مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

The Use of Treated Waste Water in Hydroponic Agriculture for tomato seedlings

Dr. Ali Zidan*
Ali Haider**

(Received 17 / 5 / 2017. Accepted 20 / 9 /2017)

□ ABSTRACT □

This research work was conducted in Faculty of Agriculture- Tishreen University, using the treated waste water of Aljendereia Water Treatment Station –Lattakia Countryside, for growing tomato seedlings, in order to study the possibility of making adjustment to its ionic balance by adding different levels of some nutrients such as K and N, so that it becomes more balanced from the nutritious point, and so that becomes more suitable to be used as a growth medium in the productive process.

The weakness points of the nutritious values of the treated waste water, were defined using the technique of hydroponic agriculture (soilless), Following the Complete Randomized Design (CRD), for two factorial identical experiments to perform this work, by applying (3) levels of both (N) and (K) (0, 100, 200 ppm), singly and in combinations, in the growth medium of the wastewater, with (3) replicates, and neutralizing (P) element by not adding it to all treatments of the first experiment, and adding it with a constant and sufficient concentration (32 ppm P) to all treatments of the second experiment. The growth indicators have been followed through photographs, and measuring the fresh and dry weights of shoots and roots.

This work showed better formula for the ionic balance which is most appropriate for growth of tomato seedlings, where the combination of N_1K_1 which is the addition of 100 mg/L of each of both N and K to the wastewater as a growth medium, proved to be the closest to the proper ionic balance to maintain good growth and health of seedlings and good indicator as a guide base for continuing the experimentation on the field production level and the profitability comparison, as well as getting benefits for environmental protection and health safety through recycling this kind of water in a safe way.

Keywords: Waste water, Potassium, Nitrogen, Ionic balance, Tomato.

* **Professor - Soil and Water Sciences Department - Faculty of Agriculture - Tishreen University – Lattakia – Syria.**
** **Postgraduate student (Master) in Soil and Water Sciences Department - Faculty of Agriculture - Tishreen University – Lattakia – Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة المائية لشتول البندورة

د. علي زيدان †
علي محمد حيدر **

(تاريخ الإيداع 17 / 5 / 2017. قبل للنشر في 20 / 9 / 2017)

□ ملخّص □

نفذ هذا البحث في كلية الزراعة بجامعة تشرين بري شتول نباتات البندورة بمياه الصرف الصحي المعالجة من محطة الجنديرية في ريف اللاذقية بهدف دراسة إمكانية تعظيم الاستفادة من هذه المياه المعالجة بإجراء تعديل في تركيبها الكيميائي من ناحية التوازن الأيوني،بإغنائها بمستويات مختلفة من بعض العناصر الغذائية كالبوتاسيوم والآزوت،جعلها أكثر توازناً من الناحية الغذائية وبالتالي أكثر ملاءمة لاستخدامها كوسط لنمو وانتاج النبات.

تم تحديد نقاط الضعف لهذه المياهكمحلول غذائي، باستخدام نظام تقنية الزراعة المائية (بدون تربة)،واتباع التصميم كامل العشوائية (CRD) لتجربتين متطابقتين لتنفيذ هذا العمل باختيار ثلاث مستويات من كل من عنصري الـ N والـ K (0 ,100 ,200 ppm) بشكل افرادي أو متداخل في وسط النمو وبثلاث مكررات، مع تحييد عنصر الفوسفور بعدم اضافته لمياه الصرف الصحي لكل المعاملات في التجربة الأولى ثم اضافته بتركيز ثابت وكاف بحدود (32 ppm)لكل المعاملات في التجربة الثانية.وتمت متابعة مؤشرات النمو للشتولوالتوثيق الفوتوغرافيوأخذ بعض القياسات الميدانية والمخبرية لتحديد الأوزان الطرية والجافة للمجموعين الخضري والجذري.

توصل هذا العمل البحثي إلى بيانات تساعد في اختيار أفضل معادلة سماديه تحقق التوازن الأيوني الأنسب لنمو شتول البندورة. حيث أظهرت المعاملة (N1K1) المتمثلة في إضافة 100مغ\ليتر من كل من العنصرين المذكورين إلى مياه الصرف الصحي كوسط للنمو، أنها الأقرب إلى تحقيق التوازن الأيوني المناسب لنموالشتول وصحتها. وتصلح أن تكون مؤشراًلمتابعة التجريب لاستكمال مراحل النمو ميدانيا على مستوى المقارنة الانتاجية والاقتصادية، وتحقيق فوائد بيئية وصحية من خلال إعادة تدوير هذه المياه والتخلص منها بشكل آمن.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، البوتاسيوم، الآزوت، التوازن الأيوني، بندورة .

† أستاذ – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية
** طالب دراسات عليا(ماجستير)– قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين –اللاذقية – سورية .

