مجلة اتحاد الجامعات العربية
للعلـــوم الزراعيـــة
جامعة عين شمس ، القاهرة
مجلد(24)، عدد (2)، 417-430، 2016

تقدير مؤشرات النوعية في التربة المروية بالمياه العادمة الصناعية في منطقة المراوعة بالحُديدة– الجمهورية اليمنية

[28]

جمال علي قاسم سيف المنصوري[1]– مختار دائل محمد عثمان[2]– أحمد محمد الوادعي[1]

1– قسم الأراضى والمياه – كلية الزراعة – جامعة صنعاء – الجمهورية اليمنية

2– القسم الزراعى– كلية الزراعة والطب البيطرى– جامعة ذمار– الجمهورية اليمنية

Email: mokhtarothman@hotmail.com

الكلمات الدالة: تلوث تربة، مياه عادمة، بيئة زراعية

الموجـــــز

في دراسة شاملة (للتربة والماء والنبات) تم أخذ عينات تربة من الطبقة السطحية (صفر– 60 سم) والطبقة السفلية (60– 120) ومياه (صناعية عادمة وآبار جوفية) و نبات (أشجار حراجية و حشائش برية) من منطقة أحد مشاريع الاستزراع الواقعة بمنطقة المراوعة (محافظة الحديدة اليمنية). وذلك بغرض تقييم الأثر البيئي لاستخدام المياه العادمة لأحد مصانع الأغذية (ديكو) في ري التربة خشنة القوام (مزيجية رملية) وزراعة الأشجار المعمرة (كمصدات رياح) بدأت مرحلتها الاولى منذ 25 عام تقريباً والأخيرة قبل 5 سنوات فقط. وذلك من خلال قياس العديد من المؤشرات الكيميائية، الفيزيائية، البايولوجية والميكروبية. وتمثلت أهم النتائج بالآتي:

فيما يخص التربة، زادت ملوحة التربة بمقدار ثلاثة أمثال تقريباً و زاد معدل امتزاز الصوديوم حوالي عشر أضعاف عندما استخدمت المياه العادمة لمصنع الأغذية في التربة المدروسة (لري الأشجار دائمة الخضرة) لمدة بلغ متوسطها 15 عاماً حيث كانت: EC= 0.115 mS/cm و SAR= 1.2925 في التربة غير المعاملة، مقارنة بـ 0.3725 و 12.51 (للـ EC و SAR على التوالي) في التربة المعاملة. و لم يكن هناك تأثيراً معنوياً سواءً لعمق قطاع التربة السطحي (صفر–60 سم) والسفلى (60–120 سم) أو لسنوات التطبيق (حديثة منذ 5 سنوات وقديمة منذ 25 سنة) في معظم الصفات المقاسة. وفي حين زادت– قليلاً– نسبة المادة العضوية، النتروجين، الفوسفور، الحديد (بدرجة غير معنوية)، فإن كمية البوتاسيوم، المنجنيز، الزنك قد إزدادت زيادة معنوية بمستوى 0.05 (في التربة المعاملة مقارنة بالبكر).

فيما يخص نتائج تحليل أوراق النباتات النامية (لغرض مقارنة مستوى العناصر الغذائية) فلم يكن هناك اختلافات جوهرية بين أشجار مصدات الرياح (مُريمرة، دَمس) و الحشائش النامية طبيعياً (ثُمام، آباد) فيما يتعلق بمعظم العناصر المدروسة (Mn, Fe, K, P, N) فيما عدا الزنك الذي كان مستواه عالى جداً في الحشائش (Zn= 2350.5 mg kg -1) مقارنة بالاشجار (103.5 mg kg -1 كمتوسط)، مما يعطي انطباعاً بميل تلك الحشائش الى تجميع عنصر الزنك.

(تسليم البحث في 24 يوليو، 2016)
(مراجعة البحث في 2 أغسطس، 2016)
(الموافقة على البحث 14 أغسطس، 2016)

بالنسبة للمياه، ومن خلال مقارنة المؤشرات المقاسة في مياه الآبار الجوفية في المنطقة (قريبة وبعيدة) والمياه العادمة (مسائية وصباحية) يبدو بأن التخلص من تلك المياه العادمة في زراعة أشجار حراجية (كمصدات رياح) قد كان اسلوباً ناجحاً في منع حدوث المشاكل البيئية وانتقال التلوث الى الخزان الجوفي لمياه الشرب.

المقدمة

تعتبر المياه العادمة أحد الموارد المائية غير التقليدية والتي يمكن أن تساهم في زيادة المسطحات الخضراء والأحراج وإنشاء الأحزمة الخضراء لمكافحة التصحر، كما يمكن إستخدامها في أنشطة إقتصادية مثل ريّ نباتات زراعية ملائمة وبطرق لا تؤثر على صحة الانسان وتحافظ على البيئة، وإن استخدام المياه المعالجة في الري يزيد من خصوبة التربة نتيجة لما تحتويه من مواد عضوية وعناصر غذائية تخصب التربة. كما أن استخدام هذه المياه– العادمة– في الزراعة يخفف الضغط على استهلاك المياه المخزونة (بشرط أن يكون استخدامها آمناً ولا يسبب أخطار صحية وبيئية) خاصة وأن هناك نقصاً كبيراً في المخزون الجوفي نتيجة إستنزاف المياه الجوفية للأغراض الزراعية (**المؤسسة العامة اليمنية للمياه والصرف الصحي، 1996**). إن من إحدى المشكلات البيئية المحتملة التي يمكن أن تنتج عن إستعمال المخلفات السائلة في الري وإستخدام مخلفات المجاري في تسميد الأراض، هو تلويث المياه الجوفية وتراكم النترات الذي يمثل مشكلة خطيرة في كثير من البلدان إعتماداً على الظروف المحلية (**منظمة الصحة العالمية، 1990**).

ذكر **Cowan and Jahnson (1984)** أن المياه العادمة للمدن الصناعية تحتوي عادةً على مواد بتراكيز ضارة مثل الكلوريدات والكبريتات والبيكربونات وأملاح الصوديوم والعناصر الثقيلة ومواد كيميائية سامةأاخرى، وكذلك تحتوي على أحياء دقيقة كالديدان المعوية والبكتريا والفيروسات. و بين **Camp *et al* (1980)** أن زيادة تركيز بعض العناصر كالبورون و الزنك و النحاس و النيكل و الرصاص و الكادميوم قد يؤدى الى حدوث سمية للعديد من النباتات كما قد يمنع تماماً نمو الخلية النباتية، كذلك فإن زيادة تركيزات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم التي لها نفس التأثير السام الناتج عن زيادة أكسيد النحاس في التربة. و أشار **Dahdoh et al (2000)** الى زيادة تركيز عناصر N، Na، Zn، Mn، Cu، Ni وقلة تركيز كلاً من P، K، Fe في أنسجة النبات المروية بمياه المجاري المعالجة. وأكد **El-Mowelhi et al (1994)** أن مياه الصرف الصحي تعتبر مصدراً غنياً بالعناصر الغذائية الهامة للنبات مثل النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكذا العناصر الغذائية الصغرى مثل الحديد، والزنك والنحاس وغيرها من العناصر اللازمة لنمو النبات بالإضافة الى الحمأة التي تشكل سماداً غنياً بالعناصر الغذائية الهامة.

