تقييم ري نباتات الحلبة والثوم بمياه الصرف الصحي المعالجة

امنة خير صابر، محمد علي السعيدي

قسم علوم البيئة، كلية العلوم الهندسية والتقنية، جامعة سبها، ليبيا.

الملخص

أستهدفت هذه الدراسة تقييم تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة لمدينة سبها – ليبيا من الناحية الفيزيوكيميائية بالإضافة إلى إمكانية استخدامها في ري نباتي الحلبة والثوم. حيث أظهرت النتائج الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة عدم تجاوز معايير منظمة الفاو للحدود المسموح بها للمياه المستخدمة في الزراعة. وقد تجاوز البوتاسيوم الحدود الليبية (25 جم/لتر) حيث سجل تركيز 100 جم/لتر. بينت النتائج ايضا إن انخفاض قيم الاس الهيدروجيني قبل وبعد الزراعة في الترب المزروعة بنبات الحلبة (5.34 – 5.41) وما بين (5.27 – 5.54) في الترب المزروعة بنبات الثوم. وانخفاض قيم الإيصالية الكهربائية والمواد الذائبة الكلية ، حيث كانت اعلى في الترب المزروعة بنبات الثوم منها بتلك المزروعة بنبات الحلبة. بينما لوحظ ارتفاع تراكيز كل من المادة العضوية والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنيسيوم في الترب بعد ريها بمياه الصرف المعالجة خاصة عند معدلات الخلط 100% ، 75% مقارنة بالشاهد. أما بالنسبة للايونات السالبة فقد ارتفعت تراكيز الكربونات في الترب المزروعة بنبات الحلبة (0.08 ، 0.024 ملجم/لتر) مع معدلات الخلط 25 ، 50%. أما في الترب المزروعة بالثوم فقد ارتفعت عند المعاملة 25% (0.016 ملجم/لتر) وعند المعاملة 100% (0.032 ملجم/لتر). وارتفع تركيز البيكربونات في التربة المزروعة بنبات الحلبة بعد الري عند المعاملة 25% ، 100% (0.032 ، 0.048 ملجم/لتر) على التوالي بينما في نبات الثوم فارتفعت عند التراكيز 25 ، 50 ، 75% بمعدل (0.024 ، 0.044، 0.044) ملجم /لتر. وارتفعت الكبريتات مع جميع المعاملات في الترب المزروعة بنبات الحلبة والترب المزروعة بنبات الثوم بعد ريها بمياه الصرف الصحي. أما بالنسبة للكلور فارتفع كذلك في جميع المعاملات في الترب المزروعة بنبات الحلبة وكان أعلاها عند المعاملة 100% (3.754) ملجم/لتر وفي نبات الثوم عند المعاملة 50% (2.75 ملجم/لتر) مقارنة بعينات الشاهد. أما من ناحية تأثير هذه المياه على عملية الإنبات فنجد أن مياه الصرف الصحي المعالجة كان لها تأثير كبير في إنبات بذور نباتي الحلبة والثوم أكثر من تأثير مياه الري العادية وكان ذلك واضحا من خلال طول الساق ومساحة وعدد الأوراق في كلا النباتين مقارنة بالنباتات النامية في معاملة الشاهد . وكان بشكل كبير على نبات الحلبة أكثر منه على نبات الثوم . وفي المعاملات 100% ، 75% ، 25% أفضل من المعاملة 50% ، 0% وبمعدل (1.43 ، 1.4 ، 1.4 سم) في نبات الحلبة و(1.25 ، 0.41 ، 0.58 سم) في نبات الثوم على التوالي . أما عدد الأوراق فكان 3 ورقات عند المعاملات 100% ، 75% لنبات الحلبة و3 ،2 ورقات في نبات الثوم وبمساحة 3.3 ،2.5 سم2 في نبات الحلبة (1.85 ، 2.8 سم2 في نبات الثوم .