مقدمة:

تأتي معظم الموارد المائية السطحية في الوطن العربي من خارج الحدود من مناطق غير عربية، كما أن المياه الجوفية في أغلب الدول العربية محدودة ومعظمها غير متجدد وأحواضها مشتركة مع أحواض مائية جوفية خارج الحدود أيضا، لذا لا تتمتع الموارد المائية التقليدية في الوطن العربي بالاستقلالية والأمان، وهي معرضة للتلوث وتدهور نوعيتها.

ويقدر وسطي كمية الموارد المائية المتجددة والمتاحة للاستخدام في سوريا بحوالي (16) مليار م^3/السنة. كما يقدر نصيب الفرد في سورية من الموارد المائية بحوالي 700–800 م^3 / السنة، وهو دون حد العجز المائي العالمي المقدر بـ (1000م^3 /سنة)، وفي طريقه إلى التناقص مع التزايد المستمر لعدد السكان (حسيان، 2012).

وبهذا الخصوص تمت الاشارة أيضاً من قبل (بن محمود، 2009)، إلى ضرورة العمل الجاد للاستفادة من الموارد المائية غير التقليدية كبدائل للموارد المائية التقليدية في الزراعة، خصوصا وأن هذه النوعية من المياه تتواجد في المنطقة العربية بكميات كبيرة جداً تقدر بأكثر من (20 مليار م^3)، تتمثل بمياه الصرف الصحي والزراعي والمياه الجوفية المالحة والعسرة.

كما أشار (السروري، 2012)، إلى أن التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة، أدت مجتمعة إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه، وخلق عدم توازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها، الأمر الذي أدى إلى التوجه نحو البحث عن موارد جديدة للمياه وتنويع مصادرها غير التقليدية لتغطية الاحتياجات المتزايدة، واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق.

وأشار تقريرالزراعة والري المعد في الخطة الخمسية العاشرة للجمهورية العربية السورية وفق تقرير(هيئة تخطيط الدولة، 2006–2010)، إلى أن نسبة المياه المستخدمة للأغراض الزراعية وصلت إلى 89% من استهلاك المياه الإجمالي في سورية. وإلى وجود عجز مائي وسطي قدره(1727)مليون متر مكعب سنوياً خلال الفترة الزمنية (1990–2003)، ووصل العجز المائي في عام2005 إلى (3125) مليون متر مكعب بسبب فترات الجفاف الطويلة التي سادت المنطقة وتزايد مساحات الأراضي الزراعية المروية، إضافة لعدم تطبيق تقنيات الري الحديثة، كما ازداد الاعتماد على المياه الجوفية المتجددة بشكل عشوائي مما أدى إلى انخفاض مستوياتها في مناطق عديدة من البلاد.

كل هذا جعل الجهات المعنية وأصحاب القرار في ظل المعطيات القائمة، أمام عدة خيارات لتأمين الموارد الكافية لمياه الري الزراعي. أهم هذه الخيارات هو التوجه نحو المياه غير التقليدية كالري بالمياه المالحة، وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها، وكلا الخيارين له محاذيره وضوابطه، وشروط استخدامه. حيث أن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة هو أحد الخيارات الجيدة المطروحة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة فغنى هذه المياه بالعناصر الغذائية والمادة العضوية يعطيها ميزة إضافية حيث تعد مصدراً قليل التكاليف لمياه الري ومخصباً للتربة يغني جزئياً عن الحاجة لاستخدام الأسمدة الكيميائية. هذا بالإضافة للتخلص الآمن من هذه الفضلات غير المرغوبة صحيا وبيئيا باستخدامها في الانتاج الزراعي وبالتالي المساهمة في الحفاظ على البيئة. ويذكر أن استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة هو إجراء شائع أكثر مما يعتقد الكثير من الناس، حيث أن ما يزيد على(20)مليون هكتار من الأراضي الزراعية تروى بمياه الصرف الصحي على مستوى العالم وفق (*Mateo-Sagasta et al*, 2013)، ويدرك المجتمع الدولي أن الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي في الزراعة هو ضرورة تستحق العمل من أجلها خصوصاً وأنها مصدر قيم جداً.

ويرى صانعوا القرار في دول شرق المتوسط وشمال أفريقيا وفق (Qadir *et al*, 2010) أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة هو موضوع هام يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في التخطيط والإدارة الاستراتيجية للأمن المائي، مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات السكانية والحاجة المتزايدة للماء في هذه المنطقة.