بيّن AL-Sheik (2000) عند دراسة التأثيرات الانثروبوجينية على خواص التربة ومستوى العناصر الميسرة في بعض الترب المروية بالمملكة العربية السعودية أن استخدام اسلوب التسميد العضوي الصلب والمستخلص السائل أدى الى زيادة المحتوى من المادة العضوية و العناصر الغذائية الميسرة خاصة النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم و الحديد و المنجنيز و كذلك كثافة الجذور النباتية بالطبقة السطحية للتربة، و يؤكد ذلك حدوث زيادة معنوية في المحتوى الكلي من النتروجين والفوسفور الميسر لفترة استزراع تصل الى أربعة سنوات مقارنة بالترب غير المعاملة، كما أشار **Ministry of Water and Environment 2003)** الى حصول زيادة في محتوى التربة من المادة العضوية متناسبة مع فترة استخدام مياه المجاري. وأكد **Shenda et al (1985)** أن زيادة فترة استخدام المياه العادمة المعالجة في الري يجعل التوصيل الهيدروليكي يميل الى الإنخفاض في الطبقة العليا من التربة و أوضح الى أن محتوى الطين في الـ 15 سم من الطبقة السطحية للتربة قد ارتفع نتيجة الري بالمياه العادمة لأكثر من 20-150 سنة و كان هناك إنخفاض في محتوى الطين في الطبقة تحت السطحية من التربة (15-30 سم). وبيّن كلٌ من **Abd Al-Daim et al (1987)** و**Sadek and Sawy (1989)** أن فترة اضافة المياه العادمة المعالجة أثرت في قوام التربة وبنائها مثل تغير قوام الطبقة السطحية من الرملي الى

الرملي المزيجي والمزيجي الرملي بينما في الطبقة تحت السطحية تغيرت الى رملي مزيجي بعد فترة أطول وكذلك تغير بناء التربة من المحبب الى الغروي.

و في دراسة **حيدر (2005)** لتقييم استخدام مياه الصرف الصحي الخارجة من محطات المعالجة (لثلاث مدن يمنية) في ري المزروعات تبين بأن محتوى تلك المياه العادمة من مركبات النتروجين والفوسفور كان عالياً وبالتالي لا تحتاج المحاصيل أية إضافات سمادية، و أن معظم الأراضي التي تروى من هذه المياه كان غالب تأثرها بارتفاع مستوى الملوحة وكذا نسبة إدمصاص الصوديوم المتبادل أكثر منه في إرتفاع العناصر الصغرى والثقيلة، ولوحظ بأن مياه الآبار الجوفية الواقعة ضمن نطاق مجرى مياه الصرف الصحي قد تلوثت بالبكتريا الكلية والقولونية وكذا بالنترات وبعض العناصر الثقيلة مما جعلها غير صالحة للشرب وذكر بأن كميات المياه العادمة تشكل مورداً هاماً للري شريطة استخدامها تحت ضوابط صارمة.

وفي سهل البقاع الذي يعد منطقة زراعية أساسية في لبنان أدى الاستخدام المفرط للأسمدة وإعادة استخدام المياه العادمة الى تلوث التربة والمياه الجوفية ونجم عن هذين النشاطين ارتفاع معدلات النترات والمعادن الثقيلة التي منها الكروم والنيكل والكادميوم والرصاص والزنك في التربة لتى تناقصت مع العمق **(الاسكوا، 2003)**. ومن نتائج بعض الدراسات في المزارع التي استخدمت فيها مياه الصرف الصحي في الري والتغيرات التي حدثت للتربة على المدى الطويل وكذلك توزيع العناصر الثقيلة والصغرى في التربة والنبات، ذكر **حسنين (2001)** بأن إضافة مياه الصرف الصحي لم تؤدي الى زيادة واضحة في كمية النتروجين الكلي والفوسفور والبوتاسيوم على مدى ثلاث سنوات متتالية استخدم فيها الري بالغمر تحت زراعة المحاصيل الصيفية مثل فول الصويا والسمسم والذرة الشامية (مع عدم اضافة أي نوع من الاسمدة) وزادت تركيزات الـ Cu، Zn، Mn، Fe زيادة واضحة في التربة، بينما لم يطرأ على الكوبلت والكادميوم والنيكل والكروم أي تغير ملحوظ.

وذكر **زيدان وعبدالمجيد (1996)** أن استخدام المياه العادمة لري الأراضي الزراعية ينبغي أن لا يبنى على قواعد عامة بل على اعتبارات خاصة بالماء والتربة والنبات، ولا يسمح بري النباتات بمياه الصرف الصحي العادمة الا إذا توافرت فيها الصفات الأساسية للمياه الصالحة للري بالإضافة الى عوامل أخرى يجب مراعاتها، فإلى جانب مشاكل الملوحة والنفاذية توجد بمياه الصرف الصحي (أو المياه العادمة) مشكلاتها الطبيعية والكيميائية والبيولوجية. إلا أن الفائدة تكون في استعمال تلك المياه في استصلاح الأراضي الصحراوية، فهي تزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتحسّن قوامها علاوة على خفض الرقم الايدروجيني وزيادة المادة العضوية مع توفير العناصر الغذائية، الأمر الذي قد يجعل إنتاجية تلك الأراضي تفوق مثيلاتها التي تروى بالمياه العذبة.

إن معظم دراسات المياه العادمة قد تركزت على مياه الصرف الصحي، وإن الاستفادة من المياه العادمة لبعض الصناعات لم يأخذ حقه من الأبحاث، باعتباره مورداً يمكن أن يساهم في زيادة الرقعة الخضراء، خاصة وأن تصريف المخلفات الصناعية الى المجاري العامة قد يكون له آثار بيئية سيئة يمكن تجنبها بإيجاد حلول مناسبة (تلائم كل حالة). لذلك فقد هدفنا من خلال هذا البحث الى تقييم الأثر البيئي لاستخدام المياه العادمة الصناعية (صناعات غذائية) في استزراع الأراضي الرملية (لتجربة محلية)، جرى فيها قياس العديد من المؤشرات المتعلقة بالتربة والماء والنبات (من الناحية البيئية).