المقدمة

تقع معظم مساحة وطننا العربي ضمن المناطق القاحلة أو شبه القاحلة وتلك التي توصف بأنها شحيحة المياه ، وتعاني من العجز في الموازنة المائية نتيجة زيادة الاحتياجات المائية الناتجة عن زيادة عدد السكان وتنامي متطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية ، ونسبة لمحدودية فرص تنمية الموارد المائية التقليدية وتدهور كميتها ونوعيتها نتيجة الضغط على الموارد المائية المحدودة (المنظمة العربية للتنمية والزراعة الخرطوم، 2000) . ومع زيادة عدد السكان والنمو الاقتصادي يزداد استخدام المياه ، تزداد كميات المياه المستخدمة مما يجعل إعادة استخدامها ضرورة ملحة بعد معالجتها . (منظمة المجتمع العلمي العربي، 2012) . وتشكل مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرا هاما لري المحاصيل الزراعية المختلفة (المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة، 2007). حيث تستعمل مياه الصرف الصحي في مجالات متعددة منها ري المحاصيل الزراعية واستصلاح الأراضي الصحراوية وري الحدائق والملاعب والمنتزهات ورش الشوارع وكسح المراحيض وفي الأغراض الترفيهية وتربية الأسماك وبعض الأغراض الصناعية كمياه التبريد وتغذية المياه الجوفية ، ويكمن الاستعمال الأوسع لمياه الصرف الصحي في استصلاح الأراضي وريها وهذا يعطي بدائل كثيرة ومرونة في اختيار طرق ودرجة المعالجة . فاستصلاح الأراضي لا يتطلب معالجة كاملة ، كما أن درجة المعالجة المطلوبة لري الأراضي تختلف حسب نسجة الترب ونوع المحصول وفي مشاريع الأحزمة الخضراء حول الطرق والمنشآت المدنية المختلفة وفي تثبيت الكثبان الرملية ومكافحة التصحر وغيرها (السروى، 2006) . كما يمكن الاستفادة من هذه المياه في ري وتنمية أشجار الغابات وري المحاصيل التي لا تؤكل طازجة كالبذور الزيتية والنباتات مغطاة الثمار كالموالح واللوزيات (Elssaidi، 2005). وقد بدأ استعمال المخلفات السائلة في الزراعة عموماً في استراليا وفرنسا وألمانيا والهند والولايات المتحدة في أواخر القرن التاسع عشر ، وخلال العشرين سنة الماضية حدث انتعاش كبير في الاهتمام باستعمال المخلفات السائلة في ري المحاصيل في المناطق القاحلة وشبه القاحلة نتيجة قلة موارد المياه البديلة وللحاجة لزيادة الإنتاج المحلي من المواد الغذائية مع المحافظة عليه من تلويث المياه السطحية والجوفية والحرص على إعادة تدوير المغذيات . ، وفي محاولة لتقليل استنزاف مصادر المياه التقليدية خاصة المستخدمة في الزراعة ، حيث إن معظم دول العالم تستهلك مابين 60 - 93 % من الاستهلاك المائي الكلي في الزراعة ، وكذلك لتقليل الآثار البيئية للتخلص من مياه الصرف الصحي شرعت العديد من البلدان بوضع معايير بيولوجية بالغة الصرامة لإعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة ، حيث تعتبر حلاً اقتصاديا ووسيلة لاعادة تدوير العناصر والمادة العضوية (النعيمى، 1987 والجيلاني، 1992 والجيلاني وخليفة،1990). زاد استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة خلال العقدين الماضيين وبصورة كبيرة نظرا لزيادة المساحة الزراعية وكذلك الكثافة السكانية مع محدودية موارد المياه المتاحة في معظم دول العالم . وتحتوي مياه الصرف الصحي على عدد من العناصر والمعادن التي بعضها يكون مفيدا للنبات والتربة وكذلك الحيوان والإنسان حسب نوعية هذه المياه ، وخواص التربة ، والظروف المناخية والعمليات الزراعية المتبعة (Lazararova & Bahri , 2005).وقد وجد (خواجة ، 2004) تأثيرات على الخواص الكيميائية للترب التي رويت بمياه الصرف الصحي المعالجة حيث أدى الري بها إلى زيادة معنوية في قيم كل من الأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربي ومحتوى التربة من المادة العضوية والنيتروجين الكلي والنيتروجين المعدني ومحتواها من الفوسفور والبوتاسيوم والحديد والمنجنيز والخارصين والنحاس والكادميوم والرصاص والنيكل والكروم وذلك لكل من نوعي التربة الطينية والجيرية ومقارنة بتلك التي رويت بمياه عذبة . وفي نفس الدراسة أظهرت نتائج قيم كل من الأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والنيتروجين المعدني والامونيا والنترات والنيتريت والفوسفور الكلي لعينات مياه الراشح زيادة معنوية . وقام العديد من