تشير الكثير من الدراسات إلى أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة طريقة مناسبة وآمنة للتخلص منها بيئياً. وفي هذا المجال أشار (علام، 2013)، أن ماليزيا تزرع ما يزيد على (80) ألف دونم اعتمادا على مياه الصرف الصحي المعالجة في الري، كما يتم في الصين استخدامها في ري أكثر من (330) ألف هكتار، أما في الأردن فقد تم انشاء (21) محطة معالجة لمياه الصرف الصحي، وتستخدم كامل طاقتها الإنتاجية من المياه المعالجة (100%) للأغراض الزراعية والصناعية. ويشير نفس الباحث أن المغرب لديها (94) محطة معالجة وتستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة في ري ما يزيد على (790) هكتار. وفي فلسطين فإن حوالي (18 %) من مياه الصرف الصحي فيها تستخدم بعد معالجتها في الانتاج الزراعي.

وفي تجربة مقارنة استمرت لسنتين وفق (العبدالله، 2010)، في محطة الصرف الصحي بمنطقة أرزة في محافظة حماه، استخدم خلالها الباحث مياه الصرف الصحي المعالجة وقارنها مع مياه الصرف غير المعالجة والمياه العذبة، لاحظ الباحث زيادة بإنتاجية محصول القطن وعدد الجوزات في النبات الواحد المروي بمياه الصرف غير المعالجة مقارنة بغيرها ولكن نسبة التيلة كانت منخفضة عن مثيلاتها في مياه الصرف المعالجة.

لكن وبالرغم من أن كميه مياه الصرف الصحي المعالجة في سورية سنويا تبلغ حوالي (1280) مليون متر مكعب وفق دراسات (Kaisi *et al*, 2005)، واحتوائها كميات ذات قيمة من العديد من العناصر الغذائية كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم وبعض العناصر النادرة ومعلقات عضوية ذائبة وغير ذائبة(Zavadil, 2009)، إلا أن العديد من الباحثين يعتبر أن احتواءها على بعض العناصر المعدنية بتراكيز غير مناسبة وفق المقاييس العالمية، كالكلور والصوديوم والبيكربونات وغيرها (Angelakis *et al*, 1999) يجعل استخدامها بدون دراسة عملية غير اقتصادية. خصوصاً وأن درجة تفاعل مياه الصرف الصحي تميل دائما نحو القلوية (pH > 7) وغير متوازنة كهربائيا (أيونيا) بسبب انخفاض تراكيز بعض الكاتيونات والأنيونات وزيادة تراكيز بعضها الآخر مما يجعلها وسطا غير مناسب تماما لنمو الجذور النباتية.

لذلك لا يمكن استخدام هذه المياه بشكل مباشر في ري المزروعات إلا بعد اجراء بعض التعديلات عليها، وهذا ما يعزز ضرورة البحث في ايجاد الطرق المناسبة للتخفيف أو منع الآثار السلبية لاستخدامات هذه المياه في الزراعة وتحويلها إلى مورد اقتصادي أكثر أمانا وأقل تلويثا للبيئة.

وعلى هذا الأساس تم التوجه نحو دراسة إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كمحور تطبيقي لهذا البحث، لتحقيق هدف اقتصادي من خلال تخصيب التربة وتوفير مغذيات للنبات، وهدف بيئي من خلال المساهمة في زيادة المساحات الخضراء والتخلص من الحجم الهائل للفضلات السائلة للصرف الصحي للتجمعات السكانية بطريقة آمنة.

أهمية البحث وأهدافه:

إن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة له دور إيجابي على المردود الاقتصادي للمزارع، وذلك لكونه مصدر غني بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات، وبالتالي فإنها تغني بشكل جزئي عن استخدام الأسمدة

الكيميائية، كما تعد مصدراً لمياه الري، فضلاً على أن استغلال هذه المياه في الزراعة يعتبر طريقة آمنة في تصريفها، وبالتالي الحد من أثرها السلبي على البيئة، واستناداً لما سبق، تركزت أهداف البحث كما يلي:

- دراسة إمكانية الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة كمصدر سمادي في الزراعة المائية من خلال إجراء تعديل في التوازن الأيوني فيها، ودعمها بإضافة مستويات مدروسة ومحددة من عنصري الآزوت والبوتاسيوم، وتعديل درجة الـ (pH) بحيث تصبح أكثر ملاءمة لنمو النبات.
- تحديد المعادلة السمادية لمياه الصرف الصحي، المناسبة لنمو شتول البندورة.

منهجية البحث:

هذه الدراسة عبارة عن تجربتين تمهيديتين بزراعة شتول البندورة في أحواض رملية مع ري بمياه صرف صحي معالجة وموازنة إلى وسط النمو بإضافة عدة مستويات مدروسة من العناصر السمادية لتحديد المعادلة السمادية المناسبة لتحقيق التوازن الأيوني الأفضل.