مواد وطرق البحث

برعاية من شركة ديكو للصناعات الغذائية، وحرصاً منها على السلامة البيئية منذ البدء بالمشروع الخاص بالتخلص من المياه العادمة بأسلوب استزراع بعض الأشجار مستديمة الخضرة في منطقة المراوعة– محافظة الحديدة– اليمن. فقد تم أخذ عينات تربة من الطبقة السطحية (صفر - 60 سم) والسفلية (60 - 120 سم) لتمثل المرحلة الأولى التي بدأت قبل 25 سنةً تقريباً وأخرى ممثلة للمرحلة الثانية التي تمت منذ حوالي 5 سنوات بالإضافة للمقارنة (من التربة غير المستغلة المجاورة لكل حالة على حدة).

جُلبت عينات التربة المدروسة (ثمان عينات) بالإضافة الى عينتين من المياه العادمة الخارجة من المصنع (مسائية وصباحية)، كما تم أخذ عينتي مياه ممثلة لآبار المنطقة (التي يبعد مستوى الماء فيها 80 م تقريباً) تقع إحدى هذه الآبار (الإرتوازية) في مكان الدراسة والأخرى تبعد حوالي 5 كم (كمقارنة). كما جرى أخذ عينات ورقية من الأشجار المزروعة (مُريمرة ودَمس) والحشائش الطبيعية (تُمام وأباد). ومن ثم أجريت القياسات المختبرية الممكنة بالأساليب المتبعة في قسم الأراضي والمياه– كلية الزراعة– جامعة صنعاء.

فيما يخص التربة تم قياس درجة الحموضة (pH) والناقلية الكهربية (EC) والأيونات الذائبة (Mg،Ca، Na، CO_3، HCO_3، Cl) في مستخلص 1 تربة:2 ماء بالطرق القياسية طبقا لـ **Chapman and Paratte (1961)**. وقد تم حساب معدل إمتزاز الصوديوم من خلال المعادلة ($SAR=Na/[(Ca+Mg)/2]^{1/2}$). وقدرت مفصولات التربة بطريقة الهيدروميتر، أما المادة العضوية فقد قدرت بطريقة Walkley-Black، وقدرالنتروجين الكلي بطريقة مايكروكلدال طبقا لـ **(Black, 1982)**، أما الفوسفور المستخلص ببيكربونات الصوديوم فقد قدر بالطريقة اللونية الزرقاء طبقا لـ **Jackson (1973)** والبوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم قيس بجهاز طيف اللهب تبعا لـ **Black (1982)**، أما الحديد والمنجنيز والزنك فقد تم استخلاصهم بمحلول DTPA ومن ثم القياس بجهاز الإمتصاص الذري.

وقد جرى الهضم الرطب للنباتات (أوراق الأشجار والجزء الخضري للحشائش) بعد تجفيفها هوائياً ثم بالفرن (على 65°م) ومن ثم قياس العناصر الغذئية (N،P، K، Fe، Mn، Zn). وذلك تبعاً لأساليب جمع العينات وطرق القياس المعتمدة في دليل تحليل التربة والنبات (**إيكاردا، 2003**). وتم جمع عينات المياه (العادمة والآبار) ونقلها ، ومن ثم قياس المؤشرات الخاصة بها طبقاً للأساليب العلمية المتبعة للأغراض الفيزيائية والكيميائية أوالبايولوجية والميكروبية (**العكيدى وأبو سعيد، 2000**). حيث تم قياس المؤشرات التالية مباشرة في عينات المياه العادمة ومياه الآبار: pH، EC، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+}، CO^{2-}_3، HCO^{-}_3، Cl^{-}، SO^{2-}_4، NH^{+}_4، NO^{-}_3، P، B، Fe، Mn، Zn، Cu. علاوة على المواد العالقة (SS) والطلب البايولوجي للأكسجين (COD_5) والطلب الكيميائي للأكسجين (COD)، وحساب قيمة معدل إمتزاز الصوديوم (SAR). كذلك جرى لاحقاً (في عينة أخرى منفصلة للمياه العادمة) قياس المؤشرات الاضافية التالية: القولونيات الكلية (TC) والقولونيات البرازية (FC)، وعناصر السليكون، الموليبدنيوم، الالومونيوم، السترانشيوم، النيكل، الكادميوم، الكروم، الرصاص، والكوبلت (باعتبارها مؤشرات دليلية للتلوث الجرثومي وسمية العناصر المعدنية). وقد بوبت البيانات وتم اختبارها إحصائياً كمعاملات مستقلة (باستخدام البرنامج الحاسوبي– M.Stat).

النتائج والمناقشات

إن درجة حموضة التربة التي توصف بالقاعدية (كماهو الحال بالنسبة لأراضي المناطق الجافة أو شبه الجافة) لم تتأثر عندما رويت التربة (خفيفة النسجة) المدروسة لفترة زمنية تقدر بخمسة عشر عاماً (في المتوسط) بالمياه العادمة لمصنع الأغذية، حيث لم يُظهر التحليل الاحصائي وجود أيّ إختلافات معنوية بين التربة المروية (المعاملة) وغير المروية (المقارنة) إذ كان معدل الـ pH هو 8.4125 و 8.3525 (على التوالي). كذلك لا يبدو بأن هناك أي تأثير لعمق التربة أوللحالة الزراعية في هذا المؤشر حيث لم تُبين النتائج وجود اختلافات جوهرية في قيم الـ pH بين الأعماق المدروسة (صفر–60 سم، 60-120 سم) في كلا التربتين (المعاملة وغيرالمعاملة)،وبين التربة الممهدة (المحروثة) والمهملة (البور) وتلك المزروعة حديثاً (منذ 5 سنوات) والمزروعة قديماً (منذ 25 سنة) بالأشجار المعمرة (**جدول 1**).

جدول 1. قيم درجة الحموضة (pH) والتوصيل الكهربي (EC) ومعدل إمتزاز الصوديوم (SAR) المقاسة في عينات التربة المدروسة.

الصفة المقاسة			تربة غير مزروعة (غير معامله)				تربة مزروعة (مروية بالمياه العادمة)			
المؤشر	الرمز	الوحدة	عمق التربة نوع العينة	صفر– 60 سم	60– 120 سم	المتوسط	عمق التربة نوع العينة	صفر– 60 سم	60– 120 سم	المتوسط
درجة الحموضة (2:1)	pH	–	مهملة	8.12	8.58		قديمة	8.24	8.36	
			ممهدة	8.40	8.31		حديثة	8.30	8.75	
التوصيل الكهربي (2:1)	EC	mS/cm	مهملة	0.12	0.13	0.125	قديمة	0.40	0.31	0.355
			ممهدة	0.10	0.11	0.105	حديثة	0.33	0.45	0.390
			المتوسط	0.110	0.120	0.1150	المتوسط	0.365	0.380	0.3725
معدل امتزاز الصوديوم	SAR	–	مهملة	1.06	1.26	1.160	قديمة	11.87	11.67	11.770
			ممهدة	1.13	1.72	1.425	حديثة	14.17	12.33	13.250
			المتوسط	1.095	1.490	1.2925	المتوسط	13.020	12.000	12.5100