الباحثين بدراسة اثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على إنتاجية المحاصيل المختلفة ، ومن تلك الدراسات ما قام به Mandi & Abissy (2002) و Koura *et al,.* (2002) و AL-Lahham *et al,.* (2003) و Munir & Mohammed (2004) و Lopez *et al,.* (2006) ، وبدور (2006) حيث درسوا أثر مياه الصرف الصحي على محاصيل الذرة ، البطاطس ، الطماطم ، الخس ، أشجار الزيتون والبرسيم بالاضافة إلى الذرة العلفية (أبوسبعين) والبطاطا على التوالي . وقد أوضحت نتائجهم جميعا زيادة في إنتاجية المحاصيل المدروسة عند استخدام مياه الصرف الصحي مقارنة بمياه الري العادية . كما توصلوا إلى استنتاجات وتوصيات بتعزيز معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في الزراعة لما لها من أهمية في تدارك النقص في الموارد المتاحة وفي زيادة كمية المحصول وتوفير الأسمدة الكيميائية ، وكذلك تخفيف التلوث البيئي الناتج من الصرف الصحي ، عند إتباع الطرق الصحيحة في المعالجة والاستخدام. ويعتمد استخدام مياه الصرف في الزراعة بشكل كبير على نوعية مياه الصرف الخام ونوع وتركيب التربة بالإضافة إلى مراحل عمليات المعالجة (العامري، 1994) ، وأكد (Murry، 2003) أن استخدام مياه الصرف الصحي قد يؤدي لتلوث النباتات في التربة بالعناصر الثقيلة لكن ذلك يتوقف على سلوك العنصر وخصائص التربة ومياه الصرف الصحي ونوع المحصول . كما يختلف محتوى النبات من المعادن الثقيلة باختلاف أجزاء النبات ، فمحتوى الأوراق من المعادن الثقيلة أعلى من البذور والثمار (Reddy and Dunn،1984 ; الجيلاني ، 1992 ; Brady and Weil،1999) . كما وجد أن تركيز الرصاص والنيكل والكوبالت في جذور القمح أعلى من الأوراق ولكن تركيز النحاس متساوي بين الأوراق والجذور لسرعة نقل النحاس من الجذور إلى الأوراق (Jin Qian *et. al* 1996) ، ووجد Mondi & Abissy (2000) إن محتوى محصول البرسيم المروي بمياه الصرف الصحي من المعادن الثقيلة كان في الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) . كما وجد AL-Solaimanai & Hashim (2004) إن حشيشة البرمودا المزروعة على جانبي وادي عرنة الذي يصرف فيه الخارج من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة مكة المكرمة احتوت على نسبة عالية من العناصر الصغرى وكذلك السامة. في سوريا أوصت دراسة قام بها كل من (شلبي وغزال ،1997) بري عدد لا بأس به من أنواع الأشجار التي تتحمل هذه الظروف مع ريها بمياه الصرف الصحي دون أي ضرر على سبيل المثال منها Eucalyptus and Camaldulensis كانت مطابقة لنمو في مدينة حلب . وفي مصر بدأ في العام 2005 العمل في مشروع حزام شجري أخضر يتكون من أشجار الكافور والكازورينا والسرو والأكاسيا حول مدينة القاهرة بطول مائة كيلو متر يزرع به حوالي 500 ألف شجرة وذلك للاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة . كما تم التوسع في زراعة الجاتروفا والهوهوبا المنتجين للوقود الحيوي ، علاوة على الكتان والورد البلدي وعصفور الجنة والدورنتا البيضاء وسورجم العلف والتوت والماهوجني الأفريقي والسرسوع علاوة على الزيتون (مركز بحوث الإسكان والبناء ،2005). وفي الجزائر يوجد 51 محطة لمعالجة مياه صرف، حيث تبلغ كمية المياه المعالجة نسبة 22 % من الكمية الكلية للمياه المستعملة. ويقدر حجم المياه المستعملة المتوقع بحلول عام 2020 في شمال الجزائر بحوالي 0.978 بليون متر3/السنة . وهذه الكمية التي تقدر بحوالي بليون متر3/السنة يمكن تخزينها في سدود لاستخدامها مباشرة لري قطع الأرض الصغيرة والمتوسطة (صديق ،2001) وفي المغرب يتم إعادة استخدام المياه المستعملة لأغراض الزراعة منذ عقود . وقد زادت كمية المياه المستعملة من 48 مليون متر 3 في عام 1960 إلى حوالي 370 مليون متر 3 في عام 1990. ويتوقع أن تصل هذه الكمية إلى 900 مليون متر مكعب بحلول عام 2020 . وفي الخرطوم – السودان تمت دراسة تأثير استخدام المياه التقليدية والمياه غير التقليدية المعالجة على إنتاج بعض المحاصيل والقيام بتجارب بحثية في منطقة الحزام الأخضر بالخرطوم على بعض

المحاصيل الذرة العلفية (أبو سبعين) والتي رويت بمياه الصرف الصحي المعالجة حيث ارتفع إنتاج الذرة من(3.1 – 7.8 طن/هكتار) عند ريه بمياه الصرف الصحي المعالجة (بدور،2006) . وذكر AL-Mogrin) ، (2003 أن المملكة العربية السعودية من الدول الفقيرة جدا في موارد المياه ، كما أن القطاع الزراعي فيها يستهلك ما يقارب من 80% من الاستهلاك المائي وتكون المياه الجوفية غير المتجددة 80% من تلك المياه ، لذلك فان مياه الصرف الصحي المعالجة تعتبر مصدرا مائيا متجددا غير تقليدي يمكن أن يساهم في تقليل الاعتماد على مصادر المياه غير المتجددة . وتستخدم المملكة مياه الصرف الصحي في زراعة المحاصيل أو المسطحات الخضراء في عديد من المناطق مثل الرياض ومكة المكرمة والمنطقة الشرقية. ويبلغ إنتاج المملكة من مياه الصرف الصحي ما يقارب 674 مليون م3/سنة ، يستخدم منها 217 مليون م3 فقط . وتنتج مدينة مكة المكرمة 80 ألف م3/يوم تصل إلى 120 ألف م3 /يوم أيام الحج والعمرة يتم صرفها في وادي عرنة. وترجع بداية استخدام تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي في ليبيا إلى بداية الستينات من القرن الماضي ، حيث تم إنشاء أول محطة للمعالجة في مدينة طبرق عام 1963 . حيث تستخدم المياه المعالجة أساسا في إنتاج الأعلاف ، والبقايا الصلبة من الحماة المنشطة كأسمدة عضوية (السعيدي وآخرون ، 2008). وتهدف هذه الدراسة الى تقييم مياه الصرف الصحي المعالجة لمدينة سبها من الناحية الفيزيوكيميائية ، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها في ري وإنتاج نباتي الحلبة والثوم.