استنادا إلى مكونات مياه الصرف الصحي المدروسة تم التركيز على عنصري الآزوت والبوتاسيوم الأكثر احتياجا، حيث حددت (3) مستويات لعنصر البوتاسيوم (K) و (3) مستويات لعنصر الآزوت (N) على شكل أملاح ذوابة من نترات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4, NH_4NO_3)، وبالتالي يكون هناك (9) معاملات مختلفة للبوتاسيوم والآزوت وتداخلاتهما، وفق الجدول (1):

جدول (1): توزع المعاملات وتداخلاتها

المعاملة	K_0	K_1	K_2
N_0	K_0N_0	K_1N_0	K_2N_0
N_1	K_0N_1	K_1N_1	K_2N_1
N_2	K_0N_2	K_1N_2	K_2N_2

حيث أن:

K_0, N_0: تعبر عن مياه الصرف الصحي بدون إضافات سمادية (الشاهد).

N_1: المستوى (1) من الآزوت (100 مغ N \ ليتر)، المضاف لمياه الصرف الصحي.

N_2: المستوى (2) من الآزوت (200 مغ N \ ليتر)، المضاف لمياه الصرف الصحي.

K_1: المستوى (1) من البوتاسيوم (100 مغ K \ ليتر)، المضاف لمياه الصرف الصحي.

K_2: المستوى (2) من البوتاسيوم (200 مغ K \ ليتر)، المضاف لمياه الصرف الصحي.

التجربة الأولى: نفذت في البيت البلاستيكي التابع لمشتل كلية الزراعة (جامعة تشرين)، خلال ربيع عام 2015 م. **و**تضمنت المعاملات التالية:

K_0N_0: مياه الصرف الصحي المعالجة بدون إضافات.

K_1N_0: بدون آزوت مع المستوى (1) من البوتاسيوم.

K_2N_0: بدون آزوت مع المستوى (2) من البوتاسيوم.

K_0N_1: مستوى (1) من الآزوت بدون بوتاسيوم.

K_1N_1: مستوى (1) من الآزوت مع مستوى (1) من البوتاسيوم.

K_2N_1: مستوى (1) من الآزوت مع مستوى (2) من البوتاسيوم.

K_0N_2: مستوى (2) من الآزوت بدون بوتاسيوم.

K_1N_2: مستوى (2) من الآزوت مع مستوى (1) من البوتاسيوم.

K_2N_2: مستوى (2) من الآزوت مع مستوى (2) من البوتاسيوم.

التجربة الثانية: نفذت في البيت البلاستيكي التابع لمشتل كلية الزراعة (جامعة تشرين)، خلال ربيع عام 2016م. **و**تضمنت هذه التجربة نفس المعاملات المطبقة في التجربة الأولى، مع الأخذ بعين الاعتبار تلافي نقاط الضعف في التجربة الأولى والتي كان أبرزها نقص عنصر الفوسفور (P) في معظم المعاملات المطبقة، وخصوصا المعاملات التي غاب عنها عنصر الآزوت. وذلك بإضافة كميات محسوبة من تمديدات حمض الفوسفور(H_3PO_4) بحدود (32 مغ P \ليتر) استناداً إلى محلول هوغلند الغذائي (Hoagland & Arnon, 1950).

الزراعة والمتابعة:

- تم انبات وانتاج شتول البندورة غير محدودة النمو (هجين Astona F1)، في صوان من السريبور المعبأة بوسط التورب، والمروية بمياه الصرف الصحي المعالجة بدون إضافات سماديه حتى أصبحت صالحة للتشتيل بعمر (30) يوماً صورة (1).

صورة (1): تبين درجة تجانس شتول البندورة بعمر شهر بعد الانبات وقبل تشتيلها.

- اعتمدت تقنية الزراعة المائية في هذه التجربة، حيث تم تحضير وسط رملي خامل لزراعة الشتول وتم غسله عدة مرات بالماء العادي وحمض كلور الماء الممدد ثم بالماء العادي لازالة آثار الأملاح الذوابة إن وجدت.

- تم استجرار مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة الجنديرية في اللاذقية وأجريت عليها التحاليل الكيميائية التالية وفق الجدول (2):

جدول (2): بعض المواصفات الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة – محطة الجنديرية– اللاذقية.

تسلسل	الصفة	الوحدة	القيمة	تسلسل	الصفة	الوحدة	القيمة
1	EC	$dS.L^{-1}$	1.13	10	PO_4^{-3}	Ppm	Traces
2	pH	–	8.22	11	Cl^-	Ppm	66.3
3	Na^+	Ppm	63.0	12	SO_4^{-2}	Ppm	211
4	K^+	Ppm	19.0	13	CO_3^-	Ppm	0
5	Ca^{+2}	Ppm	88.0	14	HCO_3^-	Ppm	147.4
6	Mg^{+2}	Ppm	62.4	15	NO_3^-	Ppm	392
7	K/Na	*meq/meq*	0.18	16	NH_4^+	Ppm	0
8	K_{AR}	–	0.22	17	TN	Ppm	395
9	SAR	–	1.25	18	معلقات	Ppm	62.0