ممهدة= محروسة، مهملة = بور
حديثة= مزروعة منذ 5 سنوات ، قديمة = مزروعة منذ 25 سنة

في الوقت الذي زادت فيه درجة الملوحة (المعبر عنها بالتوصيل الكهربي في مستخلص مائي 1:2) في التربة المروية بالمياه العادمة والمزروعة بالأشجار المعمرة (كمصدات رياح) مقارنة بغير المعاملة (سواءً المهملة أوالممهدة) بمقدارعالي المعنوية يزيد عن ثلاثة أمثال– بشكل عام (EC=0.3725 mS/cm مقارنة بـ EC=0.115 mS/cm) فإن الفروقات الإحصائية ظلت كما هي– بدون اختلاف– في التربة المزروعة حديثاً أوقديماً (الأكثر ملوحة) من جهة وبين تلك غيرالمزروعة المهملة أوالممهدة (الأقل ملوحة) من جهة أخرى (ولكلا العمقين المدروسين– السطحي وتحت السطحي– وبالمستوى نفسه تقريباً (في كل حالة على حده) مما يعني بأن ملوحة التربة لم تتأثر كثيراً بعمق القطاع الأرضي أو بفترة سنوات الري. وربما يمكن تفسيرعدم تراكم الأملاح المضافة من مصدرالمياه العادمة وبقاءه بنفس المستوى تقريباً بتعرض التربة للغسل في المواسم المطيرة التي تتعرض لها المنطقة بصورة متفاوتة بين سنة و أخرى.

إزداد معدل إمتزاز الصوديوم (بفارق عالي المعنوية) في التربة المعاملة حيث بلغ المعدل SAR=12.51 (مقارنة بالتربة غير المعاملة، SAR=1.2925) ووصل متوسط الـ SAR الى القيمة 13 المحددة لتوصيف التربة الصودية، وذلك في الطبقة السطحية من التربة المعاملة بالمياه العادمة (SAR=13.02) وأيضاً في التربة المزروعة حديثاً منذ خمس سنوات (SAR=13.25)، مما يعني عدم كفاية مياه الغسيل للأملاح المتراكمة (وخاصة الصوديومية). إن استمرار ذلك الوضع سوف يؤدي مستقبلاً الى ارتفاع نسبة أيونات الصوديوم القابلة للتبادل في التربة الى الحد الذي قد يؤثر على النباتات الحساسة لهذا الأيون وعلى التوازن الأيوني في المحلول الأرضي، وربما احتاج الأمر الى خبرة جيدة في إدارة التربة تتمثل فى إضافة الجبس الزراعى كمصدر لآيونات الكالسيوم حتى تحل محل آيونات الصوديوم القابلة للتبادل على حبيبات التربة ومعالجة صودية للمياه للتعامل مع مثل هذه الحالات حتى لا تتفاقم مثل هذه المشاكل **(جدول 1)**.

مقارنة بالتربة غير المروية بالمياه العادمة– وبشكل عام– فقد انخفض متوسط تركيز الكالسيوم الذائب في التربة المروية بالمياه العادمة وبفارق معنوي عند مستوى 0.05، أما متوسط تركيز المغنيسيوم الذائب فقد زاد عند معاملة التربة بتلك المياه (P>0.05) وكذلك زاد متوسط تركيز الصوديوم الذائب بمستوى عالي المعنوية **(جدول 2)**.

جـدول 2. قـيم كاتيونـات الكالسـيوم (Ca) والمغنيسـيوم (Mg) و الصـوديوم (Na) المقاسـة فـي عينـات التربـة المدروسة.

الصفة المقاسة			تربة غير مزروعة (غير معاملة)				تربة مزروعة (مروية بالمياه العادمة)			
المؤشر	الرمز	الوحدة	عمق التربة نوع العينة	صفر- 60 سم	60- 120 سم	المتوسط	عمق التربة نوع العينة	صفر- 60 سم	60- 120 سم	المتوسط
الكالسيوم الذائب	Ca^{++}	me/100g	ممهدة	0.13	0.108	0.119	حديثة	0.094	0.074	0.084
			مهملة	0.17	0.156	0.163	قديمة	0.110	0.078	0.094
			المتوسط	0.150	0.132	0.1410	المتوسط	0.102	0.076	0.0890
المغنيسيوم الذائب	Mg^{++}	me/100g	ممهدة	0.056	0.064	0.060	حديثة	0.102	0.084	0.093
			مهملة	0.03	0.064	0.047	قديمة	0.08	0.078	0.079
			المتوسط	0.043	0.064	0.0535	المتوسط	0.091	0.081	0.0860
الصوديوم الذائب	Na^{+}	me/100g	ممهدة	0.177	0.259	0.218	حديثة	2.28	1.78	2.03
			مهملة	0.172	0.216	0.194	قديمة	1.88	1.68	1.78
			المتوسط	0.1745	0.2375	0.2060	المتوسط	2.08	1.73	1.905

من جهة أخرى فإن عدم وجود اختلاف معنوي في المتوسط العام لتركيز الكربونات الذائبة، والزيادة عالية المعنوية في متوسط تركيز كل من البيكربونات والكلورايد الذائبين في التربة المروية بالمياه العادمة (مقارنة بالتربة غير المعاملة) كل ذلك، ربما يعكس طبيعة الأملاح المتراكمة في المحلول الأرضي في صورة شحيحة الذوبان (مثل كربونات الكالسيوم) أوعالية الذوبان (مثل بيكربونات و/أو كلوريد المغنيسيوم و/أو الصوديوم) **(جدول 3)**.

رغم أن المتوسط العام للمادة العضوية قد زاد في التربة المعاملة (المروية بالمياه العادمة، المزروعة بالأشجار) حتى وصلت القيمة الى O.M=0.4125% عنه في تربة المقارنة (O.M=0.2925%) إلا أن التحليل الإحصائي أظهر عدم معنوية هذا الفرق، وربما يعود ذلك الى التحلل السريع للمادة العضوية (المضافة بواسطة مياه الري العادمة) كما هو الحال في المناطق الحارة– شبة الجافة (ومن ثم بقاء التربة فقيرة بالمادة العضوية، أقل من 1%).

إن بقاء مفصولات التربة (السلت، الطين ومن ثم الرمل) في مستوى متقارب (غير معنوي من الناحية الإحصائية) وفي حدود القوام الخشن نفسه (مزيجية رملية–Sandy Loam) يشير الى قلة الإضافات من الحبيبات المعدنية فى حجم الطين(مع مصدر مياه الري المستخدم، وهو الأمر المتوقع في حالة المياه العادمة للصناعات الغذائية (مشروبات وعصائر).