المواد والطرق

جمعت مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة سبها – ليبيا ، فيما جمعت التربة من منطقة براك – وادي الشاطئ ، أما بذور الحلبة وفصوص الثوم فجمعت من منطقة وادي عتبة – مرزق . حيث قيست قيم الأس الهيدروجيني والإيصالية الكهربائية عند 25 ْْْم وحسبت الأملاح الكلية الذائبة TDS ، بالإضافة إلى أيونات الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، الماغنيسيوم ، الكلورايد ، الفوسفات والعناصر الثقيلة (الرصاص ، الكادميوم ، الكروم ، النحاس ، النيكل ، الزنك ، الحديد) لعينات مياه الصرف الصحي . فيما جففت التربة هوائياً في المعمل وغربلت خلال منخل 20 mm mesh . ثم أجري التحليل الميكانيكي للترب المزروعة حسب (Singh, 1990) وكانت التربة ذات نسجة رملية سلتية ، وقدرت السعة الحقلية للتربة بطريقة الاسطوانة حسبما ورد في (AOAC, 1975) . فيما قدرت المادة العضوية بطريقة الأكسدة بثنائي كرومات البوتاسيوم حسب (Walkley, 1947). كما قدرت تراكيز الكالسيوم والماغنيسيوم بطريقة المعايرة مع EDTA, 0.01N باستخدام الكواشف E.B.T ، Murexid ، أما تراكيز العناصر الثقيلة فقدرت باستخدام جهاز قياس امتصاص الطيف الذري (Atomic absorption spectrophotometer) حسبما ورد في (Standard Methods, 1975) . بينما قيس تركيز أيوني الصوديوم والبوتاسيوم باستخدام جهاز مطياف اللهب (Flame photometer) حسب (Franson, et al., 1995). وقدرت أيونات كل من الكربونات والبيكربونات والكبريتات والكلورايد بطريقة المعايرة (Richards, 1954). استخدم 20 حوض بلاستيكي يحتوي وزن (3 كيلوجرام) من التربة ، وبمعدل 10 أحواض لكل نوع نبات بمكررين لكل معدل خلط (25 ، 50 ، 75 ، 100 %) (مياه الصرف الصحي : المياه الجوفية) بالإضافة الى الشاهد المروي بالمياه الجوفية . زرعت النباتات بمعدل 10 بذور/فص لكل معاملة ، ثم رويت جميع المعاملات بمعدل **3** لتر وعلى فترتين كلاً حسب معدل الخلط المستخدم . وأخذت قياسات المتغيرات المدروسة أسبوعيا لمدة أربع أسابيع من الزراعة .

النتائج والمناقشة

إن استخدام المياه في الري يجب أن يراعي معايير جودة المياه المستخدمة في الزراعة ، وتشمل صفات المياه التي لها صلة بالإنتاجية وجودة المحاصيل والمحافظة على إنتاجية التربة والبيئة ، وهذه المعايير تعتمد على الظروف المناخية وخواص التربة الفيزيائية والكيميائية ودرجة تحمل النبات (FAO, 1992). ومن خلال هذه الدراسة تم التوصل للنتائج التالية :

الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي:

من خلال النتائج الواردة في الجدول رقم (1) نجد أن الخصائص الفيزيائية المدروسة لمياه الصرف الصحي المعالجة لم تتجاوز الحدود المسموح بها من قبل منظمة FAO, 1992. أما بالنسبة للخصائص الكيميائية لم تتجاوز الحدود المسموح بها من قبل منظمة FAO, 1992 باستثناء عنصر البوتاسيوم والذي تجاوز الحدود الليبية وهي 25 ملجرام/لتر. كما تظهر النتائج الموضحة في الجدول رقم (2) تراكيز العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي والتي كانت ضمن الحدود المسمو بها ، باستثناء عنصر النيكل (7.05 ملجرام/لتر) تجاوز الحدود المسموح بها من قبل منظمة FAO, 1992 (0.2 ملجرام/لتر) .

درست الخواص الفيزوكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة والقادمة من محطة تنقية مياه الصرف الصحي بمدينة سبها ، وكذلك تأثير هذه المياه على أنبات بذور نبات الحلبة والثوم بعد ريها بمعاملات مختلفة من هذه المياه ، وبينت النتائج جاهزية هذه المياه للري وذلك لأنها لم تتجاوز الحدود الفيزوكيميائية المسموح بها للزراعة من قبل منظمة الـ FAO باستثناء تركيز الايصالية الكهربائية (5.5 mS/cm) والتي تجاوزت الحدود المسموح بها للزراعة (3 mS/cm) ، كذلك تركيز عنصر البوتاسيوم تجاوز الحدود الليبية المسموح بها في الزراعة وهي 25 ملجم/لتر ووصل التركيز إلى 100 ملجم/لتر.

بالنسبة للعناصر الثقيلة في المياه كانت بناءً على دراسات سابقة أجراها (السعيدي وأخرون ، 2008) قورنت بمنظمة الـFAO ، وهي بصفة عامة لم تتجاوز الحدود المسموح بها من قبل منظمة الـFAO فيما عدا عنصر النيكل ، حيث أنخفض بعد ري التربة بمياه الصرف الصحي . (الجدل رقم 2)

جدول رقم (1): الخصائص الفيزوكيميائية لعينات مياه الصرف الصحي المستخدمة في الزراعة

	المتغيرات	الوحدة	القيم	الحدود المسموح بها FAO, (1992)
الخصائص الفيزيائية	**Ph**	-	7.87	8.4 – 6.5
	EC	**mS/cm**	5.45	3.00
	TDS	**mg/l**	755	2000
	SAR	-	5.04	9.00
الخصائص الكيميائية	**K** البوتاسيوم	**mg/l**	100	25 مواصفات ليبية
	Na الصوديوم		48.21	900
	Ca الكالسيوم		180	400
	Mg الماغنيسيوم		2.50	60.0
	Cl الكلور		2.69	10.0
	PO_4 الفوسفات		0.541	30.0
	NO_3 النترات		2.42	30.0

جدول رقم (2): تراكيز العناصر الثقيلة في عينات مياه الصرف الصحي المستخدمة في الزراعة