حيث تظهر مقارنة الجدول (2) مع محلول هوغلند الغذائي المتوازن (Hoagland & Arnon, 1950)، أن نقاط ضعف هذه المياه الأساسية تنحصر في أن نسبة نشاط البوتاسيوم منخفضة جدا (K_{AR} = 0.22) مقارنة بمحلول هوغلند الغذائي (K_{AR} = 2.26)، وهذا يعود للمحتوى المنخفض جدا من البوتاسيوم (19 mg/l) في مياه الصرف الصحي نسبة إلى الكالسيوم والمغنزيوم. فضلا عن أن النسبة (K/Na) يفضل أن تكون أعلى من ذلك بكثير (Idowu & Aduayi, 2007)، خصوصاً وأن عنصر الصوديوم لم تثبت أساسيته لنمو النبات (Subbarao *et al*, 2003)، كما أن محتواه من الآزوت المعدني سجل (392 mg/l)، وهي كمية منخفضة نسبيا مقارنة بـ (900 mg/l) في محلول هوغلند، في حين ان آثارا من الفوسفور تتواجد في هذه المياه حيث أنه يميل للارتباط مع الجزء العضوي الصلب من فضلات الصرف الصحي، ويزاح الذائب منه في المياه عن طريق الترسيب مع الكالسيوم على شكل فوسفات الكالسيوم الثلاثية $\{Ca_2(PO_4)_3\}$ في الظروف القلوية لمياه الصرف الصحي حيث تزيد قيمة الـ (pH) عن (8)، وتزداد هذه العملية مع بعد محطة المعالجة ومسافة جر المياه عن مصدرها، (FAO, 1985).

- نقلت الشتول إلى البيت البلاستيكي خلال شهر شباط عام 2015 م، وزرعت في أكياس بلاستيك زراعية سوداء اللون سعة (5 ليتر) وتمت متابعة ريها بشكل منتظم وبمعدل مرتين يوميا، بمياه الصرف الصحي المعالجة، والمعدلة أيونيا وفق المعاملات المذكورة أعلاه.

- تم تنفيذ هذه التجربة بثلاث مكررات لكل معاملة، ولمدة شهر، أخذت النباتات في نهايتها للتحليل بعد توثيق الاختلافات الشكلية فوتوغرافياً لدراسة أثر الفروقات بين المعاملات من ناحية نمو الجذور والمجموع الخضري وامتصاص العناصر الغذائية.

النتائج والمناقشة:

التجربة الأولى:

تم تسجيل الوزن الطري والجاف للمجموعين الخضري والجذري لكل نبات بعمر (30) يوم، وترتيب النتائج في جداول خاصة لمعالجتها إحصائياً.

كما تم تقدير بعض العناصر الغذائية الأساسية التالية: (K, Na, Ca, Mg) و (TN, TP, Cl^-, SO_4^{-2}) وتحديد تراكيزها في كل من المجموعين الجذري والخضري للشتول وذلك بقصد التعرف على محتواها من هذه العناصر، وتحديد درجة امتصاصها وكفاءة مياه الصرف الصحي المعالجة بامداد الشتول بها ومدى حاجتها منها للوصول الى التعديل الأيوني المناسب الذي يساهم في وضع المعادلة السمادية المثالية لهذا النوع من الماء والاستمرار في المرحلة الانتاجية من البحث.

حُللت النتائج إحصائياً وفق (Little and Hills, 1978) للحصول على تحليل الاختلاف (ANOVA) باستخدام برنامج (GenStat Release, 2009) لتحديد درجات المعنوية بين المعاملات على أساس قيمة (F)، ثم حُسبت متوسطات المعاملات وحُددت قيمة ($\mathbf{LSD_{0.05}}$) لكل صفة للمقارنة فيما بينها.

أظهرت الملاحظات الشكلية لهذه التجربة أعراض نقص واضحة لعنصر الفوسفور على كامل الشتول صورة (2)،

صورة(2): علائم نقص الفوسفور الشكلية على شتلة البندورة بعد شهر من التشتيل.

يرافقها مستوى منخفض من الفوسفور في نسيج المجموع الخضري والمجموع الجذري الذي رافقه انخفاض في مستوى الآزوت عن المستوى الطبيعي في المجموعين الجذري والخضري جدول (3)، حيث لم تستطع الشتول سد كامل احتياجاتها من عنصر الآزوت من مياه الصرف الصحي المعالجة لوحدها في غياب عنصر الفوسفور الذي جعل من غيابه عامل أساسي محدد للنمو وفق(Jones, 2005).

جدول(3): يوضح المتوسط العام لمحتوى النبات من العناصر (NPK) كنسبة مئوية من المادة الجافة ومقارنته مع المتوسط الطبيعي.