في حدود هذه الدراسة وفيما يخص المؤشرات الثلاثة (المادة العضوية، حبيبات السلت، دقائق الطين) لم تُظهر النتائج وجود اختلافات جوهرية عند ري التربة بالمياه العادمة (أو بدون ذلك) فيما يتعلق بتأثير المعاملة بالمياه العادمة على عمق التربة المدروسة (صفر–60 سم، 60-120 سم) أوحالة التربة (ممهدة، مهملة أو مزروعة حديثا وقديماً) **(جدول 4)**.

إن ري التربة بالمياه العادمة الصناعية قد رفع (بدرجة غير معنوية) نسبة نتروجين التربة بشكل عام (0.036% مقارنة بـ 0.02025%) ففي العينة المروية لمدة خمس سنوات (المزروعة حديثاً بأشجار الدَمس) وصلت نسبة النتروجين 0.037% مقارنة بـ%N=0.028 في عينة تربة المقارنة الممهدة التي بقربها، أما في التربة المزروعة قديماً بأشجار المُريمرة (المروية لمدة 25 عاماً) فقد كانت نسبة النتروجين الكلية 0.35%

جـدول 3. قـيم أنيونـات الكربونـات (CO_3) والبيكربونـات (HCO_3) والكلورايـد (Cl) المقاسـة فـي عينـات التربـة المدروسة

الصفة المقاسة			تربة غير مزروعة (غير معاملة)				تربة مزروعة (مروية بالمياه العادمة)			
المؤشر	الرمز	الوحدة	نوع العينة	عمق التربة صفر– 60 سم	60– 120 سم	المتوسط	نوع العينة عمق التربة	صفر– 60 سم	60– 120 سم	المتوسط
الكربونات الذائبة	Co_3^{--}	me/100 g	ممهدة	0.04	0.12	0.08	حديثة	0.04	0.096	0.068
			مهملة	0.04	0.04	0.04	قديمة	0.04	0.12	0.08
			المتوسط	0.04	0.08	0.060	المتوسط	0.04	0.108	0.074
البيكربونات الذائبة	HCO_3^-	me/100 g	ممهدة	0.52	0.552	0.536	حديثة	0.86	0.98	0.92
			مهملة	0.50	0.48	0.19	قديمة	0.80	0.78	0.79
			المتوسط	0.51	0.516	0.513	المتوسط	0.83	0.88	0.855
الكلورايد الذائب	Cl^-	me/100 g	ممهدة	0.076	0.07	0.073	حديثة	0.26	0.284	0.272
			مهملة	0.08	0.086	0.083	قديمة	0.258	0.188	0.223
			المتوسط	0.078	0.078	0.078	المتوسط	0.259	0.236	0.2475

جدول 4. قيم المادة العضوية (O.M) ومفصولات السلت (Silt) والطين (Clay) المقاسة في عينات التربة المدروسة.

الصفة المقاسة			تربة غير مزروعة (غير معاملة)				تربة مزروعة (مروية بالمياه العادمة)			
المؤشر	الرمز	الوحدة	عمق التربة نوع العينة	صفر– سم60	60– 120 سم	المتوسط	عمق التربة نوع العينة	صفر– سم60	60– 120 سم	المتوسط
المادة العضوية	O.M	%	ممهدة	0.35	0.33	0.340	حديثة	0.47	0.26	0.365
			مهملة	0.14	0.35	0.245	قديمة	0.47	0.45	0.460
			المتوسط	0.245	0.340	0.2925	المتوسط	0.470	0.355	0.4125
مفصولات السلت	Silt	%	ممهدة	15.0	15.0	15.00	حديثة	16.3	12.5	14.40
			مهملة	13.1	13.2	13.15	قديمة	15.6	16.2	15.90
			المتوسط	14.05	14.10	14.075	المتوسط	15.95	14.35	15.150
مفصولات الطين	Clay	%	ممهدة	13.1	8.7	10.90	حديثة	8.1	11.3	9.70
			مهملة	11.3	7.5	9.40	قديمة	11.9	11.3	11.60
			المتوسط	12.20	8.10	10.15	المتوسط	10.00	11.30	10.650

مقارنة بـ N=0.0125% لتربة المقارنة المهملة المجاورة لها، وكانت الفروقات بين الأعماق المدروسة (السطحي صفر–60 سم و السفلي 60-120سم) في كل من التربة المعاملة وغيرالمعاملة بالمعدل غير المعنوي نفسه. وتعد التربة فقيرة بهذا العنصر كون محتوى التربة من النتروجين أقل من 0.1% **(جدول 5)**.

إن ارتفاع محتوى الفوسفور المستخلص بكربونات الصوديوم في التربة المروية بالمياه العادمة الصناعية المزروعة قديماً بالأشجار المُعمرة (المُريمرة على وجه الخصوص) وبفارق معنوي، حيث كان متوسط كمية الفوسفور الميسر 21 ملليجرام/ كجم (24.1 ml kg-1 P= في الطبقة العلوية، 17.9 ml kg-1 في الطبقة السفلية) يجعل من هذه التربة (دون غيرها) ذات محتوىً كافٍ من الفوسفور الميسر المحدد بـ>15 ملليجرام/ كجم بحسب الدلائل العامة لتفسير بعض البيانات المتعلقة بتحاليل التربة **(إيكاردا، 2003)** لطريقة اولسن. وإن محتوى التربة من البوتاسيوم الميسر في جميع العينات المدروسة (الأقل من 100 ملليجرام/ كجم) يجعلها تتصف بانخفاض محتواها من البوتاسيوم (المستخلص بخلات الأمونيوم) رغم الفروقات الاحصائية الواضحة (P>0.01) بين المعاملات.

إن عدم معنوية الفرق الإحصائي في قيم الحديد الجاهز بين عينات التربة المعاملة وغير المعاملة (بسبب تشتت القيم) لا يقلل من أهمية حصول زيادة كبيرة في قيم عنصر الحديد (المستخلص بطريقة DTPA) عند ري التربة بالمياه الصناعية العادمة حتى وصلت أعلى قيمة الى Fe=21.31 ml kg-1 في الطبقة السطحية للتربة المزروعة منذ فترة طويلة (بزيادة ثمانية أضعاف تقريباً) وكانت أدنى قيمة في الطبقة السطحية لتربة المقارنة الممهدة (Fe=2.2 ml kg-1)، وعموماً فإن تجاوز أغلب عينات التربة المعاملة القيمة Fe=4.5 ml kg-1 قد رفع مستوى الحديد فيها إلى الدرجة الكافية (عنها في عينات تربة المقارنة الأدنى من ذلك). وفي حين كان متوسط تركيز المنجنيز الجاهز بالجزء في المليون لتربة المقارنة في المدى الهامشي (Mn=1.5 ± 0.5) فقد بلغ متوسط الزيادة الحاصلة في التربة المعاملة عموماً خمسة أمثال ذلك تقريباً (Mn≥ 8 ml kg-1) مما يجعلها في الحدود المقبولة (احصائياً وخصوبياً)، أما بالنسبة لمعدل الزنك الجاهز ورغم معنوية الزيادة الحاصلة في التربة المعاملة إلا أن القيم ظلت في الغالب بالحدود المنخفضة (Zn< 0.5 ml kg-1) من الناحية الخصوبية **(جدول 6)**.