العناصر		التركيز mg/l	الحدود المسموح بها FAO 1992
النحاس	Cu	0.00	0.20
الكادميوم	Cd	0.02	0.01
الزنك	Zn	1.73	2.00
النيكل	Ni	7.05	0.20
الرصاص	Pb	2.63	5.00
الحديد	Fe	0.00	5.00
المنجنيز	Mn	0.00	0.20
البورون	B	0.51	3.00
الكروم	Cr	0.07	0.10

المصدر: السعيدي وأخرون ، 2008

خواص التربة :

تبين من خلال نتائج التحليل الميكانيكي للتربة المزروعة أن التربة كانت رملية سلتية ، ذات سعة حقلية 31.42 % . وتظهر النتائج الموضحة في الجدول رقم (3) الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة المزروعة قبل وبعد عملية الري بمياه الصرف الصحي ، حيث يلاحظ انخفاض في قيم الاس الهيدروجيني بعد الري ومع جميع المعاملات حيث تراوحت هذه القيم بين 5.34 عند (50%) و5.41 عند (25 ، 75%) في الترب المزروعة بنبات الحلبة ، وبين 5.27 عند(25%) و5.54 عند (100%) في التربة المزروعة ب الثوم . كذلك الحال بالنسبة لقيم الايصالية الكهربائية والتي أنخفضت بعد عملية حيث تراوحت بين 0.98 و 1.02 mS/cm عند المعاملات 100 ، 75% وبين 0.98 و1.03 mS/cm عند المعاملات 25 ، 50% للترب المزروعة بنبات الحلبة والثوم وعلى التوالي . أما المواد الذائبة الكلية فتراوحت بين 0.63 ملجم/لتر (100%) و0.69 ملجم/لتر (75%) بالنسبة للترب المزروعة بنبات الحلبة ، وبين 0.63 ملجم/لتر (25%) و0.66 ملجم/لتر (50%) بالنسبة للترب المزروعة بالثوم . كما ارتفع تركيز المادة العضوية بعد ريها بمياه الصرف الصحي حيث وصل أعلى ارتفاع لها إلى 14.6 ، 13.7 % للتربة المزروعة بنبات الحلبة عند المعاملتين 100 ، 75% ، و22.7 ، 16.8 % للتربة المزروعة ب الثوم عند المعاملتين 100 ، 75% وعلى التوالي مقارنة بنسبة المادة العضوية للتربة قبل عملية الري 12.64% . ولوحظ انخفاض الكربون العضوي في التربة المزروعة بنبات الحلبة عنه في التربة المزروعة بنبات الثوم حيث تراوحت النسب ما بين 0.14 (25%) و 0.90 (100%) وبين 0.41 (25%) و1.32 (100%) لكل من الترب المزروعة بنبات الحلبة والثوم وبالترتيب مقارنة بالشاهد (5.50%) . أما بالنسبة للخصائص الكيميائية المدروسة فأظهرت النتائج ارتفاع تركيز عنصر البوتاسيوم بعد عملية الري ومع جميع المعاملات ، ومع الترب المزروعة بنبات الثوم أعلى منه مع الترب المزروعة بنبات الحلبة مقارنة بتركيزه في عينات الشاهد (3.34 ملجم/لتر) . كذلك هو الحال مع تركيز الصوديوم الذي زاد في الارتفاع مع جميع المعاملات المستخدمة من مياه الصرف الصحي المعالجة مع الترب المزروعة بنبات الحلبة وخاصة عند المعاملة 50 ، 75% صرف صحي أكثر من الترب المزروعة بنبات الثوم الذي وصل أعلى تركيز له في المعاملة 50% صرف صحي .

أما بالنسبة لعنصر الكالسيوم فأعطت جميع التراكيز المستخدمة من مياه الصرف الصحي المعالجة ارتفاع لعنصر الكالسيوم بعد

عملية الزراعة ، ولكنها أعلى في الترب المزروعة بنبات الثوم منه بنبات الحلبة . كذلك ارتفع تركيز عنصر الماغنسيوم عند التركيز 100 % صرف صحي معالجة عند زراعة نبات الحلبة ، بينما مع نبات الثوم فأعطى التركيز 50% أعلى تركيز له مقارنة بتركيز عينات الشاهد (قبل الري) . فيما بينت النتائج عدم احتواء التربة على الكربونات ولكن بعد عملية الزراعة والري بمياه الصرف الصحي المعالجة ارتفاع معدل الكربونات في الترب المزروعة بنبات الحلبة وبمعدل 0.024 ملجم/لتر (50 ملجم/لتر صرف صحي معالجة) ، 0.08 ملجم/لتر (25 % صرف صحي معالجة) ، أما مع الترب المزروعة بنبات الثوم ارتفع معدل الكربونات عند المعاملة (25 % صرف صحي معالجة) 0.016 ملجم/لتر ، والمعاملة (100 % صرف صحي معالجة) وبتركيز 0.032 ملجم/لتر . وتواجدت البيكربونات في التربة الشاهد (قبل الري) وبمعدل 0.024 ملجم/لتر وارتفع هذا التركيز عند المعاملة 75 % (0.032 ملجرام/لتر) ، 100 % (0.048 ملجرام/لتر) في الترب المزروعة بنبات الحلبة ، بينما في الترب المزروعة بنبات الثوم ارتفع تركيز البيكربونات عند المعاملة 50 % (0.044 ملجرام/لتر) ، 75 % (0.044 ملجرام/لتر) مقارنة بالشاهد . كذلك بينت النتائج إن تركيز الكبريتات زاد في الترب المزروعة والمروية بمياه الصرف الصحي المعالجة مقارنة بالترب الشاهد (0.016 ملجرام/لتر). النتائج كذلك أوضحت ارتفاع عنصر الكلورايد في الترب المزروعة بنبات الحلبة ومع جميع المعاملات 100 ، 75 ، 50 ، 25 % ماء صرف صحي معالجة وعلى التوالي ، أما في الترب المزروعة بنبات الثوم فأعطت المعاملة 50 % أعلى تركيز للكلورايد بعد عملية الري تلتها المعاملات 75 ، 100 ، 25 % وبالترتيب مقارنة بتركيزه في عينة الترب الشاهد (0.026 ملجرام/لتر). ويبين الجدول رقم (4) تركيز العناصر الثقيلة في التربة بناءً على دراسة قام بها الدرمون (2009) ، حيث قورنت التربة قبل وبعد الزراعة في بعض العناصر التي تم حسابها والتي لم تتجاوز الحدود المسموح بها من قبل منظمة الـFAO للترب المروية بمياه الصرف الصحي .