الجزء النباتي من نبات البندورة	K	P	N	N/K
	% في المادة الجافة			
المجموع الجذري	2.676	0.059	0.344	0.13
المجموع الخضري	4.565	0.097	0.923	0.20
المتوسط	3.621	0.078	0.634	0.18
الحد الأدنى للنمو الطبيعي	1	1.5	0.5	1.8-1.2

لذلك تقرر تنفيذ التجربة الثانية بنفس المعاملات مع تحييد عنصر الفوسفور من خلال إضافته بكميات ثابتة ومناسبة، (32 مغ P اليتر)، لكل المعاملات في مياه الري لتحقيق التوازن الأيوني الأنسب للنمو والامتصاص.

التجربة الثانية:

نفذت التجربة الثانية بنفس المعاملات المطبقة في التجربة الأولى، وتمت مراقبة نمو الشتول خلال مدة التجربة التي (30) يوماً، ا، حيث حصدت الشتول ورصدت الفروقات بين المعاملات فوتوغرافياً، ، (3).).

صورة (3): تبين الفروقات الشكلية بين المعاملات المختلفة.

تبين الصورة (3) أن هناك تبايناً واضحاً في تأثير المعاملات المختلفة على نمو وصحة الشتول وهذا ما أكده التحليل الاحصائي للأوزان الطرية والجافة لكامل النبات وفق الجدول (4) والذي يبين تفوق جميع المعاملات على معاملة الشاهد وتفوق المعاملة (N1K1) على جميع المعاملات بفارق معنوي كبير.

جدول (4): انتاج النبات من المادة الخضراء والجافة تحت تأثير المعاملات المختلفة بعمر شهر من التشتيل.

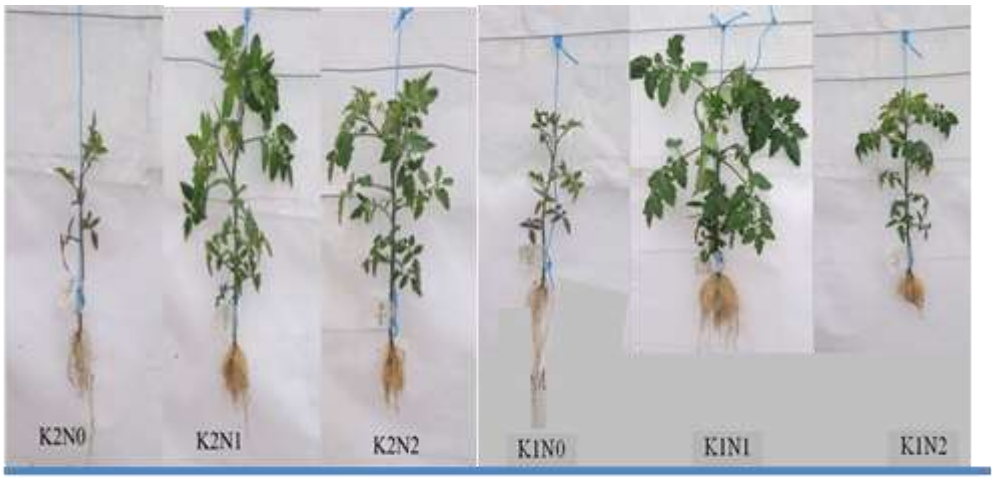
الوزن الجاف غ/نبات	المعاملات	الوزن الطري غ/نبات	المعاملات
26.85 a	K_1N_1	102.2 a	K_1N_1
9.33 b	K_2N_1	46.56 b	K_2N_1
8.21 bc	K_1N_2	28.38 c	K_2N_2
7.96 bc	K_2N_2	23.91 dc	K_1N_2
6.24 c	K_0N_2	21.17 dc	K_0N_2
5.78 dc	K_0N_1	20.51 dce	K_0N_1
4.13 dce	K_1N_0	13.26 def	K_1N_0

3.00 e	K_2N_0	9.18 ef	K_2N_0
2.65 e	K_0N_0	5.64 f	K_0N_0
2.37	$LSD_{0.05}$	11.80	$LSD_{0.05}$
*الأحرف المتشابهة المشتركة بين المعاملات تعني عدم وجود فروقات معنوية.			