جدول 5. قيم النتروجين (TN) والفوسفور (extractable-P) والبوتاسيوم (extractable-K) المقاسة في عينات التربة المدروسة.

الصفة المقاسة			تربة غير مزروعة (غير معاملة)				تربة مزروعة (مروية بالمياه العادمة)			
المؤشر	الرمز	الوحدة	عمق التربة نوع العينة	صفر-60سم	60-120سم	المتوسط	عمق التربة نوع العينة	صفر-60سم	60-120سم	المتوسط
النتروجين الكلي	N	%	ممهدة	0.042	0.014	0.028	حديثة	0.040	0.034	0.037
			مهملة	0.014	0.011	0.0125	قديمة	0.034	0.036	0.035
			المتوسط	0.028	0.0125	0.02025	المتوسط	0.037	0.035	0.036
الفوسفور الميسر	P	ppm	ممهدة	8.4	9.5	8.95	حديثة	10.7	8.3	9.50
			مهملة	7.2	8.1	7.65	قديمة	24.1	17.9	21.00
			المتوسط	7.80	8.80	8.30	المتوسط	17.40	13.10	15.25
البوتاسيوم الميسر	K	ppm	ممهدة	42.12	35.34	40.23	حديثة	73.98	97.10	85.54
			مهملة	40.60	23.14	31.87	قديمة	89.16	78.36	83.76
			المتوسط	42.86	29.24	36.05	المتوسط	81.57	87.73	84.65

جدول 6. قيم الحديد (Fe) و المنجنيز (Mn) و الزنك (Zn) المستخلص بـ DTPA المقاسة في عينات التربة المدروسة

الصفة المقاسة			تربة غير مزروعة (غير معاملة)				تربة مزروعة (مروية بالمياه العادمة)			
المؤشر	الرمز	الوحدة	عمق التربة نوع العينة	صفر– 60 سم	60– 120 سم	المتوسط	عمق التربة نوع العينة	صفر– 60 سم	60– 120 سم	المتوسط
الحديد الجاهز	Fe	ml kg−1	ممهدة	2.20	3.02	2.61	حديثة	8.86	2.32	5.59
			مهملة	2.69	2.75	2.72	قديمة	21.31	9.66	15.485
			المتوسط	2.445	2.885	2.665	المتوسط	15.085	5.99	10.5372
المنجنيز الجاهز	Mn	ml kg−1	ممهدة	2.12	1.96	2.04	حديثة	11.48	4.08	7.78
			مهملة	1.44	1.00	1.22	قديمة	3.76	12.94	8.35
			المتوسط	1.78	1.48	1.63	المتوسط	7.62	8.519	8.065
الزنك الجاهز	Zn	ml kg−1	ممهدة	0.10	0.14	0.12	حديثة	0.48	0.24	0.36
			مهملة	0.14	0.10	0.12	قديمة	0.62	0.24	0.43
			المتوسط	0.12	0.12	0.120	المتوسط	0.55	0.24	0.395

بمطابقة نتائج قياس المؤشرات الخاصة بالمياه العادمة المدروسة **(جدول 7)** مع المواصفات القياسية، اليمنية لمياه الري **(المواصفات والمقاييس اليمنية للمياه، 2001)** يتبين بأن هناك ارتفاع في أيونات الكلورايد عن الحد المسموح المحدد بـ 4-10 ملي مكافىء/ لتر (للري السطحي) والذي يعادل حوالي> 150–<350 ملغ /لتر وربما أيضاً للصوديوم المعبر عنه (في المواصفات اليمنية) بمعدل إدمصاص الصوديوم المحور (Adj-SAR= 3-9) بالإضافة الى الأكسجين الممتص كيميائياً (COD) الذي يزيد عن التركيز الأعظم المسموح به (وهو 500 ملغ/ لتر) إلا أنه يبقى دون الحد الأقصى المسموح به للمياه العادمة المحدد بـ 2100 ملغ/ لتر **(المواصفات والمقاييس اليمنية للمياه، 1999)**.

ومن نتائج القياسات **(في الجدول 8)** يبدو بأن هناك ارتفاعاً لعنصر المولبيدنيوم عن التركيز الأعظم المسموح به لأغراض الري (حيث Mo< 0.01 mg/l) و لم تتضمن المواصفات المعتمدة الحدود المسموحة لعنصر السترانشيوم المقاس (الذي بلغ Sr ≤ 5 mg/l) علاوة على ارتفاع أعداد العصويات القولونية (FC) عن 1000 بكتريا قولونية/ 100 مل المحدد في حالة ري المحاصيل التي تؤكل بدون طهي وفي حالة ري الملاعب والحدائق العامة. وبالنسبة لبقية المؤشرات المقاسة فإنها مطابقة لمواصفات مياه الري (فيما يخص تلك الواردة منها في المواصفات).

وبمطابقة نتائج قياس المؤشرات الخاصة بمياه آبار المنطقة **(جدول 7)** مع المواصفات القياسية اليمنية لمياه الشرب **(المواصفات و المقاييس، 2000)** يتبين بأن جميع المؤشرات المقاسة الوارد معظمها في المواصفات، يقع مداها في الحد الأقصى المسموح به فيما عدا الفوسفور– الفوسفاتي الذي بلغ متوسطه PO_4=7.17 mg/l (بما يعادل 2.39 mg P/l تقريباً) والذي ربما تجاوز الحد الأقصى المسموح به للفوسفات (بدلالة P المحدد بالقيمة 0.5 ملغ/ لتر)، علماً بأن الفحص لم يشمل جميع الصفات التي أوردتها المواصفات.

من جانب آخر، فإن تباعد بعض قيم المؤشرات المقاسة بين المكررات و بعضها مثل الطلب الكيميائي للأكسجين في المياه العادمة (1150 mg/l في العينة المسائية و 2030 mg/l في العينة الصباحية) وكذلك الكبريتات المقاسة في مياه الآبار (201 mg/l في البئر القريبة و 360 mg/l في البئر البعيدة) ربما يشير الى تباين نوعيات المياه العادمة الخارجة من المصنع بين وقت وآخر (في الحالة الأولى) وإلى طبيعة العوامل المؤثرة في الخزان الجوفي (فيما يخص مياه آبار المنطقة).

جدول 7. قيم المؤشرات (الكيميائية والبايولوجية) المقاسة في المياه العادمة (المستخدمة في الري) ومياه الآبار (لمنطقة الدراسة).

