٩٨) ،ص (١٢٧).

التقرير الاحصائي لوزارة الزراعة لعام ٢٠٠٠م. وزارة الزراعة و الري – صنعاء

الجنيد علي مشهور ،عباس أحمد باوزير (٢٠٠٢م). أثر الري بالمياه العادمة المعالجة على الخواص الفيزيائية للتربة .(ورشه عمل حول مشكلة المياه في الوطن العربي متزامنة مع اجتماعات لجنة كليات الزراعة في الوطن العربي يوليو – الخرطوم – السودان .

اللائحة التنفيذية للقانون رقم (٢٦) لسنة ١٩٩٨م بشأن حماية البيئة . مجلس الوزراء .الجمهورية اليمنية.

محمد قائد محمد (٢٠٠٣). طرق تقدير خواص الأراضي– المياه– النبات . الهيئة العامة للبحوث و الأرشاد الزراعي فرع تعز.

هاشم ، ماجد حسين ، عبد المنعم سيد عرفه ، سمير جميل السليماني و محمد صادقين أزرعي (٢٠٠١م). التغيرات في الصفات الطبيعية و الكيميائية لمياه الصرف الصحي من محطة المعالجة بمكة المكرمة على طول مجرى الصرف، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم الارصاد و البيئة و زراعة المناطق الجافة، المجلد ١٢ .ص ٨٣-١١٣

Abdel-Reheem M.A,El-Awady R.M. and Faltas R.L.(1986a).Changes and distribution of nitrogen, phosphorus and potassium in sandy soils irrigated with sewage water. Annals of Agric. ,Univ.of cairo , No.2.

Abdel- Reheem M.A. ,Faltas R.L , EL-Awady R.M.and Ahmed W.E. (1986b). Changes of trace elements in sandy soil irrigated with sewage water .Fac.of agri.Univ.of Cairo , Vol.37 No 2.

Al-Mabrazy A.KH.and. Galib M.S. (2001).The Environmental Status and Impacts for Untreated waste water and irrigated lands in AL-Buraihi Area-Taiz YEM/97/106.

Al-Mosawa A.M.(.2001).The Effect of irrigation with different concetration levels of primary treated sewagewater on seedlong.growth and feeging product of *Sorghum vulgar* in calcareous soil.Yemen Journal of agricutural Resrech Univ. Aden. Nasser s Faculty of agri.Science.

American public Health Association (1981). Standard methods for the examination water and wastewater. 13th edition Washington, D.C.USA.1134p.

American public Health Association (1985). Standard methods for the examination water and wastewater. 16th edition Washington, D.C. .USA.1134p.

Arafa A.S., Hashem M.H, El-Solimani S.J. and Azroe M.S. (2001). Effluence of Time of the Year and Location on the wastewater strem on Microbial characteristics of treated wastewater from the Holy City Makkah.

El-Mowelhi N, El-Nasher B.M. and El-Wakeel A.F.(1994). Effect of long-term Sewage water Application of soil and plant .J.Agri. Sci.Mansoura Univ. 19(3):1259-1266.

Food and Agriculture 0rganization FAO (1985). Water quality for Irrigation and Drainage paper No:29 Rev 1 Rom

Jackson M.L.(1970). Soil Chemical analysis , Sixth printing / Univ. of Wisconsin , Madison ,Wis. USA.

Page A.L. , Miller R.H.and Kenney D.R. (1982). Methods of soil analysis-part 2 , Chemical and microbiological properties. ASA. SSSA. Madison, Wisconsin ,USA .

Olsen R.S.,Cole C.V.,Watanabe F.S.and Dean L.A.(1954).Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate.USDA circular 934.

Ryan J. S.,Garabet , Harmsen K. and Abdul rashid (1996).A soil and Plant analysis manual adapted for the west Asia and north Africa region .ICARDA,Aleppo ,Syria .140 pp.

Saleh EL-Deen M.(1996). Effect of irrigation with water on some physical and chemical properties of someEgyptian soild.B Sc.Agric.(soil science).Ain shams Univ. forDegree of Master of science

Saqran A.(2002).Wastewater Reuse Potential in Yemen.Technical and legal Aspects.The 2th.envorinmental conf.,Taaz Univ.

Saqran A. and Hana G. (2001) . Preliminary Investigation on the Sewage. Treatment Plant of AL-Hawtah City .Uni. of Aden Journal of natural and applied sciences.Vol.5(1).4

World health organisalion WHO (1992). Guidelines for drinking - water quality.Secon Edition - Vol. 2.Heath criteria and other supporting informati.