جدول رقم (3): الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة المروية حسب معدلات الخلط (%) :

المتغيرات	الوحدة	الشاهد	الحلبة				الثوم			
			25	50	75	100	25	50	75	100
السعة الحقلية			31.42							
pH	-	6.62	5.41	5.34	5.41	5.36	5.27	5.31	5.34	5.54
EC	mS/cm	1.18	0.99	1.00	1.02	0.98	0.98	1.03	1.01	1.02
TDS	mg/l	613.12	0.64	0.64	0.69	0.63	0.63	0.66	0.64	0.65
OM	%	12.64	2.4	5.4	13.7	14.6	7.00	14.1	16.8	22.7
OC		5.50	0.14	0.30	0.80	0.90	0.41	0.81	0.98	1.32
Na	mg/l	14.28	28.57	26.78	25.00	50.00	21.42	37.50	23.21	19.64
K		3.44	5.17	5.52	5.17	1.00	4.48	6.90	4.48	3.79
Ca		56.00	72	296	200	408	240	440	240	280
Mg		48.00	19.2	19.2	24	48	9.6	16.32	9.6	24
CO_3		0.00	0.008	0.024	0.00	0.00	0.016	0.00	0.00	0.032
HCO_3		0.024	0.02	0.016	0.032	0.048	0.024	0.044	0.044	0.008
SO_4		0.016	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80
Cl		0.026	0.894	0.914	0.974	03.754	0.754	2.754	1.494	0.934

جدول رقم (4): تراكيز العناصر الثقيلة للترب المدروسة (mg/l)

العناصر		قبل الزراعة	بعد الزراعة	الحدود المسموح بها FAO 1992
النحاس	Cu	2.37	1.70	80-6
الكادميوم	Cd	0.63	0.28	1.1-0.06
الزنك	Zn	8.33	6.06	125-17
النيكل	Ni	29.41	14.70	55-4
الرصاص	Pb	-	-	84-10
الحديد	Fe	-	-	
المنجنيز	Mn	-	-	1300-80
البورون	B	-	-	
الكروم	Cr	-	-	21.1 – 1.6

المصدر : (الدرمون ، 2009)

استجابة النباتات المدروسة للري بمياه الصرف الصحي المعالجة :

طول الساق: تبين النتائج الواردة في الجدول رقم (5) طول الساق لنبات الحلبة والثوم خلال مرحلة الأنبات ، حيث نلاحظ نمو الساق بزيادة فترة الري بمياه الصرف الصحي . أعلى ارتفاع لساق نبات الحلبة كان عند المعاملة 100 % (1.43 سم^2)، يليه المعاملات 25 ، 75 ، 50 % وبطول 1.4 ، 1.4 ، 1.13 سم^2 وعلى التوالي مقارنة بطول الساق في عينة الشاهد (0.9 سم^2) . أما في نبات الثوم فوصل متوسط طول الساق كأعلى نمو له إلى (1.25 سم^2) عند المعاملة 100 % ، يليها المعاملات 25 ، 50 ، 75 % وبمتوسطات نمو 0.58 ، 0.50 ، 0.41 سم^2 وعلى التوالي مقارنة بنمو الساق لنفس النبات في عينة الشاهد وبمعدل (0.23 سم^2) ، وهذا دليل واضح على أهمية المغذيات المتواجدة في مياه الصرف الصحي المعالجة .

عدد الأوراق: كما تظهر النتائج الواردة في نفس الجدول عدد الأوراق لنبات الحلبة والثوم خلال مرحلة الأنبات ، حيث نلاحظ وجود اختلاف في عدد ومساحة الأوراق للنباتين قبل وبعد ريها بمعدلات مختلفة من مياه الصرف الصحي المعالجة ، وكانت تأثير الري واضح على أوراق نبات الحلبة مقارنة بنبات الثوم من خلال وجود أعلى عدد للأوراق وأكبر مساحة للأوراق لنبات الحلبة مقارنة بنبات الثوم . وأعطى التركيز 75 % أعلى عدد من الأوراق لنبات الحلبة وبمعدل (3.5 أوراق) تليها المعاملات 100 % (3 أوراق) ، 25 ، 50 %(ورقتين) لكل منهما مقارنة بعدد الأوراق في معاملة الشاهد (ورقتين) . فيما كان أعلى عدد للأوراق عند المعاملة 100 %صرف صحي معالجة بمعدل (3 أوراق) تليها المعاملات 25 ، 50 ، 75 % وبمعدل (ورقتين) لكل منها مقارنة بعدد الأوراق في عينة الشاهد (ورقة واحدة) .