الصفة المقاسة			المياه العادمة (صناعات غذائية)			مياه الآبار (ارتوازية بعمق 80 م)		
المؤشر	الرمز	الوحدة	مسائية	صباحية	المتوسط	قريبة	بعيدة	المتوسط
درجة الحموضة	pH	-	6.85	6.92		7.74	7.64	
التوصيل الكهربي	EC	mS/cm	2.69	2.76	2.725	1.747	1.991	1.869
معدل امتزاز الصوديوم	SAR	-	8.12	8.33	8.225	5.08	4.70	4.890
الكالسيوم	Ca^{++}	mg/l	86	92	89.0	90	102	96.0
المغنسيوم	Mg^{++}	mg/l	79	80	79.5	28	37	32.5
الصوديوم	Na^{+}	mg/l	435	455	445.0	216	244	230.0
البوتاسيوم	K^{+}	mg/l	16.6	18.5	17.55	5.03	4.99	5.01
الكربونات	CO_3^{--}	mg/l	0.0	0.0	Nil	0.0	0.0	Nil
البيكربونات	$HCO3^{-}$	mg/l	588	597	592.5	190	326	258.0
الكلورايد	Cl^{-}	mg/l	541	546	543.5	263	209	236.0
الكبريتات	SO_4^{--}	mg/l	0.61	0.72	0.665	201	360	280.5
النتروجين الأمونيومي	NH_4-N	mg/l	101.2	77.4	89.30	0.001	0.091	0.046
النتروجين النيتراتي	NO_3-N	mg/l	5.9	6.3	6.10	27.0	24.7	25.85
الفوسفور الفوسفاتي	P-PO_4	mg/l	25.8	30.3	28.05	7.55	6.79	7.17
البورون	B	mg/l	1.2	1.3	1.25	0.1	0.1	0.10
الحديد	Fe	mg/l	0.22	0.31	0.265	0.01	0.01	1.010
المنجنيز	Mn	mg/l	0.13	0.12	0.125	0.015	0.038	0.0265
الزنك	Zn	mg/l	0.01	0.02	0.015	0.005	0.004	0.0045
النحاس	Cu	mg/l	0.2	0.2	0.20	0.02	0.02	0.020
المواد العالقة الكلية	TSS	mg/l	92	96	94.0	0.62	2.09	1.355
الطلب البايولوجي للأكسجين	BOD_5	mg/l	94	102	98.0	2	1	1.5
الطلب الكيميائي للأكسجين	COD	mg/l	1150	2030	1590	5	3	4.0

جدول 8. قيم دلائل التلوث البكترولوجية (FC, TC) و عناصر كيميائية مختلفة (سمية، ثقيلة) في المياه العادمة المدروسة.

الصفة المقاسة	القولونيات الكلية	التولوينات البرازية	السيلكون	المولوبيدنيوم	الالومنيوم	السترانشيوم	النيكل	عناصر اخرى
الرمز (الوحدة)	Tc (CFU/100ml)	FC (CFU/100ml)	Si (ml kg-1)	Mo (ml kg-1)	Al (ml kg-1)	Sr (ml kg-1)	Ni (ml kg-1)	Cd, Cr, Pb, Co (ml kg-1
القيمة	121×10^6	85×10^6	32.6	0.3	0.2	≤5	0.1	Nil

وبمقارنة نتائج تحليل أوراق النباتات المدروسة **(الواردة بالجدول 9)** بالدلائل العامة للنباتات المتعلقة بتحليل نسيج النجيليات **(إيكاردا، 2003)** يمكن القول بأن النتروجين يتراوح بين النقص والانخفاض (المحدد للـ N بـ% 1.25> و% 1.5>) ولم تحتوي أي من انسجة الاشجار أوالحشائش المدروسة على الحد الكافي من هذا العنصر (المحدد بـ %N=2-3)، وكذا الفوسفور (منخفض أو ناقص< 0.15%) ولم يبلغ حد الكفاية

(P= 0.2-0.5%) في جميع العينات النباتية. وإن قلة البوتاسيوم المقاس كثيراً عن حد النقص (المحدد بـ K=1.25%) ناهيك عن حد الكفاية (1.5% - 3%) ربما يعود الى اختلاف طريقة التقدير أو نوع النبات أو سبب آخر (قد يحتاج الى البحث).

وفي حين لم تورد الدلائل حدود تركيز عنصر الحديد في النسيج الجاف لأوراق النبات، فإن متوسط القيم المتحصل عليها بلغ 0.214 ملليجرام/ كجم تقريباً في أوراق الأشجار وحوالي 0.237 ملليجرام/ كجم في أوراق الحشائش، وحيث أن التركيزات المقدرة لعنصر المنجنيز تقع في الحد 25-100 ملليجرام/ كجم فهي تعتبر كافية، أما بالنسبة لعنصر الزنك الذي يوصف تركيزه الأكثر من 70 ملليجرام/ كجم (في نسيج النجيليات) بأنه مرتفع، فإنه يمكن القول مبدئياً (بإغفال نوع النبات) أن تركيزه في أشجار الدمس كاف حيث بلغ 60 ملليجرام/ كجم (الحد هو Zn=15-70 ml kg-1) ومرتفع (Zn=147 ml kg-1) في أشجار المريمرة، إلا أن ارتفاعه في الحشائش (النُّمام و الأباد) الى حد كبير جداً (بلغ في المتوسط 2350 ml kg-1<) ربما يثير بعض التساؤلات مثل هل أن مثل تلك الحشائش البرية تميل الى تجميع بعض العناصر (التي قد تعتبر سامة أو ثقيلة) في أنسجتها؟

جدول 9. قيم العناصر الغذائية الكبرى (K, P, N) و الصغرى (Zn, Mn, Fe) المقاسة في نباتات المنطقة المدروسة.

الصفة المقاسة			الأشجار (أوراق عشوائية)			الحشائش (أجزاء خضرية)		
المؤشر	الرمز	الوحدة	مريمرة	دمس	المتوسط	ثمام	أباد	المتوسط
النيتروجين الكلي	N	%	1.26	1.20	1.230	1.0	1.1	1.05
الفوسفور الكلي	P	%	0.16	0.11	0.135	0.06	0.14	0.100
البوتاسيوم الكلي	K	%	0.02	0.008	0.0140	0.009	0.02	0.0145
الحديد الكلي	Fe	ppm	1928	2344	2136.0	1911	2832	2371.5
المنجنيز الكلي	Mn	ppm	55	63	59.0	49	101	75.0
الزنك الكلي	Zn	ppm	147	60	103.5	2330	2371	2350.5

الاستنتاجات والتوصيات

إن الري بمثل المياه العادمة المدروسة قد يُحسن الحالة الخصوبية للتربة الى درجة عالية من ناحية الفوسفور، البوتاسيوم، الحديد والمنجنيز وبدرجة منخفضة للنتروجين والزنك، وكذا المادة العضوية. ومن ناحية أخرى فإن تراكم أملاح كلوريد الصوديوم قد يؤثر على التربة أو النبات المزروع.