كما يبين نفس الجدول والصورة (4)، أن غياب عنصر الآزوت من وسط النمو ترافق دائما بظهور علائم الضعف والتقزم ونقص كل من الآزوت والفوسفور على الشتول، (اصفرار مع لون أحمر بنفسجي)، مهما كانت مستويات البوتاسيوم في وسط النمو توافقا مع نتائج (Koerselman & Meuleman, 1996) الذي أشار إلى علاقة التوازن القائمة بين عناصر الـ (N, P, K)، وإلى أن وجود كفاية من عنصر الآزوت في وسط النمو تسهم في زيادة امتصاص وتمثيل الفوسفور في الخلية النباتية، إذا لم يكن الفوسفور هو العامل المحدد للنمو وفق قانون الحد الأدنى للباحث Von Liebig's، ولما كان عنصر الآزوت هو الأكثر تحديداً للنمو من بين العناصر الغذائية الأخرى فإن غيابه من وسط النمو لم يسمح أيضاً بالاستفادة من البوتاسيوم بمستوياته المختلفة (Mengel and Kirkby, 2001)، توافقاً مع نتائج العديد من الباحثين حول أهمية هذه العناصر الغذائية الثلاثة والعلاقة التكاملية فيما بينها في التأثير المشترك على النمو والانتاج (Kraus *et al*, 2011).

صورة (4): غياب عنصر الآزوت من وسط النمو يبقي الشتول مريضة ومتقزمة.

في حين كان لإضافة عنصر الآزوت لوسط النمو، الصورة (5)، تأثيراً ايجابياً وملحوظاً على نمو الشتول بوجود المستويات المختلفة من البوتاسيوم، حيث أظهر المستوى (N1) تفوقا على المستوى (N2) عند نفس المستوى (K1) من البوتاسيوم، خصوصاً وأن مستوى الآزوت في مياه الصرف الصحي كان منخفض نسبياً وفق الجدول (2)، لدرجة أن المستوى (N1) من الآزوت المضاف له كان كافياً لرفعه إلى المستوى المطلوب لتحقيق التوازن مع البوتاسيوم. حيث أن استجابة النبات لأي من العنصرين تكون أكبر بوجود العنصر الآخر نتيجة للتأثير التداخلي القوي بينهما في نمو النبات (Brar *et al*, 2011)، وأن المستويات العالية من كل منهما قد تخلق ظروفاً غير مناسبة لامتصاص وتمثيل العناصر الأخرى (Mengel and Kirkby, 2001).



صورة (5): تأثير تغيرك مستويات الآزوت والبوتاسيوم في وسط النمو على صحة ونمو الشتول.

كما تظهر نفس الصورة أعلاه، أن مستويي البوتاسيوم (K2, K1) ساهما في تحقيق تحسن ملموس في نمو الشتول عند المستويين (N2, N1) للآزوت وعندما لم يكن الآزوت هو العامل المحدد للنمو، حيث سجلت المعاملات (N2K1, N1K2, N2K2)، فارقاً معنوياً للوزنين الطري والجاف للشتول مقارنة بالشاهد (N0K0) وفق الجدول (4)، في حين أظهرت المعاملة (N1K1) في نفس الجدول تفوقاً معنوياً كبيراً على بقية المعاملات سواء على أساس الوزن الطري أو الجاف مما يثبت أن المستويين (N1, K1) معاً هما الأكثر ملاءمة لتحقيق التوازن الأيوني الأفضل في هذا النوع من مياه الصرف الصحي وبالتالي الأكثر ملاءمة لنمو شتول البندورة.

الاستنتاجات والتوصيات:

بينت النتائج أن الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة بصورتها الأولية بدون التدخل البشري من ناحية تعديل التوازن الأيوني فيها يحد كثيراً من الاستفادة من العناصر المغذية الذائبة من قبل النبات، بالرغم من أن بعضها موجود بتراكيز كافية ومناسبة للنمو. لكن عملية التدخل في إجراء بعض الاضافات لأملاح معدنية أساسية وخفض درجة الـ (pH) ممكن أن تسهم في تعديل التوازن بين العناصر الغذائية، وتجعل امكانية الاستفادة من هذه المياه كمصدر سمادي للمغذيات وبديل جزئي للأسمدة الكيميائية في عملية الانتاج الزراعي، ويسهم في تحسين المردود الاقتصادي للمزارع، فضلاً عن أن استخدام هذه المياه في الزراعة يعتبر مصدراً هاماً وبديلاً لمياه الري.

هذا إضافة إلى أن عملية الري بمياه الصرف الصحي المعالجة تعتبر من إحدى الطرق المساعدة على التخلص من هذه المياه بشكل آمن وتسهم في تخفيف الأثر البيئي الضار الناتج عن تصريفها بشكل عشوائي. لذلك يمكن التوصية بـ:

1- الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة كمصدر لإمداد النبات بالعناصر الغذائية ومياه الري الزراعي للتخفيف من استهلاك الأسمدة والمياه العذبة.

2- تكثيف التجارب والأبحاث العلمية حول استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة، باستخدام أنواع أخرى متنوعة من المحاصيل والخضار وخصوصا المحاصيل الصناعية وأشجار الغابات وغيرها.