مساحة الأوراق: تبين النتائج أيضاً زيادة في مساحة الأوراق وخاصة عند نفس التركيزين السابقين (75 ، 100% مياه صرف صحي) وعلى التوالي ، حيث كانت أكبر مساحة لأوراق نبات الحلبة عند المعاملة 75 % وبمعدل (3.25 سم^2) تليها

المعاملات 100 % (2.55 سم^2) ، 50 % (2.35 سم^2) ، 25 % (2.15 سم^2) مقارنة بمساحة الورقة في الشاهد ولنفس النبات (1.25 سم^2) . فيما كانت مساحة الورقة في نبات الثوم (2.8 سم^2) عند المعاملة 100% ، يليها المعاملات 25 % (2.4 سم^2) ، 75 % (1.85 سم^2) ، 50 % (1.42 سم^2) وبالترتيب .

جدول رقم (5) يبين : طول الساق ، عدد ومساحة الأوراق في نبات الحلبة والثوم

المجموع الخضري		الحلبة					الثوم				
		0	25	50	75	100	0	25	50	75	100
طول الساق (سم)	الأسبوع الأول	0.2	1.0	0.1	0.3	0.8	0.1	0.75	0.85	0.35	0.88
	الأسبوع الثاني	0.9	1.0	0.9	1.4	1.0	0.2	0.66	0.46	0.48	1.3
	الأسبوع الثالث	0.9	1.6	1.7	1.8	1.9	0.3	0.4	0.3	0.2	1.3
	الأسبوع الرابع	1.5	1.8	1.8	1.9	2.0	0.3	0.5	0.4	0.6	1.5
	المتوسط	0.9	1.4	1.13	1.4	1.43	0.23	0.58	0.50	0.41	1.25
عدد الأوراق	الأسبوع الثاني	2	2	2	4	3	1	2	2	2	3
	الأسبوع الرابع	2	2	2	3	3	1	2	2	2	3
	المتوسط	2	2	2	3.5	3	1	2	2	2	3
مساحة الأوراق (سم^2)	الأسبوع الثاني	1.0	2.1	1.9	3.1	2.2	0.2	2.0	0.1	0.2	2.5
	الأسبوع الرابع	1.5	2.2	2.8	3.4	2.9	0.3	2.8	2.75	3.5	3.1
	المتوسط	1.25	2.15	2.35	3.25	2.55	0.25	2.4	1.42	1.85	2.8

وبوجه عام يمكن القول أنه يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المزروعات بشكل عام وذلك لما تضيفه هذه المياه من عناصر وقيم غذائية للتربة ومنها للنباتات المروية بها ، وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات منهم (عواد، 1988 ، بدور، 2006 ، السعيدي وأخرون، 2008) التي أشارت إلى إن ماء الصرف المعالج يرفع من إنتاج المحاصيل عند ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة مقارنة بريها بمياه الري العادية. كما أشاروا إلى أن الري بمياه الصرف الصحي المعالجة يرفع من نسبة المادة العضوية في التربة والتي تعمل بدورها على تحسين خواص التربة الفيزيائية ، حيث تعتبر سببا في تحبب التربة وتكوين البناء الثابت . وبالتالي ربما ستزيد هذه الخواص من ارتفاع السعة التبادلية لمثل هذه التربة النسجة الخشنة ، خاصة وأن هذه التربة صنفت على أنها ترب رملية خشنة ذات نسبة طين 4 % . وهذا ما أكده (Mengeal, 1986) على أن ارتفاع قيمة السعة التبادلية بعد الري يعتبر مؤشر جيد فيما يخص تغذية النبات. كذلك لوحظ من خلال النتائج المتحصل عليها أن تأثير مياه الصرف على نمو المجموع الخضري ايجابيا مع نبات الحلبة والثوم وتزايد مع الزيادة في تركيز مياه الصرف المعالجة ، وأكثر وضوحاً على نمو نبات الحلبة منه على نمو نبات الثوم .

المراجع :

بدور، الهام منير (2006): "إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في زراعة المحاصيل " . أكاديمية السودان للعلوم – الخرطوم

الجيلاني ، عبد الجواد (1992) : استعمال مياه المعالجة ومخلفاتها الصلبة في الزراعة العربية الزراعة والمياه بالمناطق الجافة في الوطن العربي 34:13 – 57 .

الجيلاني عبد الجواد وخليفة ميلود (1990): امتصاص المعادن الثقيلة بواسطة الخضروات ومحاصيل النجيلة المروية بمياه المجاري المعالجة وتجمع هذه العناصر في التربة ورقة مقدمة للمؤتمر الأول لعلوم البيئة . سبها . يناير 27 – 31 .

الدرمون ، عبدالسلام أبوبكر (2009): تقييم مياه الصرف الصحي وإمكانية الاستفادة منها في مدينة مرزق". رسالة ماجستير مقدمة لقسم علوم البيئة . كلية العلوم الهندسية والتقنية . جامعة سبها . ليبيا .

السروى ، أحمد (2006) : معالجة مياه الصرف الصحي وتشغيل المحطات . دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع . القاهرة . مصر .