إن زراعة الأحزمة الخضراء (أو مصدات الرياح) بمثل الأشجار المدروسة لها فوائد كبيرة للأراضي الرملية وتحسين البيئة. وإن زراعة المحاصيل البستانية أو الحقلية الملائمة لمناخ المنطقة (مثل الذرة، السمسم، القطن، النخيل وغيره) تحت ظروف الري بالمياه العادمة قد يتطلب أولاً التجريب على مساحات محددة من الأرض ومتابعة التأثيرات المحتملة على المحصول والتربة.

ربما من غير المناسب استخدام مثل هذه المياه العادمة المحتوية على أعداد عالية من البكتريا القولونية في ري محاصيل الخضار التي تؤكل طازجة بدون طهي (مثل الطماطم و غيرها) إلا بعد معالجة هذه المياه بيولوجياً للحد من هذه البكتريا.

وإن قيمة الطلب الكيميائي للأكسجين العالية لمثل هذه المياه العادمة (أكثر من 500 ملجم / لتر) التي تجعل من هذه المياه تصنف بعدم مطابقتها لهذا المعيار في مياه الري (حسب المواصفات) ربما يحتاج الى اجراء دراسات حقلية متخصصة (بحسب الحالة) لإثبات أو نفي التأثيرات المحتملة على البيئة (بما فيها التربة والنبات والحيوان) سلباً أوإيجاباً قبل التوصية

باتخاذ اجراءات معالجة قد تكون غير لازمة (في مثل هذه الأحوال).

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية

الاسكوا 2003. إعادة تأهيل المياه الجوفية وتأثيرها على حماية الموارد المائية وترشيد استهلاكها، التغذية الاصطناعية لخزانات المياه الجوفية وتحسين نوعية المياه في منطقة الاسكوا. **الأمم المتحدة– نيويورك. ص:13–20.**

العكيدي، حسن خالد وأبو سعيد، جوزيف انطوان 2000. الأسس العلمية والتحاليل المختبرية للمياه والأغذية، **دار زهران، عمان. الأردن. ص:13–174.**

المؤسسة العامة اليمنية للمياه والصرف الصحي 1996. مياه مدينة صنعاء من الندرة الى الأمان، الندوة المنعقدة في 1-2 أكتوبر. **مشروع مصادر مياه صنعاء. ص8.**

المواصفات والمقاييس اليمنية للمياه 1999. مشروع المواصفات القياسية اليمنية للمياه العادمة الصناعية والتجارية. الهيئة العامة للموارد المائية. **الجمهورية اليمنية. ص7.**

المواصفات والمقاييس اليمنية للمياه 2000. مشروع المواصفات القياسية لمياه الشرب العامة (رقم 109). **الهيئة العامة للمواصفات والمقاييس وضبط الجودة. الجمهورية اليمنية. ص11.**

المواصفات والمقاييس اليمنية للمياه 2001. المواصفات القياسية اليمنية لمياه الري رقم 150. الهيئة العامة للمواصفات والمقاييس وضبط الجودة. **الجمهورية اليمنية. ص8.**

إيكاردا 2003. تحليل التربة والنبات– دليل مختبري، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA)، **حلب. سوريا. ص172.**

حسنين، سمية أحمد 2001. التقانات البديلة لتنمية الموارد المائية من المصادر غير التقليدية والأثار المترتبة عليها. **الندوة القومية المنعقدة في القاهرة بتاريخ 11-2001/7/14. ص15.**

حيدر، عبد الرحمن 2005. الأثر البيئي لاستخدام مياه الصرف الصحي في الري الزراعي (في كل من إب، صنعاء وذمار). **وزارة التخطيط والتعاون الدولي،اليمن. ص95.**

زيدان، زيدان عبد الحميد وعبد المجيد ،محمد ابراهيم 1996. الملوثات الكيميائية والبيئية، **الدار العربية للنشر والتوزيع، مصر. ص576.**

منظمة الصحة العالمية 1990. الدلائل الصحية لاستعمال المخلفات السائلة في الزراعة وتربية الأحياء المائية. **تقرير رقم 778. ص175.**

ثانياً: المراجع باللغة الأجنبية

Abd AL-Daim, E.M., Omran M.S., Waly T.M. and El-Naim B.M.B. 1987. Effects of Prolonged Sewage irrigation on some physical properties at sand soil, **Biological wastes, 22, 269-277.**

AL-Sheik, A.A.I. 2000. Anthropogenic effects on soil properties and nutrient levels of some irrigated lands in Saudi Arabia, **Annals, Agric. Ain Shams Univ. Cairo 45 (2), 811-822.**

Black, C.A. 1982. Methods of soil analysis Part2-Chemical and microbiological properties 2nd ed. **Amer. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, U.S.A. 1143 p.**

Camp E., Dresser T. and Mckelen C. 1980. Guidelines for water, N.T.I.S, Springfield, Virginia. USA. **Reports No 81-105.**

Chapman, H.D and Pratt, P.E. 1961. Methods for analysis of soils,plants and waters. **Univ. of Calif. Div. of Agric. Sci., USA. 309 p.**

Cowan, J.P. and Johanson P.R. 1984. Reuse of effluent for agriculture in the Middle East Thomas Telford. London, **UK , 107-127.**

Dahdoh, M.S.A., Gaber, A.M. and Abd-EL Maksod, M.M.R. 2000. Yield and elemental content of some crops ground in different soils irrigated with different waters, **Research J. Taiz Univ., 3, 107-115.**

EL-Mowelhi, B., EL-Nasher, M. and EL-Wakeel, A.F. 1994. Effect of long-term sewage water Application of soil and plant. **J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 19(13), 1259-1266.**

Jackson, M.L. 1973. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc., **Englewood Calif., U.S.A. p 521.**

Ministry of Water and Environment of Yemen 2003. Environment Protection Authority Kurdistan State, **Aden, Amran, Haggah, Ibb and Yarim. Yemen. 5,15-45.**

Richards, L.A. 1954. Diagnonis and improvement of saline and alkaline soils. **USDA, Handbook, 60 p.**

Sadek, S.A. and Sawy, S. 1989. Effect of using sewage water in Irrigation for different long periods on some physical and chemical properties of sandy soils in EL-Gabal EL-Asfar farm in Egypt. **Fayoum J. Agric. Res.& Dev. 3(1), 866-870.**

Shenda, G.B., Chakrabarti, C. Rai R.P., Nashikkar V.J., Kshirsagar D.G., Deshbhratar P.B. and Juwarkar A.S. 1985. In treatment and use of sewage effluent for irrigation "Pescod, M.B. and Arav, A. Eds. **Butterworths. London.UK. pp. 185-209.**