3- دراسة الأثار السلبية المتعلقة بتراكم العناصر الثقيلة في النبات والتربة نتيجة لاستخدام هذه المياه في منظومة الانتاج الزراعي.

المراجع:

1. السروري، أحمد: *إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة الاهمية والتطبيقات*. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، جمهورية مصر العربية، 2012.
2. العبدالله، بيان: *أثر المحتوى العضوي للمياه العادمة في تراكم المادة العضوية وبعض العناصر الثقيلة في التربة ونبات القطن*". أطروحة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في علوم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة حلب، 2010.
3. بن محمود، خالد. رمضان: *خبرة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في مجال استعمال المياه غير التقليدية في المنطقة العربية*. المؤتمر الرابع للتقنيات الحديثة في الزراعة. مصر: جامعة القاهرة، كلية الزراعة، 2009، تشرين الثاني، 378-392.
4. حسيان، كفاح: *تقييم الوضع المائي في سورية من خلال تطبيق مبدأ المياه الافتراضية في القطاع الزراعي*. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية الجمهورية العربية السورية، المجلد 28. العدد1، 2012، 84-69.
5. علام، نصر الدين: *دلائل منظمة الصحة العالمية لاستخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة*. المجلة الزراعية *جمهورية* مصر العربية، المجلد 43. العدد 1 ، 2013 ، 58-63.
6. هيئة تخطيط الدولة: *الخطة الخمسية العاشرة /2006-2010/* - الجمهورية العربية السورية: دمشق.

المراجع الأجنبية:

7. ANGELAKIS, A. N.; MARECOS DO MONTE, M. H. F; BONTOUX, L.; ASANO, T: *The status of Wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guideline*. Water research Journal UK, Vol. 33, No. 10, 1999, 2201-2217.
8. FAO. (1985): *Water quality for agriculture*. R.S. Ayers and D.W. Westcot. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO, Rome, 174 p.
9. GENSTAT RELEASE 12.1 (PC/Windows Vista) Copyright 2009, VSN International Ltd. Registered to: The NULL Corporation.
10. HOAGLAND, D. R; ARNON, D. I. *The water-culture method of growing plants without soil*. College of Agriculture, University of California, U. S. A. 1950, 34.
11. IDOWU, M. K.; ADUAYI, E. A: *Sodium-potassium interaction on growth, yield and quality of tomato in ultisol*. Journal of Plant Interactions, UK, Vol. 2, No.4, 2007, 263-271.
12. JONES, J. B: *Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower*. 2nd .ed. CRC press U. S. A., 2005, 440.
13. KAISI, A; YASSER, M.; MAHROUSEH, Y: *Syrian Arab Republic country report*. Options Mediterranean, France, Vol. B, No. 53, 2005, 251-264.
14. KOERSELMAN, W.; MEULEMAN, F. M: *The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation*. Journal of Applied Ecology UK, Vol. 33, No. 6, 1996, 1441-1450.

15. KRAUS, H. T; WARREN, S.L; BJORKQUIST, G.J; LOWDER, A.W; TCHIR, C.M; WALTON, K.N: *Nitrogen: Phosphorus: Potassium Ratios Affect Production of Two Herbaceous Perennials*. Hort. Science journal U.S.A, Vol. 46, No. 5, 2011, 776-783.

16. LITTLE, TH. M. AND HILLS, F. J: *Agricultural Experimentation: Design and Analysis*. 1st. ed., John Willey & Sons, Inc New York & London, 1978, 368.

17. MATEO-SAGASTA, J.; MEDLICOTT, K.; QADIR, M.; RASCHID-SALLY, L.; LIEBE, J: *Proceedings of the UN-Water Project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture*. Bonn, Germany: UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). (UNW-DPC Proceedings Series No. 11), 2013.

18. MENGEL, K; KIRKBY, E. A; KOSEGARTEN, H; APPEL, TH: *Principles of Plant Nutrition*. 5th. ed., Kluwer Academic Netherlands, 2001, 849.

19. QADIR, M; BAHRI, A; SATO, T AND AL-KARADSHEH, E: *Wastewater production, treatment, and irrigation in Middle East and North Africa*. Irrigation and Drainage Systems Germany, Vol. 24, No. 1, 2010, 37-51.

20. SUBBARAO, G. V.; ITO, O.; BERRY, W. L.; WHEELER, R. M: *Sodium-A Functional Plant Nutrient*. Critical Reviews in Plant Sciences UK, Vol. 22, No. 5, 2003, 391–416.

21. VON LIEBIG, J: *Chemistry in its Application to Agriculture and Physiology*. Taylor and Walton ,London, 1840.

22. ZAVADIL, J: *The Effect of Municipal Wastewater Irrigation on the Yield and Quality of Vegetables and Crops*. Soil & Water Res, Czech Republic, Vol. 4, No. 3, 2009, 91–103.