السعيدي، محمد على ، عائشة رمضان محمد ، عبد السلام محمد المتناني (2008): إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الأغراض الصناعية. ورشة العمل الوطنية حول استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة – طرابلس 30 /11/ 2008

العامري، ابوبكر (1994): الواحة الأخيرة "مواجهة ندرة المياه" ، ليبيا للنشر والتوزيع والإعلان.

العمروني ، خالد محمد موسى (2002): أثر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة والحمأة على بعض الترب السائدة في المناطق الجافة والشبه الجافة . رسالة ماجستير مقدمة لقسم علوم البيئة . كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة . جامعة عمر المختار . ليبيا .

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة "أكساد" (2007) : أهمية استعمال المياه المعالجة في الزراعة وتأثيراتها البيئية.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية الخرطوم (2000): " دراسة استخدام مياه الصرف الصحي في الإنتاج الزراعي في الدول العربية". المصدر

النعيمي ، سعد الله نجم (1987): الأسمدة وخصوبة التربة . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الموصل . العراق .

خواجة ، نادر حمدي محمد إبراهيم (2004): تأثير الري بمخلفات الصرف الصحي السائلة على بعض خصائص الأرض الكيميائية والحيوية ونمو بعض المحاصيل المنزرعة . رسالة مقدمة لاستفاء درجة الماجستير في العلوم الزراعية (علوم الأراضي والمياه): جامعة الإسكندرية . مصر .

شلبي ، محمد نبيل ،غزال عبد الله (1997) :الاستفادة من مياه الصرف الصحي في زراعة الأشجار الحراجية والخشبية . المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة .مجلة الزراعة والمياه بالمناطق الجافة في الوطن العربي ، العدد السابع عشر 1997.

صديق ، احمد (2001): أفضل الممارسات لمنع الجفاف وتخفيف آثاره وإدارة المياه من اجل تعزيز الأمن الغذائي في شمال أفريقيا، الأمم المتحدة ، اللجنة الاقتصادية ، المركز الإنمائي دون الإقليمي لشمال أفريقيا ، الاجتماع السادس عشر للجنة الخبراء الحكومية الدولية ، طنجة ، المغرب ، 13- 16 آذار مارس 2001

عز الدين الفراج ،(1986): " استخدام مياه الصرف الصحي" قسم وقاية النبات في كلية الزراعة جامعة الملك سعود .

عواد , كاظم مشحوت (1987) التسميد وخصوبة التربة , وزارة التعليم العالي و البحث العلمي ، جامعة بغداد.

مركز بحوث الإسكان والبناء- وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية (2005): الكود المصري لاستخدام مياه الصرف المعالجة في مجال الزراعة .

منظمة المجتمع العلمي العربي (2012): استخدام مياه الصرف الصحي في الري "ملتقى العلماء والأطباء والمهندسين العرب .

Al-Lahham،N. (2003): Impact of Treated Waste Water Irrigation on Quality Attributes & Contaminatio

Kouraa ،A.،F. Fethi، A. Fahde ،A. Lahlou & N. Ouazzani (2002): Reuse of Urban Wastewater Treated by Combined Stabilization Pond System in Benlimane (Morocco). Urban Water 4:373-378 .

Lazarova، V. & A Bahri (2005): Water Reuse for Irrigation. CRC Press Corporate Blvd.، Boca Raton، Florida. USA. 408 pp.

Lopez ،A.(2006): Agricultural Waste Water Reuse in Southern Italy Desalination 187:323-334.

Mandi & Abissy (2002): Utilization of Arundo Donax & Typha Latifolia for Heavy Metals Removal from Urban Waste Water & Reuse of Treated Waste Water for Alfalf Irrigation. Third International Symposium on Waste Water ، Reclamation ، Recycling، And Reuse. Paris، France.Pp. 158-165.

Mapanda. F.(2005): The Effect Long – Term Irrigation of Soil Under Vegetables In Harare، Zimbabwe. Agriculture Ecosystems And Environment ،107:151 – 165.

Mengel, K. & E.A. Kirrby (1982). Principles of Plant Nutrition. Inter Potash Inst, Bern, Switzerland.

Munir & koura (2002): forage Yield & Nutrient Uptake as Influenced by Secondary Treated Waste Water ، Reuse of Urban Wastewater Treated by Combined Stabilization Pond System in Benlimane (Morocco). Urban Water 4:373-378 .

Munir، M. & A. Mohammed (2004): forage Yield & Nutrient Uptake as Influenced by Secondary Treated Waste Water ،Journal of Plant Nutrient 27:351 – 365.

Murray، B.M. (2003): Toxical metals in sewage sludge-amended soil has promotion of beneficial use discounted the risk. Advances in Environmental Research. (8):5-19.

Richards,L.A(1954)"Diagnsis and improoovement of saline and alkali soils "USDA Agric . Handbook 60. Washington, D.C.

Singh, B .R; (1990): "Cadmium and fluoride uptate by oats and rape from pHos pHate fertilizers intow different soils " Norw .J.Agriculter sci. 4:239-249 . soil sci. Total Enuironment..105:191-209 .

Standard Methods for the examination of water and wastewater (1975): 14th Ediation, . APHA-AWWA-WPCF.

Suleiman .M.S. (1990): Wastewater ،treatment and reuse in the Yemen Republic .paper for the High Water Council، UNPP / TDCP project YEM 88/001.

Walkley, A., (1947): "Acritical examination of arapid method for determining organic carbon in soils:Effect of variations in didestion conditions and of organic soil constituents",Soil Sci.63:251-263.